



Potentiel énergétique éolien et profil de consommation d'énergie dans le village Wouro Kessoum Ngaoundéré Cameroun

Sadam Alphonse^{a,*}, Bikai Jacques^a, Tetang Fokone Abraham^b, Kapseu Cesar^c

^a UFD PAI, Laboratoire d'Analyse de Simulation et Essais (LASE), IUT de Ngaoundéré, BP : 455, Ngaoundéré Cameroun

^b UFD PAI, Laboratoire d'Energétique et Thermique Appliquée (LETA), à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles de Ngaoundéré, BP: 455, Ngaoundere, Cameroun

^c Laboratoire Réaction Extraction Séchage, Sucrerie Huilerie à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles de Ngaoundéré, Cameroun

ARTICLE INFO

Article history:

Received 05 July 2020

Accepted 08 October 2020

Mots clés:

Energies renouvelables

extrapolation

potentiel éolien

densité locale l'air

demande d'énergie

RESUME

Dans le cadre de la résolution du problème de déficit énergétique et de la pollution environnementale due aux énergies fossiles, l'utilisation des énergies renouvelables (ER) constitue une solution idoine. Cependant, l'instabilité de ces sources demeure une des limites considérables à leur exploitation. Notre travail porte sur l'évaluation du potentiel éolien en intégrant le paramètre de la densité massique locale de l'air. L'extrapolation de la demande d'énergie permet de prédire la solution envisageable. Le but de ce travail est de vérifier si l'énergie éolienne peut satisfaire à la demande d'énergie dans le village Wouro Kessoum. Les résultats montrent que ce n'est qu'entre 8 heures et 17 heures de la journée que la puissance récupérable satisfait à la demande d'énergie pour 195 ménages de ce village.

ABSTRACT

Within the context of solving the problem of energy deficit and environmental pollution due to fossil fuels, the use of renewable energies (RE) is an appropriate solution. However, the instability of these sources remains one of the considerable limits to their exploitation. Our work concerns the evaluation of wind potential by integrating the parameter of the local density of the air. Extrapolation of demand for energy helps to predict the possible solution. The aim of this work is to verify whether wind power can meet the energy demand in the village of Wouro Kessoum. The results show that it is only between 8 am and 5 pm of the day that the recoverable power meets the energy demand for 195 households in this village.

Keywords:

Renewable energies

extrapolation

wind potential

local air density

energy demand

* Corresponding author, E-mail address: ssadamalphonse@yahoo.f

Tel.: +237 696049462

ISSN: 1112-2242 / EISSN: 2716-8247



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Based on a work at <http://revue.cder.dz>.

1. Introduction

Ces dernières années, la communauté scientifique est préoccupée par la menace du réchauffement climatique. Ce phénomène est dû à l'augmentation des émissions du gaz à effet de serre liées à l'activité humaine. Les énergies renouvelables se présentent comme une solution potentielle à la réduction des émissions du gaz à effet de serre. Parmi les moyens de production prometteuse, on peut citer l'éolien, la biomasse, le photovoltaïque. La demande d'énergie électrique est une problématique d'ampleur mondiale nécessitant impérativement le développement des nouvelles sources d'énergies pour pallier au déficit actuel. Elle coïncide vraisemblablement, avec l'épuisement des sources d'énergies classiques [1]. De nos jours, ces énergies deviennent progressivement des énergies à part entière, rivalisant avec des énergies fossiles du point de vue coût et performance de production [2]. Par ailleurs, ces énergies se présentent comme un moyen de production d'électricité très prometteur pour plusieurs raisons. On peut citer entre autres : la technologie qui présente des qualités sur le plan écologique, car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est pas l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions. Les énergies renouvelables sont exploitable aussi bien en montagne, dans un village isolé que dans le centre d'une grande ville [3].

Le développement rapide des technologies éoliennes est une alternative aux systèmes énergétiques conventionnels ces dernières années [4]. La ville de Ngaoundéré regorge un faible vent mais exploitable pour la production de l'énergie électrique [5-6]. Bien plus, le vent n'est qu'un phénomène aérodynamique par nature très complexe. Par suite de la variabilité de très nombreux paramètres qui le gouvernent, sa vitesse horizontale instantanée présente un caractère spatio-temporel fluctuant qui justifie des considérations spectrales [7]. Une approche simple, valable pour les zones climatiques intertropicales, considère un processus caractérisé par la distribution de Weibull ou la distribution hybride de Weibull selon la fréquence des valeurs de sa vitesse [1]. La densité massique de l'air est un paramètre à prendre en considération dans la production de l'énergie éolienne. Ceci a été démontré par les travaux de [8] où ils ont montré qu'il est important de prendre en compte la variabilité spatiale de la densité de l'air. Ils ont montré que l'erreur d'estimation d'énergie éolienne est plus importante en haute altitude. La prise en compte de la densité de l'air permet de faire un bon choix des éoliennes dans un milieu donné [9]. Dans le même ordre d'idée, d'autres ont évalué la puissance fournie par une éolienne de référence et la puissance éolienne estimative. Ils ont obtenu une erreur de 12% en considérant la densité de l'air standard et 6% pour la densité de l'air locale par rapport à la puissance fournie par l'éolienne de référence [10].

