

Pompage de l'Eau à l'Aide d'un Aérogénérateur

1. Utilisation de L'Energie Eolienne pour le Pompage de l'Eau dans la Région d'Adrar

O. Guerri¹, K. Ameer¹, A. Kaabache¹, S. Moussa¹ et A. Harhad²

1. Centre de Développement des Energies Renouvelables
2. Université des Sciences et Techniques de Blida

Résumé – Les résultats d'une étude préliminaire sur l'utilisation de l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau appliquée à la région d'Adrar sont présentés. Les quantités d'eau moyennes fournies par différents aérogénérateurs de petites puissances sont évaluées en se basant sur les données caractéristiques de la région, vitesses de vent disponibles et caractéristiques des forages en cours d'exploitation ainsi que sur les caractéristiques de production de quelques aérogénérateurs.

Abstract – The results of a preliminary study on the use of the wind pumping applied to the area of Adrar are presented. The average quantities of water provided by various small wind generators, power are evaluated based on the data characteristics of the area, wind speeds and characteristics of some drillings in the course of exploitation.

Mots clés : Pompage éolien - Aérogénérateur - Potentiel éolien.

1. INTRODUCTION

Nous nous proposons de présenter les résultats d'une étude préliminaire sur l'utilisation de l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau appliquée dans une première étape à la région d'Adrar, y compris Timimoun.

Les éoliennes de pompage mécanique sont, d'une manière générale adaptées aux puits de faibles profondeurs (inférieures à 30 mètres). Aussi, nous nous intéressons, dans ce qui suit, au cas de l'installation d'aérogénérateurs de petites puissances (de 1 à 10 kW). Ces derniers sont généralement installés sur des pylônes de 12 à 25 mètres de hauteur. Les données vent disponibles sont des résultats de mesures effectuées à 10 mètres de hauteur. Comme la vitesse du vent augmente avec l'altitude [1], [2], [3], [4], une relation empirique est appliquée pour l'extrapolation de ces données à la hauteur du mât de l'aérogénérateur. Tenant compte des caractéristiques de quelques forages en cours d'exploitation, des vitesses de vent moyennes à différentes altitudes ainsi que des courbes type de production d'aérogénérateurs (données constructeur), la possibilité d'équiper les forage d'un aérogénérateur pour le pompage de l'eau est étudiée.

2. POTENTIEL EOLIEN DISPONIBLE DANS LA REGION D'ADRAR

Cette étude est basée sur l'Atlas Vent de l'Algérie établi par l'Office National de la Météorologie qui disposait alors de 37 stations de mesures seulement [5]. Selon donc Hamouche [5], la vitesse de vent moyenne annuelle est de 5.9 m/s à Adrar et 5.1 m/s à Timimoun, à 10 mètres de hauteur.

Pour l'extrapolation de ces données à différentes altitudes, plusieurs modèles empiriques ont été développés [1], [2], [6], [7]. Dans ce qui suit, nous avons retenu la loi de puissance appliquée dans [6]:

$$\bar{V} = V_a \cdot \left(\frac{Z}{Z_a} \right)^a \quad (1)$$

avec :

$$a = \frac{x - 0.088 \cdot \text{Log}(V_a)}{1 - 0.0881 \cdot \text{Log}(Z_a/10)} \quad (2)$$

où :

- V_a , vitesse du vent moyenne à la hauteur de l'anémomètre,

- Z_a , hauteur de l'anémomètre,
- x , paramètre fonction de la rugosité du sol. Pour une rugosité de 0.01 mètres, caractéristique des régions d'Adrar et de Timimoun, $x = 0.31$.

Les résultats obtenus pour les vitesses moyennes annuelles sont représentés sur la figure 1. Ainsi, à 30 mètres d'altitude, la vitesse du vent annuelle serait de 7 m/s à Adrar et 6.1 m/s environ à Timimoun.

