

**LES SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLES
DANS LA PRODUCTION D'ELECTRICITE :
LES EVOLUTIONS MONDIALES
(2000-2010) ET LE CAS DE L'ALGERIE**

Hichem **BENHAMIDA***

Résumé :

La production électrique avec des sources renouvelables à coté des sources traditionnelles, c'était suite à la pénurie des sources fossiles moins polluantes telles que le gaz naturel, ou le monde connaitre des nouvelles mesures et lois qui luttent contre les émissions des gaz à effet de serre.

Malgré Le gaz naturel est la source moins polluante utilisée massivement dans la structure de production électrique Algérienne, mais la situation de quelques centrales dans des villages isolés dans le sud et au frontière ont réalisées des taux modestes d'efficacité énergétique, suite aux coûts des alimentations avec les camions de combustibles, ainsi l'alimentation de quelques autres villages par des pays voisins, ont incitées nos autorités à investir dans les sources renouvelables dans le cadre de stratégie de développement durable énergétique, bien qu'une coopération européenne dans ce cadre va se réaliser prochainement dans les perspectives de cette décennie.

Mots clés : Electricité, Energies renouvelables, Algérie, Solaire, Eolien Hybridation, L'efficacité énergétique.

Code JEL : F01, F03, F05, Q02, Q04, G05, O01, O04, R04.

* Enseignant chercheur à l'université de M'hamed Bouguera Boumerdes.

Introduction

Les énergies renouvelables sont évoluées dans la production de l'électricité suite à la pénurie et l'éloignement de plusieurs sources d'énergie tels que le charbon, le pétrole et le gaz, entre les pays qui possèdent ces source et les pays qui les demandent, et bien aussi suite au facteur écologique des sources de l'industrie électrique qui provoque l'émission des gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui représente un danger pour la couche d'ozone.

En Algérie, l'énergie électrique est produite, principalement, à partir de gaz naturel. La part de la puissance installée de l'ensemble des centrales utilisant cette énergie primaire dépasse les 96%, le reste des énergies employées se répartit entre le gasoil dans les centrales Diesel et l'eau dans les centrales hydroélectriques.

Le gaz est utilisé dans des centrales thermiques à vapeur, à gaz, ainsi que dans les centrales à gaz et à vapeur appelées centrales à cycle combiné.

Cet article étudie l'analyse et l'évaluation de l'industrie électrique dans le monde avec tous les différentes sources d'énergie, et démontre d'une façon claire la part des énergies renouvelables dans cette industrie, avec bien sur le cas de l'Algérie qui lance dernièrement tout un programme concernant la création de nouvelles stations purement renouvelables et l'hybridation de quelques autres. Cela va nous guidés a poser la problématique suivante :

À quel niveau les autorités énergétiques Algériennes ont avancé à introduire les énergies renouvelables dans ça balance énergétique ?

- Quelle est la situation mondiale de l'électricité des EnR ?
- Quelle est la situation de l'électricité des EnR en Algérie ?
- Sois qu'il y a de bonnes perspectives de l'utilisation des EnR dans le monde ?
- Est-ce qu'il y a un programme national Algérien pour procéder aux EnR?
- Quels sont les scénarios d'intégration d'EnR dans la balance énergétique Algérienne ?

1. L'électricité des renouvelables

L'hydroélectricité ou énergie hydroélectrique exploite l'énergie potentielle des flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins, etc.). L'énergie cinétique du courant d'eau est transformée en énergie mécanique par une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur.

L'hydroélectricité constitue la première source renouvelable et la troisième source générale de production électrique au monde (16,3 % en 2011) derrière le charbon (40,6%) et le gaz (22,2%).

La capacité thermique (ou capacité calorifique) d'un corps est une grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie. La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température d'un kelvin. Elle s'exprime en joule par kelvin (J/K). C'est une grandeur extensive : plus la quantité de matière est importante plus la capacité thermique est grande.

Une turbine à gaz, appelée aussi turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure (fuel, gaz...).

Les centrales à cycle combiné utilisent le gaz naturel comme combustible dans un système de production d'électricité en deux étapes. Dans un premier temps, le gaz naturel fait fonctionner une turbine et un générateur. Ensuite les gaz chauds d'échappement de la première turbine sont utilisés pour produire de la vapeur qui est à son tour dirigée vers une deuxième turbine et un deuxième générateur.

NB : que la relation entre puissance et énergie électrique est comme suit:
Le watt, c'est la quantité d'électricité soutirée chaque seconde (= puissance)

Le kilowattheure, c'est l'électricité totale consommée (= quantité d'énergie)

Les unités tirées du nom de James Watt sont aussi employés pour décrire des installations qui produisent de l'électricité, tels les capteurs solaires, les éoliennes, les usines hydroélectriques ou les centrales nucléaires. Là aussi, lorsqu'on parle de watts, il s'agit de la puissance, autrement dit du nombre de foyers ou d'entreprises qui peuvent être alimentées en même temps (on donne souvent une moyenne sur l'année). Et lorsqu'on parle de -wattheures, il s'agit de la quantité totale d'énergie électrique produite (généralement aussi sur l'année). Suivant la taille et le nombre d'installations en jeu, les unités changent d'échelle :

- le mégawatt (MW) soit un million de watts / mégawattheure (MWh).
- le gigawatt (GW) soit un milliard de watts / gigawattheure (GWh).
- le térawatt (TW) soit mille milliards de watts / térawattheure (TWh).

La production d'électricité renouvelable (incluant les centrales de pompage-turbinage) a atteint 4 158,5 TWh en 2010¹, soit 19,6 % de la production d'électricité mondiale. Cette part reste supérieure à la production d'électricité d'origine nucléaire (13 % en 2010), mais largement inférieure à l'électricité produite à partir des combustibles fossiles (67,2 %). Les 0,2 % restants sont apportés par la combustion des déchets qualifiés de non renouvelables.(EDF,OER,2011)

L'électricité renouvelable provient de six sources distinctes. L'hydroélectricité (incluant les centrales de pompage-turbinage) est la principale avec une contribution de 82,9 %. L'énergie éolienne, qui depuis 2009 est la seconde source d'énergie renouvelable, représente 8,3 % du total renouvelable. Elle devance la filière biomasse, qui rassemble la biomasse solide, la biomasse liquide, le biogaz et les déchets ménagers renouvelables (6,3 %). Suivent la géothermie (1,6 %), le solaire (0,8 %), qui rassemble les centrales photovoltaïques et les centrales solaires thermiques (hélio thermodynamiques), et les énergies marines (0,01 %).

