

Etude technico-économique d'un système d'énergie hybride non connecté au réseau aux comores

Maoulida FAHAD^{1,2*}, Mohamed Aboudou KASSIM^{1,2}, El Ganaoui MOHAMMED²

¹Laboratoire d'Energie et Mécanique Appliquée, LEMA, département de Math-Physique, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Comores, Moroni, Comores

²LERMAB, Institut Universitaire de Technologie, IUT Henri Poincaré, 54 400 Longwy Cedex, Université de Lorraine, France

*Auteur correspondant: maoulidafahad@gmail.com

RESUME - Notre avenir énergétique doit être basé sur le mix énergétique dominé par, une combinaison des énergies non polluantes ayant des ressources importantes. Les énergies renouvelables sont les meilleures candidats mais avec une production intermittente. L'objectif de ce travail est d'évaluer les performances en matière de coût et de faisabilité d'un système autonome de production d'énergie électrique, couplant un champ PV, une éolienne, un générateur diesel et un système de stockage composé de batteries pour satisfaire à la demande de la charge électrique pour électrifier un village de 800 habitants en milieu rural en Union des Comores. En effet, pour bien mener cette étude, plusieurs simulations numériques ont été effectuées avec l'outil HOMER Energy en utilisant des données techniques et météorologiques des Comores. Les résultats obtenus montrent que cette combinaison hybride est plus rentable en marge de coût économique avec un investissement moins coûteux. Ces résultats présentent aussi une meilleure optimisation du système d'énergie hybride utilisé, satisfaisant la demande en énergie et contribuant à la préservation de l'environnement pour lutter contre le changement climatique dans un petit état insulaire comme les Comores. Il contribue aussi à la politique nationale des Comores visant à développer et à intégrer les énergies renouvelables dans le réseau pour une stabilité énergétique.

Mots-clés— énergie électrique, système autonome, stockage, Homer Energy, énergie hybride, énergie renouvelables

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 les consommateurs. Ce qui représente un lourd fardeau financier pour l'électrification des locaux dans les sites isolés en Union des Comores. Installer des lignes électriques sur des centaines de kilomètres ne pourra pas résoudre le problème. A cet effet, nous avons pensé à contourner le problème par la production de l'énergie à partir d'un système hybride, en se basant sur des études faites récemment et disponibles dans la littérature [1-2]. Les auteurs ont montré l'intérêt de la production de l'énergie à partir d'un système hybride en milieu rural qui réduit d'une manière considérable la facture énergétique. Egalement, plusieurs travaux disponibles dans la littérature, ont été menés dans le domaine des systèmes hybrides [3-8]. Fahad et al. [3] ont optimisé et évalué un système PV/Eolien/Diesel/stockage pour la télécommunication en milieu rural aux Comores.

Tandis que Saheb-Koussa et al. [4] ont réalisé une étude technico-économique d'un système hybride (éolien-photovoltaïque- diesel) autonome moyennant le logiciel MATLAB/SIMULINK totalement autonome avec des résultats très encourageant. Pour leur part Muselli et al. [5] ont mené une étude de conception et d'optimisation d'un système hybride photovoltaïque/diesel. Kassim et al [6] ont réalisé une étude de faisabilité d'un système hybride de génération d'énergie dans le bâtiment en milieu rural aux Comores. Les auteurs ont montré qu'un système hybride basé sur des sources d'énergies renouvelables et très avantageux. D'un autre côté, Fahad et al [7], ont proposé un travail de modélisation d'un module photovoltaïque de type bp sx 150 pour la génération d'énergie électrique pour l'alimentation des pylônes de télécommunication aux Comores. Leurs résultats ont été très encourageants quant à l'efficacité de production d'énergie de sources purement renouvelables comparés à une combinaison de source d'énergie non renouvelable (Moteur Diesel/Panneaux solaires).

L'objectif du présent travail est le dimensionnement d'un système hybride destiné à alimenter une charge de type AC fonctionnant en permanence durant toute l'année avec une moyenne de 120 kWh / jour et un pic de 8 kW [8]. La simulation et l'optimisation du système étudié ont été développées sous HOMER [9] qui est un logiciel sophistiqué développé par National Renewable Energy Laboratory destiné au petit système de puissance. Après introduction des ressources énergétiques et les coûts de chacun des sous-systèmes, HOMER nous donne le système de combinaison le plus optimal (PV, Eolien, Diesel, Stockage) basée essentiellement sur l'étude économique.

