

**La production de l'énergie électrique dans les zones isolées
Le cas du Grand Sud de l'Algérie**

**Electric power generation in the isolated areas
The case of Great South of Algeria**

انتاج الطاقة الكهربائية في المناطق المعزولة - حالة الجنوب الكبير للجزائر

Dahmani Souria¹
Université de Bejaia-
Algerie
souria.dahmani@univ-
bejaia.dz

Mouhoubi Aissa
Université de Bejaia-
Algerie
aissa.mouhoubi@univ-
bejaia.dz

Kremia Walid
Expert énergétique à
Sonelgaz—Algerie
kremia.walid@sonelgaz.dz

Mouhoubi Moussa
Directeur ArmorGreen-
Algérie
mmouhoubi@modelco-
construction.com

Received: 22/09/2021

Accepted: 28/09/2022

Published: 11/11/2022

Résumé

L'objectif de cette étude est de vérifier la rentabilité économique d'une intégration des énergies renouvelables pour la production de l'électricité dans zones isolées des Réseaux du Grand Sud de l'Algérie. Une production assurée par des moteurs diesel et des turbines à gaz de petites puissances. Ne pouvant pas être raccordés au réseau interconnecté national, la couverture de la demande locale de l'électricité de ces régions est très coûteuse et augmente radicalement avec les distances et l'isolement. Garantir un mix-énergétique est un objectif imposé à l'Algérie rentabiliser les centrales conventionnelles et réduire la consommation du combustible. L'hybridation des centrales diesel par des centrales solaires photovoltaïques contribue à la réduction de la consommation des combustibles fossiles et d'assurer une économie de ressources intergénérationnelle.

Mots clés : électricité, Réseaux du Grand Sud, solaire PV, transition énergétique, hybridation.

Abstract

The purpose of this study is to verify the economic profitability of a broad integration of renewable energies in the electricity production sites of the South Isolated Grids of Algeria. Production ensured by diesel engines and small power gas turbine units. Unable to be connected to the national interconnect grid, the coverage of the local demand for electricity in these regions is very expensive and increases dramatically with distance and isolation.

Guaranteeing an energy mix is an objective imposed on Algeria to make conventional power plants profitable and reduce fuel consumption. The hybridization of diesel plants with photovoltaic solar power plants contributed to reducing the consumption of fossil fuels and to ensure an intergenerational saving of resources.

Key words: electricity, south isolated grids, PV solar, energy transition, hybridization.

¹ - Corresponding author: Dahmani souria, e-mail: souria.dahmani@univ-bejaia.dz

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو التحقق من الربحية الاقتصادية لدمج واسع للطاقات المتجددة في مواقع إنتاج الكهرباء لشبكات الجنوب الكبير للجزائر. يتم ضمان الإنتاج في هذه المناطق بواسطة محطات الديزل ووحدات محركات الغاز الطبيعي ذات قدرة محدودة. إن عدم إمكانية اتصال المناطق الجنوبية بالشبكة الوطنية المترابطة تجعل تغطية الطلب المحلي للكهرباء فيها مكلفة للغاية وتزداد بشكل كبير مع المسافة والعزلة. لهذا يعتبر مزيج الطاقة هدف مفروض على الجزائر للتقليل من استهلاك الوقود. يساهم تجميع محطات الديزل بموارد الطاقات المتجددة في تقليل استهلاك الوقود الأحفوري وضمان توفير الموارد بين الأجيال. الكلمات المفتاحية: الجزائر، الكهرباء، شبكات الجنوب الكبير، الانتقال الطاقوي، التهجين.

1. INTRODUCTION

L'accès aux besoins sociaux de base tels que l'électricité et les infrastructures de confort est un indice du développement humain, du bien-être social et un stimulateur de l'économie. En 2019, 11% de la population mondiale, soit 640 millions n'ont pas accès à cette énergie, particulièrement, dans les zones isolées où l'électricité est requise pour satisfaire une demande exprimée localement. En effet, environ 168 millions d'habitants indiens et 603 millions d'africains n'ont pas accès à l'électricité (The World Bank, 2021) L'accès médiocre à l'énergie et la limitation de la consommation électrique dans les zones vulnérables font la nécessité de déployer une combinaison de solutions autonomes (Bustos, C & Watts, D, 2017) afin d'améliorer la couverture des réseaux électriques et assurer une qualité de vie meilleure pour les populations.

Dans le contexte présent, la pénétration des énergies renouvelables (EnR) dans les réseaux isolés est plus que recommandée au moment où la volatilité des prix des combustibles fossiles exige une utilisation rationnelle des ressources conventionnelles et l'exploitation des potentialités renouvelables (Dahmani & Mouhoubi, 2019). L'engouement universel prononcé pour les énergies renouvelables dans les réseaux isolés s'est vite transféré dans les pays détenteurs de ressources fossiles.

En Algérie, les localités du Grand Sud (oasis) sont éloignées du réseau électrique national auxquels une interconnexion à court et moyen terme n'est pas possible, compte tenu du niveau de la demande et de l'éloignement. Ces localités sont alimentées en énergie électrique à base de centrales à combustibles fossiles. Les distances et les contraintes liées à l'environnement (vents de sables, crues des oueds, pistes difficilement carrossables, etc.), les difficultés d'approvisionnement en combustibles, et la nécessité d'escorter le gasoil (Risque de détournement) dans certaines localités, engendrent des coûts de production supplémentaires.

