

ÉVALUATION DU POTENTIEL ÉOLIEN EXPLOITABLE LE LONG DE LA ZONE CÔTIÈRE GUINÉENNE

Nènè Aïssata BALDE^{1*}, Amadou Lamarana BAH²,
Tamba Nicolas MILLIMONO¹, Idrissa DIABY²
et Cheikh Mouhamed Fadel KEBE³

¹ Institut Supérieur de Technologie de Mamou, Département Science des Energies, BP 63, Mamou, République de Guinée

² Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Énergétique Appliquée, BP 1147, Conakry, Guinée

³ Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Laboratoire Eau, Énergie, Environnement et Procédés Industriels, BP 5005, Dakar, Sénégal

(reçu le 25 Avril 2023; accepté le 01 Juin 2023)

* Correspondance, e-mail : baldeneneaicha@gmail.com

RÉSUMÉ

Notre étude évalue le potentiel énergétique éolien le long de la zone côtière guinéenne. Elle a pour objectif de déterminer les sites qui ont un potentiel énergétique éolien exploitable. La méthode est basée sur l'utilisation des formules empiriques de la distribution de Weibull, des logiciels de Matlab et Wasp pour le traitement de données du vent et de QGIS pour la cartographie des sites. Par ailleurs, les résultats de l'étude montrent la variation de la vitesse moyenne mensuelle (3,32 m/s), Tamara (6,75 m/s), Room (7,22 m/s), Kassa (7,17 m/s), Kakossa (3,81 m/s), Kaback (4,01 m/s), Conakry (4,00 m/s), Coyah (3,75 m/s), Dubréka (3,34 m/s), Boké (3,01 m/s), Boffa (2,56 m/s), Forécariah (3,01 m/s), la vitesse minimale (2,56 m/s), la vitesse maximale du vent (4,91 m/s), la puissance disponible 59,1327W/m² et une énergie annuelle disponible de 528,7946 kWh/m² à 10m au-dessus du sol. On constate que pour tous les points le vent le plus dominant est du côté de sud-ouest. Ainsi, ces résultats prouvent à suffisance que la production d'électricité à partir du vent est l'une des solutions qui donne l'accès à l'énergie renouvelable tout en protégeant l'environnement.

Mots-clés : *potentiel, éolien, énergie, disponible, récupérable, côtière.*

ABSTRACT

Assessment of the wind energy potential along the Guinea coast zone

Our study assesses the wind energy potential along the Guinean coastal zone. Its aim is to identify sites with exploitable wind energy potential. The method is based on the use of empirical Weibull distribution formulas, Matlab and Wasp software for wind data processing, and QGIS for site mapping. In addition, the results of the study show the variation in mean monthly wind speed (3.32 m/s), Tamara (6.75 m/s), Room (7.22 m/s), Kassa (7.17 m/s), Kakossa (3.81 m/s), Kaback (4.01 m/s), Conakry (4.00 m/s), Coyah (3.75 m/s), Dubréka (3, 34 m/s), Boké (3.01 m/s), Boffa (2.56 m/s), Forécariah (3.01 m/s), minimum wind speed (2.56 m/s), maximum wind speed (4.91 m/s), available power 59.1327 W/m² and annual available energy 528.7946 kWh/m² at 10m above ground. It can be seen that for all points, the most dominant wind direction is south-westerly. These results provide ample proof that wind-generated electricity is one of the solutions that provides access to renewable energy while protecting the environment.

Keywords : *potential, wind, energy, available, recoverable, coastal.*

I - INTRODUCTION

Depuis quelques années, le contexte environnemental devient une donnée importante voir prépondérante. En effet, le coût des énergies ainsi que les pollutions diverses qui résultent de leurs utilisations doivent être pris en compte à de nombreux niveaux [1]. En plus, la demande mondiale d'énergie ces dernières années augmente de plus en plus, la raréfaction des sources d'énergie fossile est prévisible dans un proche avenir [2]. Le contexte énergétique actuel caractérisé par l'appauvrissement des réserves d'énergie fossile, le réchauffement de la planète en partie dû à l'émission de gaz à effet de serre et le concept de développement durable, nous pousse à trouver des solutions énergétiques alternatives. Un recours systématique aux carburants fossiles permet d'avoir des coûts de production relativement faibles mais conduit à un dégagement massif de gaz polluants. Ainsi, la production d'énergie électrique à partir de combustibles fossiles prend une part importante des émissions mondiales de monoxyde de carbone [3, 5]. Plus accessibles et très adaptées à la production décentralisée, les énergies renouvelables permettent la possibilité de produire de l'électricité propre et surtout dans une moindre dépendance des ressources. En plus, ils permettent de contribuer à la réduction des rejets de gaz. La littérature nous montre que le coût des sources d'énergie renouvelable n'est pas compétitif par rapport aux sources d'énergie fossile, mais la nécessité d'une énergie propre a suscité la multiplication

