

## Caractérisation des vents induits par les véhicules en mouvement et évaluation de leur potentiel éolien

Patrick Mao Solefack Dongmo \*, Julius Kewir Tangka and Boris Merlain Djousse

Laboratoire des Energies Renouvelables  
Département du Génie Rural, Université de Dschang, Cameroun

(reçu le 18 Juin 2019 - accepté le 28 Juin 2019)

**Résumé** - Cette étude a été menée au Cameroun dans le département de la Menoua, région de l'Ouest avec pour objectif une meilleure connaissance des vents induits par les véhicules en mouvement, ainsi que leurs potentiels énergétiques. Pour y parvenir, des données ont été collectées avec un anémomètre monté sur un véhicule, puis elles ont été analysées à l'aide de Microsoft Excel et du Logiciel SPSS 23. L'étude s'est intéressée à la variation de la vitesse du vent en fonction de celle du véhicule, de la position du capteur de l'anémomètre au tour du véhicule et ainsi que de l'altitude. Elle a révélé à son terme que, le vent induit par les véhicules en mouvement est un vent artificiel caractérisé par sa direction qui est unique et qui est toujours opposé au sens d'avancement du véhicule, sa vitesse qui dépend de la vitesse d'avancement du véhicule, qui varie tout autour de celui-ci (avec les positions avant et dessus présentant des avantages relatifs par rapport aux positions derrière et latérale basse) et qui est indépendante de l'altitude. Par rapport aux vents naturels, il présente l'avantage d'être plus stable et facile à prédire. Ce vent recèle également une immense quantité d'énergie dont la valorisation permettrait de développer plusieurs applications notamment dans le domaine de l'énergie des transports.

**Abstract** - This study was conducted in Cameroon in the department of Menoua, western region with the aim of a better knowledge of the winds induced by moving vehicles as well as their energy potential. To achieve this, data was collected with an anemometer mounted on a vehicle and analyzed using Microsoft Excel and SPSS 23 Software. The study looked at the variation in wind speed depending on the speed of the vehicle, the position of the anemometer sensor at the turn of the vehicle and the altitude. It revealed at its end that, the wind induced by moving vehicles is an artificial wind characterized by its direction that is unique and which is always opposite to the direction of advancement of the vehicle, its speed which depends on the speed of advancement of the vehicle, which varies around it (with the front and top positions having relative advantages over the low side and back positions) and which is independent of the altitude. Compared to natural winds, it has the advantage of being more stable and easy to predict. This wind also contains a huge amount of energy, that the valorization would enable the development of several applications, particularly in the field of transport.

**Mots clés:** Vent - Vitesse - Véhicule - Energie.

### 1. INTRODUCTION

La technologie des énergies renouvelables est une technologie plus ou moins nouvelle, qui consiste en la transformation de l'énergie contenue dans les ressources naturelles et certaines forces de la nature en énergie mécanique, puis en énergie électrique selon le besoin.

Tous les débats menés autour des énergies renouvelables ces dernières décennies laissent croire que l'épuisement des ressources pétrolières est proche et que les énergies renouvelables sont la solution pour le futur, car non seulement les sources sont variées, renouvelables, protectrices de l'environnement mais aussi, leurs applications sont

---

\*dspm20@yahoo.fr - tangkajkfr@yahoo.fr

multiples. Les énergies renouvelables sont les seules ressources d'énergie alternative capables de répondre au besoin énergétique du monde [1].

Parmi les sources d'énergies renouvelables figure le vent qui peut être valorisé pour le pompage et la production du courant électrique. Dans ces deux cas, le vent est naturel et par conséquent rend impossible le développement des éoliennes dans toutes les localités du monde car certaines ont des potentiels faibles donc pas économiquement rentable. Mais, il existe une autre forme de l'énergie éolienne qui ne dépend pas du vent naturel mais d'un vent induit.

