

Contribution de l'énergie éolienne à l'hybridation des centrales électriques des réseaux isolés du Sud

A. Idda¹, S. Bentouba² et A. Mahdi Kada¹

¹ Société de Distribution de l'Electricité et du Gaz de l'Ouest, SDO
Timimoun, Adrar, Algérie

² Laboratoires de Développement Durable et d'Informatique, LDDI
Université Africaine, Adrar, Algérie

(reçu le 18 Avril 2015 - accepté la 30 Juin 2015)

Résumé - Dans cet article, nous étudions le jumelage de l'énergie éolienne et de l'énergie solaire PV pour l'hybridation d'une centrale diesel, installé au Sud algérien. Au contraire de l'énergie solaire, l'énergie éolienne peut être produire l'énergie électrique dans la nuit comme le jour en fonction de la vitesse de vent. En plus d'un gisement solaire énorme, la région du Sud est caractérisée par un climat saharien avec des vitesses de vent plus élevées que celles du Nord, plus particulièrement dans le grand Sud (Adrar, Tamanrasset, Tindouf et Illizi) avec des vitesses supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans certaines régions. L'utilisation de l'énergie éolienne comme agent complémentaire pour l'énergie solaire PV dans l'hybridation de centrales diesel représente une solution intéressante au problème de l'alternance de l'énergie solaire, car il permet de produire de l'énergie électrique renouvelable durant la nuit en absence de l'énergie solaire avec un bon rendement. Ainsi que, les éoliennes font désormais concurrence aux générateurs classiques (diesel) et aux générateurs solaires PV.

Abstract - In this paper, we study the pairing of wind and PV solar energy to hybridization of a diesel power plant, installed in the south of Algeria. Unlike solar energy, wind energy can be produce electrical energy in the day or night depending on the wind speed. In addition to a huge solar potential, the southern region is characterized by a Saharan climate with higher wind speeds than those of the North, especially in the Deep South (Adrar, Tamanrasset, Tindouf and Illizi) with higher speeds 4 m/s and beyond the value of 6 m/s in some area. The use of wind power as a complementary agent for solar PV in diesel hybrid plants represents an interesting solution to the alternation of solar power because it can produce renewable electricity during the night in the absence of solar energy with good efficiency. Thus, wind turbines now compete with conventional generators (diesel) and PV solar generators.

Keywords: Energie éolienne – Hybridation en PV– centrale Diesel - Réseau isolé.

1. INTRODUCTION

Connaissant les problèmes techniques et économiques rencontrés pour la production de l'énergie électrique par le diesel dans le Grand Sud; l'hybridation des centrales diesel par l'énergie solaire PV était déjà un objectif important vu le potentiel solaire existant. Ainsi que l'énergie éolienne est appelée à jouer un rôle dans cette opération ambitieuse pour des régions isolées possédant un potentiel éolien appréciable. En effet, la complémentarité entre l'énergie solaire et l'énergie éolienne représente un espoir pour l'avenir énergétique du sud algérien.

Avec un potentiel solaire important, et un potentiel éolien également non négligeable, ajoutés à l'étendue de son territoire, l'Algérie peut installer des ouvrages de production d'électricité par les procédés renouvelables sans encombre, notamment au Grand Sud (Sahara) [3].

Dans ce travail, nous étudions et analysons la contribution de l'énergie éolienne à l'hybridation de centrales diesel installées au Sud algérien. Même si cette solution est très complexe comparativement à l'hybridation en énergie solaire PV seule, mais elle présente par contre un intérêt évident considérable par la complémentarité existante entre l'énergie solaire et l'énergie éolienne.

Tableau 1: Ressources énergétiques des différentes régions d'Algérie [1, 3-5]

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sud (Sahara)
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	2650
Energie éolien moyenne récupérable (TWh/an)	1	4.5	31.5

Ainsi qu'ils pourraient devenir rentables à moyen et long terme, dû entre autres aux améliorations technologiques. En effet, Un projet pilote a été déjà mis en service (ferme éolienne de Kabertène d'Adrar), ce qui nous permet de créer une base des données expérimentales pour la future intégration de cette énergie renouvelable dans les systèmes de production électrique du Sud Algérien.