Pour parer à ces lacunes, plusieurs études ont été menées à Sonelgaz pour envisager l'intégration de l'énergie d'origine solaire, eu égard au potentiel important de cette énergie au niveau du Sud du pays. Ces études ont donné naissance à plusieurs décisions de réalisation de centrales photovoltaïques dont trois (englobant 25MWc) ont été mises en service en 2015 et 50MWc sont en cours de réalisation (mise en service attendue à la fin de 2021). De ce fait, quelles sont les perspectives du développement des énergies renouvelables dans les Réseaux du Grand Sud de l'Algérie ? En d'autres termes, l'intégration de l'énergie solaire photovoltaïque dans le mix-énergétique des Réseaux du Grand Sud de l'Algérie est-il un scénario ambitieux de transition énergétique ?

La méthodologie proposée dans cet article est basée sur une étude de vérification de la rentabilité économique d'une large intégration des énergies renouvelables dans les sites de production de l'électricité des Réseaux du Grand Sud.

2. La production de l'électricité dans les réseaux isolés dans le monde : un état des lieux

Un peu partout dans le monde, il existe des zones où la production de l'électricité est assurée par des centrales alimentées aux combustibles fossiles. L'électricité produite est issue à partir du gaz ou du diesel. Ces localités sont géographiquement isolées et ne peuvent en aucun cas être raccordées réseaux nationaux, ce caractère leur confère le statut de réseaux isolés (autonomes). Les réseaux électriques autonomes (îles, régions rurales et montagneuses, déserts) sont indépendants des réseaux électriques principaux, ils sont utilisés pour répondre à une demande qui doit être générée localement puisqu'il n'est pas économiquement viable de les relier aux réseaux à cause de l'éloignement et de la faible consommation de l'énergie.

Pour n'en citer que quelques-uns, les pays les plus évoqués dans les études portant sur la production de l'électricité dans les réseaux isolés sont :

Le Danemark: (Sperling, 2017), (Jantzen, J & al, 2018) ;

La Chine: (Yunna, W & Ruhang, X, 2013);

La Grèce: (Al Katsaprakakis, D & Voumvoulakis, M, 2018);

Le Kenya: (Enslev, L & al, 2018);

Le Maroc: (Carrasco & al, 2016), (Atouk, 2013);

L'Espagne: (Godina, R & al, 2015), (Lin & al, 2016);

L'Algérie: (Idda & al, 2017) , (Idda & Bentouba, S, 2014), (Baileka & al, 2018).

Ces pays ont mis en œuvre des programmes d'intégration des énergies renouvelables dans les zones isolées afin de permettre aux populations, d'accéder à l'énergie par le biais des potentialités renouvelables existantes. Le recours à ces énergies durables est une solution permettant de limiter la dépendance énergétique, de préserver le patrimoine souterrain d'énergies fossiles et d'assurer l'efficacité énergétique. La volonté politique de l'Algérie vis-à-vis du déploiement des énergies renouvelables dans le Grand sud du pays a été aussi clairement démontrée à travers son engagement à généraliser l'hybridation de l'ensemble des sites de production du grand sud dans des années avenir Sonelgaz, 2019).

3. Le recours aux énergies renouvelables dans les Réseaux du Grand Sud de l'Algérie

L'évolution de la conjoncture énergétique mondiale caractérisée par le renchérissement des prix du pétrole ont imposé à l'Algérie d'asseoir une stratégie de développement des énergies renouvelables, en faveur d'un l'engagement pour la promotion et le développement de ces sources non conventionnelles.

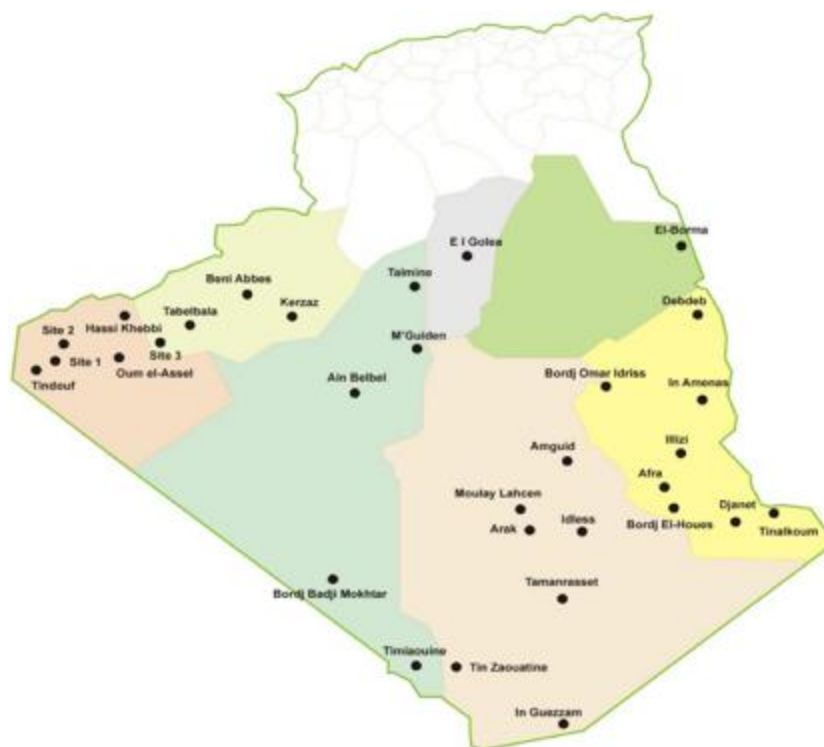
L'Algérie, de par sa situation géographique dispose d'un gisement solaire des plus importants au monde ; la durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement. L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m² est d'ordre de 5kWh sur la majeure partie du territoire national, soit une moyenne de près de 2 700 kWh/m²/an (Kremia, 2016).