Le vent dit induit est un vent généré par tout engin (bicyclette, motocyclette, voiture, train ...) en mouvement. Pour le mettre en évidence, il suffirait d'attacher un bout d'étoffe pouvant flotter à un coin d'un véhicule (rétroviseur par exemple) ; lorsque le véhicule est au repos, le bout d'étoffe est pendant; mais lorsqu'il est en mouvement, l'étoffe flotte.

Qu'en-t-à son origine, le vent induit naît du fait que, le véhicule en mouvement crée une différence de pression entre l'avant et l'arrière ce qui entraîne un déplacement brusque de l'air qui se fait sous forme d'un écoulement de type turbulent et non uniforme [2],[3]. Ce vent induit peut aussi être exploité pour produire de l'énergie. Mais la difficulté réside dans le fait que les caractéristiques de ce vent ne sont pas connues ni la puissance disponible ainsi que le comportement de ce vent vis-à-vis du véhicule qui l'engendre et de l'environnement.

Cette étude se propose donc de mieux connaître les vents induits afin de pouvoir être capable de se prononcer sur les conditions et contraintes de leurs exploitations. Il s'agit en d'autres termes de déterminer les caractéristiques des vents induits ainsi que leur potentiel éolien.

Il est spécifiquement, question d'apporter des éléments de réponses aux interrogations suivantes,

- Comment varie la vitesse du vent en fonction de la vitesse du véhicule ?
- A quel endroit autour du véhicule la vitesse du vent est la plus intéressante, (vitesse et constance du vent) ?
- Comment varie le vent en fonction de l'altitude ?
- Quelle est la puissance disponible dans les vents induits et comment varie-t-elle ?

## **2. METHODOLOGIE**

### **2.1 Caractérisation des vents induits par les véhicules en mouvement**

Cette étude s'est déroulée au Cameroun, dans le département de la Menoua, Région de l'Ouest et spécifiquement sur la route Provinciale N°19: une route bitumée encore en bon état.

#### **2.1.1 Matériel**

Pour mettre en oeuvre la méthode de collecte des données il a été utilisé,

- un anémomètre électronique de marque HoldPeak HP-846A qui mesure entre autres paramètres, la vitesse du vent avec une précision de  $\pm 3\%$  + 0.1rad et avec une résolution de 0.001. C'est également un anémomètre assez sensible car il est capable de détecter des vents de 0.3 m/s ;

- un véhicule avec le compteur kilométrique encore en bon état, ayant un conducteur expérimenté et dont les caractéristiques morphologiques répondent aux objectifs de l'étude. Le choix a été donc porté sur un véhicule de marque Toyota Carina E faisant 4.53 m de long, 1.70 m de large et 1.41 m de haut.

### 2.1.2 Méthode

De manière globale, elle a consisté à monter ou à tenir le capteur de l'anémomètre sur le véhicule à des endroits précis et rouler sur un tronçon de route rectiligne, assez régulier, en bon état et à une vitesse donnée jusqu'à ce que la valeur de la vitesse du vent dictée par l'anémomètre se stabilise pendant au moins 20 à 30 s.

L'expérience a été répétée 4 fois pour chaque série de mesure. Les quatre endroits choisis sont l'avant du véhicule (à la limite avant du capot), le dessus (au niveau du toit), une position basse sur la face latérale (au niveau de la portière) et au-dessus de la malle arrière (figures 1.a, b, c et d).



Fig. 1a: Capteur de l'anémomètre Tenu au dessus du véhicule



Fig. 1b: Capteur de l'anémomètre monté à l'avant du véhicule



Fig. 1c: Capteur de l'anémomètre monté à l'arrière du véhicule



Fig. 1d: Capteur de l'anémomètre tenu en position latérale basse

Les vitesses choisies sont: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 et 100 km/h, pour le test de la variation de la vitesse du vent en fonction de la vitesse du véhicule. Pour la variation de la vitesse du vent en fonction de la position du capteur de l'anémomètre, les vitesses 40 et 80 km/h ont été choisies.