¹ TWh : Terra watt heure ou 10¹² watt

1.1. La différence d'augmentation est de + 1 243 TWh d'énergie renouvelable en dix ans :

La production brute d'électricité renouvelable a augmenté de 1 242,8 TWh entre 2000 et 2010, passant de 2 915,7 TWh à 4 158,5 TWh, soit une croissance annuelle moyenne de 3,6 %. Son rythme de croissance est resté très proche de celui des combustibles fossiles (+ 3,7 % par an en moyenne). Il est pourtant en moyenne plus rapide que celui de l'électricité conventionnelle (+ 3,1 % par an en moyenne) du fait d'un moindre dynamisme de la production d'électricité nucléaire (+ 0,6 % par an en moyenne).

La part de l'électricité renouvelable n'est pas restée constante sur la période. En début de période, elle a eu tendance à diminuer pour atteindre son niveau le plus bas en 2003 (17,9 %). Depuis lors, elle a augmenté régulièrement jusqu'en 2006 (18,5 %). Elle diminue une nouvelle fois en 2007 pour finalement repartir nettement à la hausse en 2008 (18,8 %) et 2009 (19,6 %). Elle se stabilise en 2010 (19,6 %).

Si l'on excepte 2007, année de croissance record de la production d'électricité issue des combustibles fossiles (+ 6,3 % en une année), la part de l'électricité renouvelable est globalement en augmentation depuis 2004 (de 17,9 % en 2003 à 19,6 % en 2010). On peut attribuer la stabilisation de la part renouvelable en 2010 à un phénomène de rattrapage de la production d'électricité issue des combustibles fossiles. Son niveau de production avait diminué en 2009 du fait des conséquences de la grave crise économique et financière qui a éclaté cette même année. Ce retour en force de la part de la production d'électricité renouvelable s'explique de deux manières : la forte augmentation de la production hydroélectrique en Chine et la confirmation de la mondialisation des autres filières renouvelables, en particulier l'éolien, le solaire et la biomasse.

1.2. Une croissance cinq fois plus rapide que l'hydraulique

L'hydraulique s'est trouvée seule, pendant de nombreuses années, à contrer la marche en avant des combustibles fossiles. Ce n'est plus le cas aujourd'hui. L'apport des nouvelles technologies de production d'électricité renouvelable a été décisif pour freiner l'augmentation de la part de l'électricité conventionnelle dans le total mondial. Sur la période 2000-2010, la croissance de la production des filières

renouvelables hors hydraulique a été cinq fois plus rapide que celle de l'hydraulique, soit une moyenne annuelle de 12,5 % contre 2,5 % pour cette dernière. En conséquence, la part des filières renouvelables hors hydraulique a pris deux points dans la production mondiale d'électricité, passant de 1,4 % du total en 2000 à 3,4 % du total en 2010. À l'inverse, la part de l'hydroélectricité a perdu plus d'un point dans le total mondial (de 17,5 % en 2000 à 16,3 % en 2010).

Une analyse détaillée filière par filière montre que c'est la production d'électricité solaire qui affiche le plus fort taux de croissance annuel moyen sur la période (+38,1%). Cette croissance est largement inférieure à celle enregistrée entre 2009 et 2010 (+56,4 %).

Sur la période, la croissance de la filière éolienne est également très importante (+27,1 % par an en moyenne). Le rythme de croissance entre 2009 et 2010 est encore très élevé (+25,5 %), signe de la mondialisation de la filière.

La croissance de la filière biomasse est plus modérée (+7 %), mais reste plus de deux fois Supérieure à celle de la production d'électricité totale. Cette croissance est restée très active Entre 2009 et 2010 (+6,5 %), dans un contexte de forte croissance de la production d'électricité. Parmi les sous-filières biomasse, la biomasse solide (70,7% de l'électricité biomasse en 2010) a augmenté de 6,3% par an en moyenne. La croissance de l'électricité biogaz a été beaucoup plus importante (+11,9 % par an en moyenne) en raison du développement de la méthanisation comme moyen de traitement des déchets, mais également de la méthanisation de cultures énergétiques (le maïs en Allemagne par exemple). La valorisation électrique des déchets ménagers organiques dans des centrales d'incinération est également en croissance sur la période (+4,9 % par an en moyenne). La croissance très spectaculaire de la filière biomasse liquide (+91 % par an en moyenne) s'explique uniquement par une production très faible durant l'année de départ. Cette filière n'a pas vocation à se développer pour la production d'électricité, mais pour la carburation de véhicules via la production de biodiesel, de bioéthanol ou de BTL.

La filière géothermique est un peu plus en retrait. Sa croissance annuelle moyenne sur la période est inférieure à celle de la production totale d'électricité (+2,8 %).

Compte tenu de la dynamique actuelle des filières éolienne, solaire et biomasse et des investissements hydroélectriques prévus (172 GW² en construction selon "l'Atlas mondial" de la revue The International Journal on Hydropower & Dams), la croissance de la production d'électricité renouvelable devrait rester soutenue dans les prochaines années et sa part dans la production mondiale devrait continuer à augmenter.

Une grande partie de cette puissance sera installée en Europe, en Amérique du Nord, mais également en Asie. La Chine, qui est déjà le plus grand producteur hydroélectrique, deviendra dès 2011 le plus grand producteur d'électricité éolienne. Elle ambitionne également de devenir le premier producteur d'électricité solaire avec un objectif de 50 GW d'ici 2020. Le pays s'est donné les moyens de ses ambitions. En 2010, il produisait déjà près d'une cellule photovoltaïque sur deux dans le monde (13 GWc sur un total de 27 GWc) et près d'un mégawatt sur deux de puissance éolienne (18,9 GW sur un total de 40,8 GW).