2. DESCRIPTION DU SYSTEME ET SON FONCTIONNEMENT

Le système étudié est constitué d'un générateur éolien de type AOC 15/50 de 65kw, d'un générateur photovoltaïque de puissance 1 kW, d'un groupe électrogène de puissance 75 kw. La charge électrique [10-11] relative aux équipements, dont la valeur est de 120 kWh/jr avec un pic de 8 kw, est alimentée par les batteries de type Hoppeck 10 OPzS 1000, de tension nominale de 2 V et de capacité nominale de 1000Ah à travers un convertisseur d'une puissance nominale de 1kW.

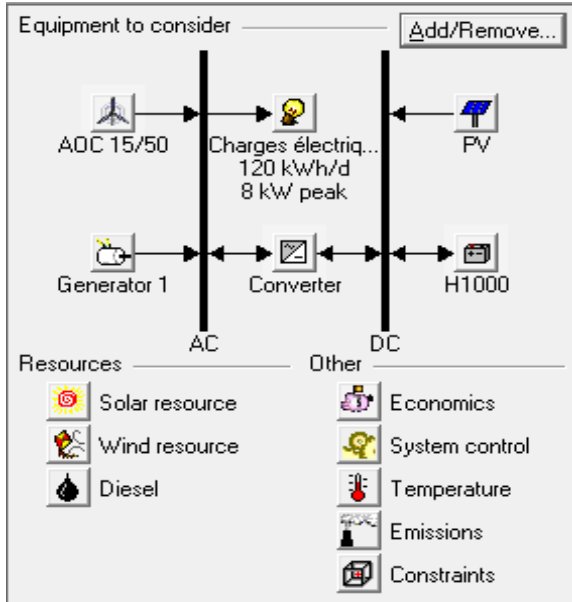


Fig. 1. Schéma synoptique du système hybride étudié

3. CORDONNEES GEOGRAPHIQUE DU SITE ETUDIE

3.1.1. Site d'implantation

Le site d'implantation choisi dans cette étude se situe au nord de la grande Comore et dont les coordonnées géographiques sont: latitude: 12°8' S, longitude: 44°15' E [12].

3.1.2. Caractéristique de la charge choisie

Dans notre étude, nous avons choisi une charge [12] de type AC fonctionnant en permanence durant toute l'année avec une moyenne de 120 kWh/jour et un pic de 8 kW .

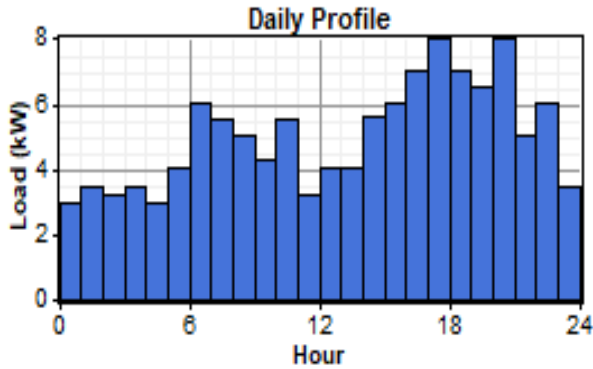


Fig. 2. Profile de charge durant la journée

Le profil journalier de la charge électrique du village est représenté par la figure 2. Dans cette figure on remarque que le maximum de pic se situe entre 6 h à 11 h pendant la journée et de 15 h à 21h pour le soir car c'est à partir de ce temps les utilisateurs consomment le plus d'énergie[13].

4. MODELS MATHEMATIQUES

4.1.1. Modélisation d'une cellule Photovoltaïque

HOMER utilise l'équation suivante pour calculer la puissance de sortie de la matrice photovoltaïque :

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left(\frac{\bar{G}_T}{\bar{G}_{T,STC}} \right) [1 + \alpha_P (T_C - T_{C,STC})] \quad (1)$$

Où :

Y_{PV} : capacité nominale du générateur PV [kW],

f_{PV} : Facteur de déclassement PV [%],

$\bar{G}_T$: Rayonnement solaire incident sur le générateur PV [kW/m²],

$\bar{G}_{T,STC}$: Rayonnement incident aux conditions d'essai standard [1kW/m²],

α_P : Coefficient de température de la puissance [%/°C],

T_C : Température de la cellule PV [°C],

$T_{C,STC}$: Température de la cellule PV dans des conditions d'essai standard est de 25°C.

Dans la figure 3, l'irradiation solaire est un élément important pour le système. Pour avoir une bonne production d'énergie solaire il faut que l'irradiation solaire soit au maximum pour pouvoir générer l'effet photovoltaïque et produire enfin du courant.