Etant donné que la vitesse du vent naturel varie en fonction de l'altitude [4], et pour vérifier si le vent induit obéirait aussi à cette loi, l'expérience s'est également répétée pour les vitesses 40 et 80 km/h et pour deux altitudes données à savoir,

- Sur la route provinciale N°19, tronçon Fobap - Teingue dans l'arrondissement de Santchou (altitude moyenne 865 m),
- Sur la route provinciale N°19, tronçon MC2 Baleveng – carrefour des billes Baleveng dans l'arrondissement de Nkongni (altitude moyenne 1510 m).

Les tableaux suivants présentent le récapitulatif des différentes expériences menées ainsi que le nombre de répétition.

**Tableau 1.** Expériences sur la variation de la vitesse du vent induit en fonction de la vitesse du véhicule

Vitesse du véhicule, km/h	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Nombre de répétition	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

**Tableau 2.** Expériences sur la variation de la vitesse du vent induit en fonction de la position du capteur de l'anémomètre

Position de l'anémomètre	Devant		Dessus		Derrière		Latérale basse	
Vitesse véhicule, km/h	40	80	40	80	40	80	40	80
Nombre de répétitions	4	4	4	4	4	4	4	4

**Tableau 3:** Expériences sur la variation de la vitesse du vent induit en fonction de l'altitude

Altitude de l'expérience, m	Basse (865 m)		Haute (1510 m)	
Vitesse du véhicule, km/h	40	80	40	80
Nombre de répétition	4	4	4	4

### 2.1.3 Analyse des données

Afin de déterminer les caractéristiques du vent induit, ou alors de connaître et comprendre comment il se comporte, les données collectées ont été analysées.

Au préalable, les vitesses du vent induit ont d'abord été converties en km/h afin de mieux les apprécier par rapport aux différentes vitesses du véhicule. En ce qui concerne les analyses proprement dites, il a été premièrement, calculé à l'aide du logiciel Microsoft Excel, les vitesses moyennes et tracé les courbes de variation de la vitesse du vent induit en fonction de la vitesse du véhicule.

Deuxièmement, à l'aide du logiciel SPSS, les autres analyses statistiques ont été effectuées à savoir,

- Le test de Student pour déterminer s'il existe une différence significative entre les vitesses de vent induit et les vitesses du véhicule à la même position du capteur de l'anémomètre et à la même altitude. Il est à noter ici que ce test a été fait par catégorie de données (données rangées par vitesse du véhicule). A la suite de ce test, une analyse de la corrélation a été faite pour vérifier s'il existe une corrélation entre la vitesse du vent et la vitesse du véhicule et si oui en déduire le degré. Pour ce cas, le test de Spearman a été utilisé;

- L'analyse de la variance pour déterminer si la position du capteur de l'anémomètre ainsi que la vitesse du véhicule ont indépendamment et en commun des influences ou des effets sur les vitesses de vent induit pour la même altitude. Cette analyse a été suivie par un test de séparation des moyennes (Duncan, ou LSD) pour voir si certaines positions du capteur ont des effets similaires ou pas;

- L'analyse de la variance pour déterminer si l'altitude et la vitesse du véhicule ont ensemble et indépendamment des effets sur la vitesse du vent ou non.

### 2.1.4 Détermination du potentiel énergétique des vents induits

Tout ce qui précède n'aura de sens réel que s'il est connu à la fin si ce vent vaut la peine d'être valorisé à des fins énergétiques ou pas. Autrement dit, avant de chercher à savoir, comment le valoriser et pourquoi ? Il serait bon de savoir quelle quantité d'énergie est disponible dans ce vent.

Pour résoudre cette énigme, la formule (1) a été utilisée pour déterminer la puissance brute disponible dans le vent induit en suite, la formule de Betz (formule (2)) a été utilisée pour déterminer la puissance potentiellement extractible par une éolienne et pour finir, l'énergie potentiellement disponible a été déterminé par le biais de la formule (3)..