"La part des renouvelables à pratiquement triplé sur les dix dernières années et sur les cinq dernières années, leur contribution à la croissance énergétique primaire a été de presque 10%, c'est-à-dire plus que la contribution des produits pétroliers.

Les sources d'énergie renouvelable utilisées en production d'énergie ont augmenté de 15,5% en 2010, notamment avec le retour du taux de croissance dans l'OCDE au-dessus du niveau tendanciel après son effondrement en 2009. Elles ont représenté 3,3% de la production énergétique mondiale en 2010 avec forte dispersion géographique et près de 78% de toutes les Sources d'énergie renouvelable consommées dans l'OCDE. Les pays européens dominent traditionnellement ce secteur. Encore aujourd'hui, 9 des 10 premiers pays en termes de consommation par habitant et 8 des 10 premiers pays en termes de part se trouvent en Europe (le Danemark si venteux détenant la plus forte part des sources d'énergie renouvelable, avec 29%)". (Appleby, 2011).

² GW : Giga watt ou 10⁹ watt

2. Evaluation de la production d'électricité d'origine renouvelable en Algérie

Les statistiques en 2005 sur l'Algérie est comme suit :

- Population (million d'habitant) :35,4
- PIB (milliards US\$ 2005) :271,3
- PIB (US\$ 2005) : 7663
- KWh/ hab : 1347
- KWh/unité de PIB (US\$ 2005) : 0,18
- Consommation Brute d'électricité (TWh) : 47,8

En Algérie, la production d'électricité renouvelable est en devenir. La quasi-totalité de la production électrique algérienne repose sur les combustibles fossiles (99,6%). Les sources renouvelables assurent le complément et se répartissent entre l'hydroélectricité (0,4 % du total) et le solaire (0,01% du total). La production hydroélectrique du pays a fortement diminué en 2010, après avoir atteint un pic de production en 2009. Elle présente en 2010 un niveau de production inférieur à celui observé en moyenne sur la période (267 GWh). La production d'électricité issue des combustibles fossiles ne se soucie pas des variations de la production hydroélectrique et croît de manière continue sur la période (+ 5,6 % par an en moyenne). La filière solaire recensée dans le pays depuis 2008 reste faible (4 GWh).(CDER, 2011)

D'après l'Administration de l'Énergie, le pays a besoin d'investir jusqu'à 120 milliards de dollars (85 milliards d'euros) dans les énergies renouvelables d'ici 2030. L'Algérie envisage de devenir leader en énergie verte et prévoit d'installer 22 000 MW de puissance d'origine renouvelable entre 2011 et 2030.(Sonelgaz,2015)

2.1. Mise en exploitation de la 1ère centrale hybride en Algérie :

La centrale hybride de production d'électricité de Hassi R'Mel (110 km sud de Laghouat), alimentée à l'aide du gaz naturel et de l'énergie solaire est entrée en exploitation, Cette méga centrale de ce type, entrée récemment en exploitation, avec une production électrique de 150 mégawatts, dont 120 mégawatts produits à partir du gaz et 30

mégawatts par l'énergie solaire, est connectée au réseau électrique national, Implantée dans la région de Tilghemt, à 25 km au nord du complexe industriel de Hassi R'mel, cette centrale hybride, appelée à constituer une source énergétique alternative et propre, couvre une superficie de 152 ha, dont 18 ha servent d'assiette à l'installation des équipements et à près de 3.000 panneaux photovoltaïques,. La réalisation de cette importante installation énergétique, d'un coût de 350 millions de dollars,

Cette centrale s'inscrit au titre de la mise en œuvre de la stratégie nationale portant utilisation et mise en valeur optimale des énergies renouvelables et contribution au renforcement des capacités de production électrique en Algérie, Le choix du site d'implantation de ce mégaprojet énergétique dans la région de Tilghemt répondent à la réunion de plusieurs facteurs, dont la proximité du champ gazier de Hassi R'Mel, des stations de boosting, et l'ensoleillement de la région avec près de 3.000 heures par an.

2.2. L'expérience des 20 villages du sud algérien :

Sonelgaz a introduit la filière solaire photovoltaïque pour 20 villages isolés du sud, inscrits dans le programme national d'électrification dans le but d'impulser l'utilisation des énergies renouvelables et non polluantes (Yassa, 2015).

Economiquement, une alimentation conventionnelle par extension des réseaux n'est pas adaptée aux centres éloignés, comme c'est le cas pour les villages du Sahara et seul un moyen autonome d'alimentation est à prévoir. L'ensoleillement de ces régions a permis de recourir à l'électrification par l'énergie solaire.

Cette technologie présente une solution technico-économique au problème d'alimentation des zones isolées.

L'électricité fournie a permis d'améliorer les conditions de vie de ces populations, de renforcer leur sédentarisation, de valoriser leurs terres..Etc. Par ailleurs, les enfants voyagent désormais tous les jours, à travers les mots, au-delà des dunes qui les entourent. Enfin, l'énergie a même fini par changer le rapport de ces populations au temps.

Pour l'exécution de ces programmes, on a eu recours à des systèmes photovoltaïques modulaires performants et adaptables aux

conditions du sud ; d'installation simple, susceptibles de fournir une énergie suffisante aux besoins élémentaires des foyers.

2.3. Ce qui a marqué le renouvelable en 2014 :

L'année 2014 a été marquée, en Algérie, par la mise en service d'une centrale solaire photovoltaïque multi technologique pilote de 1,1 MW à Ghardaïa et d'une centrale éolienne de 10 MW à Adrar, par le Ministère de l'Énergie.

Par ailleurs, le Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural, a renforcé l'installation de kits solaires pour l'électrification et pour le pompage d'eau dans les hauts plateaux et les sites isolés. Dans ce cadre, le CDER a procédé à l'installation de plus de 2500 kits solaires pour l'électrification et le pompage.

Sur le plan réglementaire, des textes de lois garantissant les tarifs d'achats pour l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne, dont la capacité dépasse 1MW, ont été promulgués en avril 2014.

L'industrie du renouvelable a connu, cette année, un saut qualitatif par la mise en service d'une unité de production de panneaux photovoltaïques d'une capacité de 50 MW initiée par l'entreprise Condor Electronics.