L'objectif de notre travail est de contribuer au développement de la population en exploitant l'énergie éolienne. Il sera question d'évaluer la puissance disponible, récupérable, utilisable et de déterminer à quel moment la puissance récupérable se raréfie avec les alinéas climatiques en tenant compte de la variabilité de la demande énergétique, c'est-à-dire l'augmentation du nombre de ménage dans une localité. Pour mener à bien notre étude, nous avons choisi le village Wouro Kessoum situé dans la Région de l'Adamaoua plus précisément dans l'arrondissement de Ngaoundéré III pour la couverture en énergie éolienne. Le choix du modèle éolien s'est porté sur le modèle de puissance récupérable et utile car il tient compte des paramètres tels que la vitesse de démarrage, nominale et d'arrêt et de la densité de l'air [11]. Dans le cadre de notre travail, la densité massique locale de l'air sera prise en considération.

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Présentation du village Wouro Kessoum

Le village Wouro Kessoum est situé dans la ville de Ngaoundéré chef-lieu de la Région de l'Adamaoua située à une altitude de 1120m. Ses coordonnées géographiques sont données par le tableau 1.

Tableau 1 : coordonnées géographiques du village Wouro Kessoum

Altitude :	1120m
Longitude :	13° 34'E
Latitude :	7° 20'N

2.1.2 Matériel utilisés

La localisation du site a été faite sur le site Google Maps. L'ASECNA nous a permis d'avoir les données moyennes météorologiques (vitesse de vent) à 10m du sol pour une fréquence 1heure d'intervalle de mesure. Le logiciel Matlab nous a permis de tracer les courbes.

2.2 Méthodes

2.2.1. Potentiel éolien du site

Une meilleure solution de l'analyse statistique des données de vent est l'utilisation de la distribution de Weibull. Celle-ci est à l'heure actuelle un standard pour la représentation de la climatologie d'un site éolien. Cette représentation a l'avantage de déterminer rapidement la

production annuelle moyenne du vent connaissant la caractéristique de Weibull du site [4]. La distribution du vent se fait à l'aide de la loi de Weibull donnée par l'équation 1 [12].

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

$f(V)$ est la densité de probabilité de la vitesse ; K le facteur de forme de la distribution de Weibull (sans dimension) et C le facteur d'échelle de la distribution de Weibull en m/s. K et C sont déterminés par la Méthode du Facteur d'Energie EPF. Cette méthode est plus précises et efficaces [13]. K se détermine en utilisant l'équation (2).

$$K = 1 + \frac{3.69}{(Epf)^2} \quad (2)$$

Epf désigne l'énergie de facteur obtenue en fonction de la vitesse instantanée par la relation donnée par l'équation (3). L'équation (4) permet d'avoir la valeur de C .

$$Epf = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i\right)^3} \quad (3)$$

$$C = \frac{VmK^{2.6674}}{0.184+0.8116K^{2.73855}} \quad (4)$$

2.2. Extrapolation de la vitesse du vent

La vitesse du vent dans la ville de Ngaoundéré est relativement faible. De plus, à 10m le vent est perturbé par plusieurs obstacles tels que la forêt, les maisons etc. [5]. Les éoliennes sont donc installées à des hauteurs bien supérieures à 10 mètres. Ce qui permet d'obtenir de bonnes puissances exploitables. La vitesse du vent utilisée pour calculer la puissance récupérable est alors exploitée à la hauteur du mât de l'éolienne. L'équation (5) est utilisée à cet effet [7].

$$V(z_2) = V(z_1) \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha \quad (5)$$

Avec

$$\alpha = \frac{1}{\ln\left(\frac{\bar{z}}{z_0}\right)} - \left(\frac{0.0881}{1-0.00881 \times \ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)}\right) \times \ln\left(\frac{V(z_1)}{6}\right) \quad (6)$$

et

$$\bar{z} = \sqrt{z_1 \times z_2} \quad (7)$$

$V(z)$ est la vitesse de référence mesurée à z mètres du sol; z_1 et z_2 désignent respectivement la hauteur de référence et la valeur variable supérieure à la référence; z_0 la rugosité du sol

2.2.3. Extrapolation des paramètres de Weibull en fonction de la hauteur

Les équations 8 et 9 suivantes permettent d'extrapoler les valeurs K et C à une hauteur z [7]

$$Kz = \frac{K_{10}}{1 - 0.00881 \ln\left(\frac{z}{z_{10}}\right)} \quad (8)$$

$$C_z = C_{10} \times \left(\frac{z}{z_{10}}\right)^n \quad (9)$$

Avec

$$n = (0.37 - 0.088 \ln(C_{10})) \quad (10)$$

2.2.4. Potentiel éolien disponible

La puissance éolienne disponible par unité de surface est donnée par l'équation (11) suivante [11] :

$$\langle Pd \rangle = \frac{1}{2} \rho \langle V^3 \rangle \quad (11)$$

Avec

$$\langle V^3 \rangle = \int_0^\infty V^3 f(V) dv = C^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{K}\right) \quad (12)$$