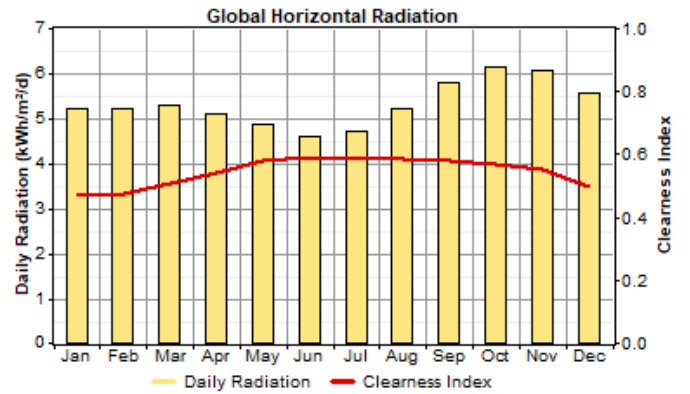


Fig. 3. Irradiation solaire Globale

Si on choisit de ne pas modéliser l'effet de la température sur le générateur PV, HOMER suppose que le coefficient de température de la puissance est nul, de sorte que l'équation (1) ci-dessus se simplifie est devient:

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left(\frac{\bar{G}_T}{\bar{G}_{T,STC}} \right) \quad (2)$$

4.1.2. Modélisation d'une éolienne

La source de l'éolienne considérée n'est d'autre que la vitesse du vent. Dans notre cas, on constate que durant toute l'année la vitesse la plus faible se prononce au mois d'Août alors que la vitesse la plus élevée est obtenue au mois de Janvier.

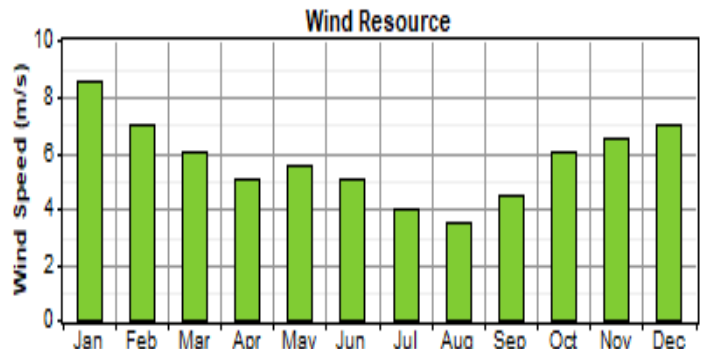


Fig. 4. Evolution annuelle de la vitesse du vent.

L'énergie cinétique moyenne, disponible sur un site donné, par unité de temps et par unité de surface, due à la vitesse du vent, s'écrit :

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

Avec:

A: la surface traversée par le vent (m²);

ρ : la densité de l'air (= 1.225kg/m³);

V: la vitesse du vent (m/s).

C_p : le coefficient de puissance de la turbine

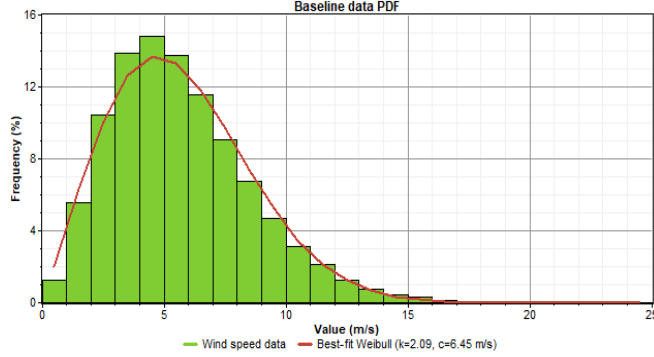


Fig. 5. Probabilité de densité de la vitesse du vent (Courbe de Weibull)

La figure 5 présente la probabilité de densité de la vitesse du vent en Union des Comores. Le potentiel du site d'étude dans les zones rurales a été évalué à partir de cette densité.