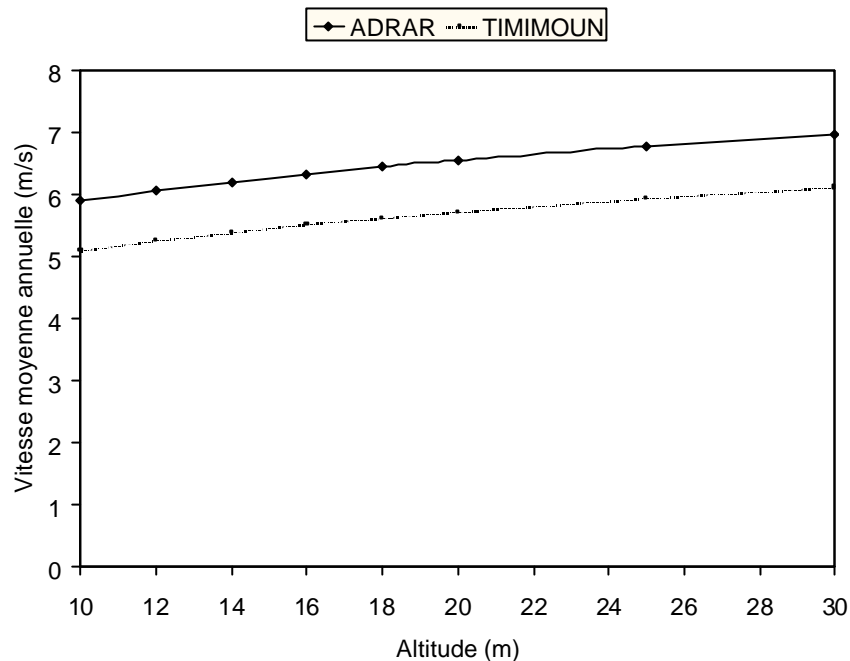


Fig. 1: Vitesses de vent moyennes annuelles à différentes altitudes pour les deux sites considérés

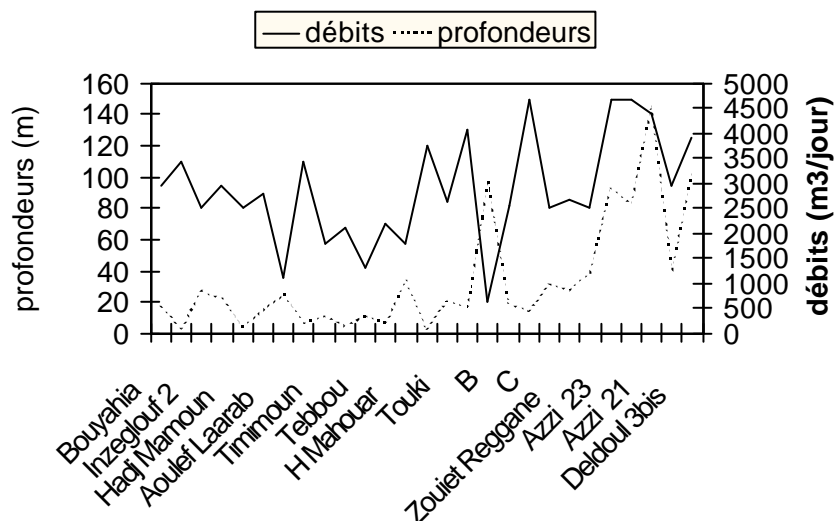


Fig. 2: Caractéristiques de quelques forages en cours d'exploitation dans la wilaya d'Adrar (source ANRH)

3. CARACTERISTIQUES DES FORAGES EN COURS D'EXPLOITATION DANS LA WILAYA D'ADRAR

Dans la wilaya d'Adrar, selon l'inventaire des forages en cours d'exploitation établi par l'ANRH [8], les profondeurs des forages varient de 20 mètres à plus de 150 mètres. Les débits d'exploitation qui sont une

caractéristique du forage, sont également fonction de l'utilisation. Pour l'irrigation, les débits journaliers sont de l'ordre de 450 m³/jour à plus de 4500 m³/jour. Pour l'alimentation en eau potable, la demande est plus faible, les débits exploités sont de 80 m³/jour à 1200 m³/jour mais atteignent parfois 3000 m³/jour (figures 2).