Or, la densité massique locale de l'air varie avec la hauteur. Elle s'exprime par la l'équation (13) suivante [14] :

$$\rho = \rho_0 - 1,194 \cdot 10^{-4} \cdot h_m \quad \text{avec} \quad \rho_0 = 1,196 \text{ kg/m}^3 \quad (13)$$

h_m est l'élévation du site par rapport à la mer. Il est de 1120m par rapport à la mer.

2.2.5. Puissance maximale éolienne récupérable

La vitesse du vent du site est transformée en énergie mécanique et cette vitesse n'est pas totalement récupérée par les éoliennes. La puissance maximale récupérable du site selon la théorie de Betz obtenue à partir de l'équation (14) [11]:

$$\langle P_{\max} \rangle = 0,59 \langle Pd \rangle \quad (14)$$

En remplaçant la puissance disponible par sa valeur, la puissance récupérée par unité de surface devient :

$$\langle Pr \rangle = 0,295 \rho \langle V^3 \rangle \quad (15)$$

En tenant compte de la densité locale l'équation (14) permet de calculer la puissance théorique maximale récupérable.

En remplaçant (13) dans (15) on a :

$$\langle Pr \rangle = 0,295. (\rho_0 - 1,194. 10^{-4}. h_m) \langle V^3 \rangle \text{ en kW/m}^2 \quad (16)$$

L'énergie maximale moyenne récupérable en un an est :

$$\langle Er \rangle = 0,295.24.365,25(\rho_0 - 1,194. 10^{-4}. h_m). \langle V^3 \rangle \text{ en kWh/m}^2 \quad (17)$$

2.2.6. Puissance éolienne utilisable du modèle de [11] :

L'équation (18) représente la puissance utilisable avec V_i , V_n , V_s respectivement la vitesse de démarrage, nominale et de coupure de l'éolienne.

$$\langle Pu \rangle = \begin{cases} 0 & \text{pour } V < V_i \\ \frac{1}{2} \rho V^3 & V_i \leq V \leq V_n \\ \frac{1}{2} \rho V_n^3 & V_n \leq V \leq V_s \\ 0 & V \geq V_s \end{cases} \quad (18)$$

Cette puissance éolienne utilisable est fonction de la vitesse du vent et de la densité massique de l'air. Cette dernière dans l'équation (18) est considérée comme une constante dans chaque localité. Or elle varie en fonction de l'altitude. C'est pour cette raison que dans le milieu choisi (Wouro Kessoum), on tiendra compte de la densité massique locale de l'air. Pour vérifier l'influence de la variation de la densité massique locale de l'air, le choix s'est porté sur les éoliennes de types Nordex dont la vitesse de démarrage coïncide avec la plus petite vitesse du vent de la localité choisie. Chaque type d'éolienne est caractérisé par sa courbe de puissance en fonction de la vitesse. Au préalable, en fonction des vitesses du milieu, on fera un choix parmi les trois éoliennes proposées.

2.2.7. Puissance éolienne utilisable avec considération de la densité massique locale de l'air :

Etant donné que la vitesse du vent varie, chaque aérogénérateur est caractérisé par sa vitesse de démarrage V_i , sa vitesse nominale V_n et sa vitesse d'arrêt V_s qui sont spécifiques. D'après l'équation (13) qui tient compte de la densité massique locale de l'air, la puissance éolienne utilisable de l'équation (18) devient:

$$\langle Pu \rangle = \begin{cases} 0 & \text{pour } V < V_i \\ 0,297. (\rho_0 - 1,194. 10^{-4}. h_m) \langle V^3 \rangle & \text{si } V_i \leq V \leq V_n \\ 0,297. (\rho_0 - 1,194. 10^{-4}. h_m). v_n^3 & \text{si } V_n \leq V \leq V_s \\ 0 & \text{si } V \geq V_n \end{cases} \quad (19)$$

La vitesse V est déduite de la distribution de Weibull

$$\langle V^3 \rangle = \int_0^{\infty} V^3 f(V) dv = C^3 \Gamma(1 + \frac{3}{K}) \quad (20)$$

3. Le choix de l'éolienne

Beaucoup de paramètres entrent en jeu pour le choix de l'éolienne qui correspond au site choisi. Ces paramètres sont : la vitesse de démarrage, la vitesse nominale, la vitesse d'arrêt, sa longueur, le nombre des pales. Si le choix n'est pas convenable, l'éolienne ne produira pas une bonne puissance et sera à l'arrêt. C'est le cas d'une petite éolienne implantée dans un milieu où la vitesse du vent est importante. Le tableau 2 présente les caractéristiques des éoliennes de types Nordex qui peuvent être utilisées grâce à leurs vitesses de démarrage adaptées à la plus faible vitesse du vent du site choisi (3-4 m/s)