d'applications dans le domaine de l'utilisation de ces énergies renouvelables. Avec le progrès de la science, ils deviendront dans le future de plus en plus compétitifs en termes de technologie et de coûts de production. Toutes les énergies renouvelables (solaire, éolienne hydraulique, biomasse, etc.) proviennent du soleil transformé ensuite par l'environnement. Ainsi, les énergies solaire et éolienne sont les plus développées et présentent plusieurs avantages. En effet, ce sont des énergies propres, qui n'émettent ni de déchets ni de gaz à effet de serre. Leurs fonctionnements ne polluent pas et convertissent en électricité une ressource abondante, gratuite et illimitée. Dans un monde soucieux de l'état environnemental, l'utilisation d'éoliennes et l'installation de ces parcs sont donc devenues des réalités incontournables. En fin 2012, 35 éoliennes capables de générer une puissance totale de 49,4MW ont été installées en Suisse, pour une production globale d'électricité de 88 GWh (OFEN 1, 2013). La part d'énergie éolienne s'élevait donc à 0,13 % de la production globale suisse (OFEN 2, 2013). À la fin de l'année 2003, la capacité mondiale de 39 394 MW, permettait de combler les besoins de neuf millions de foyers américains moyens. De plus, durant chacune des deux dernières années, c'est plus de 8 000 MW qui ont été installés [7]. Cette progression est telle que l'énergie éolienne (on shore) (sur terre) génère plus de 10 % de l'électricité de certaines régions du monde comme le Danemark, la région de Schleswig-Holstein en Allemagne et celle de Gotland en Suède. Cependant, cette belle ascension a été vite confrontée au manque d'espace, ce qui a conduit dans certaines régions à l'émergence de parcs éoliens en pleine mer (Offshore). De nos jours, l'énergie électrique d'origine éolienne est considérée comme étant la plus prometteuse des énergies renouvelables à développer pour remplacer le charbon, le pétrole, le gaz et même le nucléaire. L'objectif de cette recherche est d'évaluer le potentiel énergétique éolien exploitable le long de la zone côtière de la Guinée.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Présentation de la zone d'étude

La zone côtière s'étend sur une distance de 300 km située dans les préfectures de Boké, Boffa, Dubreka, Coyah, Forécariah et la zone spéciale de Conakry avec une superficie totale de 47 400 km². Le climat dans la zone se résume en deux saisons : la saison sèche et la saison de pluie associées à des régimes de vent qui leur sont propres. Généralement, la Guinée est caractérisée par deux vents dominants à savoir : L'harmattan qui souffle du Nord –Est de décembre à février et la mousson qui souffle du Sud –Ouest les autres mois. La zone côtière de la Guinée fait limite avec les préfectures de Boké, Boffa, Dubréka, Coyah, Forécariah et la zone spéciale de Conakry.

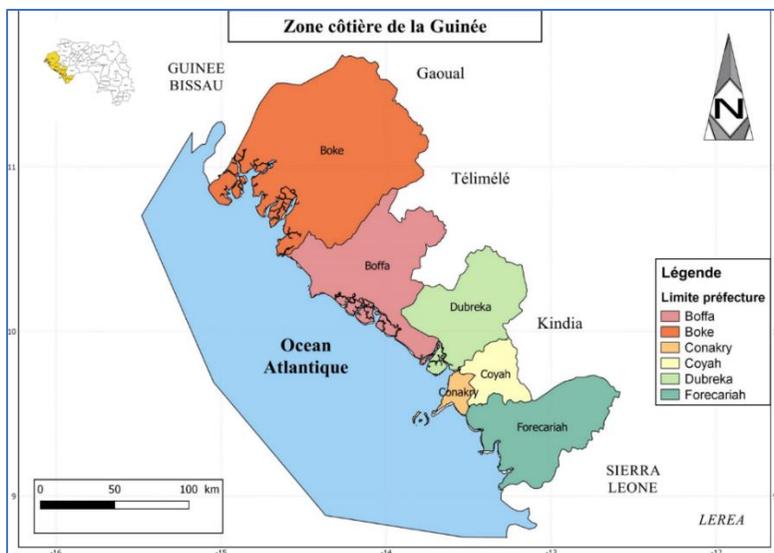


Figure 1 : Carte de la zone côtière Guinéenne

II-2. Matériel de travail

Les logiciels utilisés pour le traitement et l'analyse des données sont entre autres :