2. ENERGIE EOLIENNE EN ALGERIE

En Algérie, la ressource éolienne varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifiés. En effet, l'Algérie, se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes:

- Le *Nord méditerranéen* est caractérisé par un littoral de 1200 km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien [4]. Des microclimats existent sur les sites côtiers d'Oran, Bejaia, et Annaba, ainsi que dans la région délimitée par Bejaia.
- Le *Sud (Sahara)*, se caractérise par un climat saharien et des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement le Grand Sud (Adrar, Tamanrasset, Tindouf et Illizi) avec des vitesses supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar et le Nord de Tamanrasset [5]. Donc; le Grand Sud(Adrar, Tamanrasset, Tindouf et Illizi), présente toutes les caractéristiques de sites candidats à l'exploitation de cette énergie.

Entre les deux grandes zones géographiques, s'intercalent des plaines et les Hauts Plateaux de climat continental. Des microclimats existent sur les Hauts Plateaux de Tiaret et de Kheiter.

En plus du potentiel éolien appréciable existant, la tendance générale de la courbe de consommation des réseaux isolés du sud (corrélation entre la consommation et la production d'énergies renouvelable), facilite l'accueil des énergies renouvelables sans recours au stockage d'énergie produite.

A cet effet, l'énergie solaire PV (avec l'énergie éolienne) permet de réduire la charge issue de la demande de pointe matin (la pointe de milieu de la journée en été), tandis que l'énergie éolienne peut écrêter la charge issue de la consommation de pointe soir.

Donc, les objectifs de l'ajout d'énergie éolienne à l'hybridation de centrales diesel sont:

- Augmentation le taux de pénétration d'énergie renouvelable (TPE) sans recours au stockage.
- Diminution de la consommation en combustible (q) et des émissions des GES (E_m).
- Diversification les sources d'énergie renouvelable.
- Optimisation les moyens de production existants (nombre, puissance nominale et nombre de démarrage).

Selon la norme CEI, on distingue deux catégories d'éoliennes, grande éolienne (supérieure à 120 kW) et petite éolienne (inférieure à 120 kW), donc le choix des éoliennes est fait en fonction de la vitesse moyenne de vent de site et du profil charge, ainsi que la température de site.

3. LES DIFFERENTES HYBRIDATIONS DE LA CENTRALE DIESEL

De par son positionnement géographique privilégié, l'Algérie dispose d'un potentiel d'énergies renouvelables très important, notamment le potentiel solaire. En effet, Les ressources majeures sont le soleil et le vent. Le soleil est quasiment disponible sur la totalité des territoires algériens, tandis que la disponibilité du vent dépend fortement des caractéristiques locales.

L'hybridation en énergie solaire PV est déjà adoptée (en cours de réalisation), pour toutes les centrales installées au sud, tandis que l'hybridation en énergie éolienne nécessite des études de faisabilité pour la détermination des caractéristiques de chaque site. L'hybridation de centrales diesel pourrait réduire les déficits d'exploitation en profitant les ressources d'énergie renouvelable, comme un carburant local gratuit, plutôt que le diesel, le premier obstacle à cette perspective résulte des contraintes techno-économiques qui limitent actuellement ces énergies renouvelables, malgré les potentiels important existants.

3.1 Différentes configurations de l'hybridation en énergies renouvelables

Le choix de l'énergie solaire pour l'hybridation des centrales diesel est basé sur la vaste distribution de cette ressource naturelle, l'abondante à travers de tout le territoire Algérien et la maturité de l'industrie d'énergie solaire PV, ainsi la corrélation positive entre l'apport énergétique solaire et la consommation.

L'idée fondamentale de l'hybridation Photovoltaïque-Diesel consiste à produire une parité d'énergie consommée durant des périodes d'ensoleillement par l'énergie solaire photovoltaïque. En effet, durant les périodes d'ensoleillement, la centrale solaire PV participe dans l'alimentation du réseau électrique. Cette solution est très efficace, en présence une corrélation positive entre l'apport énergétique solaire et la consommation durant des périodes de forte consommation (la pointe de l'après midi en été). Les générateurs diesel fonctionneront durant les périodes de faible ensoleillement ou nul.

