

Analyse des Aspects techno-économiques et Règlementaires Impactant le Développement des EnRs en Algérie

Auteur : Pr. Mhamed Hammoudi

Organisme : Cluster Energie Solaire Algérie / USTHB

Fonction : Président du Conseil d'Administration du Cluster Energie Solaire Algérie

Email : m.hammoudi@clustersolaire-algeria.com

Mots clés : potentiel solaire, potentiel éolien, LCOE, Mix Energétique

1. Problématique :

L'Algérie est un acteur énergétique régional important, à travers ses exportations pétrolières et gazières, qui occupent plus de 90 % de ses recettes. L'étendue de l'Algérie et sa démographie croissante (+ 1 Mhab/an) en font l'un des pays à forte taux de croissances de consommation électrique moyenne de 7.4 % et avoisinant certaines années 11.8%. Présentement, le mix énergétique électrique est à prédominance gazière l'impliquant à plus de 98%. Ainsi, la quantité de gaz consommée localement dépasse 46% de sa production soit plus de 47 Milliards de m³/an en 2019, avec une croissance annuelle moyenne autour de 4%. Recourir au EnRs devient donc une nécessité, afin de freiner la consommation locale de gaz, décarboner le mix et préserver plus de quantités à l'export ou à l'industrie créatrice de richesse, compte tenu du potentiel extraordinaire en EnRs dont dispose l'Algérie.

Les choix technologiques permettant d'identifier les composants des mix énergétiques reposent essentiellement sur deux aspects majeurs : la disponibilité du carburant/potentiel et le cout de production actualisé par rapport à cette technologie LCOE.

Les baisses de couts des systèmes photovoltaïques et éoliens les dix dernières années respectivement 90% et 70%, ont permis d'atteindre la parité avec le gaz aux USA, dès 2015 et ne cesses de baisser par rapport à ce dernier. Une réglementation favorable et des conditions d'implantations des systèmes EnRs optimales et attractifs permettraient d'atteindre la parité en Algérie. Mais les différents couaques réglementaires et leur volatilité ont freiné considérablement le développement des EnRs en Algérie. Avec un bilan des installations n'excédant pas 380 MW, cette capacité demeure très inférieure aux objectifs tracés par les différents PNDER et impacte défavorablement un mix décarboné qui permettrait de rediriger les quantités de gaz préservés vers l'export. En incluant d'autres applicatifs des EnRs dans les secteurs de l'Agriculture, l'Elevage, l'Hydrogène vert, le P2X, ou bien l'Efficacité Energétique, l'Eclairage publics, le résidentiel, ou l'autoconsommation industriel et le tertiaire cela permettrait d'installer plus de capacités utiles. Ce qui permettra une transition énergétique effective, aidant la croissance économique, soutenue par les pouvoirs publics (MTEER) et répondant aux besoins de développement des différents secteurs socio-économiques privés et publics.

2. Estimation du Potentiel EnRs en Algérie



Fig1 : Potentiel EnRs Algérien comparé à la consommation électrique mondiale en 2020 (M. Hammoudi)

Le graphique montre clairement le potentiel gigantesque de l'Algérie dans les différentes sources renouvelables, solaire photovoltaïque, solaire thermique et éolien onshore.

Les études menées par l'équipe du Pr. Hammoudi ont montré sur la base d'un maillage de 4385 Nœuds sur l'ensemble du territoire national, un potentiel de 242 327 TWh/an qui correspond à lui seul à 9.3 fois la consommation électrique mondiale actuelle située autour de 26 000 TWh/an. Basé sur le même maillage mais sur 10 hauteurs de mats, le potentiel éolien estimé par cette même équipe entre 5 000 et 12 940 TWh/an selon le type de machine et hauteur du mat utilisé. La DLR donne un potentiel DNI utilisable par les CSP a 169 880 TWh/an. Il est à noter que l'électricité produite en Algérie en 2020 n'excède pas les 80 TWh.

3. Estimation du LCOE

La formulation du LCOE repose sur des aspects technologiques, faisant intervenir la production de l'énergie, la dégradation des dispositifs de production et du potentiel présent alors que les aspects financiers et de microéconomique (WAAC) et macroéconomique (Taux d'actualisation) peuvent influencer fortement ces paramètres. Le recours aux technologies non polluantes peut générer des réductions intéressantes pour les coûts de production de l'électricité.

Comment l'identification du potentiel EnRs et le LCOE peuvent influencer les choix technologiques et permettre aux pouvoirs publics de proposer un futur mix EnRs en Algérie.

Il est clair qu'une partie du futur mix énergétique Algérien contiendrait une source conventionnelle (gaz), voire nucléaire (15-20 ans), mais aussi une part de plus en plus importante en EnRs, avec une diversification de celle-ci compte tenu du potentiel existant.