Tableau 2 : caractéristique des éoliennes de type Nordex [15]

Type de l'éolienne	N29/250	N43/600	N54/1000
Puissance nominale (kW)	250	600	1000
Vitesse de démarrage (m/s)	3-4	3-4	3-4
Vitesse nominale (m/s)	15,5	13,5	14
Vitesse coupure (m/s)	25	25	25
Diamètre rotor, m	27,5	43	54
Hauteur moyeu, m	30, 40, 50	40, 50,60	50, 60,70

4. Profil de charge du site

La détermination du profil de charge journalier s'est faite sur une enquête menée auprès de 195 ménages dans le village Wouro Kessoum. Les appareils électroménagers ont été recensés avec leur puissance et temps de consommation. Les données sont consignées dans le tableau 3. Au fil du temps, la demande d'énergie augmente avec l'accroissement du nombre du ménage. Si le nombre des éoliennes a été conçu pour un nombre de ménages fixe, la variabilité de la demande d'énergie fera en sorte qu'il faut ajouter d'autres éoliennes pour satisfaire à la demande. C'est pour cette raison qu'on a extrapolé la consommation d'énergie en fonction du nombre de ménages dans une localité donnée. Soit $P_d(t)$ la puissance journalière demandée pour un ménage en fonction du temps t et N le nombre de ménages dans le village Wouro Kessoum. L'extrapolation de la demande d'énergie $P_t(t)$ est :

$$P_t(t) = N * P_d(t) \quad (21)$$

Cette extrapolation permet de prédire la consommation d'énergie s'il y a eu variation du nombre de la population dans une localité donnée. De ce fait, les nombres des éoliennes seront aussi variables en fonction de la variabilité de la demande d'énergie dans cette localité. On a émis l'hypothèse suivante: Le profil de consommation journalier dans un ménage est considéré constant pour tous les jours et représenté dans le tableau 3.

Tableau 3 : Consommation moyenne journalière dans un ménage (Wouro Kessoum)

Appareil	Puissance(W)	Temps d'utilisation (heure)	Energie (Wh)
Téléviseur	50	12	224
Lampe fluorescente(6)	72	9	360
Réfrigérateur	100	24	1200
		Total	1784

5. Résultats et discussion

Le tableau 4 présente les données des vitesses de vent en 24 heures. Ces dernières permettent d'avoir la puissance éolienne journalière.

Tableau 4 : Vitesse journalière de vent à 10 m du sol dans la ville de Ngaoundéré

temps (heure)	vitesse (m/s)	Temps (heure)	vitesse (m/s)
1	4.08	13	6.3
2	4.01	14	6.4
3	3.9	15	6.46
4	3.94	16	6.44
5	4.13	17	6.22
6	4.49	18	6.07
7	4.56	19	5.74
8	4.78	20	5.41
9	5.12	21	5.23
10	5.6	22	4.82
11	6.04	23	4.42
12	6.18	24	4.14

La figure 1 présente la variation de la vitesse mensuelle du vent de 2013 à 2018 issues de l'ASECNA pris à 10 m du sol. L'altitude est de 1120 m. L'analyse de cette courbe montre que la vitesse du vent est élevée dans la ville de Ngaoundéré au mois de Janvier, février, Mars, Avril, octobre et novembre. Elle est faible au mois de Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre. La vitesse moyenne la plus élevée est celle du mois d'Avril qui est de 4,9 m/s. Pour avoir la hauteur des éoliennes choisies, on a extrapolé à des hauteurs variables 30 m, 60 m, 70 m (figure1). Leur vitesse maximale varie respectivement de 6,13m, 7,06m, 7,29m qui sont des vitesses bien exploitables par des moyennes éoliennes.