4.1.3. Modélisation d'un générateur diesel

Pour déterminer la puissance nominale du générateur diesel, nous avons fait l'hypothèse d'une charge minimale et une production maximale du champ PV. Ainsi, la puissance d'un générateur diesel pour une pénétration solaire et pour un taux de charge est donnée par [14] :

$$P_{GDi,nom} = \frac{D_{p,min} - P_{pv,AC,max}}{x_{GD}} \quad (4)$$

Avec :

$$P_{pv,AC,max} = F_p * \eta_{ond} * P_{pv,AC,pic} \quad (5)$$

Où

$$P_{pv,AC,pic} = (\%S) * D_{p,min} \quad (6)$$

%S étant le pourcentage de pénétration solaire

Ainsi :

$$P_{GDi,nom} = \frac{D_{p,min} * [1 - (\%S) * F_p * \eta_{ond}]}{x_{GD}} \quad (7)$$

5. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Notre système est simulé sous divers aspects en fonction des variations du profil de la charge, du coût et de la taille des composants, des contraintes du système, de la stratégie de contrôle et de l'économie du système. HOMER élimine toutes les combinaisons irréalisables et classe les systèmes réalisables en fonction du coût actuel net croissant. Nos résultats sont obtenus et classés en deux types: résultats par optimisations et résultats par sensibilités.

5.1.1. Résultats par Optimisation

Après simulation de notre système on constate que HOMER privilégie un système hybride composé d'un système solaire de 40 KW, d'une éolien de type AOC 15/50 de 65 KW AC, d'un groupe électrogène d'une capacité de 75 KW, de batterie de stockage et un système de convertisseur de 15 KW.

Il faut savoir que ces résultats sont obtenues pour des valeurs d'irradiation solaire, de la vitesse du vent et du prix du diesel maximum estimés respectivement à 5,32 Kwh/m²/j, 5,7 m/s et 0,8 \$/L [17].

Sensitivity Results

Optimization Results

Sensitivity variables

Global Solar (kWh/m²/d)

5.32

Wind Speed (m/s)

5.7

Diesel Price (\$/L)

0.8

Double click on a system below for simulation results.

Categorized

Overall

	PV (kW)	15/50	GE (kW)	H1000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	GE Label (hrs)	Batt. Lf (yr)
   	40	1	75	72	15	LF	\$ 96,300	1,210	\$ 111,770	0.200	0.99	0.00	485	49	20.0
   	40	3	75	48	15	LF	\$ 68,700	5,446	\$ 138,319	0.247	0.97	0.00	5,425	548	13.3
   	60		75	72	15	LF	\$ 105,300	3,685	\$ 152,401	0.272	0.96	0.00	1,584	160	8.7
  	50	8	75		15	CC	\$ 109,500	14,579	\$ 295,865	0.528	0.97	0.00	17,306	1...	
  		8	75			CC	\$ 70,000	22,477	\$ 357,330	0.638	0.95	0.00	26,661	2...	
  	100		75		15	CC	\$ 104,500	43,641	\$ 662,375	1.183	0.55	0.00	51,211	5...	

Fig. 6. Résultats par ordre de coût et de faisabilité

Pour estimer le coût total du projet on utilise, pour chaque élément, les données suivantes : Le capital initial ; Le coût de remplacement et la durée de vie représentés dans la figure 7.

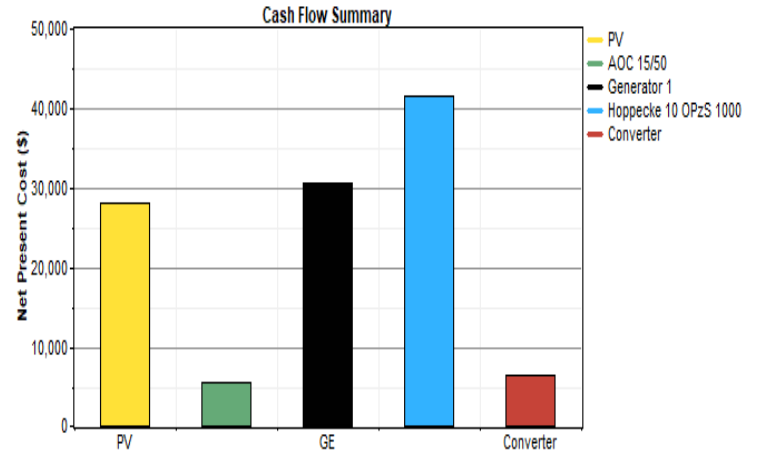


Fig. 7. Résultats des coûts détaillés des composants du système

Pour calculer le rendement (S) à la fin du projet pour chaque composant, les formules suivantes ont été utilisées [14-15]:

$$S = C_{rep} + \frac{R_{rem}}{R_{comp}} \quad (8)$$

$$R_{rem} = R_{comp} - (R_{proj} - R_{rep}) \quad (9)$$

$$R_{rep} = R_{comp} \times \text{INT} \left(\frac{R_{proj}}{R_{comp}} \right) \quad (10)$$

S : Récupération [\$],

C_{rep} : Coût de remplacement du composant [\$],

R_{comp} : Durée de vie du composant [an],

Rem : Durée de vie restant du composant après la fin du projet [an],

R_{proj} : Durée de vie du projet [an],

R_{rep} : La durée du coût de remplacement.