Considérant ce potentiel solaire, l'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables à la problématique de la préservation des ressources énergétiques d'origine fossiles. Le plan d'action de février 2020 du

gouvernement, ambitionne de réaliser 35 000 MW à l'horizon 2035 (dont 4000 MW en 2024) des centrales de production de l'électricité en filières solaires et éoliennes.

Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida, par abréviation SKTM, est une société par actions avec un capital souscrit en totalité par Sonelgaz et dont le siège social est situé à Ghardaïa est chargée de la production d'électricité conventionnelle et renouvelable pour les Réseaux du Grand Sud (figure N°1) et des énergies renouvelables pour tout le territoire national. Elle a pour mission de développer des infrastructures électriques du parc de production des Réseaux Isolés, de l'Engineering et de la maintenance, de commercialiser l'énergie produite et s'engage d'effectuer toutes les opérations se rattachant à cet objet.

Figure N°01 : Les Réseaux du Grand Sud



Source : (Kremia, 2016)

La SKTM à sa création en avril 2013, a hérité de 26 centrales diesel dont une centrale turbine à gaz (TG), réparties à travers des wilayas du sud du pays et dont la gestion est assurée par deux unités, UPSO (unité de production Sud-Ouest) basée à Bechar et, UPSE (l'unité de production Sud-Est) basée à Touggourt (figure N°2). A la création de la SKTM, les complexes gaz de Tamanrasset, Beni Abbas, Ménée et Tindouf existaient déjà, en plus des complexes transférés de société de production de l'électricité (SPE) vers la SKTM, en 2017. Il s'agit d'Illizi et In-Aménas.

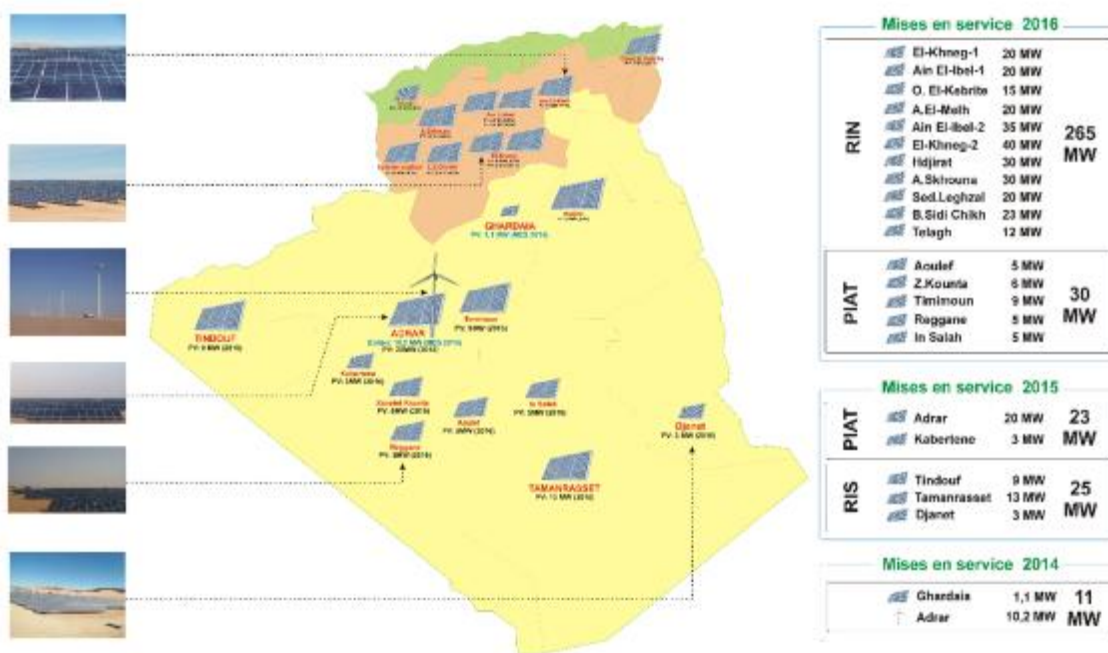
L'unité de production Sud-Est de Touggourt, assure la gestion des centrales d'Afra, Bordj Omar Driss, Bordj El Haoues, Djanet, DebDeb, El Golea, Idless, In Guezzam, M'Gaiden, Tamanrasset sud et nord, Tinalkoum, et Tinzaouatine, Idless et Ménée. Des micro-centrales ont été réalisées

dernièrement dans la wilaya de Tammanrasset, il s'agit d'Arak, amguid et Moulay Lahcen. Une autre centrale diesel installée à Tarat, à 230 km d'Illizi.