L'inconvénient principal de l'hybridation Photovoltaïque-Diesel est leur dépendance à une source intermittente et alternance (apparue dans le jour seulement). Donc l'insertion d'un système complémentaire est nécessaire. C'est pour cela, la seconde hybridation est basée sur deux sources renouvelables, éolienne-photovoltaïque en hybridation avec les générateurs diesel.

Cette solution est intéressante suite à la complémentarité qui existe entre les deux sources renouvelables (solaire et éolienne). Ainsi, le potentiel technique et même économique est très important pour certaines régions au Sud algérien, car il nous permet d'exploiter à la fois deux ressources renouvelable et gratuit.

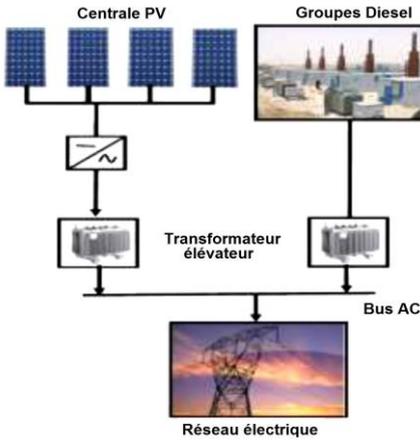


Fig. 1: Architecture de l'hybridation Photovoltaïque-Diesel

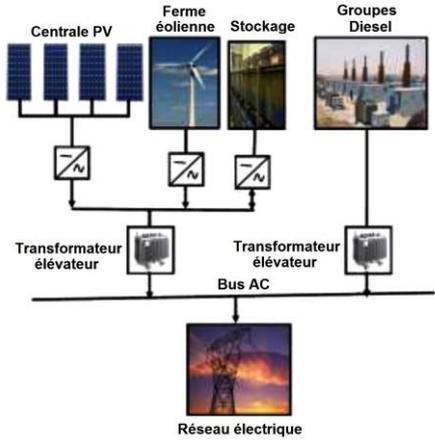


Fig. 2: Architecture de l'hybridation Eolienne-PV-Diesel

L'insertion d'un petit système de stockage assure la compensation des fluctuations rapides des puissances produites par les générateurs solaire PV et éolien et la stabilité de système, ainsi il peut également remplacer quelques démarrages de générateur diesel.

3.2 Les performances de l'hybridation de centrale diesel

Le taux de pénétration en énergies renouvelable est un facteur important pour déterminer les performances de l'hybridation d'une centrale Diesel, il est défini par le Taux de Pénétration en Puissance (TPP) et le Taux de Pénétration en Energie (TPE).

3.2.1 Taux de Pénétration en Puissance (TPP)

Il est défini comme le rapport entre la puissance produite par le système Eolienne-Photovoltaïque et la puissance consommé en instant (t). En réalité, le taux de pénétration en puissance fluctue continuellement en fonction de la puissance P_{EnR} générée d'origine renouvelable (solaire P_{PV} et éolienne $P_{éol}$) et de la demande sur le réseau à chaque instant. Donc,

$$TPP = P_{EnR}(t) / P_c(t) \quad (1)$$

Avec, $P_{EnR}(t)$, puissance produite par les générateurs solaire PV et éolien en instant t (kW), elle s'exprime,

$$P_{EnR}(t) = P_{PV}(t) + P_{éol}(t) \quad (2)$$

$P_c(t)$, puissance consommée par le réseau isolé en instant t (kW).

$$P_c(t) = P_{EnR}(t) + P_{GD}(t) \quad (3)$$

3.2.2 Taux de Pénétration en Energie (TPE)

Il est défini comme le rapport entre l'énergie annuelle produite par le système Eolienne-Photovoltaïque et l'énergie annuelle consommée, il s'exprime par la relation suivant:

$$TPE = E_{EnR} / E_c \quad (4)$$

Avec, E_{EnR} , énergie produite par les générateurs solaire PV et éolien (kWh/an), et E_c , énergie consommée par le réseau isolé (kWh/an).

