

**FEASIBILITY STUDY AND OPTIMIZATION OF AN HYBRID SYSTEM
(EOLIAN- PHOTOVOLTAIC - DIESEL) WITH PROVISION OF ELECTRIC
ENERGY COMPLETELY INDEPENDENT**

D. Saheb-Koussa*, M. Haddadi and M. Belhamel

Centre de développement des énergies renouvelables BP62 Route de l'observatoire
bouzareah, Alger, Algérie

Received: 01 February 2010 / Accepted: 02 June 2010 / Published online: 30 June 2010

ABSTRACT

In engineering, simulation is an effective and economical, commonly used to make preliminary or comparative studies, both during development (design) and normal operation of systems. Currently, several simulation tools, using HOMER, are used in academia. Thus, in this work, we present the principle of feasibility study and optimization of a stand alone hybrid system (wind-photovoltaic-diesel). Furthermore, we determined the price per kWh of electricity supplied by the stand alone hybrid system, which amounts to \$ 1417 / kWh. The site considered in this study represents the Adrar site located in the south west Algeria. Thus, we have inferred from this work as part of a configuration of the stand alone hybrid system obviously depends on available energy resources and constraints. On the other hand we have highlighted the role of the renewable energy uses in reducing emissions of greenhouse gas (CO₂ rate = 16086 kg / year for a system using only the generator diesel and is 599 kg / year for the stand alone hybrid system studied).

Keywords: Hybrid system- Wind- Photovoltaic-Diesel- storage system- HOMER

Author Correspondence, e-mail: dkoussa@cder.dz

[ICID: 1037462](#)

1. INTRODUCTION

L'électricité est aujourd'hui la forme d'énergie la plus aisée à exploiter. Mais avant de la consommer il aura fallu la produire, en général dans les unités de production d'électricité de grande puissance, la transporter, puis la distribuer vers chaque consommateur. Ce qui représente un lourd fardeau financier pour d'électrification des locaux dans les sites isolés de notre pays. Installer des lignes électriques sur des centaines de kilomètres ne pourra pas résoudre ce problème. Ceci est par le faite de la présence des contraintes dues aux intempéries dont le vent de sable, les gradients de température entre les différentes saisons et celle entre la nuit et le jour pour la saison hivernale [1]. A cet effet, nous avons pensé à contourner le problème par une autre solution à savoir le système hybride.

Plusieurs Travaux ont été menés dans le domaine des systèmes hybrides [2- 8]. Colle & al [2] ont optimisé et évalué un système hybride diesel/photovoltaïque intégré au réseau conventionnel. Tandis que Saheb-Koussa & al [3] ont fait l'étude technico-économique d'un système hybride éolien –photovoltaïque- diesel) autonome moyennant le logiciel MATLAB/SIMULINK totalement autonome.. Pour leur part Muselli & al [4] ont étudié la conception et l'optimisation d'un système hybride photovoltaïque/diesel. Elhadidy et al [5] ont Optimisé et dimensionné les batteries de stockage d'un système hybride (éolien & diesel). D'un autre coté , Borowy et al[6], Markvart et al[7] et Bagul et al[8], ont optimisé et dimensionné un système hybride (éolien - photovoltaïque)

Cependant le travail proposé consiste en une combinaison de trois sources d'énergie (solaire, éolienne et diesel) de production continue de l'énergie électrique.

Ce système est destiné a alimenté une charge de type AC fonctionnant en permanence durant toute l'année avec une moyenne de 4.9kWh / jour et un pic de 1.1kW. Le site d'implantation choisi dans cette étude appartient à la zone du Sahara algérien et dont les coordonnées géographiques sont: latitude: 27.82°N, longitude: 0.18°W et la latitude : 263.8m.

La simulation et l'optimisation du système étudié ont été développés sous HOMER [9] qui est un logiciel sophistiqué développé par National Renewable Energy Laboratory destiné au petit système de puissance .Après introductions des ressources énergétiques et les coûts de chacun des sous systèmes, HOMER nous donne le système le plus optimum (eolien ,PV, Hybride) basée essentiellement sur l'étude économique.