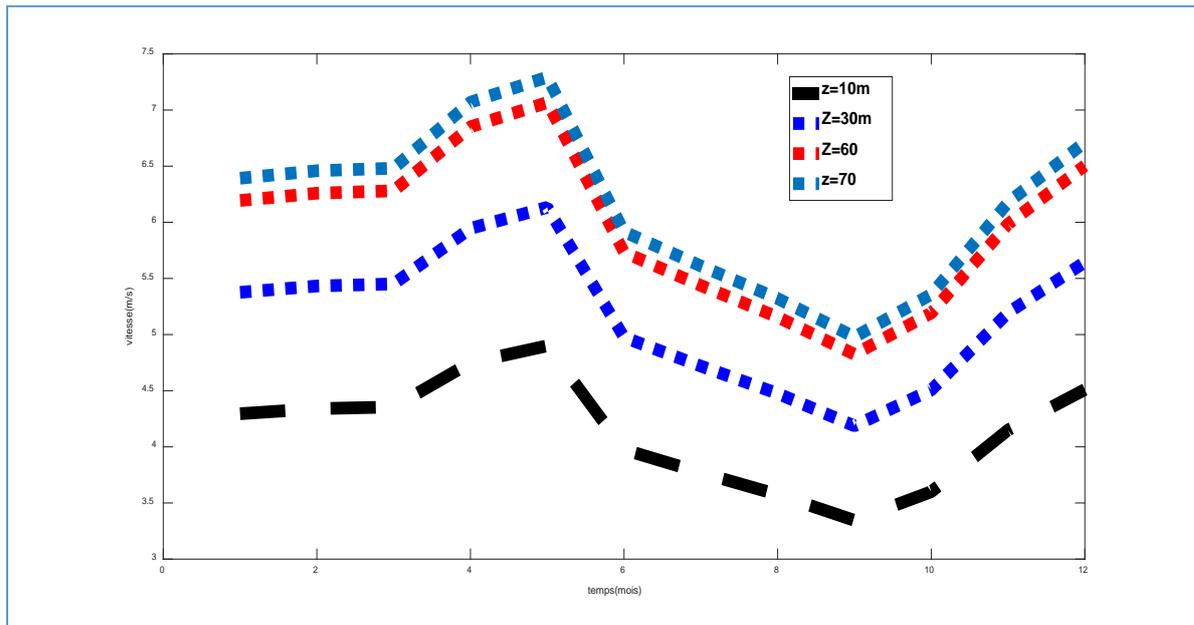


Figure1 : vitesses moyennes annuelles extrapolées

En considérant les vitesses de démarrages et nominales, le choix de l'éolienne s'est porté sur le type **N43/600**. C'est celle qui à la plus petite vitesse nominale qui est de 13,5 m/s et pour hauteur 60 m.

La figure 2 Montre le profil de consommation pour un ménage. Ce profil est fonction du temps de consommation des appareils de ménage. Le pic de consommation est entre 6 heures, 7 heures (1430 W) et 19 heures, 20 heures (1480 W). Cette puissance demeure constante et faible de 0 heure à 5 heures, de 10 heures à 15 heures, et chute de 21 à 23 heures ceci s'explique par le faite qu'à ces heures, peu d'appareils sont mises en marches. La figure 3 montre l'extrapolation du profil de consommation en fonction de la variation du nombre de ménage. Dans cette extrapolation, on considère que le profil de consommation dans un ménage est considéré constant. Cette demande d'énergie croit avec l'augmentation du nombre n de ménages dans le village car le nombre de ménages augmente au fil du temps. En faisant varier le nombre de

ménage de 50 à 250 ménage, on constate qu'il y a augmentation de demande d'énergie. Cette extrapolation permet donc de prédire le profil de consommation qui varie en fonction du nombre de ménages dans une localité donnée.