L'unité de production Sud-Ouest de Bechar, assure quant à elle, la gestion des centrales de Ain belbel, Béni Abbes, Bordj Badji Mokhtar, Site 1, Site 2, Site 3 et Site 4 (El Dekhla), Kerzaz, Oum Lassel, Tabelbala, Talmine Timiaouine, et Tindouf (1) et (2).

Dans le cadre de la concrétisation du programme national des énergies renouvelables, SKTM a procédé à la réalisation des centrales renouvelables (figure N°2), à savoir la ferme éolienne à KABERTENE (Adrar) d'une capacité de 10,2MW, une centrale pilote de 1,1Mw (04 filières photovoltaïques) à Ghardaïa, mises en service en juillet 2014. Entre 2015 et 2016, une puissance totale de 52Mw en Photovoltaïque aux Réseaux du Grand Sud a été mise en service, une autre d'une puissance totale de 53Mw en Photovoltaïque au réseau d'Adrar-Timimoun-In Salah, répartie sur plusieurs sites et la réalisation d'une puissance totale de 265Mw en Photovoltaïque au réseau interconnecté national, répartie sur plusieurs sites.

Figure N°02 : La carte des installations EnR réalisées par SKTM



Source : Sonelgaz, 2019.

3.1.La production de l'électricité dans le grand sud de l'Algérie

Actuellement, les Réseaux du Grand Sud (RGS), comportent 33 localités non interconnectées alimentées par des turbines à gaz ou des groupes diesel. Il s'agit des localités suivantes :

- **Région Sud-ouest (14 localités)** : Ain Belbel, Bordj Badji Mokhtar, Béni Abbes, Oum Lassel, Site1, Site2, Site3, Site4, Tabelbala, Talmine, Tindouf, Timiaouine, Hassi Khebbi et Kerzaz.

- **Région Sud Est (19 localités)** : Afra, Bordj El Houas, Bordj Omar Driss, Debdeb, Djanet, El Goléa (El Menea), Idèles, In Guezzam, M'Guiden, Tamanrasset, Tinalkoum, Tinzaouatine, El Borma, Illizi, In Amenas, Tarat, Amguid, Moulay lahcen, Arak.

Les groupes TG sont installés au niveau des localités de Béni Abbes, Tindouf, El Goléa, Tamanrasset, Illizi et In Amenas.

Le parc de production des Réseaux du Grand Sud actuellement en exploitation est composé de plus de 360 groupes (diesel et TG) totalisant une puissance installée d'ordre de 965 MW à la fin de 2019 (abstraction faite des 25MwC du photovoltaïque (PV)). Le parc permet de couvrir la totalité de la demande en électricité. Cependant, l'évolution de la demande demeure brusque et non maîtrisée, l'approvisionnement des centrales électriques en gasoil assuré par Naftal est soumis à plusieurs perturbations (vent du sable, routes détériorées, risque de détournement...etc). Du côté des groupes électrogènes, la puissance développable de ces derniers est nettement inférieure aux puissances installées de générateurs, tenant compte de leur vétusté et de l'effet des températures (+50°C).

Les coûts d'exploitation et de maintenance des générateurs sont très élevés du fait qu'ils doivent être transportés aux locaux de la société de Maintenance des Equipements Industriels (MEI, filiale de Sonelgaz) chargé de la maintenance des groupes électrogènes. Etant donné des éléments suscités, les délais et les coûts de réalisation des nouveaux investissements sont importants, à cause de l'éloignement des sites et de la qualité des routes (piste sur plus de 600km pour certains sites). Ainsi, les coûts de production de l'énergie électrique dans les RGS sont estimés à trois fois plus que le prix de vente appliqué au citoyen.

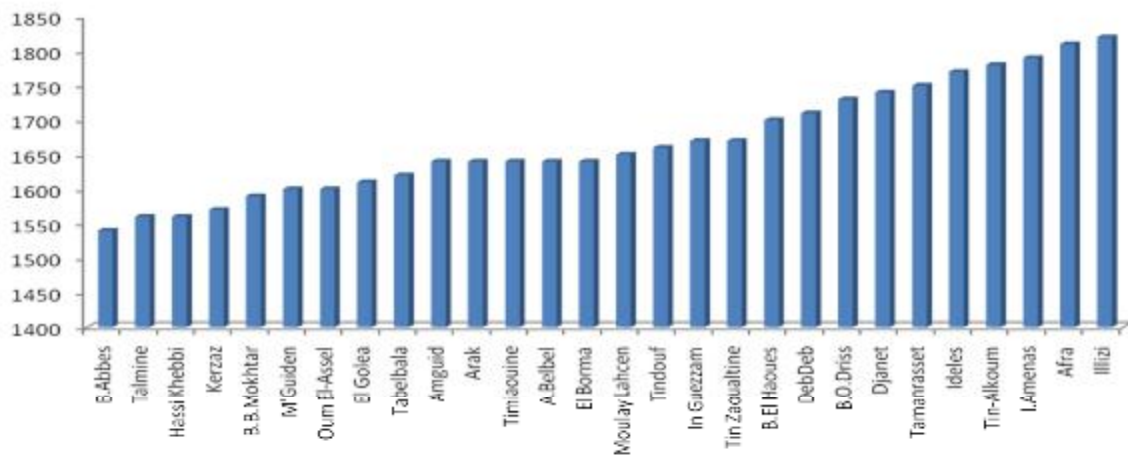
3.2.Le potentiel solaire photovoltaïque dans les RGS