Il est à noter que cette puissance est déterminée en utilisant les valeurs de la vitesse du vent en m/s. Au terme de cette analyse, les courbes de variation de la puissance brute, extractible ainsi que celle de l'énergie ont été tracées à l'aide du logiciel Excel.

$$P_b = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (1)$$

Avec,  $P_b$ , la puissance,  $W/m^2$ ;  $\rho$ , la densité de l'air,  $kg/m^3$ ;  $v$ , la vitesse du vent, m/s.

$$P_e = P_b \times 0.59 \quad (2)$$

Avec,  $P_e$ , la puissance extractible,  $W/m^2$ ;  $P_b$ , la puissance brute,  $W/m^2$

$$E = P_e \times t \quad (3)$$

Avec,  $E$ , l'énergie,  $kWh/m^2$ ;  $P_e$ , la puissance extractible,  $W/m^2$ ;  $t$ , le temps, h.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 Caractérisation des vents induits par les véhicules en mouvement

Plusieurs auteurs s'accordent à dire que les deux caractéristiques majeures du vent sont la direction et la vitesse [5, 6]. Il s'agit-là de déterminer le sens d'écoulement de l'air, ainsi que la vitesse.

Les vents induits par les véhicules au cours de leurs déplacements ne font pas l'exception, en ce qui concerne ces deux caractéristiques mais, ils présentent cependant quelques différences avec les vents naturels.

#### 3.1.1 La direction

Les vents induits par les véhicules au cours de leurs déplacements ont une direction unique: opposée à celle de l'avancement du véhicule. Ceci suppose que si deux véhicules A et B se croisent sur une même route en un instant  $t$ , on aura deux vents distincts de directions opposées. Le vent induit par le véhicule A soufflera dans le même sens que le véhicule B et vice versa.

Par rapport au vent naturel, cette direction unique du vent induit lui confère sur le plan énergétique un grand avantage: celui de la stabilité.

En effet, l'orientation et la position des éoliennes sont généralement guidées par la rose des vents qui selon [1] et [7] est un graphique permettant de déterminer la direction dans laquelle les meilleures vitesses des vents sont obtenues, ainsi que les plus fréquents. Ceci implique que naturellement il est possible d'avoir un vent avec une vitesse intéressante sur le plan énergétique mais qui au cours de l'année n'a pas de fréquence élevée dans une direction particulière.

C'est donc un mauvais vent. Par contre, les vents induits ont une direction unique et connue ; même si elle dépend du véhicule qui l'engendre.

### 3.1.2 La vitesse

C'est la caractéristique la plus importante car c'est d'elle que dépend l'efficacité, l'importance et même la classe du vent.

En ce qui concerne les vents induits, les analyses ont révélé que leurs vitesses varient en fonction de la vitesse du véhicule. Les données collectées et traitées sont regroupées dans le **Tableau 4**, et le sens de variation ou alors l'évolution présentée par la courbe de la figure 2.

**Tableau 4:** Vitesse du vent induit en fonction de la vitesse du véhicule

Vitesse du véhicule (km/h)	Vitesse moyenne du vent (km/h)
10	9.75
20	22.35
30	33.02
40	45.95
50	64.03
60	70.69
70	79.74
80	93.74
90	106.28
100	115.54

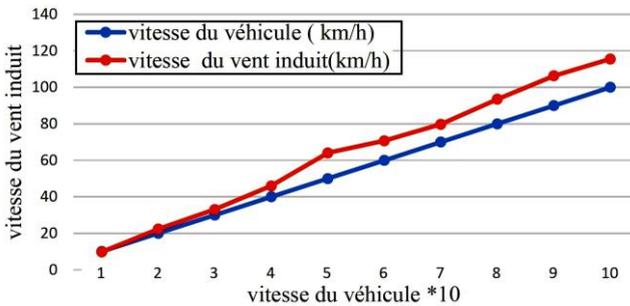


Fig. 2: Courbe de l'évolution de la vitesse du vent induit en fonction de la vitesse du véhicule

D'après cette courbe, la vitesse du vent induit par le véhicule au cours de son déplacement augmente au fur et à mesure que la vitesse du véhicule augmente. Cependant, cette augmentation ne semble pas linéaire.