Cette année a vu, également, l'intégration de la filière énergies renouvelables dans la formation professionnelle et la multiplication des offres de formation master et doctorat dans les universités et les écoles supérieures.

Dans le monde, la capacité installée pour la production d'électricité dépasserait 1700GW (environ 3 GW dans l'Afrique du Nord et le Moyen Orient) ce qui représente plus de 22 % du mix énergétique mondial. Les capacités installées dans le solaire photovoltaïque et l'éolien dépasseraient quant à elles 145 GW et 350 GW, respectivement.

Les chutes considérables des prix de l'Eolien (près de \$4c Kwh) et du solaire photovoltaïque (entre 6,5 et \$8c kwh, chute de 80% depuis 2008) ont permis le déploiement à grande échelle de ces filières du renouvelable en 2014.

Parallèlement, cette année a été marquée par la chute des prix des batteries lithium ion ce qui s'est reflété sur la croissance de la capacité de stockage de l'énergie d'origine renouvelable.

Lors de cette année 138 pays possèdent des politiques en faveur du renouvelable. La chine, l'Inde, le Japon, l'Arabie Saoudite et l'Italie ont fixé comme objectif d'installer une capacité de 139 GW de l'énergie solaire d'ici 2020, ce qui est équivalent à la capacité mondiale installée en 2013, en solaire photovoltaïque.

En revanche, l'année 2014 n'était pas sobre en carbone et a enregistré un taux d'émission record en dioxyde de carbone de 40 milliards de tonnes. Le cinquième rapport du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) publié en Novembre 2014 préconise le recours aux énergies propres et à l'économie d'énergie pour réduire les émissions des gaz à effet de serre (GES) et maintenir la hausse de température à 2°C.

En fin, les conclusions de la COP20 sur le changement climatique tenu à Lima en Décembre 2014 plaident en faveur de l'élargissement de l'utilisation des énergies propres et appellent les parties à exprimer leurs engagements chiffrés en termes de réduction des GES. Beaucoup de questions sont ajournées pour l'année 2015, notamment celles relatives au financement du fonds vert climat et les mécanismes de soutien aux pays en développement pour faire face aux impacts des changements climatiques.³

3. Les perspectives de l'utilisation des renouvelables dans le monde

Les prévisions de l'utilisation des renouvelables dans le monde sont présentées comme suit :

Le mélange de carburant change relativement lentement, en raison de longues vies de capitaux, mais le gaz et les carburants non fossiles gagnent la part aux dépens du charbon et du pétrole.

Les carburants les plus à croissance rapide sont des énergies renouvelables (combustibles organiques y compris) qui sont attendues

³ MW : Méga watt heure ou 10⁶ watt

pour se développer à 8.2% p.a. 2010-2030 (British P,2011); parmi des combustibles fossiles, le gaz élève le plus rapide (2.1% p.a.).

Les énergies renouvelables (combustibles organiques y compris) expliquent 18% de la croissance de l'énergie à 2030. Le taux auquel les énergies renouvelables pénètrent le marché de l'énergie global est semblable à l'apparition de l'énergie nucléaire dans les années 70 et les années 80.

La contribution des énergies renouvelables à la croissance grimpe de 5% dans les années (1990-2010) jusqu'à 18% dans les années (2010-2030).

Nous supposons que la politique supporte la croissance rapide continue des énergies renouvelables non fossiles de production d'électricité particulièrement, qui atteignent une part globale de 10% d'ici 2030. Là où le gaz est disponible à un prix concurrentiel, il continue à déplacer le charbon.

La part de toute la production d'électricité des énergies renouvelables augmente de 18% en 2007 à 48% dans le scénario Plan bleu. Ceci a comme conséquence des réductions d'émissions de CO₂ de 4.7 GT de 2050 comparés au scénario de ligne de base. La génération renouvelable variable (vent, photovoltaïque et marine) produit presque 19% de l'électricité dans le monde entier en 2050 à partir d'une capacité d'environ 3 160 GW. L'intégration d'un large volume de la capacité variable dans les grilles aura besoin de gestion soigneuse et exigera des systèmes de l'électricité de devenir plus flexibles par l'utilisation des grilles intelligentes et d'une plus grande capacité de stockage de l'électricité (IEA, 2010).

La biomasse et le éolien constituent la partie de nouvelle capacité d'énergies renouvelables jusqu'à 2020. Après 2020, l'énergie solaire commence à apporter une contribution plus significative. L'énergie hydraulique se développe sans interruption au cours de toute la période, mais cette croissance se stabilise en années postérieures faute de nouveaux emplacements appropriés.

D'ici 2050, l'énergie hydraulique, le éolien et le solaire apportent les contributions semblables à la production d'électricité totale dans le scénario plan bleu.

D'ici 2050, la biomasse est la plupart du temps employée aux usines consacrées, y compris ceux qui utilisent la production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE). La combustion avec du charbon augmente de manière significative, en particulier dans la période à 2020. La majeure partie de l'augmentation de l'électricité est du éolien et des turbines terrestres. La production d'électricité des turbines en mer se développe très rapidement, mais d'un bas point de départ. En 2050, environ deux tiers de production d'électricité totale à partir de éolien vient toujours de l'usine terrestre. Environ 75% de la capacité solaire prévue est basé sur le photovoltaïque, avec l'équilibre venant de concentrer l'énergie solaire (CSP). En moyenne, le facteur de capacité pour CSP est sensiblement plus haut que celui du photovoltaïque, grâce à l'utilisation du stockage thermique. En conséquence, CSP produit plus de 50% de la production d'électricité solaire totale.

4. Présentation du programme national de développement des énergies renouvelables 2011-2030

L'Algérie possède des sites propices au développement des énergies renouvelables, notamment solaires avec une bonne irradiation élevée. Le pays a lancé en 2011 un programme national de développement des énergies renouvelables et de promotion de l'efficacité énergétique. L'Algérie souhaite ainsi installer 12 000 MW de capacités de production d'électricité à partir des énergies renouvelables d'ici 2030 pour couvrir 40% de sa demande domestique, et 10 000 MW supplémentaires destinés à l'exportation sous certaines conditions, notamment celles d'accéder au marché européen et à des sources de financement extérieures. Sonelgaz, la société algérienne nationale de l'électricité et du gaz, a été chargée de mettre en œuvre ce programme.