Selon Lazard, les coûts actualisés de l'Énergie en 2021 aux USA selon les différentes technologies avec ou sans tenir compte de la taxe carbone est donnée comme suit :

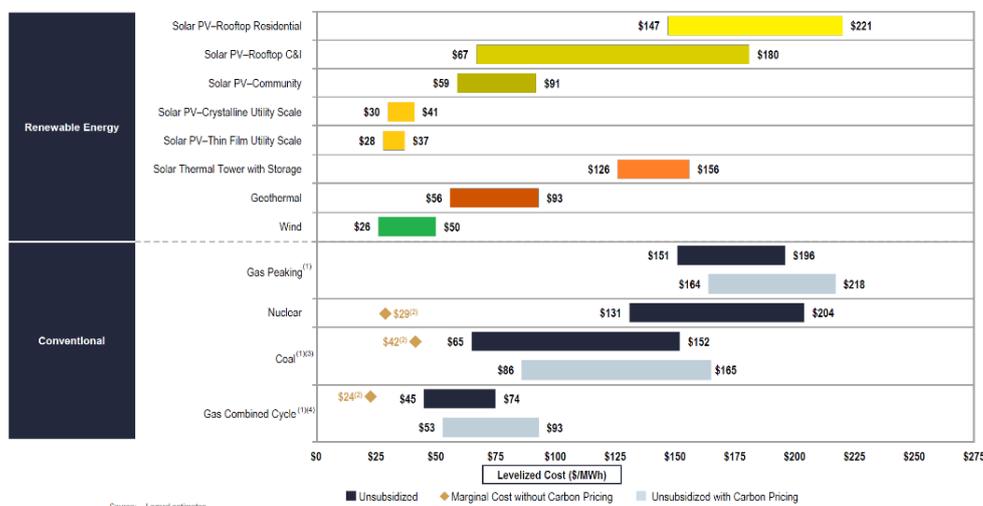


Fig 2 : Coûts Actualisés de l'électricité (LCOE) pour différentes technologies (Lazard 2021)

Il apparaît clairement que le LCOE à partir du PV cristallin est entre 3.8 et 4.5 fois moins coûteux que celui du solaire thermique avec des rapports de capex entre 7.5 et 9.5, rendant le PV avec ces baisses de coûts de (9.75%/an) plus compétitif. Le LCOE issu de l'éolien onshore est du même ordre que le PV, avec une réduction annuelle moyenne du LCOE de l'ordre de 7.6%/an.

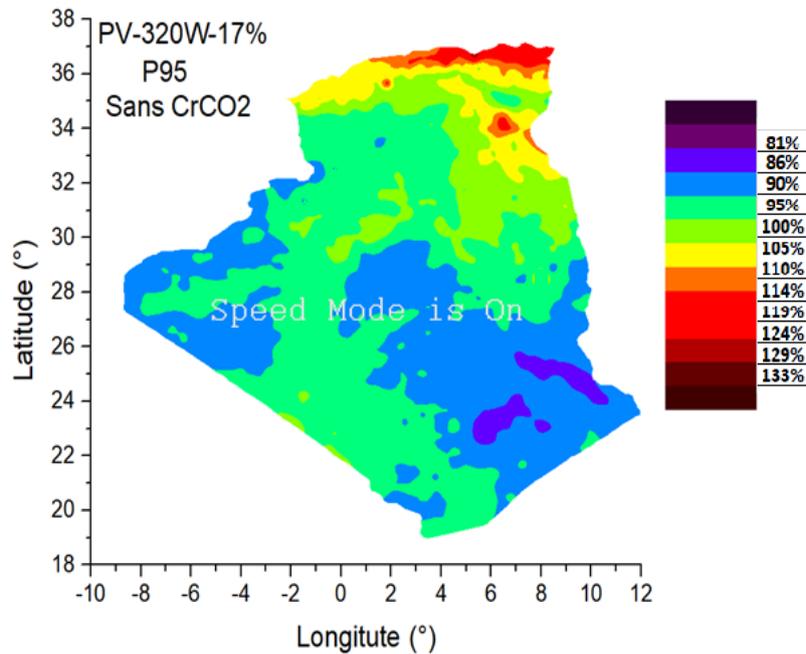


Fig3 : Evolution du LCOE Relatif en Algérie (M.Hammoudi)

La figure 3, montre l'évolution géographique du LCOE Relatif à une probabilité de prépondérance P95. Il est clair que les zones nord est ont des couts de production d'énergie PV plus important, alors que les régions du Sud-ouest et de l'extrême sud, présentent des LCOE les plus bas en Algérie. le crédit carbone n'a pas été pris en compte.

Il est à noter que dans cette simulation, la durée du projet est de 20 ans, le taux d'actualisation est de 10%, l'equity est de 30%, la durée du crédit est de 7 ans avec des taux de 4.5%.