Description du système et son fonctionnement

Nous présentons sur la figure 1 le diagramme relatif au programme HOMER, du système hybride. Le système étudié est constitué d'un générateur éolien de type BWCXL1 de 1kw, d'un générateur photovoltaïque de puissance 0.8 kW, d'un groupe électrogène de puissance 4.5 kw, la charge électrique [3], [10] relative aux équipements, dont la valeur est de 4.9 kw avec un pic de 1.1 kw, est alimentée par les batteries de type vision batterie, de tension nominale de 12 V et de capacité nominale de 200Ah à travers un convertisseur de puissance nominale de 1.2 kW. Ces batteries sont chargées par le courant débiteur par chacun des systèmes, le contrôle de leur charge est assuré par un régulateur de charge.

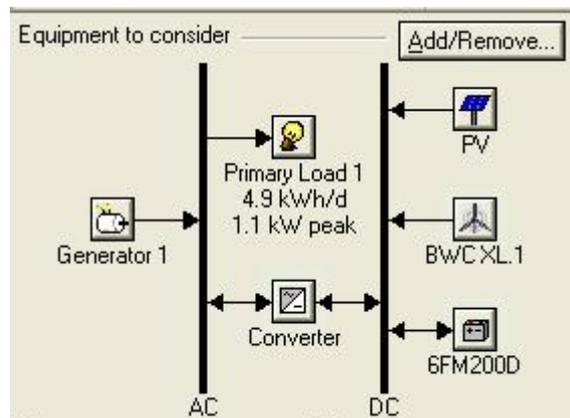


Fig.1. synoptique du système hybride

Données du site choisi

Le site d'implantation

Le site d'implantation que nous avons choisi appartient à la zone du Sahara algérien et dont les coordonnées géographiques sont: latitude: 27.82°N, longitude: 0.18°W et la latitude: 263.8m.

Le choix de ce site a été basé sur la disponibilité des données météorologiques [11]. Alors nous donnons sur les diagrammes ci-dessous l'évolution annuelle des principales caractéristiques climatiques du site choisi :

