

Smart Grids intégrant des Energies Renouvelables pour l'Economie Circulaire. Etude de cas pour la Ville de Tizi-Ouzou.

* S. ZOUAOUI, ¹K. MOHAMMEDI

*Université de mouloud Maameri, Tizi Ouzou

¹ Université de Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie

*Corresponding author: salah.zouaoui@ummo.dz

RESUME

Dans un contexte de raréfaction des ressources naturelles et de prise de conscience de l'impact des activités humaines sur l'environnement, l'engagement dans une démarche écologique est souvent perçue comme un frein à la performance économique. L'économie circulaire, nouveau modèle économique respectueux de l'environnement, alternatif à l'économie linéaire, est souvent présentée comme une opportunité de développement soutenable au niveau local, et ses démarches de plus en plus expérimentées dans les territoires, dans un contexte de transition socio-écologique.

L'économie circulaire se présente comme un levier d'innovation et de création de valeur économique à fort impact positif. Dans ce contexte, les Etats et les industries s'engagent dans des démarches d'économie circulaire qui visent à valoriser au mieux les produits et les sous produits en intégrant les énergies renouvelables. Les objectifs nationaux et internationaux en matière d'économies d'énergie font de l'exploitation des énergies de sources renouvelables une nécessité absolue. La mise en exploitation de nouveaux moyens de production d'électricité par énergies renouvelables, cogénération, biomasse ainsi que les batteries de stockage impose aux compagnies d'électricité une gestion plus fine de l'approvisionnement et de la consommation. Ces sources d'énergie dépendent directement des moments de la journée et des conditions météorologiques.

L'objectif de ce travail est l'étude de la mise en œuvre des centrales de production d'énergie électrique à base de sources renouvelables dans un site de 104 abonnés situé à la ville de Tizi-Ouzou. Cela permettra de réduire ou bien d'écrêter les pics de consommation d'électricité qui provoquent les délestages et la réduction des gaz à effet de serre. Cette étude consiste en une mise en œuvre d'un avant projet pour l'implantation d'un réseau électrique décarboné et intelligent (smart grid) dans le cadre de la transition énergétique.

Mots clés : Economie circulaire, Energies renouvelables, Emission des gaz, HOMER, transition énergétique, smart grid..

1. Introduction

L'entrepreneuriat vert et l'économie circulaire sont au centre des débats, durant cette dernière décennie, autant sur le plan national ou international [1]. Ainsi, plusieurs pays, dont l'Algérie, ont mis l'accent sur l'importance de la thématique qui intervient dans un contexte marqué, notamment par la baisse des recettes générées par l'exportation des hydrocarbures. Il s'agit ainsi, de trouver des ressources alternatives pour amorcer une dynamique entrepreneuriale allant dans le sens de contribuer au développement durable des territoires. En Algérie, cette dynamique entrepreneuriale est déjà visible et semble être à son état embryonnaire. Du fait que l'Algérie s'inscrit dans les objectifs du millénaire pour le développement durable, elle a nécessité un accompagnement adapté au

contexte d'évolution de l'économie nationale. Il est à signaler que les dynamiques entrepreneuriales dans le domaine du développement durable doivent inévitablement s'articuler aux réalités socioéconomiques et environnementales auxquelles font face aujourd'hui les territoires. D'ailleurs, face à un déficit dans le financement public, il ya obligation de développer l'économie circulaire et les énergies renouvelables.

La transition énergétique repose, à l'heure actuelle, essentiellement sur le développement des énergies renouvelables et la maîtrise énergétique[2]. Le système énergétique actuel fait face à deux défis majeurs: la raréfaction des ressources énergétiques fossiles et fissiles conventionnelles à moyen et à long terme et le changement climatique anthropique observable [3,4]. Les smart grids ou réseaux électriques intelligents sont une composante de la notion de ville intelligente et de la transition énergétique. Ils intègrent les technologies de l'énergie et du numérique pour optimiser et mettre en adéquation la production, la distribution et la consommation, ainsi que le stockage de l'énergie, grâce à l'ajustement des flux d'électricité entre fournisseurs et consommateurs.