II-2-1. Instat Plus v3.36

Instat a été rédigé par des statisticiens expérimentés engagés dans l'enseignement, la recherche et la consultation, en collaboration avec des programmeurs. Il a été utilisé dans de nombreux cours sur les statistiques générales et sur les statistiques dans l'agriculture, la santé et la climatologie, données à Reading, au Sri Lanka, en Afrique et en Chine. Les données du vent obtenues ont été traitées avec ce logiciel pour trouver les vitesses mensuelles moyennes, maximales et minimales, les fréquences du vent à des gammes différentes ainsi que la représentation des roses de vent.

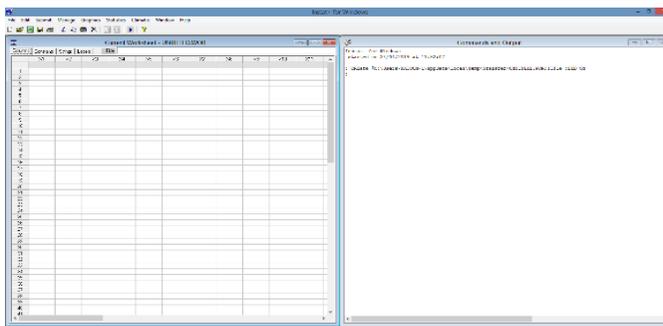


Figure 2 : Interface du logiciel Instat plus

II-2-2. QGIS Desktop 2.18

QGIS est un système d'information géographique (SIG) open source convivial fonctionnant sous Linux, Unix, Mac OSX et Windows. QGIS prend en charge les formats de vecteur, de raster et de base de données. QGIS supporte les plugins pour faire des choses comme afficher les traces de votre GPS. Ce logiciel a été utilisé pour faire la cartographie du site et la représentation des résultats (les données traitées par Instat Plus) sur des cartes.

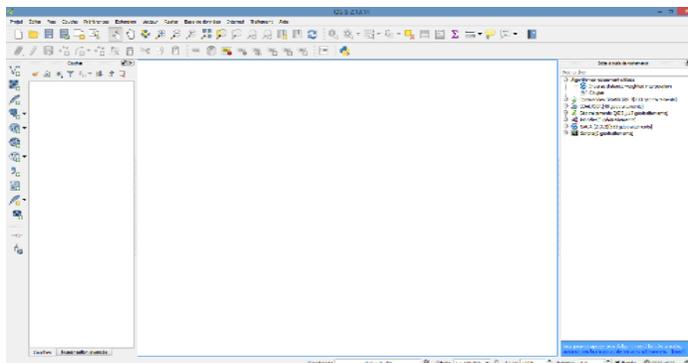


Figure 3 : Interface du logiciel QGIS

II-2-3. Anémo-girouette (INOVALLEY SM56PRO)

C'est une station météo professionnelle de nouvelle génération fabriquée avec des composants et une technologie de pointe. Cet appareil offre une mesure précise et fiable de la vitesse et la direction du vent.



Figure 4 : Anémo-girouette

II-3. Méthode d'évaluation du potentiel éolien

Cette recherche porte sur l'étude de deux données qui sont entre autres : les données in situ (terrain) et les données obtenues par satellite aérien Nasa. Ces données sont les vitesses et directions journalières du vent à une hauteur de 10m au-dessus du sol sur chaque site pendant la période de 1997 à 2017.

II-4. Collecte des données

Les données issues des mesures de paramètre du vent sont regroupées dans le *Tableau 1*.

Tableau 1 : Vitesses et directions des vents de la zone côtière

Localités	Vitesses minimales	Vitesses maximales	Vitesses moyennes	Directions
Tamara	5,19	9	6,75	SW
Room	5	8,80	7,22	SW
Kassa	5,19	9,80	7,17	SW
Kakossa	2	5,61	3,81	SW
Kaback	1,19	5,80	4,01	SW
Conakry	0,92	10,61	4,00	SW
Coyah	0,8	9,99	3,75	SW
Dubrêka	0,74	8,79	3,34	SW
Boké	0,68	6,95	3,01	SW
Boffa	0,53	6,6	2,56	SW
Forécariah	0,8	8,23	3,01	SW

II-5. Méthodes de traitement

Pour l'évaluation du potentiel énergétique d'un site éolien, il est important d'exprimer la distribution de la fréquence de la vitesse du vent. Les études de modélisation de la distribution des vitesses du vent ont été orientées vers des modèles associant puissance et exponentielle. Parmi les modèles usuels utilisés nous avons choisi la distribution de Weibull.