Dans la figure 8, 'HOMER' nous donne les coûts totaux des différents systèmes. On peut voir par exemple que pour notre système, le coût net du PV est d'environ 28 000 \$, celle de l'éolienne est à peu près de 5 000 \$, celui du GE est de 16 880\$, quant à la batterie de stockage le prix est de 30 000 \$, celui du convertisseur est de 4 500 \$ et enfin le système a un coût général de 111,770 \$.

Concernant le diesel, le prix du fuel est de (0.8 \$/L). La durée de vie du projet est de 25 ans.

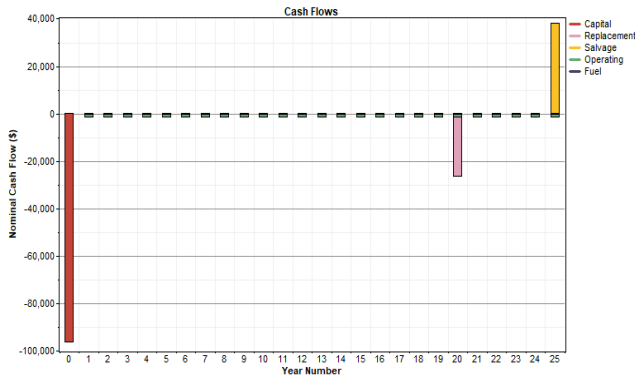


Fig. 8. Résumé des coûts et de la rentabilité du projet

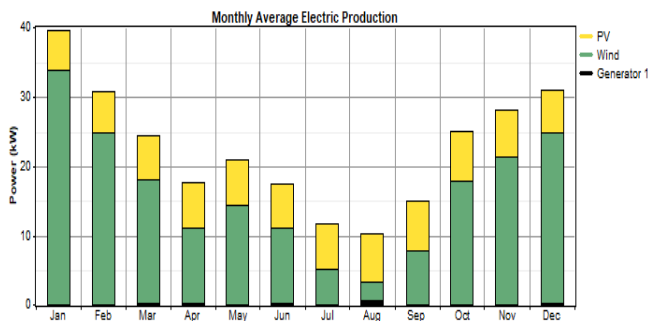


Fig. 9. Production électrique annuelle du système

Dans la Figure 9, on voit très bien que notre système a une production électrique issue majoritairement de l'éolienne avec 139,657 Kwh/an soit 71 %, suivit du solaire photovoltaïque 57,236 kwh/an soit 29 % et enfin le générateur diesel faiblement représenté avec une valeur de 1,103 Kwh/an soit 1% de la production électrique. Ce qui est important notre système répond très bien à nos besoin car 99 % de sa production est issu des sources renouvelables avec un excès d'énergie estimée à 149,231 Kwh/an soit 75 %.

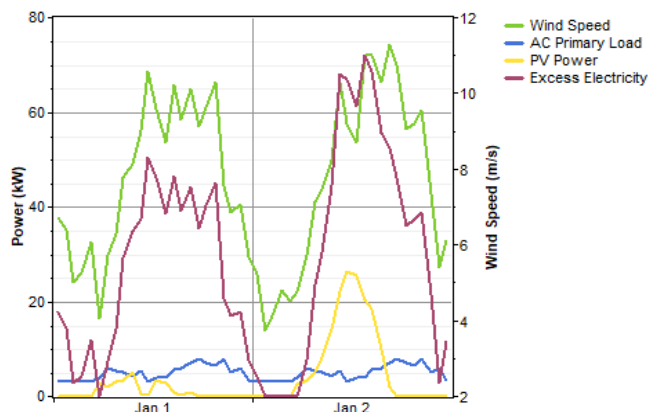


Fig. 10. Production de la charge, de la production PV, de la production éolienne et de l'énergie excédentaire du système

Dans la figure 9, la courbe de la charge électrique est trop faible par rapport à celles de la production PV, de la production de l'éolienne ainsi que celle caractérisant l'excès de l'électricité, ce qui incarne une réalité absolue sur la faisabilité de notre installation.

5.1.2. Résultats par Sensitivité

'HOMER' peut exécuter une analyse de sensibilité lorsque nous définissons des variables comme la sensibilité des 'input' (entrées), HOMER itère le processus d'optimisation pour chaque variable que nous avons spécifié jusqu'à l'obtention des résultats optimisés classés par ordre croissant de priorité. Cette étude nous permet aussi de prévoir l'installation du même système sur un autre site.