La production d'électricité au moyen d'un système hybride, combinant plusieurs sources d'énergies renouvelables, est d'un grand intérêt pour les pays en voie du développement comme les pays de l'Afrique du nord, en particulier l'Algérie. L'Algérie possède de nombreuses régions où il y a une forte demande d'électricité. Par conséquent, le renforcement de leurs réseaux électriques serait d'un coût financier exorbitant. Pour résoudre ce problème, l'exploitation du potentiel en énergies renouvelables dont dispose ce pays doit être une priorité.

SONELGAZ a engagé un programme ambitieux de construction de nouvelles centrales pour répondre à la demande de la consommation d'électricité. La mise en place des réseaux de distribution intelligents permettra de réduire ou bien d'écrêter les pics de consommation d'électricité. Les smart grids permettent de gérer plus finement l'équilibre entre la production et la consommation et ce par l'interconnexion de différents composants de ce réseau (fournisseur, consommateur, tours de contrôle, etc.) et améliorent l'efficacité et la sécurité en limitant les pertes sur l'ensemble du réseau. Les smart grids sont accessibles à l'intégration des énergies renouvelables par installation des unités de conversion d'énergies de sources renouvelables en électricité. Ces dernières seront connectées aux réseaux

électriques. Ces installations ont besoin d'une étude très approfondie afin de contribuer à une meilleure intégration des sources d'énergies renouvelables dans un réseau électrique.

Le travail réalisé dans cette étude consiste à renforcer un réseau électrique classique par un système hybride (Panneaux photovoltaïques, éoliennes, convertisseur et batteries de stockage). L'objectif assigné est d'étudier les performances de ce système et d'évaluer les potentiels d'une installation de conversion d'énergie afin d'écrêter les pics de consommations, par conséquent réduire les gaz à effets de serre. Dans ce travail on a modélisé et simulé sous le logiciel HOMER une installation hybride, renforçant un réseau qui alimente un quartier de 104 abonnés situé à la ville de Tizi-Ouzou. Cette étude consiste un avant projet de l'étude de la faisabilité d'installation un smart grids dans ce site pilote.

2. Présentation du site et caractéristiques de la charge

A . Emplacement du système hybride

Pour cette étude, une localisation géographique est considérée : la ville de Tizi-Ouzou est située à 100 km Est de la capitale Alger; ses coordonnées sont:

- Latitude : 36 degrés sud
- Longitude : 4 degrés ouest
- Temps : GMT +1h.

B. Charge primaire

La charge primaire inclue toutes sortes de consommation des abonnés (climatisation, éclairage, ordinateurs, téléviseurs,... etc.). Le site compte 104 abonnés avec une consommation estimée à 32,33 kWh/jour par abonné, ce qui donne une consommation journalière de 3362 kWh/jour et une puissance moyenne journalière de 140.08 kW [5].

Le profil journalier de la charge électrique est illustré dans la figure 1; il s'agit d'une charge avec une valeur moyenne journalière de 3362 kWh/jour et un pic de puissance instantanée de 198KW.

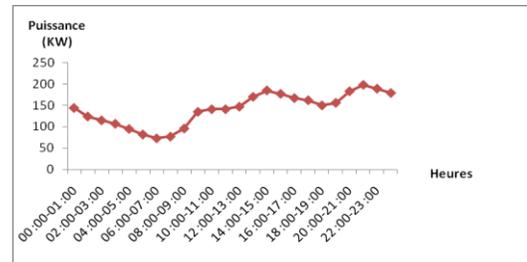


Figure.1. Répartition journalière de la charge électrique.

B. Analyse des potentiels renouvelables pour la ville de Tizi-Ouzou

Le potentiel renouvelable du site choisi s'articule principalement sur les énergies photovoltaïque et éolienne.