**Tableau 5:** Résultats des tests de Student

Vitesse du véhicule (km/h)	Vitesse moyenne du vent (km/h)	ddl	Seuil de signification
10	9.75	3	0.000
20	22.35	3	0.000
30	33.02	3	0.000
40	45.95	3	0.000
50	64.03	3	0.003
60	70.69	3	0.001
70	79.74	3	0.001
80	93.74	3	0.076
90	106.28	3	0.002
100	115.54	3	0.001

C'est pourquoi le recours a été fait avec des tests statistiques pour une analyse plus approfondie. Le **Tableau 5** précédent présente les résultats des différents tests de Student effectués en vue de déterminer s'il y a une différence significative entre la vitesse du vent induit et la vitesse du véhicule pour les 10 valeurs observées.

De ce tableau, on peut déduire que, globalement, qu'il y a une différence significative entre les vitesses du vent induit et les différentes vitesses du véhicule.

C'est ce qui justifie les écarts observés sur la courbe et même au **Tableau 5** entre les valeurs des vitesses du vent et celles des vitesses du véhicule. Cet écart sans cesse croissant (va de -0.25 km/h à 15.54 km/h) indique que la vitesse du vent induit s'éloigne d'avantage de celle du véhicule au fur et à mesure que cette dernière augmente.

Au vu de cette augmentation, l'hypothèse selon laquelle la vitesse du vent induit serait proportionnelle à la vitesse de déplacement du véhicule qui l'engendre est infirmée. Cependant, l'analyse de la corrélation indique qu'il y a une forte corrélation entre la vitesse du vent induit et celle du véhicule. Le coefficient de corrélation étant de 0.993.

### 3.2 Effets de certains facteurs sur la vitesse du vent induit

Un intérêt a également été porté sur l'influence ou alors l'effet des facteurs ou paramètres tels que la position de l'anémomètre et de l'altitude des mesures sur la vitesse du vent induit.

En effet, il serait intéressant de savoir si en plus de la vitesse du véhicule, un autre facteur quelconque pourrait entraîner également des variations de la vitesse du vent induit. De plus, si une valorisation énergétique est envisagée, il serait mieux de savoir à l'avance quelle est la position autour du véhicule à laquelle une éolienne pourrait capter au maximum la vitesse du vent à une vitesse du véhicule donnée.

C'est pareil pour la variation de l'altitude car il n'est plus à démontrer que ce facteur a une grande influence sur la vitesse du vent naturel.

#### 3.2.1 Effet de la position du capteur sur la vitesse du vent induit

Il est important de rappeler que pour cette analyse, quatre positions du capteur ont été retenues à savoir, devant, dessus, derrière et latérale basse (figure 1.a, b, c et d). L'analyse a consisté à tester d'abord l'effet de la position du capteur, puis l'effet combiné de la vitesse et de la position du capteur. Le **Tableau 6** suivant présente les résultats du test d'Anova qui a été utilisé à cet effet.

**Tableau 6.** Résultats du test d'Anova pour l'effet de la position du capteur sur la vitesse du véhicule

Sources de variation	ddl	Seuil de signification
<b>Vitesse</b> du véhicule	1	0.001
<b>Position</b> de l'anémomètre	3	0.001
Vitesse véhicule * Position	3	0.001
Erreur	24	

Les informations contenues dans ce tableau révèlent que la position du capteur de l'anémomètre a belle et bien une influence sur la vitesse du vent ainsi que l'effet combiné avec la vitesse du véhicule. Autrement dit, à la même vitesse d'avancement du véhicule, la vitesse du vent induit diffère avec la position du capteur de l'anémomètre.

Un test de séparation des moyennes (celui de Duncan) a également été effectué et a révélé que les positions devant et dessus ont des effets similaires sur la vitesse du vent induit et pareil pour les positions derrière et latérale basse.

Le **Tableau 7** présente les résultats de ce test de Duncan et la figure 3 l’histogramme de comparaison des dites moyennes.