$$\begin{aligned} E_{EnR} &= E_{PV} + E_{Eol} \\ E_c &= E_{EnR} + E_{GD} \end{aligned} \quad (5)$$

Pour calculer le TPE, de chaque source (solaire PV ou éolien), il suffit de remplacer le E_{EnR} par E_{PV} ou E_{Eol} . Dans {Eq. (4)},

3.2.3 Consommation de carburant

L'énergie électrique produite par le générateur diesel dépend directement à la consommation de carburant, qui est défini comme suite:

$$q_{CD}(t) = \alpha \times P_{GD}(t) + \beta \times P_{GD.nom} \quad (6)$$

Selon {Eq. (3)},

$$q_{CD}(t) = \alpha \times (P_c(t) - P_{EnR}(t)) + \beta \times P_{GD.nom} \quad (7)$$

D'où, α, β , (l/kWh) sont des constantes caractéristiques du générateur diesel, $P_{GD}(t)$, (kW) est la puissance générée par le générateur diesel à un instant t donné pour alimenter les charges et $P_{GD.nom}$ est la puissance nominale du générateur diesel.

3.2.4 Emission des gaz à effet de serre (GES)

Les conséquences directes de la consommation de carburant sont les quantités du polluant déversé dans l'environnement, dont les émissions des gaz à effet de serre, qu'ils sont calculés selon les formules suivantes:

$$E_{m_{GD}} = P_f \times q_{GD}(t)$$

$$E_{m_{GD}} = P_f \times (\alpha \times (P_c(t) - P_{EnR}(t)) + \beta \times P_{GD.nom})$$

D'où, $E_{m_{GD}}$, Quantité d'émission de polluant, (kg), P_f , Pouvoir fumigène de générateur Diesel, (kg de polluant par litre de combustible).

Les équations {Eq. (7)} et {Eq. (8)} prouvent que la consommation en carburant et les émissions de gaz polluants de Générateur Diesel (GD) sont liés directement à la puissance générée par les générateurs solaire PV et éolien.

3.3 Dimensionnement des éléments de système

Le système est conçu pour répondre à la charge demandée en profitant au maximum de l'hybridation, ce qui revient à utiliser au mieux la puissance disponible au sein des deux sources gratuites solaires et éolienne et réduire au maximum le recours au Diesel.

Le dimensionnement de l'installation à étudier sera organisé de la façon suivante:

- L'étude du potentiel énergétique sur le site d'implantation,
- La détermination du profil de charge de la centrale à hybrider.
- Le dimensionnement du générateur éolien- photovoltaïque.
- Le redimensionnement du générateur diesel.

Le dimensionnement de tel système est effectué en fonction de la courbe de charge et les données météorologiques du site d'implantation. D'ailleurs, la puissance maximale appelée et la puissance minimale appelée (consommation de base) doit être pris en considération dans le dimensionnement du système.

Les conditions climatiques spécifiques du sud algérien (températures élevées durant plusieurs mois de l'année), influencent grandement sur la courbe de charge électrique par l'utilisation massive de la climatisation. Donc, les températures ambiantes, il peut deviner la courbe de charge en deux parties; les périodes de forte consommation (les mois juin, juillet, août et septembre), et les périodes de faible consommation (les mois octobre, novembre, décembre, janvier, février, mars, avril et mai).

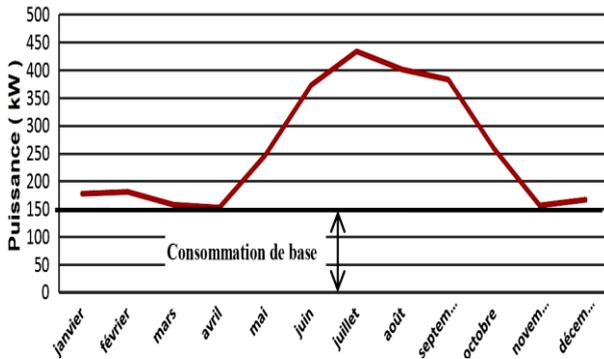


Fig. 3: Exemple de l'évolution annuelle de la puissance maximale (pointe) d'une micro centrale diesel

Concernant les potentiels d'énergie renouvelables, la vitesse de vent varie différemment selon la journée, les saisons et l'année. Cette variation permet d'adapter le dimensionnement des systèmes éoliens aux besoins énergétiques qui varient selon la période considérée.