L'un des facteurs influant de la performance des énergies renouvelables est la disponibilité de ces dernières dans une grande surface algérienne. La ressource majeure que l'Algérie dispose est le solaire, l'ensoleillement moyen annuel est évalué à 2 000 heures. Le Sahara (84% de la surface du pays) dispose du potentiel renouvelable le plus important, recevant 500 heures de soleil par ans (figure N°3).

Cependant, Au sud de l'Algérie et pendant la période estivale, les conditions climatiques spécifiques traduisent une forte demande de l'énergie électrique. La pointe de consommation de l'électricité pendant l'été est une conséquence directe de l'utilisation massive des climatiseurs à longueur du temps.

La productivité moyenne annuelle (potentiel solaire) d'un (01) kWc installé en PV, est donnée par site de production des RGS comme suit :

Figure N°03 : Le potentiel solaire aux RGS



Source : (Sonelgaz, 2021)

Le positionnement géographique de l'Algérie fait qu'elle dispose d'un potentiel renouvelable très important. Le potentiel solaire est quasiment disponible dans le grand sud, notamment dans les localités de la région du Sud-Est à l'exemple d'Illizi et Afra qui enregistrent de très hautes températures. Les températures très chaudes dans les RGS font que les systèmes de refroidissement (réfrigérateurs et climatiseurs) fonctionnent à plein temps, cela contribue à l'augmentation de la demande en électricité. Ceci dit, l'exploitation de l'énergie solaire dans ces zones pourrait permettre la réduction de la consommation du gasoil et l'économie d'énergie.

3.3. Les perspectives de développement des énergies renouvelables dans les RGS

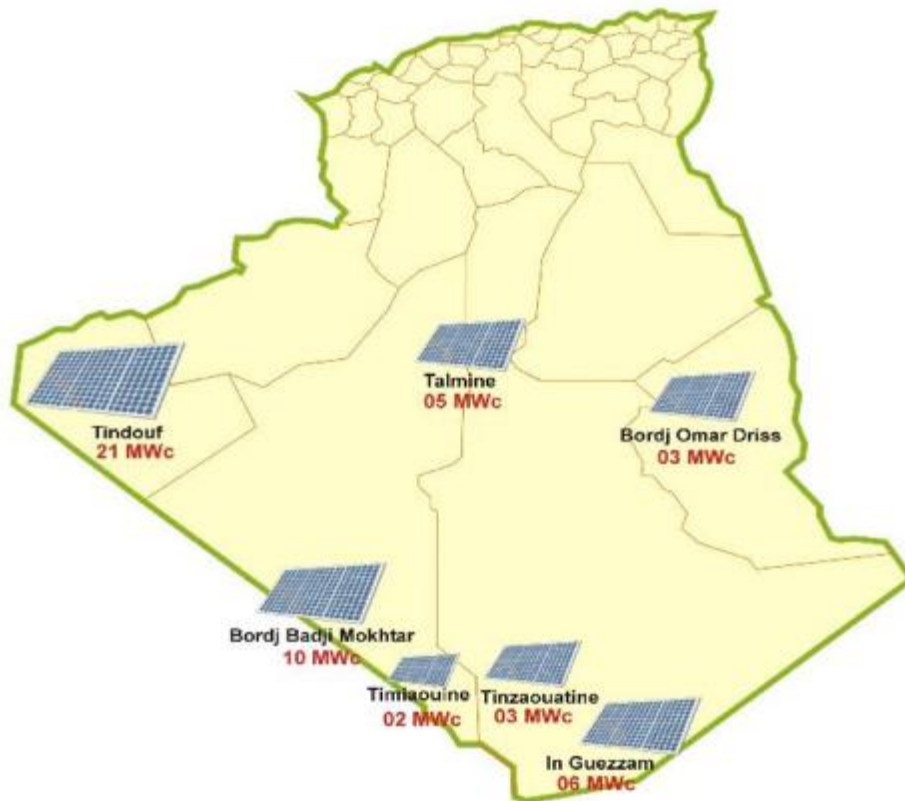
Afin de parer aux défaillances de la production de l'électricité à partir de centrales diesel dans les RGS (prix élevés des carburants, pannes répétitives des générateurs, coûts de maintenance élevés...etc), les autorités algériennes se sont engagées dans le programme national pour la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Ce dernier vise une meilleure connaissance du potentiel national en énergies renouvelables à travers l'installation d'une puissance renouvelable de 35GW à l'horizon de 2035.