**Tableau 7.** Résultats du test de Duncan pour la séparation des moyennes des vitesses de vent induit aux différentes positions du capteur de l’anémomètre

Position de l'anémomètre	Moyennes des vitesses
Devant	19.16 <sup>a</sup>
Dessus	19.36 <sup>a</sup>
Derrière	10.89 <sup>b</sup>
Latérale basse	12.23 <sup>b</sup>

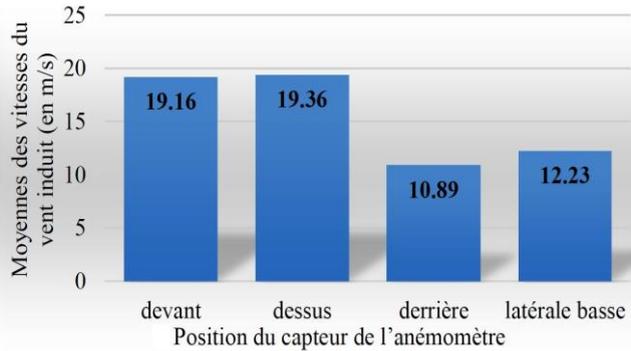


Fig. 3: Comparaison des vitesses moyennes du vent induit à différentes positions du capteur de l’anémomètre

De cet histogramme de comparaison, il est à remarquer que, la position dessus est celle qui possède les vitesses de vent induit les plus élevées, suivi de la position devant, de la position latérale basse et de la position derrière.

En d’autres termes, on dira que lorsque le véhicule se déplace à une vitesse donnée, le vent qu’il engendre est plus important au-dessus du véhicule qu’à toutes autres positions autours.

**3.2.2 Effet de l’altitude sur la vitesse du vent induit**

Ce ne serait pas excessif de rappeler que les deux altitudes choisies pour cette analyse étaient de 1510 m (haute) et de 865 m (basse), soit une différence de 645 m. Se servant du test d’Anova une fois de plus, le **Tableau 8** a été obtenu.

**Tableau 8.** Résultats du test d’Anova pour l’effet de la position du capteur sur la vitesse du véhicule

Sources de variation	ddl	Seuil de signification
<b>Vitesse</b> du véhicule	1	0.000
<b>Altitude</b>	3	0.447
Erreur	24	

Il ressort de ce tableau que l’altitude n’a aucune influence sur le vent induit. Autrement dit, contrairement au vent naturel dont la vitesse augmente au fur et à mesure que l’on progresse en altitude, le vent induit par le véhicule au cours de son déplacement, quant à lui reste indépendant de ce facteur.

La figure 4 suivante présente l’histogramme de comparaison des vitesses moyennes de vent induit aux altitudes haute et basse.

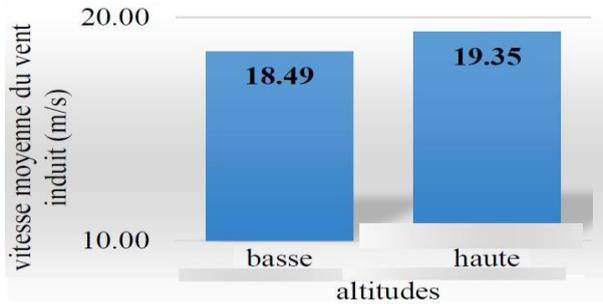


Fig. 4: Histogramme de comparaison des vitesses moyennes de vent induit aux altitudes haute et basse

### 3.3 Potentiel éolien des vents induits par les véhicules en mouvement

Le vent quelle que soit sa nature ou son origine contient de l’énergie. Déterminer la quantité d’énergie disponible dans le vent revient à déterminer son potentiel éolien. Il s’agit de la puissance disponible et puis de l’énergie.

De nombreuses études jusqu’ici se sont penchées sur l’évaluation du potentiel énergétique du vent naturel dans plusieurs localités du monde. En effet, c’est l’étape préalable à tout projet éolien d’importante envergure. Le vent induit par les véhicules en mouvement quant à lui réserve tout aussi des surprises tant dans la quantité d’énergie disponible que sa variation.

Contrairement à l’évaluation du potentiel énergétique des vents naturels, les vents induits ne requièrent pas une méthode particulière d’analyse. En effet, pour les vents naturels, la difficulté n’est pas tant dans l’estimation de la puissance éolienne elle-même mais dans la détermination de la vitesse moyenne du vent.