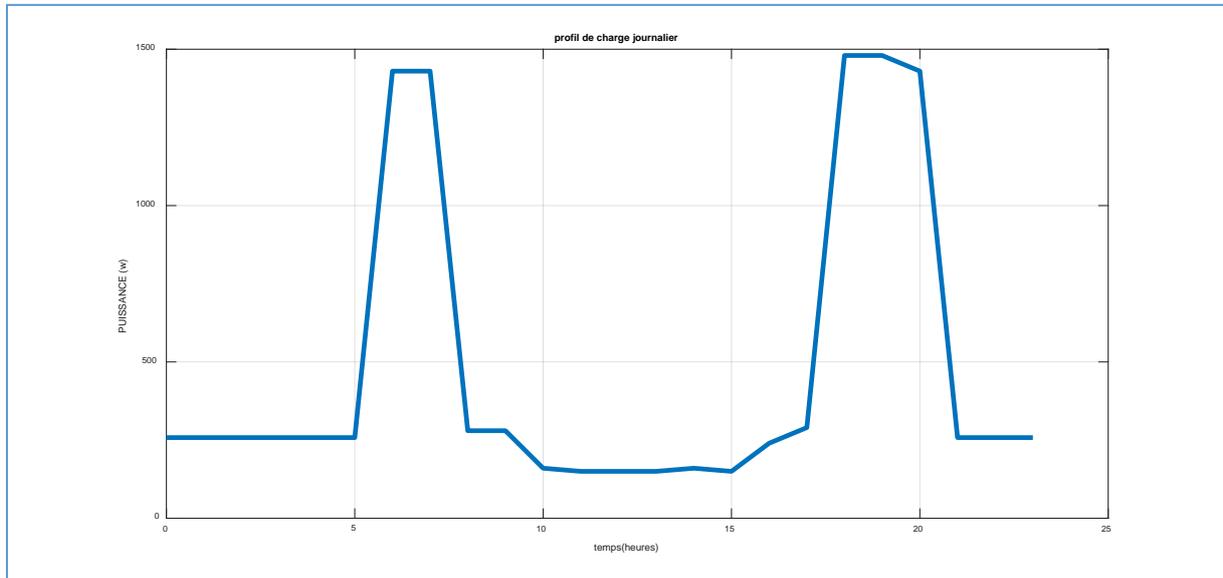


Figure 2 : profil de consommation journalier d'un ménage

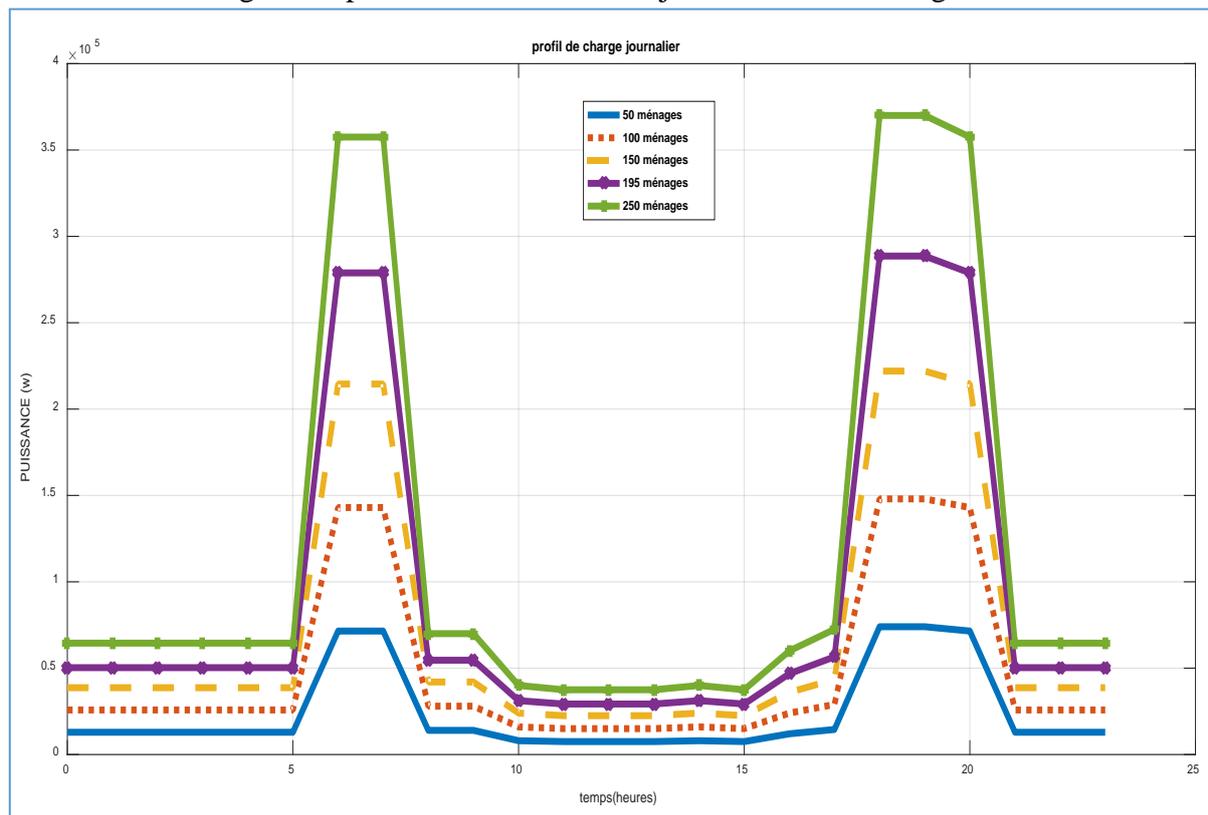


Figure 3: Extrapolation du profil de consommation

La figure 4 nous renseigne si la puissance récupérable journalière peut suffire la demande d'énergie du village Wouro Kessoum. La hauteur du mât de l'éolienne choisie est de 60m. La vitesse de vent a été donc extrapolée à cette hauteur. Le constat qui se dégage est que ce n'est

qu'entre 8 heures et 17 heures que la puissance récupérable est au-dessus de la demande d'énergie pour 195 ménages du village Wouro Kessoum .