4. Le programme d'hybridation EnR-diesel engagé par SKTM

La stratégie du développement des énergies renouvelables pour la production de l'électricité en Algérie à l'horizon de 2030 est sensée apporter des solutions aux problématiques de la préservation des combustibles fossiles. L'engagement des autorités publiques quant à l'intégration des énergies renouvelables s'est traduit par la signature de conventions par SKTM avec des entreprises nationales et internationales pour la réalisation des centrales photovoltaïques dans les Réseaux du Grand Sud. Ces conventions portent sur la réalisation de centrales hybrides PV- diesel pour diversifier les filières de production de l'électricité et augmenter la capacité installée afin de répondre à la forte demande en cette énergie.

Les centrales photovoltaïques dont le nombre est de 09 sont destinées à l'hybridation des centrales diesels et TG déjà existantes (figure N°4). Ces dernières dont la capacité totale installée est de 50MWc permettront d'économiser 14 millions de \$/an et 20 600 tonnes de gasoil (Sonelgaz, 2019). Quatre wilayas sont concernées pour l'accueil de ce projet ; Tamanrasset (In Guezzam et Tinzaouatine), Adrar (Bordj Badji Mokhtar, Talmine et Timiaouine), Tindouf et Illizi (Bordj Omar Driss).

Figure N°4 : La carte du programme des énergies renouvelables (SKTM)



Source : (Sonelgaz, 2019)

L'objectif de ce programme est de compléter les besoins de consommation en énergie électrique par l'énergie intermittente du soleil, viser l'accès meilleur à l'électricité dans ces zones reculées du désert et par conséquent, la réduction de la facture d'importation du gasoil de 30 à 40% du total destinée à la production de l'électricité du sud (tableau N°1), la réduction de sa consommation du gasoil sera avantageux pour la préservation des ressources fossiles. Le coût total de ce programme est évalué à 110 million de \$ selon Sonelgaz.

Tableau N° 1 : Les sites, puissances et rentabilité pour l'implantation des centrales PV

Wilayas	Localités	Puissances PV proposées	Economie moyenne du gasoil (tonne/An)	Temps de retour d'investissement (Macro-économique)
Tamanrasset	In Guezzam	6 MWc	2 100	4 années
	Tinzaouatine	3 MWc	950	5 années
Adrar	Talmine	5 MWc	2 000	5 années
	Timiaouine	2 MWc	720	5 années
	Bordj Badji Mokhtar	10 MWc	3 300	5 années
Tindouf	Tindouf	21 MWc	8 000	4 années
Illizi	Bordj Omar Driss	3 MWc	1 100	5 années
<i>Total</i>		50 MWc	18 170	4 ~ 5 années

Source : (Sonelgaz, 2019)

Le programme des énergies renouvelables engagé par SKTM permettra la production de 77GWh/an de l'électricité d'origine renouvelable grâce à des systèmes régulateurs qui intégreront des proportions importantes des énergies non-conventionnelles. Le temps de retours des investissements est entre 4 à 5 années après implantation.

4.1. Les critères de dimensionnement et du choix

Le programme des EnR mis en œuvre par le groupe Sonelgaz consiste à développer des pratiques d'économie d'énergie passant par la préservation des combustibles fossiles afin de garantir une meilleure exploitation du potentiel solaire existant dans les régions du grand sud et l'orientation de la demande de l'énergie électrique vers les énergies renouvelables par la réalisation de projets de sources non conventionnelles et en assurer la rentabilité économique. D'ici 2030, la demande en énergie conventionnelle devra réduire. Cette réduction sera le résultat des investissements entrepris pour la rationalisation de l'utilisation de l'énergie et la promotion de sa génération à partir de sources autres que le gaz naturel et le gasoil.

Les critères de choix d'un site de production sont basés sur :

- L'historique des courbes de charges des années précédentes pour faciliter la prévision de la demande en électricité à l'horizon de 2030 ;
- Le potentiel solaire de chaque site ;
- L'approvisionnement en gasoil (le nombre de jours d'autonomie en gasoil de chaque localité) ;
- Et la consommation spécifique moyenne pour chaque site de production.

4.2.La rentabilité économique des investissements

Les évaluations économiques du programme des énergies renouvelable de SKTM sont faites dans ses différentes approches macroéconomiques et microéconomiques. Elles sont liés à la fourniture de l'énergie électrique et aux dépenses engagées par la filiale en termes de prix national du gasoil ainsi que les coûts d'installation d'une des centrales photovoltaïques dans les Réseaux du Grand Sud ; le coût d'investissement lié à la réalisation d'une centrale photovoltaïque installé au sud égal à 2200\$/kWc en comprenant le coût des panneaux et les frais très lourds liés au génie civil affecté par les conditions désertique (source SKTM).

Sur le plan microéconomique, les surcoûts liés à l'ouverture d'une centrale photovoltaïque montre une non-rentabilité économique de ces investissements, selon Sonelgaz.

4.3.L'évaluation financière du projet EnR (50MW)

Le calcul de la rentabilité économique d'un projet d'intégration d'énergie renouvelable dans les RGS doit passer par la définition de la situation actuelle afin d'engager les prévisions référentielles liées à l'évaluation financière du projet énergies renouvelables considéré (tableaux N°2, N°3 et N°4).