1) Potentiel photovoltaïque

L'application de l'énergie solaire à un site donné nécessite la connaissance complète et détaillée de l'ensoleillement du site, ceci est généralement facile lorsque le site contient une station de mesure radiométrique fonctionnant régulièrement depuis plusieurs années. L'irradiation solaire moyenne mensuelle, relevées sur 22 ans, est représentée graphiquement sur la figure 2 [6].

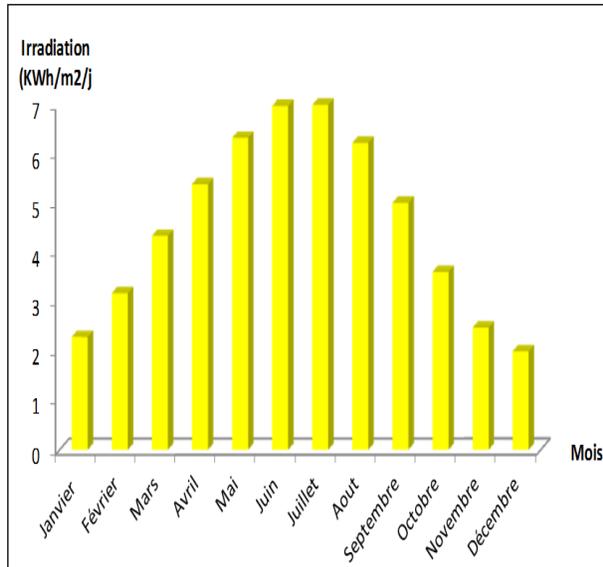


Figure.2. Représentation graphique de l'irradiation mensuelle moyenne

2) Potentiel Éolien

Pour évaluer le potentiel éolien sur la ville de Tizi-Ouzou, des mesures de la vitesse du vent ont été prises sur ce site durant dix années (2003/2013).

Les vitesses mensuelles moyennes du vent, calculées à base des données de mesures pour la ville de Tizi-Ouzou sur une période de 10 ans, sont représentés sous forme d'histogrammes dans la figure 3 [6]

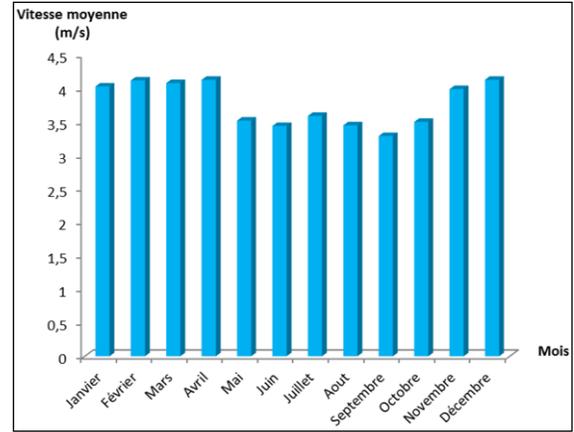


Figure.3. Représentation graphique de la vitesse moyenne mensuelle du vent.

A partir des résultats illustrés dans les figures (2 et 3) ci-dessus, on peut conclure que les potentiels renouvelables pour le quartier choisi dans la ville de Tizi-Ouzou ne sont pas excellents, mais ils sont largement exploitables pour la demande en énergie.

III. Présentation de l'installation

Le choix de la taille (puissance) et le type des éléments est une étape très importante dans le but de garantir l'énergie nécessaire au site, tout en assurant une amélioration énergétique du réseau électrique actuel avec les énergies renouvelables disponibles, mais l'électricité provenant de ces sources est intermittente, dépendante des conditions climatiques.

Les éléments sélectionnés pour l'installation (PV-éolien-batteries) sont :

- Un aérogénérateur (WT) Fuhrlander 100.
- Un générateur photovoltaïque (PV) SunPower 315.
- Un banc de batteries Hoppecke 24OPz 3000.
- Des convertisseurs de courant Sunny Mini Central.

En raison de la nature de la charge, l'installation sera à bus courant alternatif. On introduit les informations sur les composants de l'installation, données par les fabricants, comme données d'entrée pour le logiciel HOMER. On obtient ensuite des évaluations de coûts et d'efficacités présentes et futures du système complet.