4. APPLICATION

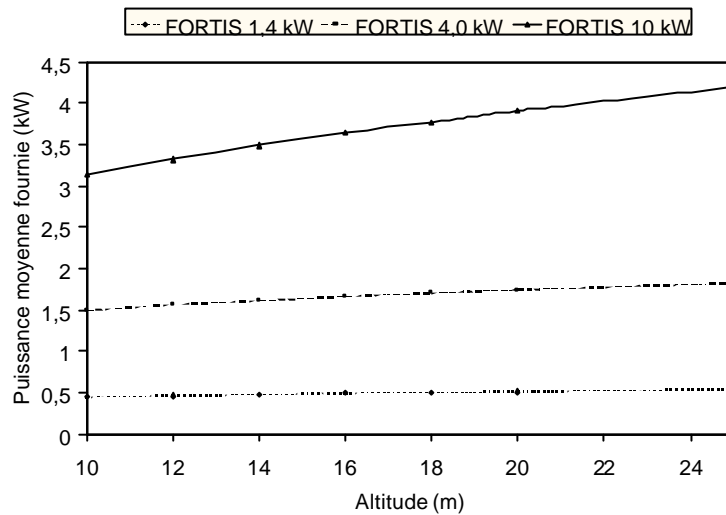
4.1. Estimation de la puissance électrique fournie par un aéro-générateur

La puissance électrique (P_{elec}) moyenne fournie par un aéro-générateur est estimée par la relation [9]:

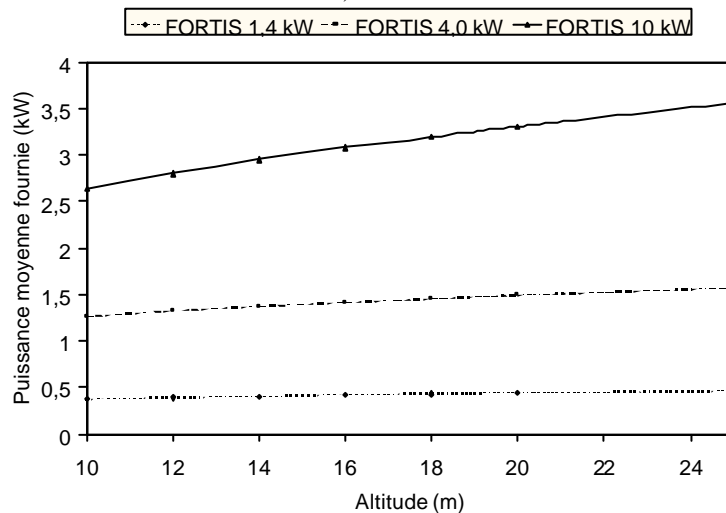
$$P_{elec} = \int_{V_0}^{V_{out}} P(V) \cdot f(V) \cdot dV \quad (3)$$

où :

- $P(V)$ est la variation de la puissance électrique fournie par l'aéro-générateur avec la vitesse du vent V . $P(V)$ est une caractéristique de l'aéro-générateur. Elle peut être évaluée à l'aide de modèles théoriques (Ameur *et al.*, 1999, 2000) ou donnée par le constructeur



a) Adrar



b) Timimoun

Fig. 3: Puissances moyennes fournies par quelques aéro-générateurs type installés à Adrar et à Timimoun

- V_0 et V_{out} sont, respectivement les vitesses de débit nul et vitesse d'arrêt de l'aéro-générateur et

- $f(V)$ est la fonction densité de distribution des vitesses du vent. Nous admettons que cette distribution est représentée par la loi statistique de *Rayleigh* [9]:

$$f(V) = \frac{P}{2} \cdot \frac{V}{\bar{V}^2} \cdot \text{Exp}\left(-\frac{P}{4} \cdot \frac{V^2}{\bar{V}^2}\right) \quad (4)$$

\bar{V} étant la vitesse moyenne mensuelle.

Considérant les caractéristiques de fonctionnement de quelques aérogénérateurs (données constructeur) ainsi que les courbes de distribution de la vitesse du vent à Adrar et à Timimoun, nous en déduisons, avec les relations 3 & 4, les puissances moyennes fournies par trois machines installées sur des mâts de différentes hauteur (figures 3 a & b).