Les résultats de simulation par HOMER sont donnés sous forme de combinaisons (configurations) réalisables (techniquement et économiquement) des éléments définis dans l'installation. Ses configurations sont classées par ordre croissant de la valeur nette actuelle. Pour chacune de ces solutions possibles, 'HOMER' fournit tous les paramètres de fonctionnement des composants et de l'ensemble de l'installation (la fraction de l'énergie renouvelable, les émissions de gaz, le coût spécifique de l'énergie, l'énergie totale produite, consommée et l'excès de l'énergie, etc.) [16].

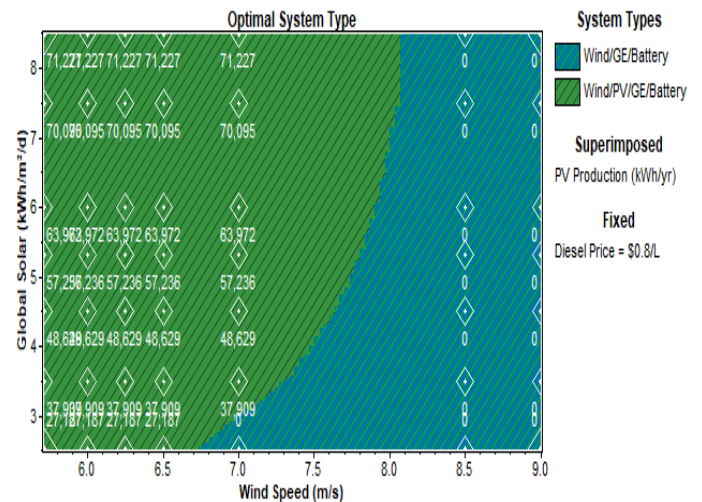


Fig. 11. Graphique de la conception pour une production de PV en Kwh/an avec un prix du diesel estimé à 0,8 \$/L.

Dans la figure 11 on représente l'évolution de l'irradiation solaire en fonction de la vitesse du vent. Les résultats obtenus montrent que plus l'irradiation solaire est considérable plus le système Eolienne/PV/Diesel/batterie est satisfaisante et ce jusqu'à une vitesse de 8m/s. Au-delà de cette vitesse, c'est la combinaison Eolienne/Diesel/Batterie qui prend le dessus.

Avec un même prix fixe du carburant à 0.8 \$/L, on constate, aussi que c'est le système hybride composé de PV/Eolien/Diesel/Stockage qui est le plus favorable, ce qui va nous permettre de mieux gérer notre production et assurer une bonne satisfaction envers nos clients.

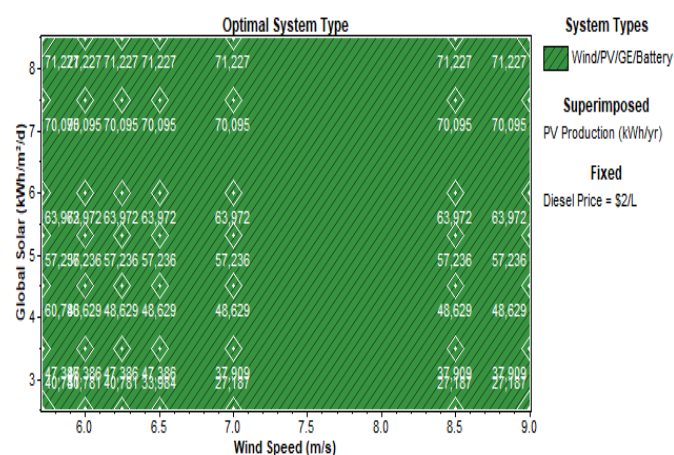


Fig. 12. Graphe de la conception pour une production de PV en Kwh/an avec un prix du diesel estimé à 2 \$/L.

Dans la Figure 12, on a considéré un prix du diesel estimé à 2 \$/L, HOMER nous délivre un système d'énergie composé totalement d'un système hybride PV/Eolien/Diesel/Stockage. Comme la figure précédente, la production du PV varie toujours en fonction de l'irradiation solaire émis par jour. De ce fait, on ne voit pas apparaître un système de combinaison sans PV vu la cherté du prix de carburant 2 \$/L.