A. Modélisation et simulation de l'installation sous HOMER

Le logiciel HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables), développé par NREL (National

Renewable Energy Laboratory) aux Etats-Unis [7-8-9-10], simplifie la tâche d'évaluer les conceptions des différents systèmes d'alimentation électrique, hors-réseau et reliés au réseau, pour une variété d'applications.

Pour la création d'un système d'alimentation, il faut prendre de nombreuses décisions liées à la configuration du système tel que l'élément judicieux qu'il faut inclure dans la conception du système, la quantité, la taille de chaque composant choisi, sa durée de vie et le coût de revient.

La figure 4 montre le système global qui sera étudié en utilisant le logiciel HOMER. Ce schéma est obtenu après avoir choisi les différents composants de l'installation et injecté dans chaque composant ses caractéristiques. On définit aussi la charge à satisfaire et la puissance du réseau auquel l'installation sera connectée.

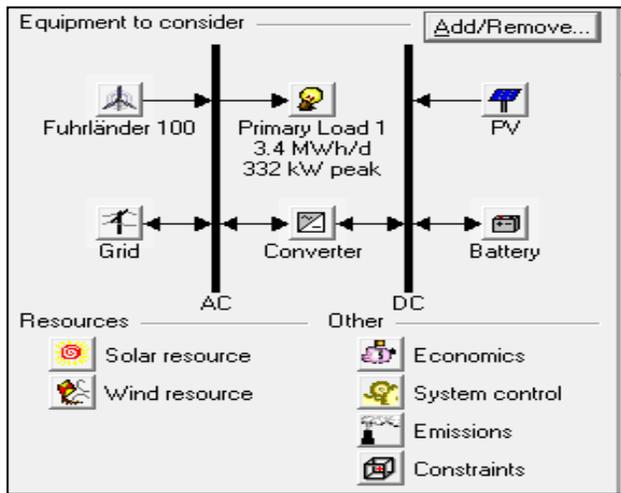


Figure 4. Architecture de l'installation.

3. Résultats

La simulation de cette installation fait ressortir plusieurs configurations possibles, chaque configuration est une combinaison des éléments cités précédemment (WT, PV, les batteries et le convertisseur). Elles sont classées selon les valeurs croissantes de la NPC (Net Present Cost). Pour notre cas, on obtient les combinaisons suivantes (figure 5).

D'après la figure (5), la première configuration est la plus rentable (solution optimale) ce qui correspond aux composants de l'installation.

	PV (kW)	FL100	Batt. (kW)	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/MWh)	Ren. Frac.
solution optimale	200	1	4	160	CC	200	\$ 514,000	100,640	\$ 1,668,331	0.119	0.30
	198	1	4	160	CC	200	\$ 512,000	100,876	\$ 1,669,043	0.119	0.30
	198	1	4	140	CC	200	\$ 510,000	101,077	\$ 1,669,345	0.119	0.30
	220	1	4	160	CC	200	\$ 534,000	99,175	\$ 1,671,528	0.119	0.32
	200	1	4	140	CC	200	\$ 512,000	101,100	\$ 1,671,609	0.119	0.30
	240	1	4	190	CC	200	\$ 557,000	97,178	\$ 1,671,623	0.119	0.34
	220	1	4	140	CC	200	\$ 532,000	99,630	\$ 1,674,751	0.119	0.32
	200	1	4	190	CC	200	\$ 517,000	100,943	\$ 1,674,806	0.119	0.30

Figure 5. Les combinaisons proposées par HOMER.

A. Production de l'électricité

La production et la consommation de l'énergie électrique sur une année sont détaillées dans les tableaux ci-dessous (I, II et III).