4.1. Nouveau programme national de développement des énergies renouvelables (2015 - 2030):

Le programme national de développement des énergies renouvelables dans sa version actualisée par les services du ministère de l'énergie vient d'être adopté par le gouvernement.

En effet, l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique national constitue un enjeu majeur dans la perspective de

préservation des ressources fossiles, de diversification des filières de production de l'électricité et de contribution au développement durable.

A la faveur du programme de développement des énergies renouvelables 2011-2030 adopté par le Gouvernement en février 2011, les énergies renouvelables se placent au cœur des politiques énergétique et économique menées par l'Algérie.

Ce programme a connu une première phase consacrée à la réalisation de projets pilotes et de tests des différentes technologies disponibles, durant laquelle des éléments pertinents concernant les évolutions technologiques des filières considérées sont apparus sur la scène énergétique et ont conduit à la révision de ce programme.

Parmi ces éléments nouveaux, il convient de citer : une meilleure connaissance du potentiel national en énergies renouvelables, notamment pour le solaire et l'éolien, suite aux études engagées ; la baisse des coûts des filières photovoltaïque et éolienne qui s'affirmer de plus en plus sur le marché pour constituer des filières viables à considérer ; les coûts encore élevés de la filière CSP (solaire thermique) induisant une croissance très lente du développement de ce marché à travers le monde ; le parachèvement d'une réglementation nationale cohérente et attractive en direction des investisseurs.

La révision de ce programme porte ainsi, sur le développement du photovoltaïque et de l'éolien à grande échelle, sur l'introduction des filières de la biomasse (valorisation des déchets), de la cogénération et de la géothermie, et également sur le report, à 2021, du développement du solaire thermique (CSP).

La consistance du programme en énergie renouvelables à réaliser pour les besoins du marché national sur la période 2015-2030 est de 22 000 MW, dont plus de 4500 MW seront réalisés d'ici 2020.

La répartition de ce programme par filière technologique, se présente comme suit :

Solaire Photovoltaïque : 13 575 MW

Eolien : 5010 MW

Solaire thermique : 2000 MW

Biomasse : 1 000 MW

Cogénération : 400 MW

Géothermie : 15 MW

La réalisation du programme permettra d'atteindre à l'horizon 2030 une part de renouvelables de près de 27% dans le bilan national de production d'électricité.

Le volume de gaz naturel épargné par les 22 000 MW en renouvelables, atteindra environ 300 milliards de m³, soit un volume équivalant à 8 fois la consommation nationale de l'année 2014.

Conformément à la réglementation en vigueur, la réalisation du programme est ouverte aux investisseurs du secteur public et privé nationaux et étrangers.

La mise en œuvre de ce programme bénéficie de l'apport substantiel et multiforme de l'Etat qui intervient notamment à travers le Fonds National des Energies Renouvelables et Cogénération (FNERC), alimenté par un prélèvement de 1% de la redevance pétrolière.

Un mécanisme d'encouragement basé sur les tarifs d'achat garantis est mis en place par la réglementation. Ainsi, le producteur d'énergie renouvelable bénéficie de tarifs d'achat qui sont garantis pour une durée de 20 ans pour les installations en Photovoltaïque et en éolien.

Les filières ne bénéficiant pas des tarifs d'achat garantis seront financées par le FNERC à hauteur de 50% à 90% du coût d'investissement selon la technologie et la filière retenues.

Les retombées de ce programme seront très significatives en termes de création d'emplois, d'industrialisation, de développement technologique et d'acquisition de savoir-faire, contribuant ainsi à la croissance et à la modernisation économique du pays ainsi qu'à la préservation de l'environnement.⁴

4.2. Politique d'Énergie renouvelable :

Les énergies renouvelables gagnent l'importance dans le mélange d'énergies de l'Algérie. Le plan Solaire de l'Algérie vise 40 %

⁴ GT : Giga tonne

satisfaisants de la demande locale avec EnR avant 2030. Les objectifs pour 2020 sont : 1500 MW CSP, 800 MW PV et 300 MW éoliens ; et pour 2030 : 7200 MW CSP, 2800 MW PV et 2000 MW éoliens. Malgré il ya un haut CSP visé, mais la phase de mise en œuvre initiale se concentrera sur les PV et l'éolien.

L'Algérie a aussi mis un objectif pour des exportations (2000 MW pour 2020 et 10000 MW pour 2030), soumis à la construction d'une interconnexion à l'UE. (CDER, 2015).

4.3. Étude Projet de Référence/ Exportation d'EnR Algérie–Europe :

Dii et Sonelgaz ont analysé les obstacles et les opportunités du développement des EnR en Algérie, en particulier l'exportation de l'électricité d'origine renouvelable de l'Algérie vers l'Europe. L'étude esquisse le cadre d'un modèle économique pour un projet d'un volume de 1 000 MW utilisant les technologies solaires (PV et CSP) et éoliennes, et incluant une part de 10% destinée à la couverture de la demande domestique.

L'étude démontre que l'électricité PV et éolienne serait compétitive dès aujourd'hui par rapport à celle produite dans les centrales à gaz algériennes au prix international du gaz. Les centrales CSP pourraient en outre proposer un modèle économique rentable car elles requièrent un soutien financier moins important que celui nécessaire à leur exploitation en Europe. (Bardolet, 2014)

4.3.1. Technologies :

Les projets CSP d'exportation à l'étude, prenant en compte les conditions de financement algériennes et se basant sur la technologie cylindro-parabolique 100% solaire avec de l'huile comme fluide caloporteur et une capacité de stockage thermique de 8h, atteignent un LCOE (coût moyen actualisé de l'énergie – Levelized Cost of Electricity) de 23-24 ct€/kWh. Les perspectives prometteuses d'évolution des technologies CSP peuvent réduire le LCOE jusqu'à 40% d'ici 2020 ; il reste toutefois des défis techniques et commerciaux à relever qui requièrent des mécanismes de soutien adéquats.