Compte tenu les paramètres situés ci-dessus, le pré dimensionnement est effectué comme suivant :

- La puissance crête du générateur PV est déterminée en fonction de la puissance de pointe du matin.
- La puissance nominale des éoliens est déterminée en fonction de la puissance de pointe du soir.

3.4 Stratégie de gestion d'énergie

Compte tenu de la nature aléatoire des sources d'énergie renouvelable (solaire et éolienne) et la variation de la charge indépendamment au soleil et au vent, la difficulté principale est le risque de ne pas satisfaire complètement la charge à chaque instant.

Pour éviter ce risque, la solution est de faire fonctionner les sources d'énergie renouvelable et les générateurs diesels en parallèle, de façon continue (au moins un générateur diesel fonctionne sans arrêt), d'où les générateurs diesel agissent comme une source d'appoint, en secourant les générateurs d'énergie renouvelable (solaire et éolienne). Donc:

- Les générateurs diesel demeurent la source primaire pour contrôler la tension et la fréquence du réseau.
- La synchronisation en fréquence s'effectue en fonction du générateur diesel.
- Les générateurs diesel sont observés en continu afin d'être prêt à toute éventualité.

Suivant l'intensité de l'ensoleillement et la vitesse de vent, on distingue quatre modes de fonctionnement pour la centrale hybride Eolien-PV- Diesel:

Tableau 2: Modes de fonctionnement

Ensoleillement	Vitesse vent	Modes de fonctionnement
Nul (faible)	Suffisant	Les générateurs diesel accompagnent les éoliennes en service
Fort	Nu (insuffisant)	les générateurs diesels accompagnent le générateur PV
Fort	Suffisant	Les sources renouvelables assurent la majorité de charge et au moins un générateur diesel en service afin de contrôler la fréquence et la tension du réseau électrique
Nul (faible)	Nu (insuffisant)	les générateurs diesels fonctionnent seuls

4. ETUDE DE CAS

Pour quantifier les gains apporté par l'ajout d'énergie éolienne à l'hybridation, nous avons étudié un cas réel située dans la région d'Adrar, Alors la modélisation et la simulation des paramètres et des données de cette cas peut former une base des données pour les futurs applications envisagée

4.1 Description de cas étudié

Il s'agit d'une microcentrale Diesel constituée de quatre groupes de 102 kW et trois de 80 kW, cette capacité reste suffisant pour couvrir une charge maximale e 458 kW (enregistré en 27 juillet 2014 à 15 :10). Cette microcentrale est prévue pour hybrider un générateur PV de 500 kWc.

Dans l'objectif d'optimisation des performances, nous étudions d'ajout des éoliennes à l'énergie solaire PV pour hybridation d'une microcentrale, et analysons leurs impacts sur les performances techniques et économiques de système. Les paramètres de simulation sont caractérisés dans le **tableau** ci-dessous :

Tableau 3: Paramètres étudiés

Paramètres de centrale diesel	
Nombre GD, kW	4 × 102 & 3 × 80
Puissance maximale (pointe matin), kW	458
Puissance maximale (pointe soir), kW	331
Puissance minimale (base), kW	142
Prix du carburant, \$/l	0.17
Paramètres du site	
Altitude du site, m	301
Irradiation moyenne, Wh/m ² /jour	5860
Vitesse moyenne, m/s	5.4
Température maximale, °C	48.3
Paramètres de l'éolienne	
Puissance nominale, kW	3 × 65
Vitesse de démarrage, m/s	3
Vitesse d'arrêt, m/s	25
Vitesse moyenne, m/s	11
Diamètre de rotor, m	24
Température de fonctionnement, °C	-20, +60