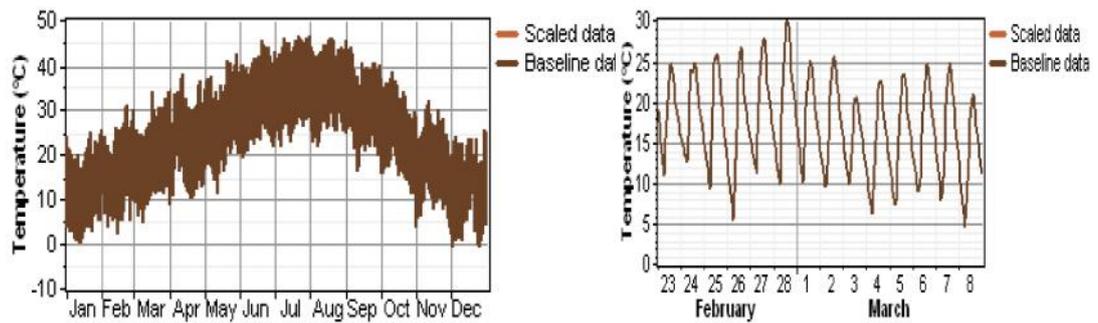


Fig.2. Evolution annuelle de la température ambiante

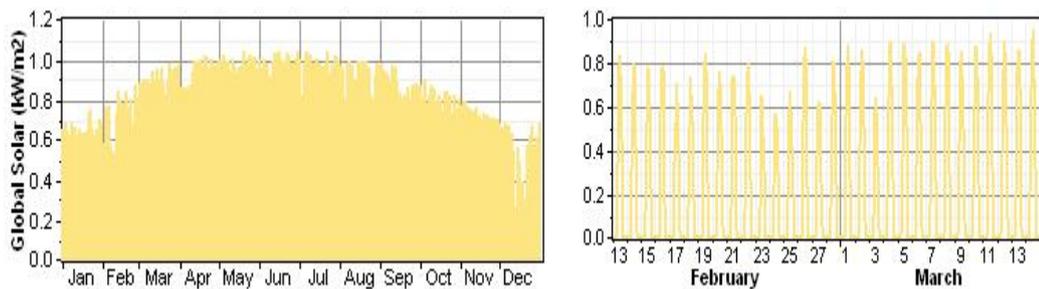


Fig.3. Evolution annuelle des irradiations solaires

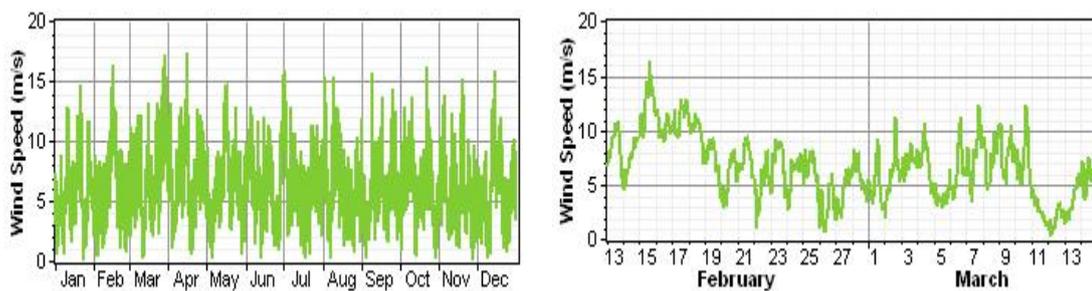


Fig.4. Evolution annuelle de la vitesse du vent

Caractéristique de la charge choisie

Dans notre étude nous avons choisi une charge [3] de type AC fonctionnant en permanence durant toute l'année avec une moyenne de 4.9kWh / jour et un pic de 1.1kW .Le profil journalier de la charge ainsi que l'évolution annuelle de celle au cours de toutes l'année sont données respectivement sur les figures 5 et 6.

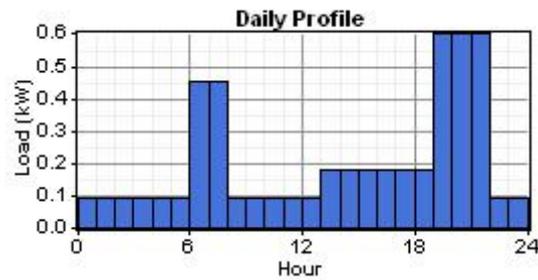


Fig.5. Le profil journalier de la charge

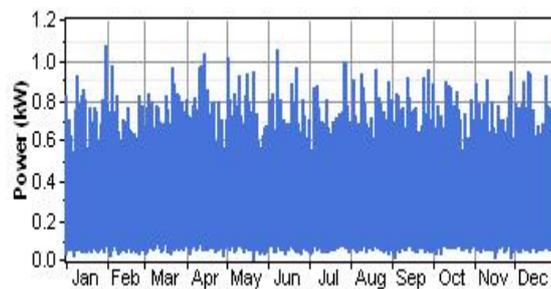


Fig.6. L'évolution annuelle de la charge

2. RESULTATS

Nous donnons sur les Figures 7-12 ci dessous les résultats de simulation obtenus pour un système hybride éolien, photovoltaïque et comme appoint le groupe électrogène.

Nous constatons que pour le site choisi (Adrar) caractérisé par une vitesse moyenne annuelle de m/s et une ressource solaire de (kW/m²) (latitude de 27,82 N) avec une charge de 4.5 kWh/j avec un pic de 1.1kW. Après avoir saisi toutes les informations concernant les ressources (irradiation solaire, vent et carburant) pour chaque heure de l'année. Ce qui nous a permis d'obtenir une base de données de 8760 valeurs qui décrivent la ressource éolienne et photovoltaïque pour une seule année. Ainsi, pour ce type de système nous constatons qu'il nécessite un générateur photovoltaïque de 800 W, un générateur éolien de type BWXL1 de 1 kW, une capacité de stockage égale à 200 Ah de 12V et un groupe électrogènes de 1 kW pour les quelques mois exceptionnels où la couverture de la charge représente un déficit.