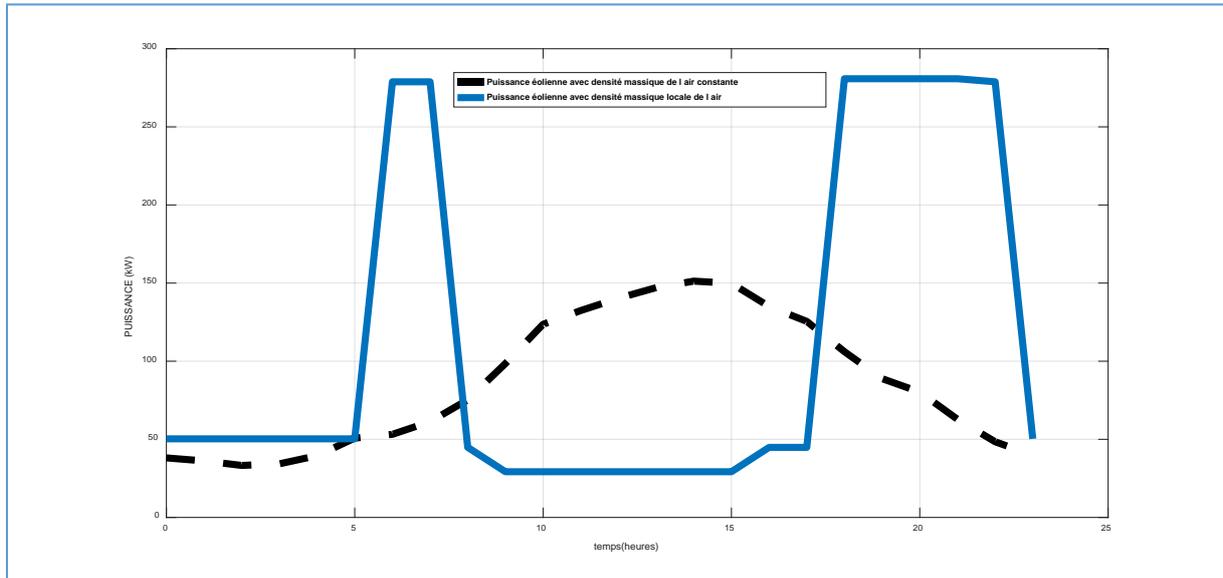


Figure 4 : Comparaison entre la demande d'énergie journalière pour 195 ménages à la puissance récupérable.

L'équation (12) prend en compte l'altitude du milieu. La densité massique de l'air devient la densité massique locale qui dépend du milieu choisi. La figure 5 présente la comparaison entre la prise en compte de la densité massique locale et celle ordinaire qui est de $1,25 \text{ Kg/m}^3$ [13] par rapport à la demande d'énergie. Le constat qui se dégage est qu'il y a une nette différence entre les deux courbes. A 12 h on a une puissance récupérable de 140,3 kW pour la prise en compte de la densité massique locale et 158 kW pour la densité massique de l'air considérée constante.

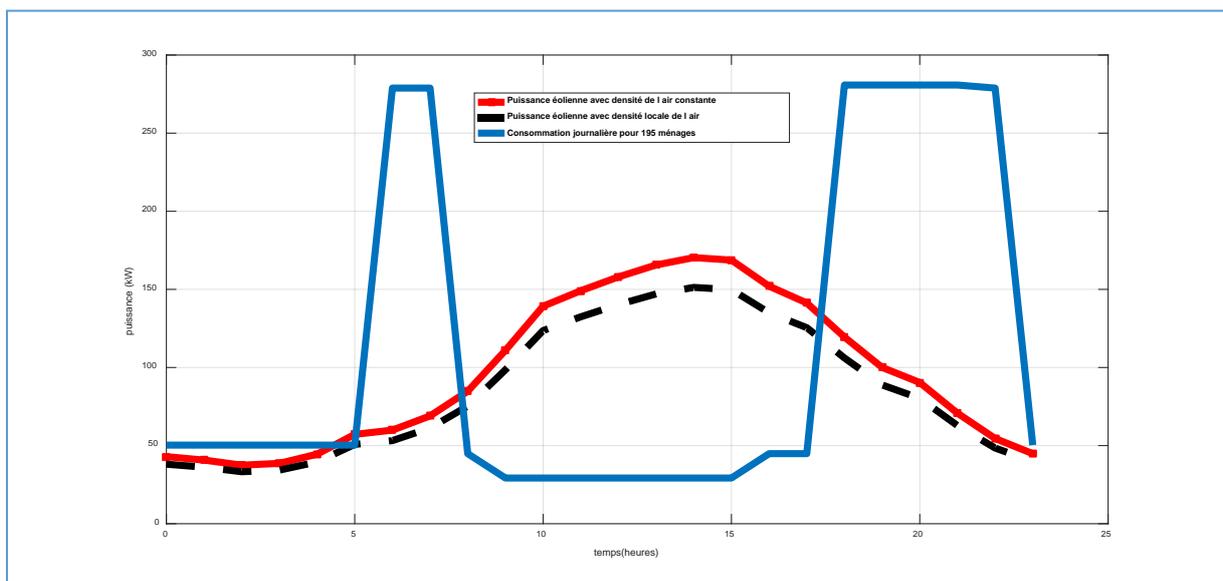


Figure 5 : Comparaison entre la demande d'énergie journalière à la puissance récupérable avec prise en compte et sans prise en compte de la densité massique locale de l'air.