Tableau I: Production annuelle de l'installation

Composant	Production (kWh/an)	Fraction (%)
Réseau	891340	70
PV	288963	23
Éolienne	93241	7
Total	1273544	100

Tableau II: Énergie annuelle consommée

Charge	Consommation (kWh/an)	Fraction (%)
Charge AC	1227092	99
Ventes du réseau	10947	1
Total	1238039	100

Tableau III: Différente quantités de l'installation

Quantité	Valeur (kWh/an)	Fraction
Excès d'énergie	95,3	0,00748
Charge non satisfaite	38,4	0,00313
Capacité manquante	73,2	0,00597
Fraction renouvelable	/	0,3

Malgré le faible pourcentage des énergies renouvelables qui est de l'ordre de 30%, mais elles contribuent d'une manière continue dans la production d'énergie sur toute l'année.

D'après la figure 6, on remarque que 70% des besoins de site sont fournis par le réseau classique, et le reste est assuré par le PV et l'éolienne.

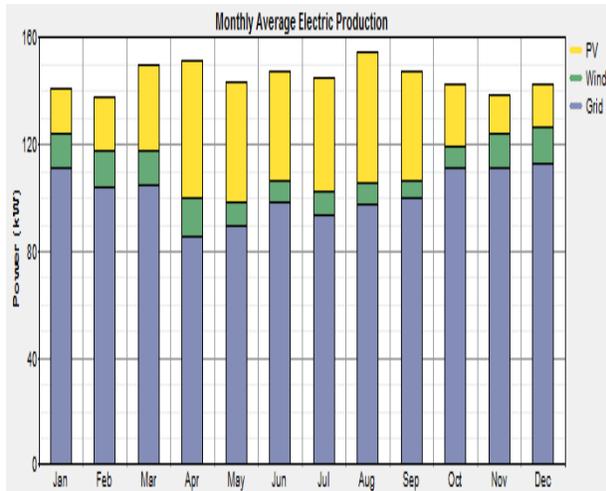


Figure . 6. Puissance moyenne mensuelle produite par chaque source

A. Émission des GES

La réduction des émissions des gaz à effet de serre est le but principal des installations hybrides. Le tableau ci-dessous présente la quantité des gaz dégagée par kWh électrique en cas d'un réseau purement classique et lors d'intégration des énergies renouvelables.

Le tableau IV représente l'émission des différents gaz à effet de serre avant et après l'intégration des énergies renouvelables

Tableau IV: Emissions des gaz a effet de serre

Polluant	Réseau classique (tonnes/an)	Après intégration des ENR (tonnes/an)
Dioxyde de Carbone	804,88	556,409
Dioxyde de Soufre	3,489	2,412
Oxyde de Nitrogène	1,707	1,180

D'après les résultats mentionnés dans le tableau IV, on peut remarquer une réduction de la quantité des gaz à effet de serre qui est le but de l'utilisation des énergies renouvelables. Ces réductions sont de l'ordre de 248,474 tonnes/ans pour le dioxyde de carbone, 1,077 tonnes/ans pour le dioxyde de soufre et 0.527 tonnes/ans pour l'oxyde de nitrogène. Le taux de cette réduction est de 30,87%.

La figure 7 représente les émissions mensuelles de Dioxyde de Carbone (CO₂) après et avant l'intégration des énergies renouvelables. On remarque une réduction de 40% de CO₂ après intégration des énergies renouvelables.

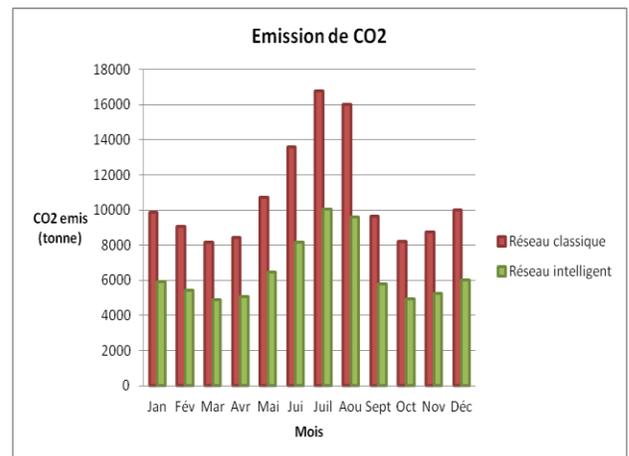


Figure .7. Emission de CO₂.