Après la simulation par HOMER des configurations du systèmes avec toutes les combinaisons possible d'éléments que nous avons indiqué dans le volet des input.

HOMER a rejeté de l'ensemble des résultats toutes les configurations système irréalisable, ce sont ceux qui ne correspondent pas soit à la charge, aux ressources disponible où aux contraintes que nous avons spécifié. De ce fait, nous avons obtenu l'optimisation des résultats représentés sur le tableau 1. et dans lequel sont affichés la liste des configurations possibles pour ce système. De la plus rentable à la moins rentable. Rappelons que le rapport coût- efficacité est basé sur son coût net actuelle[10] (NPC=26636 \$).Ainsi, nous avons représenté sur la figure 7 une partie de la distribution et la couverture de la charge par SD, sur la figure 8 une partie de la distribution de la même charge et de sa couverture par un SHEPHD ainsi qu'une partie de l'état de charge de la batterie sur la figure 9.

Par ailleurs, nous constatons que du point de vue électrique nous avons eu un excès (voir figure 10) de la production totale d'électricité par le système qui est excédentaire, où de l'énergie qui n'est pas utilisée par le système et qui va être rejeté. Pour affiner la conception nous pouvons insérer de plus de batteries pour stocker l'énergie excédentaire, afin de l'exploiter pour d'autres applications.

Toutes fois et d'après les résultats du tableau 1, les systèmes diesel seul, /diesel/batteries et éolien/diesel l'emportent sur les autres configurations, entre autre le cas du système PV/éolien/diesel/batteries. Ainsi, pour savoir dans quelles conditions serait il judicieux d'utiliser le système hybride (PV/éolien/diesel/batterie) nous avons établi en premier lieu une analyse de sensibilité. Cette dernière a été réalisée en saisissant des variations à la fois sur le prix du diesel, des vitesses de vent et des irradiances solaires moyennes annuelles. Cependant, nous constatons, d'après la figure 11, que si le prix du carburant est de 6 \$/l et la moyenne annuelle de la vitesse du vent est de 6.25 m/s et celle de l'irradiation solaire de 5.72 kWh/m²/j , le système PV /éolien/diesel/batteries est plus rentable tableau 2. Tandis que pour des vitesses du vent inférieures à 3.2 m/s c'est le système PV/diesel/batteries qui est plus rentable en contre partie pour des vitesses du vent supérieures à 4.2 m/s c'est le système éolien /diesel/batteries qui est plus rentable. Rappelons que HOMER nous donne le système le plus optimum (éolien, PV, Hybride) en se basant essentiellement sur l'étude économique (voir Figure 12). En deuxième lieu, du point de environnemental nous constatons sur le tableau 3 ci-dessous qui récapitule les taux de gaz polluants émet par un système à générateur diesel uniquement (**SD**) et par un système a PV/éolien/diesel/batteries (**SHEPHD**). Nous constatons par exemple

que le taux de CO₂ est réduit de presque 4 fois tel qu'il est de 16086 kg/an pour le premier et il est de 599 kg/an pour le second.

Tableau 1. Résultats optimaux par tri

	PV (kW)	XL1	diesel (kW)	6FW20CD	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NF
			1			\$ 833	787	\$
			1	2	1.2	\$ 3,973	1,044	\$
		1	1		1.2	\$ 5,442	977	\$
		1	1	2	1.2	\$ 6,973	967	\$
	0.8		1		1.2	\$ 5,763	1,115	\$
	0.8		1	2	1.2	\$ 7,295	1,185	\$
	0.8	1	1		1.2	\$ 8,763	1,244	\$
	0.8	1	1	2	1.2	\$ 10,295	1,302	\$
	1.0	1		6	1.2	\$ 13,345	1,825	\$