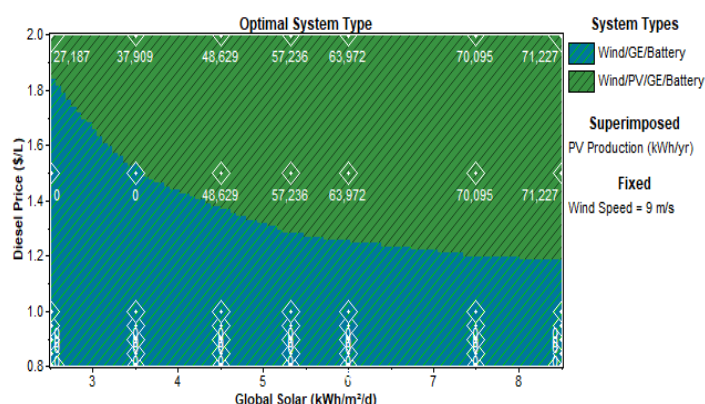


Fig. 13. Evolution du prix du carburant en fonction de l'irradiation solaire pour une vitesse de vent imposée à 9 m/s.

La Figure 13 représente l'évolution du prix du carburant en fonction de l'irradiation solaire pour une vitesse de vent imposée à 9 m/s. HOMER nous délivre deux architectures d'installation. Un composé d'un système hybride PV-Eolien-Diesel-Stockage et un autre composé d'un système hybride Eolien-Diesel-Stockage sans PV. La production du PV varie toujours en fonction de l'irradiation solaire émis par jour. L'effet de la variation du prix du carburant est beaucoup plus prononcé. En effet, cette figure 13 montre que pour un prix de carburant inférieur à 1.3 \$/L, c'est le système Eolien-Diesel-Stockage qui est avantageux car avec un prix du diesel convenable le système peut fonctionner sans PV. Par contre pour un prix supérieur à 1.3 \$/L c'est le système PV-Eolien-Diesel-Stockage qui prime. Dans ce cas, l'introduction du PV dans le système est nécessaire afin d'améliorer la production électrique.

6. CONCLUSIONS

Dans ce travail, l'étude technico-économique pour la conception d'un système d'alimentation hybride non connecté au réseau pour une alimentation électrique en milieu rurale aux

Comores a été réalisée à l'aide de l'outil de simulation HOMER Energy. Le système hybride est composé d'un système photovoltaïque, d'une éolienne, d'un groupe électrogène et de batterie de stockage. L'étude a été menée en nous appuyant sur les données météorologiques des Comores notamment la vitesse du vent et l'irradiation solaire globale afin d'optimiser le système.

Nos résultats montrent que le meilleur coût total net (CPN) de 111 770 \$ et un coût d'énergie de 0.200 \$ / kWh peuvent être atteints en utilisant un convertisseur de 15 kW, un éolien de 65 kW, un champ PV d'une capacité nominale de 40 kW et une unité de stockage de 72 Hopeck OPzS 1000 [17-18].

De même on constate que la pénétration de l'éolienne avec 139,657 Kwh/an soit 71 %, suivit du solaire photovoltaïque 57,236 kwh/an soit 29 % et enfin le générateur diesel avec une énergie très faible de 1,103 Kwh/an, soit 1% de la production électrique [19-20]. Il est à noter que notre système répond très bien à nos besoins car 99 % de sa production est issue des sources renouvelables avec un excès d'énergie estimé à 149,231 Kwh/an soit 75%. Un excès qui peut être vendu à la société nationale de production d'électricité aux Comores, SONELEC [20]. Cet excédent d'électricité permettra à la communauté de réaliser d'autres projets qui sont bloqués à cause de la pénurie d'énergie. En tenant compte des résultats que nous avons obtenus, les conclusions suivantes pourraient être tirées : les ressources solaires dans la zone communautaire de Koua représentent un excellent potentiel comparé à la source d'origine éolienne (vitesse du vent), qui pourrait constituer la seconde source énergétique pour couvrir l'électrification.

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.

Ce travail contribuera à la protection de l'environnement pour lutter contre le changement climatique, mais aussi permettra à cette localité éloignée de l'union des Comores d'être bien indépendante en matière d'énergie électrique ce qui contribuera à son développement socioéconomique.