4.2. Estimation des débits moyens fournis

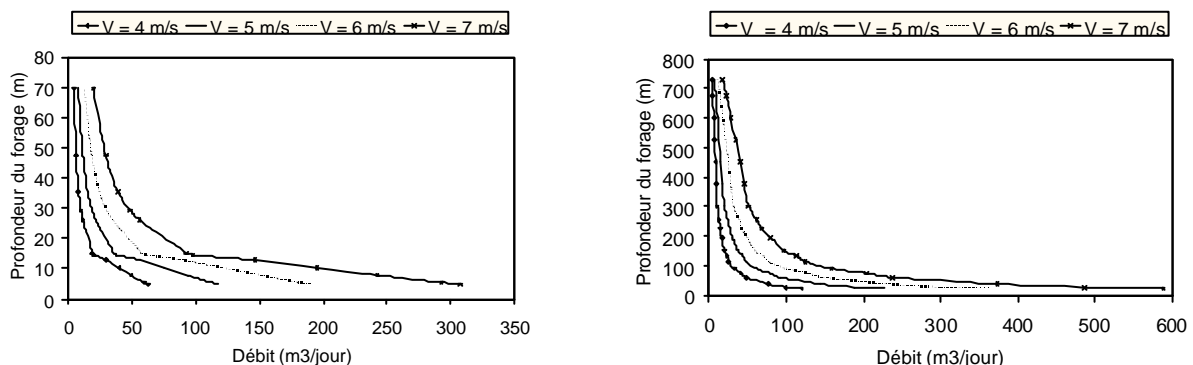
Les débits moyens fournis Q_{moy} sont finalement évalués avec :

$$Q_{moy} = \frac{h \cdot P_{elec}}{r \cdot g \cdot H} \quad (5)$$

où η est le rendement global du système, ρ est la masse volumique de l'eau, g est l'accélération de la pesanteur et H est la hauteur manométrique totale.

Dans les systèmes de pompage de l'eau par aérogénérateur, ce dernier est directement connecté à la pompe, i.e. sans convertisseur de puissance. La pompe utilisée est en général une pompe centrifuge à moteur asynchrone, qui fonctionne à puissance et vitesse de rotation variables. Ces conditions de fonctionnement font que le rendement du système global varie avec la vitesse du vent et la taille de la pompe. Ainsi, selon des données de constructeur, pour un aérogénérateur de 1.5 kW le rendement global est de 30 % environ. Pour un aérogénérateur de 10 kW, le rendement est de l'ordre de 65 %. Les aérogénérateurs couplés directement à une pompe électrique sont ainsi caractérisés par des courbes de variations du débit fourni avec la hauteur de pompage, pour différentes valeurs de la vitesse du vent moyenne (figures 4 a & b).

A partir de la figure 4a, nous pouvons noter que l'aérogénérateur type de 1500 W ne peut répondre aux besoins définis par les caractéristiques des forages sélectionnés. Il peut être installé sur des puits de 70 mètres de profondeur maximale et dans les cas où les besoins en eau sont faibles. En effet, installé sur un mât de 30 mètres de hauteur, cet aérogénérateur peut fournir en moyenne 20 m³/jour à Adrar et 12 m³/jour à Timimoun, pour un puits de 70 mètres de profondeur. Pour un puits de 20 mètres de profondeur, le débit moyen fournit par cet aérogénérateur est de l'ordre de 75 m³/jour et 45 m³/jour à Adrar et Timimoun respectivement.



a) Aérogénérateur type de 1500 W

b) Aérogénérateur type de 10 kW

Fig. 4: Variation de la hauteur de pompage avec le débit moyen fourni, pour différentes vitesses du vent (*données constructeur*)

La figure 4b montre que, pour la région d'Adrar, avec un aérogénérateur de 10 kW installé sur un mât de 30 mètres de hauteur, la vitesse du vent moyenne étant alors égale à 7 m/s environ à la hauteur du mât, le débit moyen fourni varie de 100 m³/jour pour un forage de 150 mètres de profondeur à 600 m³/jour pour un forage de 20 mètres de profondeur environ. Pour la région de Timimoun où les vitesses du vent sont plus faibles (6.1 m/s à 30 mètres d'altitude), le débit moyen fourni par une même installation varie de 60 m³/jour pour un forage de 150 mètres de profondeur à 360 m³/jour pour un forage de 20 mètres de profondeur.

Sur les figures 5 a & b nous avons reporté les courbes type de production de l'aérogénérateur de 10 kW installé sur un mât de 30 mètres de hauteur, avec les caractéristiques d'exploitation des forages localisés dans la région d'Adrar (figure 5a) et dans la région de Timimoun (figure 5b). Ces figures montrent que sur les 27 forages considérés, seuls 4 peuvent être exploités, selon les conditions fixées, à l'aide de cet aérogénérateur.