En fait, la vitesse du vent utilisée pour le calcul de la puissance éolienne d’un site donnée est la vitesse la plus constante et la plus fréquente observée sur une année. Elle se détermine par les méthodes d’analyse de Weibull, de Rayleigh et bien d’autres qui sont de très anciennes méthodes d’analyse des données du vent et qui ont beaucoup évolué [8 - 10].

Le vent induit peut être dit plus stable (car ne varie ni en fonction des localités, ni en fonction du moment de la journée et ni en fonction des saisons de l’année mais seulement en fonction de la vitesse du véhicule) n’a pas besoin d’une analyse préalable avant de procéder au calcul de la puissance éolienne disponible.

#### 3.3.1 Puissance disponible et puissance extractible

Les données collectées ont permis à l’issue de l’analyse d’avoir une idée de la puissance disponible, et de la puissance récupérable ou extractible. Le **Tableau 9** et la figure 5 présentent respectivement les valeurs des puissances disponibles dans le vent et des puissances extractibles et la variation des dites puissances en fonction de la vitesse du véhicule.

**Tableau 9.** Valeurs des puissances disponibles et extractibles

Vitesse du véhicule (km/h)	Puissance disponible (W/m <sup>2</sup> )	Puissance extractible (W/m <sup>2</sup> )
10	12.16	7.17
20	146.51	86.44

30	472.68	278.88
40	1273.25	751.22
50	3445.62	2032.92
60	4636.59	2735.59
70	6656.21	3927.17
80	10721.88	6325.91
.90	15760.34	9298.60
100	20249.68	11947.31

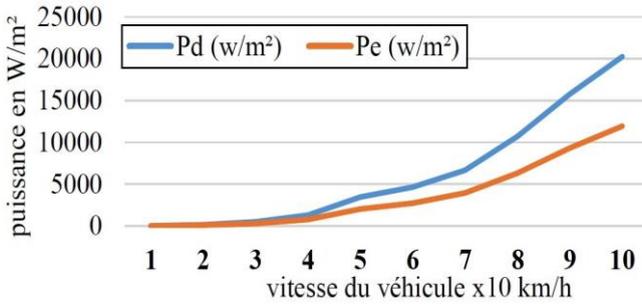


Fig. 5: Variation des puissances disponibles et extractibles en fonction de la vitesse du véhicule

Les informations contenues dans le tableau précédent indiquent que le vent qu'induisent les véhicules au cours de leurs mouvements recèle une importante quantité d'énergie éolienne.

En effet, en quelques minutes d'accélération on peut obtenir une puissance de 11 kW pour une éolienne dont la surface balayée par les pales est égale à 1 m<sup>2</sup>; et si la vitesse correspondante est maintenue pendant 1 h, on pourrait obtenir une quantité d'énergie équivalente.

La figure 3 quant à elle, montre que la puissance augmente avec vitesse du véhicule mais le plus important dans cette augmentation de puissance est surtout le rythme. En observant bien ces résultats on peut déduire trois phases d'augmentation à savoir,

- Une phase de faible augmentation (10 et 30 km/h) dans laquelle pour chaque 10 km/h de plus, une augmentation de puissance de moins un 1 kW est observée

- Une phase de moyenne augmentation (40 et 70 km/h) dans laquelle pour chaque 10 km/h de plus, une augmentation de puissance de plus 1.5 kW est observée ;

- Une phase d'augmentation rapide (80 et 100 km/h) dans laquelle pour chaque 10 km/h de plus, une augmentation de puissance de plus de 5 kW est observée.

Comparativement aux vents naturels, les vents induits contiennent plus d'énergie car une étude menée dans la même localité par [11] sur le potentiel éolien du vent naturel a montré que, même à 50 m de hauteur du mat, une éolienne dont la surface balayée par les pales est de 1 m, produirait bien moins d'énergie qu'une autre balayant la même surface du vent induit.