II-5-1. Distribution de Weibull

Cette distribution a été utilisée pour l'étude statistique des données mesurées au sol. La densité de probabilité de Weibull est donnée par :

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

$f(v)$ étant la distribution en fréquence des vitesses mesurées, k le facteur de forme et c le facteur d'échelle.

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination des paramètres de Weibull parmi lesquelles nous avons utilisé la méthode de l'écart-type. Si la vitesse moyenne et l'écart-type sont disponibles, l'estimation des paramètres se fait en utilisant les deux *Formules* suivantes :

$$k = \left(\frac{\sigma}{v}\right)^{-1,086} \quad [12] \quad (2)$$

Le facteur d'échelle est obtenu par :

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

La fonction gamma Γ est définie par la relation :

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

Quand la fréquence des vents calmes enregistrée sur un site donné est supérieure ou égale à 15 % alors la distribution hybride de Weibull est utilisée. Cette distribution s'écrit :

Pour $v > 0$

$$f(v) = (1 - FF_o) \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad [3] \quad (5)$$

Pour $v = 0$

$$f(v) = FF_o \quad (6)$$

La vitesse moyenne cubique est :

$$\bar{V}^3 = c^3 \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad [12] \quad (7)$$

La vitesse cubique moyenne s'écrit :

$$V^3 = c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (8)$$

➤ *Puissance éolienne disponible*

La puissance énergétique disponible d'un vent de vitesse V traversant une unité de surface S est donnée par la relation :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \rho \bar{V}^3 \quad (9)$$

En remplaçant \bar{V}^3 par sa valeur pour la distribution de Weibull on a :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (10)$$

➤ *Puissance éolienne récupérable*

En prenant en considération la limite de Betz et en utilisant la distribution de Weibull, la puissance récupérable par unité de surface est :

$$\bar{P}_r = \frac{16}{27} \times \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad (11)$$

➤ **Energie éolienne disponible**

L'énergie éolienne disponible par jour avec la distribution de Weibull est :

$$E_j = 0,0147c^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad (12)$$

➤ **Energie éolienne récupérable**

L'énergie éolienne récupérable par unité de temps et par jour avec la distribution de Weibull est :

$$E_{rj} = 0,0087c^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad (13)$$

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les données journalières du vent mesurés en 32 points le long de la zone côtière à 10 m d'altitude de 1997 à 2017 nous ont permis de calculer les vitesses moyennes pour toute la période.

III-1. Distribution de la vitesse du vent

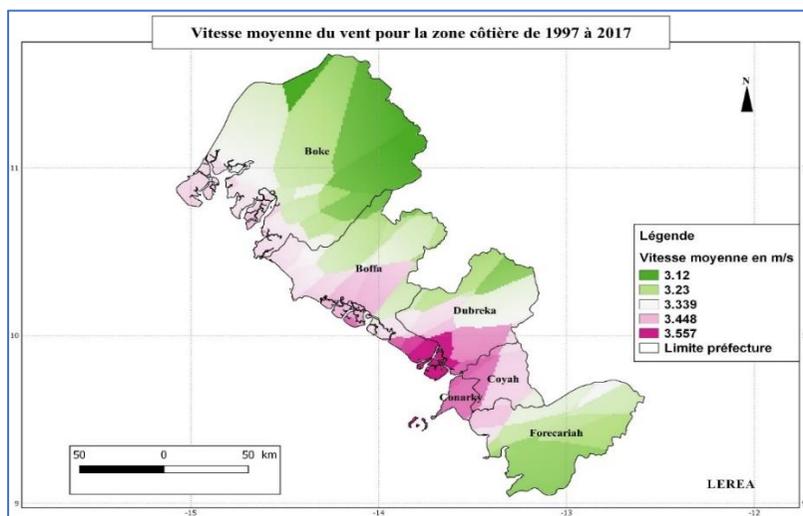


Figure 5 : Vitesse moyenne globale du vent

D'après la **Figure 5** nous remarquons que la vitesse moyenne globale de la zone côtière est considérable aux abords des préfectures de Coyah, Boké, Boffa, Dubréka et la zone spéciale de Conakry avec une vitesse du vent qui varie de 3,44 à 3,55 m/s. Par ailleurs, la vitesse moyenne globale du vent de la préfecture de Forécariah est très faible et varie de 3,12 à 3,23 m/s.