P1 et P2 sont les puissances unitaires des groupes proposés, les renforcements nécessaires se font en 2021, 2025, 2028, 2030.

Les frais O&M : concernent les frais générés par l'exploitation et la maintenance des groupes en fonctionnement et ceux de l'investissement (réparation, pièces de rechange, révisions...)

Tableau N° 2 : l'évaluation financière du cas de référence

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investissements		P1				P2			3xP1		2xP2
Annuités d'investissements (1)		P1 ₁	P1 ₂	P1 ₃	P1 ₄	P1 ₅	P1 ₆	P1 ₇	P1 ₈	P1 ₉	P1 ₁₀
						P2 ₁	P2 ₂	P2 ₃	P2 ₄	P2 ₅	P2 ₆
									3xP1 ₁	3xP1 ₂	3xP1 ₃
											2xP2 ₁
Frais O&M (2)	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Consommation du Combustible (3)	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁
Total coûts (1+2+3)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁
Total coûts actualisés	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₀

Source : (Sonelgaz, 2019)

La somme totale des coûts actualisés $\sum A_i$ est le coût total de développement.

Tableau N° 3 : L'évaluation financière du projet EnR intégré

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investissements EnR	INV										
Annuités d'investissement (1)	INV ₁	INV ₂	INV ₃	INV ₄	INV ₅	INV ₆	INV ₇	INV ₈	INV ₉	INV ₁₀	INV ₁₁
Investissements Conv		P1				P2			2xP1		1xP2
Annuités d'investissements (2)		P1 ₁	P1 ₂	P1 ₃	P1 ₄	P1 ₅	P1 ₆	P1 ₇	P1 ₈	P1 ₉	P1 ₁₀
						P2 ₁	P2 ₂	P2 ₃	P2 ₄	P2 ₅	P2 ₆
									2xP1 ₁	2xP1 ₂	2xP1 ₃
											1xP2 ₁
Frais O&M EnR+Conv (2)	FM ₁	FM ₂	FM ₃	FM ₄	FM ₅	FM ₆	FM ₇	FM ₈	FM ₉	FM ₁₀	FM ₁₁
Consommation du Combustible (3)	CO M ₁	CO M ₂	CO M ₃	CO M ₄	CO M ₅	CO M ₆	CO M ₇	CO M ₈	CO M ₉	COM ₁₀	COM ₁₁
Total coûts (1+2+3)	Tot ₁	Tot ₂	Tot ₃	Tot ₄	Tot ₅	Tot ₆	Tot ₇	Tot ₈	Tot ₉	Tot ₁₀	Tot ₁₁
Total coûts actualisés	At ₁	At ₂	At ₃	At ₄	At ₅	At ₆	At ₇	At ₈	At ₉	At ₁₀	At ₁₀

Source : (Sonelgaz, 2021)

La somme totale des coûts actualisés $\sum At_i$ est le coût total de développement en intégrant les EnR.

Si : $\left\{ \begin{array}{l} \sum At_i \text{ est } < \sum A_i \text{ le projet est rentable.} \\ \sum At_i \geq \sum A_i \text{ le projet est non rentable.} \end{array} \right.$

Tableau N° 4 : La concrétisation de l'évaluation financière du projet par localité.

Localité	Coût de réalisation en M\$	Gains cumulés en année de retour d'investissement en M\$
In Guezzam	13,2	15,2 (2023)
Tinzaouatine	6,6	7,4 (2024)
Talmine	11	12,1 (2024)
Timiaouine	5	5,3 (2024)
Bordj Badji Mokhtar	22	24,2 (2024)
Tindouf	46,2	54,4 (2023)
Bordj Omar Driss	6,6	7,8 (2024)

Source : Construit à partir des données de Sonelgaz.

Grâce aux subventions directes et indirectes de l'Etat, les coûts mobilisés pour la réalisation des 50MWc en photovoltaïques seront rentabilisés à court terme (4 à 5 années). Le coût total lié à la réalisation de ce projet est évalué à 110 million de \$.

5. CONCLUSION

L'accès amélioré à l'électricité dans les régions reculées des RGS de l'Algérie et la diminution de la consommation des combustibles fossiles, font l'objet de l'intégration des sources d'énergies renouvelables pour la production de l'électricité renouvelable et assurer une transition énergétique. La technologie solaire PV, est identifiée comme la technologie la plus viable à déployer car sa rentabilité est meilleure et son amortissement est rapide. Elle correspond le plus aux propriétés du Grand Sud de l'Algérie, ce qui atteste de son l'inclusion et encourage la production de l'électricité renouvelable d'origine solaire.