#### 4. CONCLUSION

Au terme de cette étude dont le but essentiel était de caractériser le vent induit par les véhicules en mouvement et en estimer son potentiel éolien, on est parvenu à la conclusion suivante,

Le vent induit par le véhicule en mouvement peut aussi être qualifié de vent artificiel car une comparaison au vent naturel, permet de se rendre compte qu'il présente bien des différences dans ses caractéristiques parmi lesquelles: la direction qui est unique et qui dépend du sens d'avancement du véhicule, sa vitesse qui dépend de la vitesse d'avancement du véhicule, qui varie tout autour du véhicule (avec les positions avant et dessus présentant des avantages relatifs par rapport aux positions derrière et latérale basse) et qui est indépendante de l'altitude.

L'exploration du potentiel éolien quant à lui a révélé que la richesse énergétique du vent induit n'est plus à démontrer car il recèle bien plus d'énergie que le vent naturel dans certaines localités et présente l'avantage d'être plus stable et facile à prédire.

Ce vent peut être valorisé pour le développement de plusieurs applications parmi lesquelles: - l'alimentation électrique du compartiment réfrigérateur des véhicules avec chambre froide réduisant ainsi la consommation en carburant de ces derniers, - la contribution à l'accroissement de l'autonomie des véhicules électriques, - la recharge des batteries au cours d'un voyage pour une utilisation ultérieure.

## REFERENCES

- [1] S. Madougou, '*Etude du potentiel éolien du jet nocturne dans la zone sahélienne à partir des observations de radars profileurs de vent*', Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, France. 188 p., 2010.
- [2] L. Gagnon, '*Calcul de la Résistance Aérodynamique d'un Véhicule Muni de Pièces en Mouvement*', Mémoire de Master, Faculté des Sciences et de Génie, Université de Laval, Québec. 98 pp., 2010.
- [3] E. Guilmineau, O. Chikhaoui, G. Deng and M. Visonneau, '*Effet de Vent Latéral sur un Modèle Simplifié de Voiture par une Méthode DES*', Laboratoire de Mécanique des Fluides, CNRS UMR 6598, Ecole Centrale de Nantes, B.P. 92101, 44321 Nantes Cedex 3, 6 pp., 2009.
- [4] I. Bahedja, '*Caractérisation des vents pour une exploitation de la ressource éolienne à Mayotte*', Revue des Energies Renouvelables Vol. 18 N°1, 23 - 29 pp., 2015.
- [5] A. Nouioua, '*L'impact de la configuration urbaine sur l'écoulement des vents, cas de l'habitat collectif à Tébessa*', Mémoire de Master, Université Larbi Tébessi. Algérie. 114 pp., 2016.
- [6] K. Kazet, R. Mouangue, A. Kuitche, M. Ndjaka, and S. Takam, '*Modélisation et simulation numérique des données du vent en vue d'une prédiction de l'énergie électrique d'origine éolienne: cas d'un site de la ville de Ngaoundéré au Cameroun*', Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N°3, pp. 527 - 538, 2013.
- [7] H. Faïda, J. Saadi, M. Khaïder, S. El Alami, and M. Monkade, '*Etude et analyse des données du vent en vue de dimensionner un système de production d'énergie éolienne, Cas d'un site au nord du Maroc*', Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°3 pp. 477 - 483, 2010.
- [8] D. Kidmo, R. Danwe, 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 (2015) pp. 105 - 125, 2015.

- [9] J. Gräbner, and J. Jahn, '*Optimization of the distribution of wind speeds using convexly combined Weibull densities*', *Renewables: Wind, Water, and Solar*, Vol. 4, Article 7, 217.
- [10] C. Tian, '*Estimation of wind energy potential using different probability density functions*'. *Applied Energy*, Vol. 88, N°5, pp. 1848 - 1856, 2011.
- [11] S. Dongmo, J. Tangka, and B. Ngoya, '*Potentiel Éolien de Certains Sites de la Région de l'Ouest Cameroun: Cas des Villes de Bafoussam, Koutaba et Dschang*', Editions Universitaires Européennes. ISBN: 978-3-639-62340-6. 72 p., 2018.