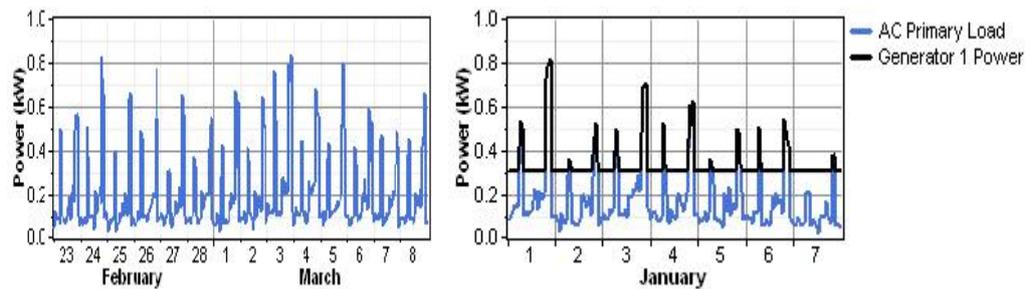


Fig.7. Distribution de la charge et de la puissance produite par le générateur diesel

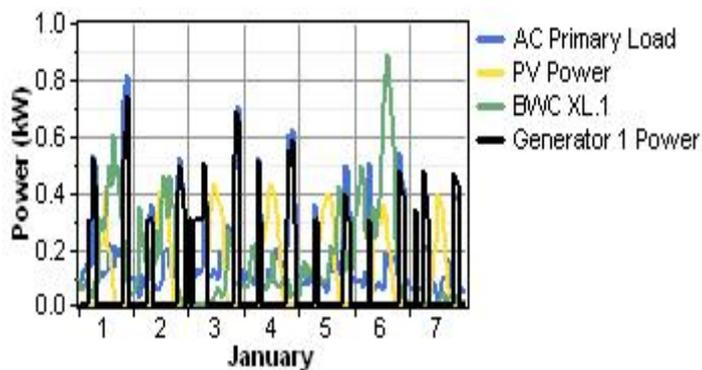


Fig.8. Distribution de la charge et des puissances produites par chacun des systèmes

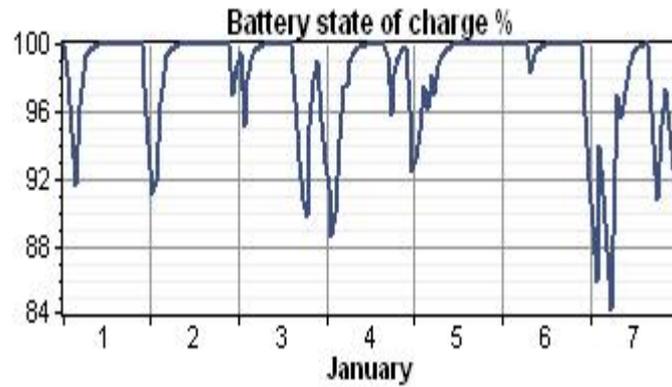


Fig.9. Etat de charge de la batterie en %

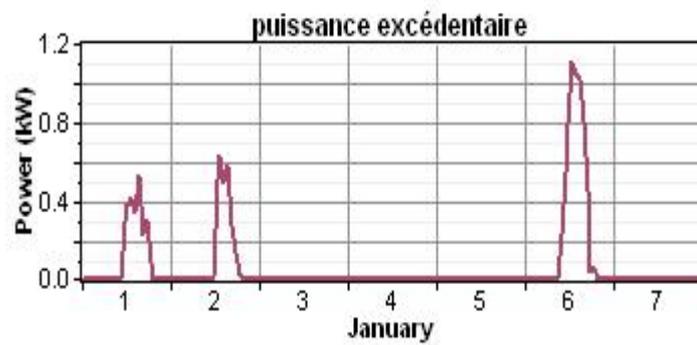


Fig.10. Représentation de la puissance excédentaire

Tableau 2. Résultats optimum par tri et avec une analyse de sensibilité

Calculate Simulations: 1728 of 1728 Progress: Completed in 1:39:17
 Sensitivities: 220 of 220 Status:

Sensitivity Results Optimization Results

Sensitivity variables
 Global Solar (kWh/m²/d) 5.72 Wind Speed (m/s) 6.25
 Diesel Price (\$/L) 6