7. REFERENCES

- [1] Kassim Mohamed Aboudou and Mohamed El Ganaoui, "Feasibility study for the production of electricity using the hybrid PV-Wind-Generator system in a remote area in Comoros" International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, 33 (2) November 2017, 33(2), pp.23-36.
- [2] Kassim Mohamed Aboudou and Mohamed El Ganaoui, "Design of a hybrid system for rural area electricity supply in Comoros" Journal of Power and Energy Engineering". 2019, (7), pp. 59-78.
- [3] Fahad Maoulida, Kassim Mohamed Aboudou, Joseph Onymihamina Rakoto, Mohammed El Ganaoui, « Dimensionnement d'un système hybride pour l'alimentation électrique d'un pylône de télécommunication aux Comores », 23-25 Avril 2018, Colloque International Francophone d'Energétique et Mécanique, CIFEM 2018, Cotonou, Bénin.
- [4] Saheb-Koussa D., Haddadi M. and Belhamel M. « Economic and technical study of a hybrid system (wind-photovoltaic-diesel) for rural electrification in Algeria », Applied Energy, 2009, 86(7-8), 1024-1030.
- [5] Muselli M., Notton G. and Louche A. « potentials of optimized hybrid system in powering off-grid macro base transmitter station site » Solar energy, 1999, 65 (3), 1435-7.
- [6] Kassim Mohamed Aboudou, Mohamed El Ganaoui « Feasibility study of stand-alone hybrid energy system for application of buildings in rural areas in comoros », ICOME 2017, Tianjin, China, July 69th, 2017.
- [7] FAHAD Maoulida, KASSIM Mohamed Aboudou, « Modélisation d'un module photovoltaïque de type bp sx 150 pour la génération d'énergie

électrique » 6^{ème} Conférence Internationale des Energies Renouvelables (CIER-2018) 19-22 Décembre 2018 – à l'hôtel HoudaYesmine Hammamet, Tunisie

- [8] Kassim Mohamed Aboudou, Fahad Maoulida, Mohammed El Ganaoui «PV-Wind hybrid energy system for application of buildings in rural areas in Comoros » International Conference on Materials and Energy, ICOME'2018, April 30-May 4, ICOME' 2018, San Sebastian, Spain.
- [9] HOMER V-2 68 Beta , National Renewable Energy Laboratory (NERL), USA, <http://nrel.gov/homer>
- [10] Markvart T. Solar Energy. 1996, 57(4), 277-35.
- [11] D.SAHEB-KOUSSA, M.KOUSSA and M.BELHAMEL. "Simulation of PV/WIND DIESEL hybrid power systems for rural electrification in Algeria" The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies
- [12] FAHAD Maoulida, KASSIM Mohamed Aboudou, MALIK EL'HOUYOUN Ahamadi «Techno economic study of a hybrid pumping system (PV-Eolien) in rural Comoros for irrigation » 10th International Renewable Energy Congress (IREC 2019) March 26 – 28, 2019 Sousse-Tunisia
- [13] K. Berger et al., « Benchmark on the 3D Numerical Modeling of a Superconducting Bulk », in 21st International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (Compumag 2017), Daejeon, South Korea, 2017, (ID 110).
- [14] AIE – Agence internationale de l'énergie, Injection de photovoltaïque en réseau diesel isolé, quelques critères de faisabilité,http://www.ieapvps.org/products/download/Flyer_PVinjection_FR_2607.pdf, 2007.
- [15] SH. El-Hefnawi. Photovoltaic diesel-generator hybrid power system sizing. Renewable Energy, 13(1), pp. 33–40, 1998.
- [16] FAHAD Maoulida, « Développement d'un système hybride de génération d'énergie en site isolé pour la télécommunication et réalisation d'un régulateur de charge solaire », Master, Université d'Antananarivo, Sciences et technologies, physique et application, soutenu le 7 juin 2018.
- [17] S. Tamalouzt, N. Benyahia, T. Rekioua, D. Rekioua, R. Abdessemed , « Performances analysis of WT-DFIG with PV and fuel cell hybrid power sources system associated with hydrogen storage hybrid energy System », Int J Hydrogen Energy, vol. 41, 2016.
- [18] S.Tamalouzt, N. Benyahia, T. Rekioua, D. Rekioua, R. Abdessemed, « Wind Turbine-DFIG/Photovoltaic/Fuel Cell Hybrid Power Sources System Associated with Hydrogen Storage Energy for Micro-grid Applications », IEEE IRSEC, 2015, p. 1-6.
- [19] Juan P. Torreglosa, Pablo García-Triviño, Luis M. Fernández-Ramirez, Francisco Jurado, « Control based on techno-economic optimization of renewable hybrid energy system for stand-alone applications », Expert Systems with Applications, 2016, vol 51 : p. 59-75.
- [20] N. Benyahia, T. Rekioua, and N. Benamrouche, « Modeling and Simulation of a Stand-alone Wind/Photovoltaic/Fuel Cell System associated with a Hybrid Energy Storage, », The Third International Renewable Energy Congress, IREC'2011, Hammamet, Tunisia, p. 1-7, December 20-22, 2011.