III-2. Évolution du vent minimal de la période d'étude

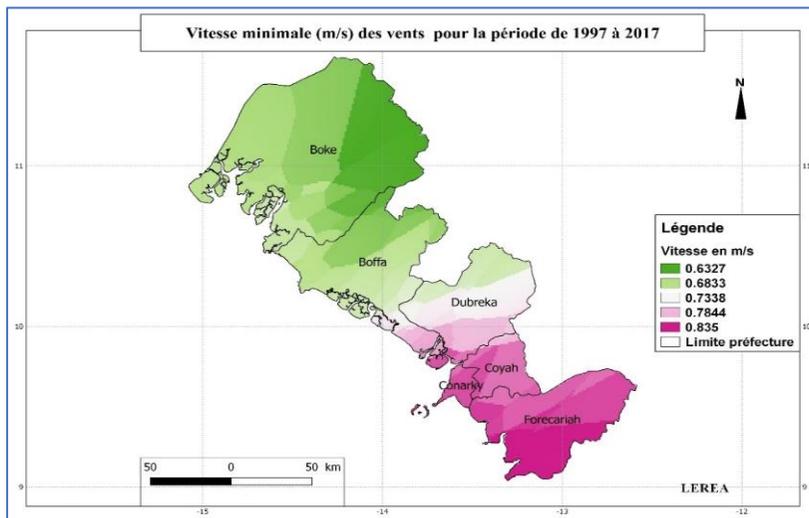


Figure 6 : Vitesse minimale du vent

La **Figure 6** montre que la vitesse minimale du vent est considérable dans les préfectures de Forécariah, Coyah et la zone spéciale de Conakry avec une vitesse moyenne qui varie de 0,78 à 0,83 m/s. Tandis que les préfectures de Boké et Boffa présentent une faible vitesse minimale qui varie de 0,63 à 0,68m/s.

III-3. Évolution du vent maximal de la période d'étude

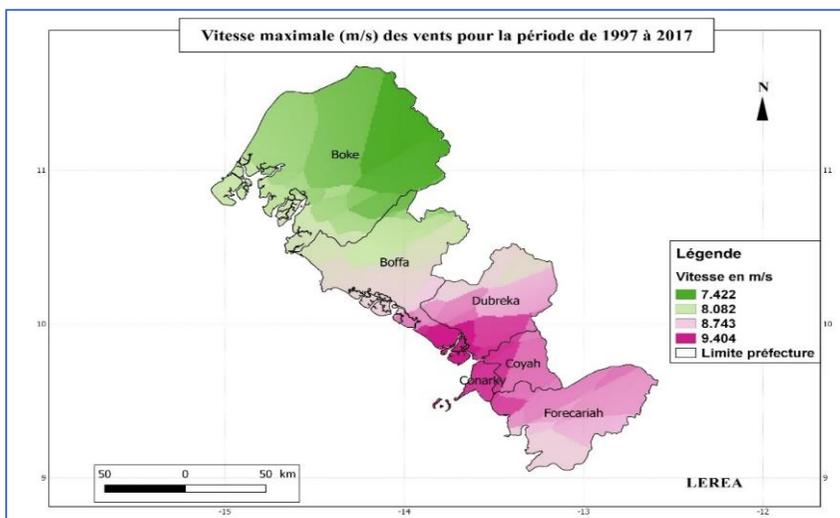


Figure 7 : Vitesse maximale du vent

D'après la **Figure 7**, les préfectures de Coyah, Dubréka, Forécariah et la zone spéciale de Conakry présentent une vitesse du vent maximale qui varie de 8,74 à 9,40 m/s donc un potentiel exploitable. Par contre, la préfecture de Boké et le nord de Boffa offrent une faible vitesse maximale qui varie de 7,42 à 8,08 m/s.