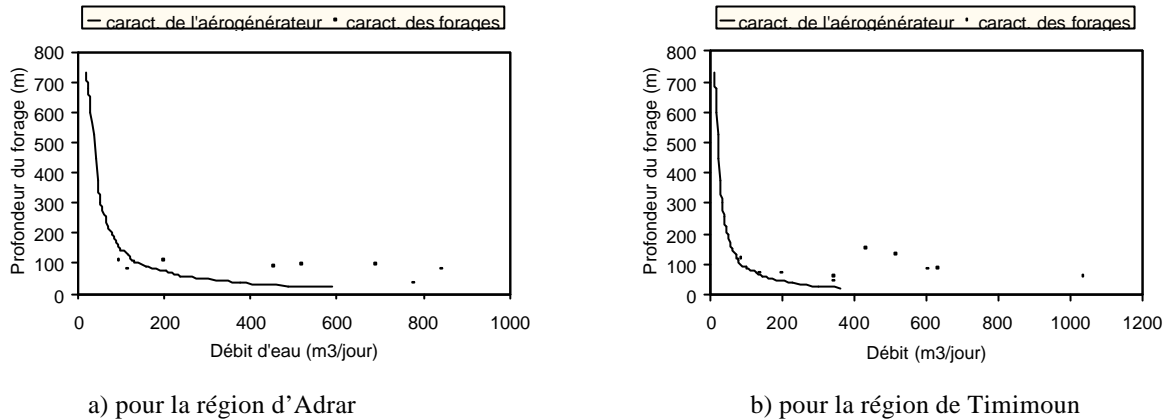


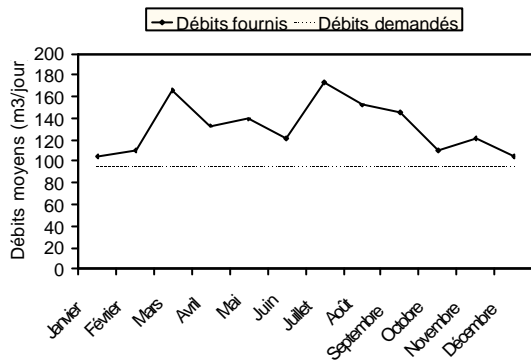
Fig. 5: Comparaison de la courbe de production d'un aérogénérateur type de 10 kW avec les caractéristiques de quelques forages en cours d'exploitation

Sur la figure 6 nous avons représenté la variation mensuelle des débits moyens journaliers comparés aux débits d'exploitation souhaités pour les quatre forages retenus pour l'exploitation avec un aérogénérateur type de 10 kW installé sur un mât de 30 mètres de hauteur. Les forages A & Hadj Mamoun sont localisés dans la région d'Adrar. Les débits moyens fournis sont supérieurs aux débits d'exploitation. L'aérogénérateur peut être installé sur un mât de 25 mètres de hauteur. Pour les deux autres forages localisés dans la région de Timimoun, un réservoir de stockage doit être prévu. En effet, pendant les mois d'octobre à février, l'offre est inférieure à la demande.

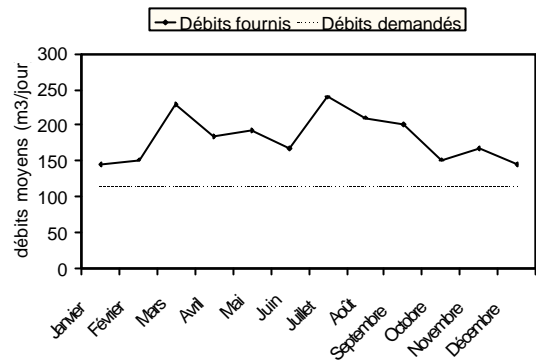
5. CONCLUSION

Cette étude préliminaire a montré que pour la wilaya d'Adrar certains forages peuvent être exploités à l'aide d'aérogénérateurs. L'utilisation de l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau dans cette région n'est donc pas à écarter. Toutefois, avec un aérogénérateur de 10 kW installé sur un mât de 30 mètres de hauteur, le débit moyen que l'on peut obtenir est de l'ordre de 100 m³/jour et 60 m³/jour dans le cas d'un forage de 150 mètres de profondeur, localisé à Adrar et Timimoun respectivement. Les aérogénérateurs de plus petites puissances (1 à 5 kW) sont recommandés aux puits de faibles profondeurs où les besoins en eau sont peu élevés (alimentation eau potable de quelques habitations isolées p.e.).