Dans le cadre du programme national des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, SKTM a procédé à une série de réalisation des centrales hybrides dans les Réseaux du Grand Sud afin de rentabiliser les systèmes traditionnels basées sur le diesel. L'hybridation des centrales diesel par la ressource permanente du soleil contribue énormément à la réduction de la consommation de la combustible et par conséquent assurer une économie de ressources intergénérationnelle. L'intégration des systèmes PV couplés aux générateurs diesel dans les sites de production est une option favorable qui offre de nombreux avantages et qui permet d'éviter les coupures d'électricité. Les centrales électriques hybrides se composent de générateurs diesel, de panneaux photovoltaïques et d'un convertisseur. Ces systèmes sont plus économiquement rentables du fait qu'ils réduisent la consommation de carburant et optimisent la durée de fonctionnement des générateurs diesel. Il impactent directement sur la quantité du carburant utilisée, les coûts de maintenance et d'exploitation ainsi que sur la durée de vie des générateurs diesel.

Grâce à l'intérêt porté aux énergies renouvelables, de nombreux réseaux isolés opèrent grâce aux systèmes hybrides à deux sources d'énergies. La capacité totale installée au sud entre 2014 et 2016 est de l'ordre de 89MWc, cette dernière alimente la population en électricité et épargne la consommation de plus de 20 000 tonnes de gasoil par an. De ce fait, SKTM s'ambitionne est prévoit l'installation d'une puissance supplémentaire de 50MWc à l'horizon de 2030.

Cependant, le programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique qui est censé produire de 4,5GWh en 2020 et exporter 10GWh en 2030, selon la Commission de Régulation de l'Electricité et de Gaz, n'a toujours pas les résultats escomptés. En 2018, le volume global d'exportation d'énergie primaire et d'énergie dérivée a atteint 72,4 millions tonnes équivalent pétrole (tep) et 28,4 millions tep respectivement. Uniquement 143 tep de l'électricité est exportée en cette année. Cela représente 0,5% des exportations totales d'énergie (Ministère de l'énergie, Mai 2019) . D'autre part, l'électricité est essentiellement produite à partir du gaz naturel, environ 1% est issu des énergies renouvelables.

Ceci dit, le programme des énergies renouvelables engagé par SKTM pour la production de l'électricité renouvelable dans les Réseaux du Grand Sud doit être suivi d'études de modèles de simulations et de prévisions basées sur l'évolution du marché des énergies renouvelables et la tendance de la consommation d'électricité ainsi que sur le développement et la maturité des technologies et de leurs coûts. L'implication de la recherche scientifique en collaboration avec l'enseignement professionnel et supérieur à toutes les étapes du programme d'énergies renouvelables devrait créer de nouveaux modèles de marché de l'énergie et adopter des systèmes fonctionnant aux énergies renouvelables adaptés aux conditions du désert, en particulier en ce qui concerne les températures élevées et les vents de sable.

6. Bibliographie

- Al Katsaprakakis, D, & Voumvoulakis, M. (2018). A hybrid power plant towards 100% energy autonomy for the island of. *Energy*, pp. 680-698.
- Atouk, S. (2013). Les Énergies Renouvelables Et Les Populations Rurales Pauvres : Le Cas Du Maroc. *Université De Sherbrooke*.
- Baileka, N., & al. (2018). Optimized fixed tilt for incident solar energy maximization on flat surfaces. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, pp. 96-102.
- Bustos, C, & Watts, D. (2017). *Novel methodology for microgrids in isolated communities: Electricity*. Applied Energy N°195.
- Carrasco, L., & al. (2016). Design of maintenance structures for rural electrification with solar. *Energy*, pp. 47-57.
- Dahmani, S., & Mouhoubi, A. (2019). L'expérience espagnole en termes des énergies renouvelables: Cas de la ville de Sanlúcar La Mayor et de l'île d'El-Hierro. *Revue des Sciences Economiques, de Gestion et Sciences Commerciales Volume: 21 / N°: 21*, 659- 967.
- Enslev, L, & al. (2018). Anticipatory infrastructural practices: The coming of electricity in rural. *Energy Research & Social Science*, pp. 130-137.
- Godina, R, & al. (2015). Sustainable Energy System of El Hierro Island. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15)*. La Coruña (Spain).
- Idda, A., & al. (2017). Energy Transition In Algeria's Desert: Current State And Future. *Renewable and Sustainable Energy: An International Journal*, pp. 19-32.
- Idda, A., & Bentouba, S. (2014). Perspectives de l'Energie Solaire Photovoltaïque pour le remplacement du Diesel dans les Réseaux du Grand Sud Algérien. *ResearchGate*, pp. pp. 1-6.

Jantzen, J, & al. (2018). Sociotechnical transition to smart energy: The case of Samsou. *Energy N°62*, pp. 20-34.

Kremia, W. (2016). pénétration des énergies renouvelables dans les Réseaux du Grand Sud. *Le 7ème Salon international des énergies propres, des énergies renouvelables et du développement durable, «Era 2016»*. Oran.

Lin, J.-H., & al. (2016). Successful experience of renewable energy development in several offshore islands. *Energy Procedia*, pp. 8-13.

Ministère de l'énergie. (Mai 2019). *Bilan énergétique national 2018*. DGP/DES/SDS.

Sperling, K. (2017). How does a pioneer community energy project succeed in practice? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 884–897.

The World Bank. (2021). *The energy progress report*. Washington: International Bank for Reconstruction and Development.

Yunna, W, & Ruhang, X. (2013). Current status, future potential and challenges of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 73–86.