III-4. Rose des vents globales pour la zone côtière de 1997 à 2017

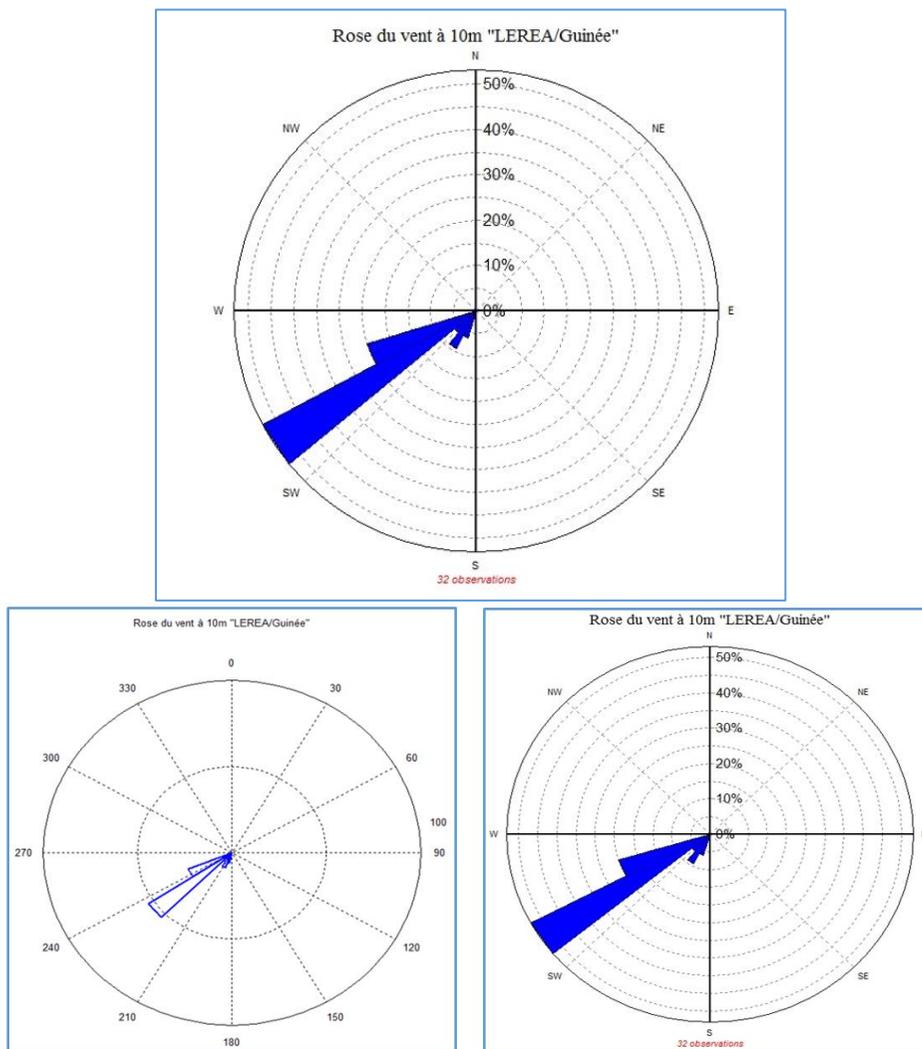


Figure 8 : Rose du vent globale

D'après une étude comparative entre les logiciels Matlab Rb et Instat plus on constate d'après la **Figure 8** que les deux (2) roses sont identiques et se dirigent dans la même direction (Sud-Ouest).

III-5. Distribution des paramètres de Weibull (facteurs de forme et d'échelle)

Pour cette étude, on constate dans la **Figure 9** que la distribution de la vitesse du vent le long de la zone côtière est assez importante. En effet, on a trouvé un facteur d'échelle de $k = 6,2885$; un facteur de forme de $3,5432$ m/s avec une puissance disponible de $59.1327W/m^2$ à $3.3228m/s$.