6. Conclusions et perspectives

Ce présent travail permet dans un premier temps de considérer la densité massique locale de l'aire en fonction de l'altitude dans le modèle de la puissance éolienne utilisable, dans un deuxième temps extrapoler la demande d'énergie en fonction de l'augmentation de la population et en troisième lieu, faire une comparaison entre l'énergie fournie et celle demandée dans une localité. La prise en compte de la densité massique locale de l'aire a une influence sur la puissance éolienne car l'erreur est de 11.21%. L'extrapolation de la demande d'énergie est importante dans ce sens qu'elle nous renseigne sur l'énergie que la population de la localité peut consommer s'il y a eu variation. Il ressort de cette étude que l'énergie fournie par le vent connaît une limite car il y a des moments que cette énergie est faible et ne comble pas la demande d'énergie. Il serait judicieux d'ajouter des batteries de stockages pour palier à ce manque.

Nomenclature

ASECNA, Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar	
K, Facteur de forme de la distribution de weibull	V, Vitesse mensuelle moyenne du vent m/s
f(v), Fréquence de la vitesse de vent	ρ , Densité de l'air, kg/m ³
C, Facteur d'échelle de la distribution de weibull, m/s	Γ , Forme de distribution de fréquence
Epf, Méthode de facteur d'énergie de facteur	z, Altitude de mesure de la vitesse
N, Nombre de ménage	ER, Energie renouvelable
$\langle Pd \rangle$, Puissance moyenne disponible du site, W	$\langle Pmax \rangle$: puissance maximale récupérable, W
$\langle Pu \rangle$, puissance moyenne utilisable, W	$\langle Pe \rangle$: puissance moyenne utile, W
η , le rendement du générateur éolien	z_0 , la rugosité du sol

7. References

- [1] D.K. Kidmo, N. Djongyang, S.Y. Doka, and D. Raidandi «Assessment of Wind Energy Potential for Small Scale Water Pumping Systems in the North Region of Cameroon », *International Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol3, N°1, pp. 38- 46, 2014
- [2] E. Alsema, A. Patyk, « Investigation on Storage Technologies for Intermittent Renewable Energies: Evaluation and recommended R&D strategy », WP Report thematic network contract n° enk5-ct-2000-20336 deliverable 9, investire-network WP5 Final report Environmental issues November 2003
- [3] G.C. Semassou, «Aide a la décision pour le choix de sites et systèmes énergétiques adaptés aux besoins du Bénin», Ecole Doctorale de l'Université Bordeaux, Thèse, 2011
- [4] S. Akpinar, E. Akpinar, « Wind energy analysis based on maximum entropy principle (MEP)-type distribution function», *Energy Conversion and Management* 48 (2007) 1140–1149
- [5] M. Kazet, R. Mouangue, A. Kuitche, J.M. Ndjaka et S. Takam, « Modélisation et Simulation Numérique des Données de Vent en Vue d'une Prédiction de l'Energie Electrique d'origine Eolienne: Cas d'un Site de la Ville de Ngaoundéré au Cameroun », *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 16, N°3, pp. 527 - 538, 2013
- [6] A. Kouam , G. Tchuen, «Optimisation d'un système hybride de production d'énergie pour site isolé: cas de la ville de Ngaoundéré ». *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 18 N°4 (2015) 529 – 538
- [7] J.L. Nsouandélé, D.K. Kidmo, S.M. Djetouda and N. Djongyang, « Estimation statistique des données du vent à partir de la distribution de Weibull en vue d'une prédiction de la production de l'énergie électrique d'origine éolienne sur le Mont Tinguelin à Garoua dans le Nord Cameroun », *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 19, N°2 (2016) 291 – 301
- [8] C. Jung et D. Schindler, « The role of air density in wind energy assessment - A case study from Germany», *Energy* 171 (2019) 385e392
- [9] A.W. Dahmouni, M. Ben Salah, F. Askri, C. Kerkeni, S. Ben Nasrallah, «Assessment of wind energy potential and optimal electricity generation in Borj-Cedria, Tunisia», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(2011) 815-820
- [10] S. Louassa, O. Guerri, A. Kaabeche, N. Yassaa, « Effects of local ambient air temperatures on wind park performance: case of the Kaberten wind park», *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*

- [11] N. K. Merzouk et M. Merzouk, « Estimation du potentiel énergétique éolien utilisable Application au pompage dans les Hauts Plateaux », *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 9 N°3 (2006) 155 – 163
- [12] F. B. Hacène, N. K. Merzouk et L. Loukarfi, « Analyse Statistique et Elaboration d'un Atlas Eolien de la Vallée du Cheliff », *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 10, N°4, pp. 583 – 588, 2007
- [13] D.K. Kidmo, R. Danwe , S.Y. Doka, and N. Djongyang, «Statistical Analysis of Wind Speed Distribution Based on Six Weibull Methods for Wind Power Evaluation in Garoua, Cameroon», *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 18, N°1, pp. 105 -125, 2015
- [14] M.R. patel «Wind and Solar Power Systems», U.S. Merchant Marine Academy Kings Point, New York, livre, 1999
- [15] S. Diaf « Estimation de la production éolienne d'électricité dans la région d'Adrar », *Revue des Energies Renouvelables SMEE'10 Bou Ismail Tipaza* (2010) 161 – 172