4.2 Résultats et discussions

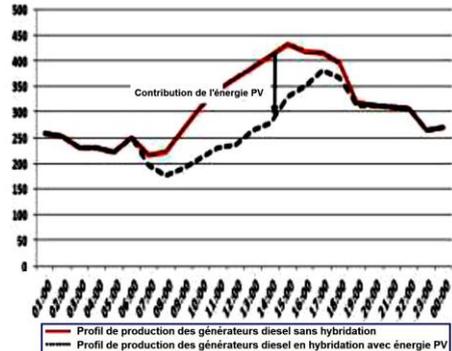
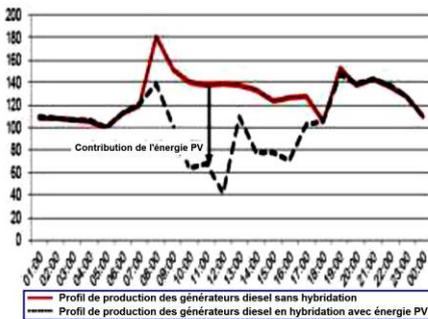
Les paramètres de performance sont définis en comparaison entre les résultats obtenus dans l'hybridation PV-Diesel et l'hybridation Eolien-PV-Diesel; à savoir, le taux de pénétration obtenu, la consommation en carburant, la quantité des émissions des gaz polluants...

Tableau 4: Résultats de simulation du cas étudié

Hybridation	PV-Diesel	Eolien-PV-Diesel
TPE, %	31	49.3
Nombre de GD exploité	4	2
Puissance crête en PV, kW	500	250
Excès d'énergie (dissipé), %	18.8	1.6
Consommation en carburant, l/an	411679	298523
Emission GES, tonne/an	1.102	0.851

L'utilisation de l'énergie éolienne comme agent complémentaire pour l'énergie solaire PV dans l'hybridation représente une solution intéressante au problème de l'alternance de l'énergie solaire car il permet de remplacer les démarrages répétitifs de diesel, même dans la nuit en fonction de la vitesse de vent.

Afin d'illustrer les gains apportés par l'hybridation en éolien-PV, nous avons analysé l'influence de l'hybridation en énergie PV seul et en éolien-PV sur le courbe de charge dans les périodes de faible consommation (en hiver) et les périodes de forte consommation (en été).



-a- Journée de faible consommation, hiver

-b- Journée de forte consommation, été

Fig. 4: Effet de l'hybridation en PV sur le profil de production journalière de la centrale diesel

La figure 4 présente les résultats obtenus pour l'hybridation en énergie solaire PV. Il est important de signaler que l'énergie solaire PV a aplani bien la courbe de consommation durant des périodes d'ensoleillement, en particulier en hiver (faible consommation).

Comme il est montré sur la figure 5, l'hybridation en Eolienne-PV nous permet d'optimisation le nombre et la puissance nominale de diesel (à moins 30 %) par rapport à l'hybridation en énergie solaire seul.

D'où, le système éolien agirait en période de soir (en absence de soleil) pour écrêter la pointe du soir, en évitant le recours aux générateurs diesel, ce qu'il nous permet d'économiser une quantité remarquable de la consommation en carburant. Ainsi que,

l'ajout de l'énergie éolienne nous permet d'éviter le surdimensionnement du système solaire PV ou le recours au stockage d'énergie.

Les résultats obtenus ont démontré, que l'insertion de l'énergie éolienne a une contribution remarquable dans la réduction de la consommation de diesel d'environ 53% comparé à une réduction d'environ 28% pour l'hybridation en énergie solaire seul. D'ailleurs, le fonctionnement de l'éolien durant de la nuit est remplacé par les démarrages répétitifs des générateurs diesel en absence de l'énergie solaire, ce qui réduit l'usure du moteur diesel et les frais d'entretien.

Malgré, l'hybridation Eolienne-PV-Diesel pourrait réduire les déficits d'exploitation des centrales Diesel, mais il est sujet à des problèmes technico économiques dont leur complexité d'exploitation et leurs coûts élevés.