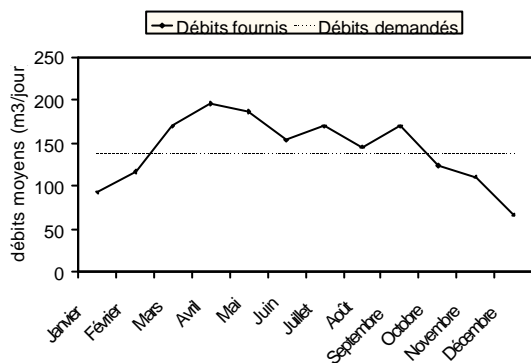
Le choix des équipements constituant le système de pompage doit être effectué au cas par cas, i.e. la taille de l'aérogénérateur, la hauteur du mât ainsi que le type de pompe à installer sont fonction de la profondeur du forage, du débit d'exploitation et de la vitesse du vent moyenne.



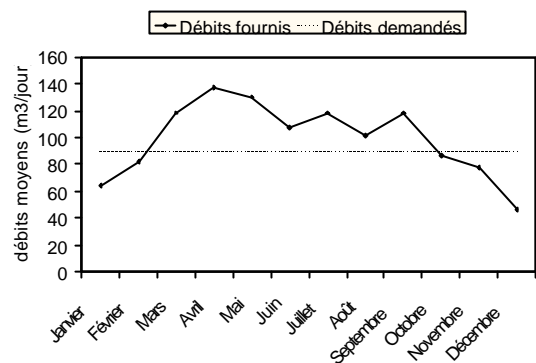
a) forage A



b) forage Hadj Mamoun



c) forage Talmine 3



d) forage El Kort

Fig. 6: Comparaison des débits fournis dans le cas des quatre forages retenus pour l'exploitation avec un aérogénérateur type de 10 kW

REFERENCES

- [1] A. S. Mikhaeil et C.G.Justus, "Comparison of Height Extrapolation Models and Sensitivity Analysis", Wind Engineering vol.5, N°2, 1981, pp. 91-106.
- [2] A. S. Mikhaeil, "Height Extrapolation of Wind Data", Journal of Solar Energy Engineering vol.107, Feb. 1985, pp. 10-14.
- [3] N. Kasbadji Merzouk, "Carte des Vents de l'Algérie. Résultats Préliminaires", JNVER99, Tlemcen, 1999, Algérie.
- [4] L. Hamane et A. Khellaf, "Evaluation des Ressources Energétiques Eoliennes de l'Algérie", CHEMS'2000, Alger, 2000, Algérie.
- [5] R. Hamouche, "Atlas Vent de l'Algérie", Office National de la Météorologie, Dar-El-Beïda, 1990, Alger.
- [6] H. Nfaoui, J. Buret et A. A. M. Sayigh, "Wind Characteristics and Wind Energy Potential in Morocco", Solar Energy, Vol.63, N°1, 1998, pp.51-60
- [7] D. Poje et B. Civini, "Assessment of Wind Energy Potential in Croatia", Solar Energy, Vol.41, N°6, 1988, pp. 543-554.
- [8] D. Ferhani, A. Kheloui et M. Fadel, "Inventaire des Forages (fin 94). Actualisation de la Mise en Service (96-97). Wilaya d'Adrar", ANRH, Direction régionale sud-ouest. 1997, Adrar.
- [9] E. H. Lysen, "Introduction to Wind Energy", SWD, 1983, The Netherlands.
- [10] R. N. Clark et B. D. Vick, "Operating Experiences of a 1500 watt Wind-Electric Water Pumping System", Paper N° 994021, ASAE Meeting Presentation, 1999, USA.
- [11] B. D. Vick et R. N. Clark, "Ten Years of testing a 10 kilowatt Wind-Electric For Small Scale Irrigation", Paper N° 984083, 1998 ASAE Annual International Meeting, USA.