Double click on a system below for simulation results Categorized Overall Export Details

	PV (kW)	XL1	diesel (kW)	6FM200D	Curv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Tot NE
	0.8	1	1	4	1.2	\$ 11,924	1,770	\$:
		1	1	2	1.2	\$ 6,970	2,158	\$:
	1.0	1		6	1.2	\$ 13,345	1,829	\$:
	1.2		1	5	1.2	\$ 11,251	3,232	\$:
		3	1		1.2	\$ 11,442	4,020	\$:
	0.8	2	1		1.2	\$ 11,768	4,010	\$:
			1	2	1.2	\$ 3,970	5,734	\$:
	1.0		1		1.2	\$ 6,600	7,143	\$:
			1			\$ 839	9,320	\$:

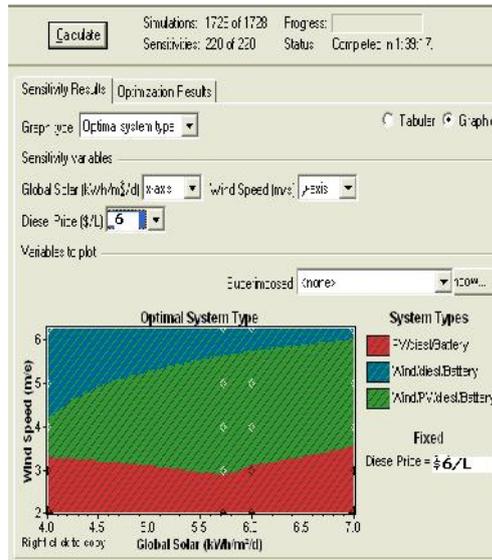


Fig.11. Graphe de la conception la plus optimale

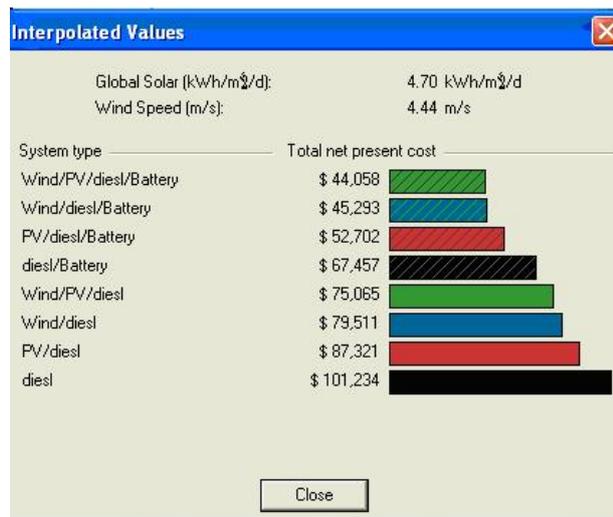


Fig.12. Classement d'optimisation des différents systèmes en se basant sur l'étude économique

Tableau 3. Comparaison des polluants émet par un SHEPHVD et un SD

Polluants	Emissions (kg/an)	
	SD	SHEPHVD
Dioxyde de carbone	16086	599
Monoxyde de carbone	39.7	1.48
Hydrocarboné	4.4	0.164
Matière particulière	2.99	0.111
Dioxyde sulfurique	32.3	1.2
Oxyde nitrogénase	354	13.2