Compte tenu des conditions favorables de vent sur les sites sélectionnés et dans l'hypothèse de conditions de financement local favorables, il est possible d'obtenir un LCOE pour l'électricité d'origine éolienne se situant entre 6,5 ct€/kWh et 8,5 ct€/kWh. En incluant les coûts de transport (LCOT) associés à l'exportation vers l'Italie via une ligne HTCC, les coûts de l'électricité d'origine éolienne depuis l'Algérie peuvent atteindre jusqu'à 9-10 ct€/kWh.

Un LCOE de l'ordre de 8,5-10,5ct€/kWh peut être réalisé sur les sites PV sélectionnés si l'on se base sur les standards internationaux des coûts des installations PV. En incluant les coûts de transport associés à l'exportation vers l'Italie via une ligne HTCC, les coûts de l'électricité d'origine PV depuis l'Algérie peuvent atteindre jusqu'à 11-12,5ct€/kWh. (Dii,Sonelgaz,2015)

4.3.2. Réseau de transport / Interconnexions :

L'Algérie connaîtra une forte augmentation de sa demande d'énergie ; avec un taux de croissance prévu de 7-9% jusqu'à 2020. La structure de la demande algérienne se caractérise l'été par des pics de consommation le soir et en milieu de journée.

Une analyse fondée sur les flux de charge statique du réseau algérien montre que le réseau algérien tel que planifié pour 2020 est suffisant pour accueillir la production des centrales conventionnelles et celle des centrales d'EnR d'une capacité de 2 300 MW (déjà incluses dans les plans actuels algériens) pour faire face à la future demande algérienne.

Les plans actuels de renforcement du réseau algérien étant aujourd'hui déjà très ambitieux, il serait possible d'y injecter des volumes d'électricité d'origine renouvelable supplémentaires destinés à l'exportation, sans pour autant s'engager dans des projets majeurs d'extension du réseau.

4.3.3. Opportunités d'exportation :

En termes de prix du marché, les exportations depuis l'Algérie vers l'Italie sont actuellement plus attrayantes que les exportations vers l'Espagne. Le prix de gros espagnol se traduirait par des revenus conventionnels d'environ 55 €/MWh pour les centrales du Projet de

Référence à l'étude, alors que sur le marché italien, ils seraient d'environ 80 €/MWh.

L'analyse des écarts financiers pour le projet d'exportation à l'étude montrent que les centrales éoliennes en Algérie peuvent être compétitives aux prix du marché de gros en Italie.

Les projets PV auront besoin d'une faible subvention de 1,5 à 2,5 ct€/kWh en plus du prix de gros italien. Cette subvention pourrait devenir obsolète devant la réduction progressive des coûts de la technologie PV.

Les projets CSP d'exportation depuis Algérie requièrent une prime de 16-17 ct€/kWh en plus du prix de gros italien. D'ici 2020, les coûts des systèmes CSP devraient diminuer de façon significative. Cela pourrait réduire la prime requise à moins de 5 ct€/kWh.

4.3.4. Couverture de la demande domestique :

En ce qui concerne la couverture de la demande domestique, les installations éoliennes et PV pourraient être compétitives dès aujourd'hui. Avec un LCOE de 6,5-8 ct€/kWh pour les centrales éoliennes et de 8,5-10,5 ct€/kWh pour les installations PV, le coût de production marginal global en Algérie peut être considérablement réduit en intégrant les centrales éoliennes et PV au système et en économisant ou vendant le gaz ainsi substitué au prix internationaux du marché. Dans les meilleurs sites, l'excédent dégagé s'élève à environ 3,5 ct€/kWh pour l'éolien et 1,5 ct€/kWh pour le PV ; ces montants s'ajoute aux marges de profit calculées pour les propriétaires des centrales et les prêteurs.

4.3.5. Effets socio-économiques et environnementaux :

Les effets sur l'emploi du Projet de Référence seront significatifs, même dans l'hypothèse d'une fabrication locale moins importante durant les premières phases. En effet, pour un projet de 1 GW installé d'ici 2015, jusqu'à 6 000 emplois pourraient être créés dans la fabrication des composants et la construction des centrales et environ 850 emplois dans l'exploitation et la maintenance.

Exporter une électricité d'origine renouvelable en provenance de l'Algérie permettrait des économies considérables de combustible fossile et d'émissions de CO₂.

Le programme national de développement des énergies nouvelles et renouvelables et de l'efficacité énergétique pour la période 2011-2030 a été adopté par le Gouvernement en date du 3 février 2011.

L'Algérie ambitionne de produire 40% de son électricité à l'horizon 2030 à partir des énergies renouvelables et également de se positionner comme fournisseur majeur d'électricité verte en direction du marché européen en se fixant un objectif d'exportation de 10 000 MW en partenariat à la même échéance.

Ce programme constituera aussi le vecteur de développement d'une industrie nationale des énergies renouvelables qui s'appuiera sur les compétences existantes en mettant en valeur l'effort de recherche et de développement dans les différents domaines liés à ces industries.

Les principaux éléments de ce programme sont décrits ci-après :

4.4. Le fondement de la démarche :

La satisfaction des besoins énergétiques du pays est basée actuellement sur les hydrocarbures, notamment le gaz naturel qui est la principale source d'énergie utilisée; il n'est fait appel aux autres formes d'énergie que lorsque le gaz ne peut pas être mis à contribution.

Cette orientation de notre modèle de consommation énergétique est confortée par le fait que le gaz naturel se place comme l'énergie la moins chère pour le consommateur.

A long terme, la reconduction du modèle de consommation énergétique actuel rendra problématique l'équilibre offre-demande pour cette source d'énergie.

A titre d'illustration, les niveaux de nos besoins en gaz naturel se situeraient aux horizons 2020 et 2030 respectivement à 45 milliards de m³ et 55 milliards de m³. A ces besoins du marché national s'ajouteraient les volumes à exporter nécessaires pour le financement de l'économie nationale.

Aux mêmes horizons, la consommation d'électricité devrait se situer entre 75 à 80 TWh en 2020 et entre 130 et 150 TWh en 2030.