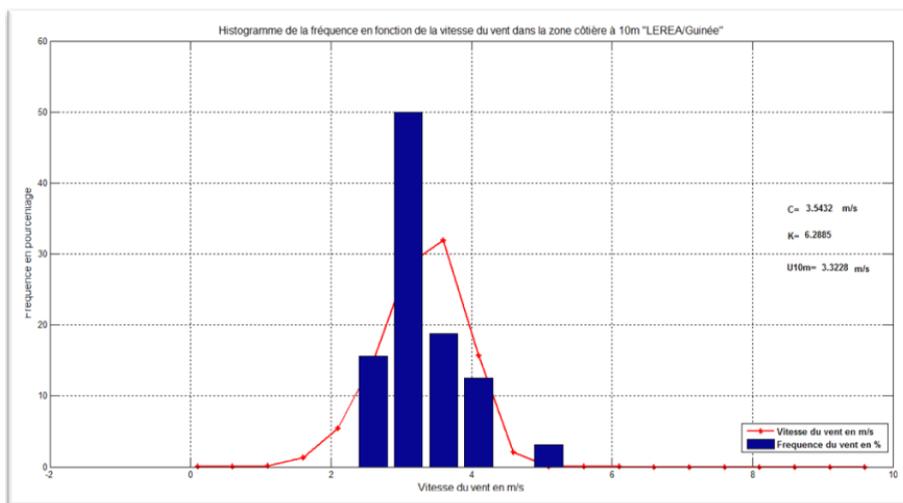


Figure 9 : Courbes de distribution de Weibull à 10 m

III-6. Puissance disponible

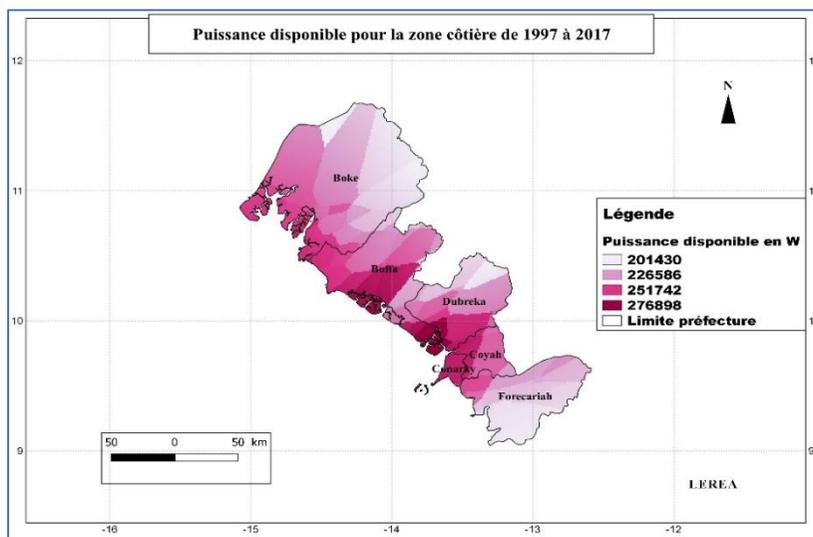


Figure 10 : Puissance disponible

D'après la **Figure 10**, on remarque que les puissances disponibles (w) sont très importantes dans les zones côtières des préfectures de Coyah, Dubréka, Boffa, Boké et la zone spéciale de Conakry avec une puissance variant de 226586 à 276898 W soit de 226,58 à 276,89 kW. Par contre, on constate que la puissance récupérable est moins importante dans la préfecture de Forécariah ; elle est estimée à 201430W soit 201,43KW.

IV - CONCLUSION

Au terme de cette recherche sur l'évaluation du potentiel énergétique éolien le long de la zone côtière des préfectures de : Coyah, Dubréka, Forécariah, Boké, Boffa et la zone spéciale de Conakry. L'étude est effectuée à partir des données satellitaires journalières (vitesse et direction), des données météorologiques des différents sites d'observations et les données de mesure expérimentale (terrain). Ces résultats obtenus nous donnent une vitesse moyenne mensuelle de 3,3228 m/s, pour Tamara (6,75m/s), Room (7,22 m/s), Kassa (7,17m/s), Kakossa (3,81 m/s), Kaback (4,01 m/s), Conakry (4,00 m/s), Coyah (3,75 m/s), Dubréka (3,34 m/s), Boké (3,01 m/s), Boffa (2,56 m/s), Forécariah (3,01 m/s), une vitesse minimale de 2,56m/s, une vitesse maximale du vent de 4,91m/s, un facteur de forme de 3,5432 m/s, un facteur d'échelle de 6,2885 et une puissance disponible de 59,1327 W/m². Nous constatons que pour tous les points le vent le plus dominant est du côté de sud-ouest. Les résultats obtenus montrent à suffisance que les îles de Loos et Tristao avec les préfectures de Coyah, Dubréka et la zone spéciale de Conakry disposent d'un meilleur potentiel éolien qui est favorable à l'exploitation de l'énergie éolienne tout en garantissant la protection de l'environnement.