4. Conclusion

A l'heure où la gestion de l'électricité est distribuée depuis les sites centraux de production vers les clients montre ses limites et où les nouveaux projets prennent en compte la dimension quartier, village et ville, une multitude de projets fleurit se revendiquant smart grids. L'intérêt d'un tel réseau est que sa gestion devient répartie et bidirectionnelle, les possibilités d'optimisation offertes étant multiples: lissage des pointes et creux journaliers, gestion de l'intermittence des énergies renouvelables (produites sur place), mutualisation... L'objectif principal est une livraison d'électricité plus efficace, économiquement viable et décarbonée.

La caractérisation de la configuration choisie à travers cette étude de cas pour un site en Algérie (ville de Tizi-Ouzou) permet l'implantation et la validation de cette configuration (éolienne, panneaux photovoltaïques, batteries de stockage et convertisseur) liée au réseau classique en tenant compte des spécificités du site.

Dans ce présent travail, on a montré que l'investissement dans les énergies renouvelables est une solution efficace permettant d'exploiter le potentiel de la région de Tizi-Ouzou. Nous sommes arrivés à montrer l'intérêt que suscitent les énergies renouvelables dans la contribution à l'écrêtage des pics de consommation d'électricité qui provoquent les délestages durant les périodes à forte consommation d'énergie. Cette solution permet également de réduire les gaz à effet de serre, notamment l'empreinte carbone, qui ont un impact néfaste sur l'environnement.

Les résultats obtenus pour ce cas de figure sont encourageants, néanmoins sa réalisation reste un problème ouvert qui dépendra des spécificités de chaque région. Enfin il est souhaitable de procéder à l'installation des smart grids qui permet de gérer plus finement l'équilibre entre la production et la consommation à chaque instant et cela par l'interconnexion de différents composants du réseau.

5. Remerciements

Nous remercions la direction de la distribution de la **SONELGAZ** de Tizi-Ouzou de nous avoir fourni toutes les données nécessaires, en particulier Monsieur **A. STITI**, pour son aide et sa contribution.

Références

1. Vincent Aurez and Laurent Georgeault. 2019. *Économie circulaire: Système économique et finitude des ressources*. De Boeck Supérieur.
2. Stefan C. Aykut and Amy Dahan. 2014. *3. La gouvernance du changement climatique. Anatomie d'un schisme de réalité*. La Découverte. Retrieved October
3. Michel Deshaies and Guy Baudelle. 2013. *Ressources naturelles et peuplement : enjeux et défis*. Retrieved October 3, 2019 from <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01718678>
4. Elodie Suzanne, Nabil Absi, and Valeria Borodin. 2020. Towards circular economy in production planning: Challenges and opportunities. *European Journal of Operational Research* 287, 1 (November 2020), 168–190. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.043>
5. Base de données de la SONALGAZ au niveau de la direction de distribution de Tizi-Ouzou.
6. Service météorologique de Boukhalfa Tizi-Ouzou
7. HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables v- 2.14, energy national renewable laboratory (NREL), USA, <http://www.nrel.gov/homer>
8. S. Berrazouane; K. Mohammedi, "Hybrid system energy management and supervision based on fuzzy logic approach for electricity production in remote areas," Renewable Energies and Vehicular Technology (REVET), 2012 First International Conference on, vol., no pp.324, 329, 26 -28 March 2012.
9. Energy Information Administration, Electric Power Annual, Form EIA-860, Annual Electric Generator Report database, 2006.
10. Ahmed Zubair, Aman Abdulla Tanvir, Md. Mehedi Hasan "Optimal Planning of Standalone Solar-Wind - Diesel Hybrid Energy System for a Coastal Area of Bangladesh". International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 2, No.6, pp.731-738, December 2012.