3. CONCLUSION

Cette présente étude est relative à la simulation et à l'optimisation d'un système hybride (éolien – photovoltaïque – diesel) à fourniture d'énergie électrique totalement autonome moyennant le logiciel HOMER. Cependant, nous avons déterminé le prix du kWh d'électricité fournit par le système hybride SHEPHDV et qui s'élève à 1.417 \$/kWh avec un NPC=32390\$ ce prix est très loin d'être comparative au prix su kilowattheure du SD qui s'élève à 0.47\$/kWh avec NPC= 10901 \$. Le site considéré dans cette étude représente le site d'Adrar situé au sud ouest Algérien .Ainsi, nous avons déduit de ce travail d'une part que la configuration du système hybride dépend évidemment des ressources énergétiques disponibles ainsi que des contraintes d'utilisations tel que si le prix du carburant est de 6\$/l et la moyenne annuelle de la vitesse du vent est de 6.25 m/s et celle de l'irradiation solaire de 5.72 kWh/m²/j, le système PV/éolien/diesel/batteries est plus rentable. Tandis que pour des vitesses du vent inférieures à 3.2 m/s c'est le système PV/diesel/batteries qui est plus rentable en contre partie pour des vitesses du vent supérieures à 4.2 m/s c'est le système Wind /diesel/batteries qui est plus rentable et d'autre part nous avons mis en évidence le rôle de l'utilisation des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de gaz a effet de serre(le taux de CO₂=16086 kg/an pour un système utilisant seulement le groupe électrogène(SD) et il est de 599 kg/an pour le système hybride étudié(SHEPHDV).

4. REFERENCES

- [1] Saheb-Koussa D., Belhamel M. and Benferhat K. *Afrique SCIENCE*. 2009, 5(1).
- [2] Colle S., Abreu S L. and Ruther R. *Solar Energy*. 2004, **76**, 295–9.
- [3] Saheb-Koussa D., Haddadi M. and Belhamel M. *Applied Energy*. 2009, 86(7-8), 1024-1030.
- [4] Muselli M., Notton G. and Louche A. *Solar energy*. 1999, **65** (3), 143–57.
- [5] Elhadidy M A. and Shaahid S M. *Renewable Energy*. 1999, **18**, 77–86.
- [6] Borowy B S. and Salameh Z M. *IEEE Trans Energy conversion*. 1994, 9(3), 482-8.
- [7] Markvart T. *Solar Energy*. 1996, 57(4), 277-35.
- [8] Bagul A D., Salameh Z. M. And Borowy B S. *Solar Energy*. 1996, 56(4), 323-35.
- [9] HOMER V-2 68 Beta , National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA, <http://nrel.gov/homer>.
- [10] Koussa M., Malek M. and Haddadi M. *E.C.M.* 2009, 50(5), 1225-1235.
- [11] Convertisseur universel de devises de xe.com, <http://www.xe.com/fr/>

**ETUDE DE FAISABILITE ET OPTIMISATION D'UN SYSTEME HYBRIDE
(EOLIEN – PHOTOVOLTAÏQUE – DIESEL) A FOURNITURE D'ENERGIE
ELECTRIQUE TOTALEMENT AUTONOME**

RESUME

En ingénierie, la simulation est un moyen efficace et économique, couramment utilisés pour faire des études préliminaires ou comparatives, tant au stade du développement (conception), qu'au cours du fonctionnement normal des systèmes. Actuellement, plusieurs outils de simulations, parmi lesquels HOMER, sont utilisés dans les milieux universitaires. Ainsi, Dans ce travail, nous présenterons le principe de l'étude de faisabilité et d'optimisation d'un système hybride (éolien –photovoltaïque-diesel) autonome. Par ailleurs, nous avons déterminé, en utilisant toujours HOMER, le prix du kWh d'électricité fournit par le système hybride et qui s'élève à 1.417 \$/kWh. Le site considéré dans cette étude représente le site d'Adrar situé au sud ouest Algérien. Ainsi, nous avons déduit de ce travail d'une part que la configuration du système hybride dépend évidemment des ressources énergétiques disponibles ainsi que des contraintes d'utilisations et d'autre part nous avons mis en évidence le rôle de l'utilisation des énergies renouvelables dans la réduction des émissions de gaz a effet de serre(le taux de CO₂= 16086 kg/an pour un système utilisant seulement le groupe électrogène et il est de 599 kg/an pour le système hybride étudié).

Mots clé: système hybride, éolien, photovoltaïque, diesel, système de stockage, HOMER.

How to cite this article

Saheb-Koussa D, Haddadi M and Belhamel M. Feasibility study and optimization of an hybrid system (eolian- photovoltaic-diesel) with provision of electric energy completely independent. J Fundam Appl Sci. 2010, 2(1), 86-97.