Ces considérations dictent la nécessité d'intégrer dès aujourd'hui les énergies renouvelables dans la stratégie d'offre énergétique à long terme, tout en accordant un rôle important aux économies d'énergies.

4.5. Le programme des énergies renouvelables :

Le potentiel national en énergies renouvelables est fortement dominé par le solaire, parce que les potentiels en éolien, en biomasse et en géothermie, comparés à celui du solaire, sont beaucoup moins importants, alors que le potentiel hydroélectrique est très faible.

Les coûts des filières d'énergies renouvelables, bien qu'élevés actuellement, par rapport à la filière classique (en dehors de celle de l'éolien qui est déjà compétitive) devraient chuter sensiblement au cours des 20 prochaines années.

Pour la production d'électricité d'origine renouvelable, l'objectif global du programme consiste dans l'installation de 22 000 MW à l'horizon 2030, dont 10 000 MW pourraient être dédiés à l'exportation.

La part du programme d'énergies renouvelables destinée à l'exportation sera mise en œuvre en partenariat si l'accès au marché européen est garanti. Et en ce qui concerne le marché national, la concrétisation de l'objectif affiché permettra, à l'horizon 2030, à l'électricité d'origine renouvelable de représenter 40% de la production nationale d'électricité.

Le déploiement du programme de production de l'électricité renouvelable (12 000 MW), dédié au marché national, sera mené en trois étapes, à savoir :

- L'étape 2011-2013 : réalisation de projets pilotes pour tester les différentes technologies disponibles ;
- L'étape 2014-2015 : début du déploiement du programme ;
- L'étape 2016-2020 : déploiement à grande échelle.

La mise en œuvre de ce programme exige un apport financier de l'Etat pour la compensation des surcoûts induits par l'introduction des énergies renouvelables.

Ces surcoûts, dépendent des niveaux de prix du gaz naturel à considérer pour le marché national (CREG, 2011).

En dehors des projets inscrits dans le programme des énergies renouvelables, l'intervention des autres opérateurs privés ou publics dans le développement des énergies renouvelables sera favorisée.

L'Etat accordera les aides nécessaires dans des conditions qui seront définies par la réglementation à mettre en place dans ce sens.

Les pouvoirs publics, qui comptent ramener le taux de participation des énergies renouvelables à 5% en 2015, ont initié un programme d'alimentation en énergie électrique produite par le photovoltaïque solaire de 1000 foyers du Sud, situés dans des zones presque inaccessibles. le cas de 18 villages isolés de Tindouf, Adrar, Tamanrasset et Illizi.

Un premier centre de production d'électricité à base de photovoltaïque solaire a été initié à Tamanrasset en juillet 1998, à Moulay Lahcène. Une installation, entrée en service en septembre 2000, est située à Tin Tarabin et In Blel 1.

Avec l'augmentation des besoins, on compte même hybrider les centrales diesel, soit avec l'éolien ou le solaire, dont la nouvelle technologie des concentrateurs solaires de puissance, pour pallier les insuffisances (Bouterfa, Guezzane, 2006). Les microcentrales existantes sont alimentées par du fuel transporté par camions, faisant, à titre d'exemple pour la région de Tindouf, 35 rotations mensuelles pour des trajets de 2000 km environ.

Dans le domaine de l'électrification rurale en début des années 2000, 26 000 foyers (sur 270 000 répartis sur 6300 centres qui ne bénéficient pas encore de l'énergie électrique) ne pourront être électrifiés ni par réseau ni par diesel.

C'est sur la base de ce constat qu'un programme a été initié par les pouvoirs publics pour trouver des solutions alternatives, mais

concrètes et réalisables, en tablant sur le raccordement de 500 foyers par an.

5. Scenario et perspectives d'intégration d'énergie de source renouvelables en Algérie

Deux scénarios d'intégration de production de source renouvelables qui intègrent les données pertinentes de la politique énergétique sont considérés (CREG, 2010); le premier prévoit l'introduction de 8% de la production à l'horizon 2020 alors que le second limite le niveau à seulement 6%.

Les capacités à investir dans ces filières sont données ci-après.

5.1. Introduction de 8 % de la production en énergie renouvelable en 2020 :

Ce scénario considère une introduction de 8 % de la production en énergie renouvelable en 2020, et ce à partir de 2015 comme suit : 6 % en solaire CSP, 1,8 % en photovoltaïque et le reste 0,2 % en éolien.

Il en résulte une capacité d'énergie renouvelable de 1675 MW en 2019, à installer à partir de 2015 à raison de 335 MW/an (240 MW en CSP, 70 MW en PV et 25 MW en éolien).

Le gain cumulé en consommation de gaz naturel en 2019 serait de 3,6 milliards de M³.

5.2. Introduction de la production en ENR à l'horizon 2020 :

Ce scénario considère une introduction de 6 % de la production en énergie renouvelable à l'horizon 2020 et ce à partir de 2015 comme suit : 4 % en solaire CSP, 1,3 % en photovoltaïque et le reste 0,7 % en éolien.

Il en résulte une capacité de 1180 MW à l'horizon 2019, à installer à partir de 2015, à raison de 235 MW/an (16 MW en CSP, 50 MW en PV et 25 MW en éolien).

Le gain cumulé en consommation de gaz naturel en 2019 serait de 2,4 milliards de M³.

5.3. Production de l'électricité renouvelable :

Sur la base du nouveau programme des énergies renouvelables adopté par le gouvernement, il est prévu la réalisation d'une capacité de 9 043 MW, répartie comme suit : (Sonelgaz,2015)

- Photovoltaïque : 5 443 MW sur la période 2016-2025.
- Eolien : 2 600 MW sur la période 2017-2025.
- CSP : 1 000 MW sur la période 2021- 2025.

5.4. Programme de l'efficacité énergétique :

L'objectif du programme de l'efficacité énergétique consiste à réduire graduellement la consommation. Sa mise en œuvre générerait une économie d'énergie cumulée de l'ordre de 90 millions de tep, dont 60 millions sur la période 2015-2030 et 30 millions de tep, au-delà de 2030, pour la période correspondant à la durée de vie des équipements utilisés et des constructions réalisées. Ainsi, Il permettrait pour l'année 2030 de réduire la demande en énergie d'environ 10%.