5. CONCLUSIONS

L'hybridation des centrales diesel en énergies renouvelable, nous permet de profiter deux sources gratuites pour réduire les déficits de système de production électrique du Sud algérien. Les résultats obtenus dans le cas étudié ont été démontrés que l'ajout d'éolien permet de diminuer la consommation en carburant et remplacer le démarrage intermittent des générateurs diesel, ce qui réduit l'usure du moteur diesel et les frais d'entretien, ce qui permet, par conséquent, de prolonger sa durée de vie.

Le jumelage de l'énergie éolienne avec de l'énergie solaire PV augmente le taux de pénétration d'énergie renouvelable sans recours au stockage d'énergie, ce qui influence directement la rentabilité du système.

En effet, la complémentarité existant entre la source éolienne et la source solaire PV, fait de l'hybridation Eolien-PV-Diesel la solution la plus fiable pour les problèmes liés à l'exploitation des centrales diesel au Sud algérien.

Enfin, la comparaison entre les deux différentes hybridations (en solaire PV et en Eolien-PV) doit prendre en considération non seulement leurs intérêts techno-économiques, mais à plus long terme pour lancer une transition énergétique basée sur les potentielles énergies renouvelables existantes.

Nous sommes également en train d'étendre ces travaux de recherche pour l'hybridation et l'optimisation des moyens de production électriques des réseaux isolés du Sud avec des autres énergies renouvelables et propres (solaire thermique, géothermie, hydrogène...etc.), particulièrement les sources dites contrôlables comme l'hydrogène et le pompage hydraulique, bioénergie.....

REFERENCES

- [1] D. Rekioua, Z. Roumila et T. Rekioua, '*Etude d'une Centrale Hybride Photovoltaïque - Eolien - Diesel*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°4, pp. 623 – 633, 2008.
- [2] H. Ibrahim, A. Ilinca and J. Perron, '*Investigations des Différentes Alternatives Renouvelables et Hybrides pour l'Electrification des Sites Isolés*', Rapport Technique, UQAR, UQAC, LREE-03, Septembre 2008.
- [3] Résumé d'Etude du Potentiel Eolien d'Adrar, CREG, Filiale Sonelgaz, greg.dz.
- [4] N. K. Merzouk, '*Evaluation du Gisement Energétique Eolien, Contribution à la Détermination du Profil Vertical de la Vitesse du Vent en Algérie*', Thèse de Doctorat, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 2006.
- [5] R. Hammouche, '*Publication Interne de l'ONM*', Office National de la Météorologie, Alger, 1990.

- [6] N.K. Merzouk and H. Daaou, '*Cartes Saisonnières du Vent en Algérie*', Journée d'Etudes: Météorologie et Climatologie entre Sciences et Prise de Décision, ONM/Alger, 2001.
- [7] D. Yamegueu Nguewo, '*Expérimentation et Centrale Hybride PV/ Diesel sans Batteries de Stockage Validation du Concept Flexy Energy*', Thèse de Doctorat, LESEE-2iE, Octobre 2012.
- [8] H. Ibrahim, A. Ilinca, D. Rousse, Y. Dutil and J. Perron, '*Analyse des Systèmes de Génération d'Electricité pour les Sites Isolés Basés sur l'Utilisation du Stockage d'Air Comprimé en Hybridation avec un Jumelage Eolien – Diesel*', ConFrEGE 2012, 28-30 Mai, Montréal.
- [9] O. Gergaud, '*Modélisation Energétique et Optimisation Economique d'un Système de Production Eolien et Photovoltaïque Couplé au Réseau et Associé à un Accumulateur*', Thèse de Doctorat, ENS de Cachan, France, 2002.
- [10] H. Ibrahim, A. Ilinca and J. Perron, '*Solution de Stockage d'Energie Eolienne*', Rapport Interne du Groupe Eolien, LRGE-01, Janvier 2006.
- [11] M. Laidi, S. Hanini, B. Abbad, N.K. Merzouk and M. Abbas, '*Study of a Solar PV Wind-Battery Hybrid Power System for a Remotely Located Region in the Southern Algerian Sahara: Case of Refrigeration*', Journal of Technology Innovations in Renewable Energy, Vol. 1, pp. 30 – 38, 2012.