RÉFÉRENCES

- [1] - REDJEM RADIA, « Étude d'une chaîne de conversion d'énergie éolienne » Mémoire de magistère en Electrotechnique, université de Mentouri de Constantine, (2009)
- [2] - SAID DIAF « Evaluation du potentiel éolien et estimation de la production d'une ferme éolienne dans la région d'Adrar » Séminaire International sur le Génie Climatique et l'Energétique, Alger, (2010)
- [3] - « Wind Turbine Control Systems » Springer, imprimé en allemand, (2007)
- [4] - <http://meteo.org/phenomene/> vent date d'accès 26-04-2015
- [5] - NACHIDA KASBADJI MERZOUK, « Evaluation du gisement énergétique éolien contribution à la détermination du profil vertical de la vitesse du vent en Algérie » thèse de Doctorat, -l'université Aboubeker Belkaid de Telemcen, (2006)

- [6] - NACHIDA KASBADJI MERZOUK, « éolienne, PPT», (2006)
- [7] - AHL MEHDI LAAROUSSI, LABYAD YOUSSEF, « Calcul du rendement de l'éolienne Rutland 913 à l'aide du logiciel Mecaflux Héliciel » le 07/06/2017
- [8] - AREF LASHIN, AHMED SHATA, « analyse de potentiel énergétique éolien en Port-Said», Énergies renouvelables et de l'énergie durable Avis, Egypt, www.elsevier.com/locate/rsr, (2012)
- [9] - G. AL ZOHBI, P. HENDRICK et P. BOUILLARD, « Evaluation du potentiel d'énergie éolienne au Liban » Revue des Energies Renouvelables, liban, (2014)
- [10] - D. ZEJLI and A. BENNOUNA, 'Wind energy in Morocco : Which Strategy for Which Development ?'. In : Renewable Energy in the Middle East. NATO Science for Peace and Security Series C : Environmental Security. Springer, (2009) 151 - 173 p.
- [11] - éolien offshore. CEP - Centre Énergétique et Procédés. Paris, École des Mines. PhD : 138
- [12] - D. CARVALHO, A. ROCHA, M. GOMEZ-GESTEIRA, C. SILVA SANTOS, Potential impacts of climate change on European wind energy resource under the CMIP5 future climate projections. *Renewable Energy*, Vol. 101, (2017) 29 - 40 p.
- [13] - P. HENCKES, A. KNAUT, F. OBERMULLER, C. FRANCK, The benefit of long-term high resolution wind data for electricity system analysis. *Energy*, Vol. 143, (2018) 934 - 942 p.
- [14] - Technical note of WMO, Meteorological Aspect of the Utilisation as an Energy Sources, N° 175 (1981)
- [15] - A. LAUGEL, Climatologie des états de mer en Atlantique nord-est : analyse du climat actuel et des évolutions futures sous scénarios de changement climatique, par descente d'échelle dynamique et statistique. Thèse Université Paris Est, Paris, (2013)
- [16] - C. MATTAR, D. BORVARAN, Offshore wind power simulation by using WRF in the central coast of Chile. *Renewable Energy*, Vol. 94, (2016) 22 - 31 p.
- [17] - G. TURBELIN, Modélisation de la turbulence atmosphérique en vue de l'étude du chargement aérodynamique des structure soumises aux effets du vent, Thèse de doctorat, Centre d'Etudes Dynamiques d'Ile de France, (2000) 183 p.
- [18] - MOHAMED DOUAKA, NOUREDDINE SETTOU, « Estimation of hydrogen production using wind energy in Algeria ». International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES15. *Energy Procedia*, 74 (2015) 981 - 990

- [19] - SAID DIAFA, GILLES NOTTON, DJAMILA DIAF, « Technical and economic assessment of wind farm power generation at Adrar in Southern Algeria ». The Mediterranean Green Energy Forum 2013, MGEF-2013. *Energy Procedia*, 42 (2013) 53 - 62
- [20] - PROJET DE PARC EOLIEN DU « ROC DEL MOUNGE » centrale éolienne gramentes énergies / Labruguière énergies. Sur :http://www.aude.gouv.fr/IMG/pdf/3_RdM_Etude_Impact_-_partie_2_cle09e4a6.pdf. Consulté le 20/05/2021
- [21] - <https://wind-data.ch/tools/powercalc.php>. Consulté le 26/05/2021
- [22] - <http://www.heliciel.com/>
- [23] - <http://www.energieplus-lesite.be>
- [24] - <http://www.action-eolienne.com/La-limite-de-Betz>
- [25] - <http://guidedtour.windpower.org/fr/tour/wres/weibull.htm>
- [26] - http://eolienne.f4jr.org/eolienne_etude_theorique