Ce programme consiste, principalement, en la réalisation des actions suivantes : (Sonelegaz, 2015)

- l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments ;
- le développement du chauffe-eau solaire ;
- la généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation ;
- la substitution de la totalité du parc de lampes à mercure par des lampes à sodium ;
- la promotion du GPL/C et du GN/C;
- la promotion de la cogénération ;
- la conversion au cycle combiné des centrales électriques quand cela est possible ;
- la réalisation de projets de climatisation au solaire ;
- la génération d'électricité à partir des déchets ménagers.

Conclusion :

L'industrie de l'électricité dans le monde entier a signalé la sonnette d'alarme, concernant la pénurie des sources d'une part, et la pollution des sources d'autre part. Ce qui incite les gouvernements à introduire les énergies renouvelables c'est pour réduire les taux de pollution dans l'atmosphère, et trancher dans un créneau bien clair concernant l'exploitation d'une source renouvelable dans la production de l'électricité, mais le problème que ces différentes sources renouvelables sont pas à l'opportunités de quelque pays, comme le cas de l'énergie solaire ou nous trouvons des pays qui réclament le manque d'ensoleillement dans leurs territoires, le même cas pour l'éolien ou certains pays souffrent de manque des courants d'airs et le même cas pour l'hydraulique.

Tous ces problèmes de l'énergie renouvelable ont poussés les états de se lancer dans des programmes d'intégration et coopération énergétique, comme le cas de l'Algérie, un grand projet sera lancé en coopération avec l'union européenne « désertec ».

Mais malgré l'opportunité et la faisabilité de ce projet, les services de l'énergie en commencés dans le lancement d'un programme d'hybridation des différentes stations anciennes avec l'énergie solaire, éolienne et marine, et l'installation des autres centrales renouvelables a proximité des anciennes centrales à cycles combinées, turbine à gaz , diesel, centrales thermiques à vapeur et à gaz, le temps ou cette technique se lancera à l'image des stations isolées purement fonctionnent avec des sources renouvelables.

Le gain cumulé en consommation de gaz naturel serait entre 2,4 milliards de M³ et 3,6 milliards de M³, ces volumes vont réanimer la balance commerciale gazière d'ici 2019.

L'Algérie a besoin d'investir jusqu'à 120 milliards de dollars (85 milliards d'euros) dans les énergies renouvelables d'ici 2030. Et envisage de devenir leader en énergie verte et prévoit d'installer 22 000 MW de puissance d'origine renouvelable entre 2011 et 2030.

Le lancement des projets de l'énergie renouvelables va atteindre aussi des meilleurs taux d'efficacité énergétique sur place dans les centrales et surtout dans les villages isolés en frontières ou l'approvisionnement électrique provient des pays voisins maghrébins

ou par des stations diesel ou à gaz alimentés par les camions faisant des longs trajets.

Les pays de la région MENA, à l'aide de Dii et en coopération avec des entreprises, développeront petit à petit des projets de production et de distribution d'énergies renouvelables : une part importante (jusqu'à 100%) des besoins en électricité de la région MENA et jusqu'à 15% des besoins européens seront couverts par l'électricité produite dans les déserts. Les énergies renouvelables représentent la clé du succès pour le développement économique de la région MENA. L'utilisation de ressources durables contribue non seulement au développement d'industries locales, à la création d'emplois et au transfert de connaissances, mais également à la sécurité énergétique et à plus d'indépendance vis-à-vis des énergies fossiles.

Références Bibliographiques

Appleby P, (2011). «Les faits derrière les chiffres, Rétrospective BP de la situation énergétique mondiale», juin 2011, p:09.

Bardolet M, (2014). «Regulatory Overview Algeria», Desertec Industrial Initiative DII, Mai 2014.

Bouterfa N & GUEZZANE S, (2006). «Bulletin des énergies renouvelables (CDER)», Semestriel N°10 Décembre 2006, p:28.

British petroleum, (2011). «BP Energy Outlook 2030», London, January 2011, pp:17-19.

CDER, (2011). «Mise en exploitation de la première centrale hybride en Algérie», document pdf en ligne disponible sur site:<http://portail.cder.dz/spip.php? article1399>, Date de mise en ligne : samedi 25 juin 2011, p:02.

CDER, (2015). «Nouveau programme national de développement des énergies renouvelables (2015 - 2030) », document disponible sur site: <http://portail.cder.dz/spip.php? article4446>, Date de mise en ligne le 24 février 2015.

- CREG, (2010).** «Programme indicatif des besoins en moyens de production d'électricité 2010-2019». Commission de régulation de l'électricité et du gaz, Rapport 2010, p:23.
- CREG, (2011).** «La lettre de la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz». *Revue Equilibres N°12/Mars 2011*, pp:08-09.
- DII, SONELGAZ, (2014).** «Exportation d'EnR Algérie – Europe». Étude Projet de Référence, Aout 2014, p:01.
- EDF, (2011).** «*La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde*». Collection chiffres et statistiques, Treizième inventaire Édition 2011, Observatoire des énergies renouvelables/Electricité de France, pp: 06-248.
- International Energy Agency, (2010).** «Energy technology perspectives 2010, Scenarios & Strategies to 2050, 2010».
- Sonelgaz, (2015).** «L'expérience des 20 villages du sud algérien», disponible sur site: [http://www.sonelgaz.dz/Energies renouvelables](http://www.sonelgaz.dz/Energies_renouvelables).
- Sonelgaz, (2015).** «Le programme d'efficacité énergétique», disponible sur site: [http://www.sonelgaz.dz/Energies renouvelables](http://www.sonelgaz.dz/Energies_renouvelables).
- Sonelgaz, (2015).** «Synthèse des plans de développement des sociétés de groupe sonelgaz 2015-2025, News lettre de presse N°34.Edition électronique juin 2015, p:07.
- Yassa N, (2014).** «Directeur de l'EPST CDER». E-newsletter des Energies Renouvelables,numéro 203, décembre 2014.