4. Analyse des mix EnRs passés : impact de la méconnaissance de la diversité des potentiels et des politiques de coopérations

Depuis 2004, la réglementation Algérienne a prévu une place importante pour les EnRs et l'EE dans les futurs mixés énergétique, quant à l'application et à la concrétisation, il aura fallu attendre sa première mouture présentée en 2011, à travers le PNDER (Plan National de Développement des EnRs), qui stipulait : Une capacité en puissance installée de 12 000 MW, dont 8 200 MW en solaire thermique, 2 800 MW en solaire photovoltaïque décentralisé et 1 000 MW en éolien. Le plan algérien prévoit également de dédier une capacité de 10 000 MW à l'exportation, sous condition de financements et de garanties extérieurs. La part du solaire thermique était de plus de 68%, du photovoltaïque 33% et plus 8% en éolien. Il est clair que ce mix EnRs basé majoritairement sur le solaire thermique au 2/3 ne tenait pas compte des différents potentiels renouvelables présents en Algérie ainsi que des baisses de couts considérables constatés d'une part dans le photovoltaïque (-7.5 %/an) et d'autre part dans l'éolien (-6%/an).

Une seconde mouture du PNDER, fut présenté en 2015, où les pouvoirs publics ont su équilibrer la répartition du mix EnRs en y incluant un Fit (Feed-in tariff) très intéressant (+40% par rapport aux Allemands et +27% par rapport à celui des Français). Le mix EnRs totalisait 22 000 MW en se basant majoritairement sur le solaire photovoltaïque qui est une technologie mature et en plein expansion planétaire, l'Algérie a pris l'engagement d'installer 13 575 MW en s'appuyant sur son immense potentiel estimé a : 242 327 TWh/an qui correspond à lui seul à 9.3 fois la consommation électrique mondiale actuelle située autour de 26 000 TWh/an. En diversifiant ses installations EnR vers l'éolien assurant une capacité de 5 010 MW, l'Algérie pourrait profiter pleinement de son potentiel éolien estimé entre 5 000 et 12 940 TWh/an selon le type de machine et hauteur du mat. Recourir à la technologie CSP, à partir de 2020, afin d'installer une capacité globale de 2 000 MW a été salué par les spécialiste qui estime que ses couts d'installations, trois fois plus cher que celle des PV, ne justifiait pas l'urgence de son

utilisation, même si nous disposions d'un potentiel autour de 169 880 TWh/an selon la DLR. Cette approche permettrait d'attendre une baisse des coûts en Capex et Opex à la suite d'une maturité du marché mondial de cette technologie, comme ce fut le cas pour la technologie PV. Valoriser les déchets à travers l'installation de 1000 MW et recourir à la cogénération avec une capacité globale de 400 MW a montré que les autorités publiques ont pris conscience de la nécessité de recourir à l'efficacité énergétique pour pérenniser l'approvisionnement de l'ensemble du territoire national. Recourir aux énergies renouvelables pour permettre d'une part de préserver plus de quantité de gaz à l'export et conforter la place de l'Algérie sur les marchés énergétiques et d'autre part pérenniser sa consommation nationale demeure un choix idéal, mais aussi un défi à relever. A cela s'ajoutait le mécanisme du FIT, qui aurait pu à l'instar des autres pays du monde, amorcer puis développer l'utilisation des EnRs en Algérie, et porté d'une part par un programme public mais aussi à travers des projets bancaables en IPP. Le dispositif FIT a été gelé en 2017, au profit du mécanisme des enchères qui devenait de plus en plus prépondérant dans le monde et qui était basé sur un estimatif du LCOE, différent d'un pays à un autre. Cette nouvelle approche, souhaitée par les pouvoirs publics et qui nécessitait le recours à des projets de grandes capacités (4 050 MW), ne pouvait attirer que des grandes compagnies, laissant de côté les acteurs locaux n'ayant pas les fonds et les garanties nécessaires à des projets purement financiers. En 2017, sous l'impulsion des industriels locaux, a été créé le Cluster Energie Solaire Algérien, et qui regroupait par la suite aussi bien les industriels (PV, Structure, câblerie...), les entreprises actant dans le service (Développeur, EPC, Installateurs, Assureurs...), mais aussi universités, écoles et centres de recherches, permettant à ce dernier de devenir un défenseur du contenu local, mais aussi une force de propositions pour les différents acteurs publics, quand cela leur avait été permis.

Entre 2011 et 2018, les différents appels d'offres ont permis l'installation de 378 MW, dont 343 MW en centrales photovoltaïques réparti sur une vingtaine de sites pour le compte de la SKTM, 25 MW en CSP hybride et 10.2 MW en éolien à Adrar. Un bilan, pas très encourageant tenant compte des potentiels cités plus haut, démontrant encore une fois l'incapacité des entreprises publiques chargées par les pouvoirs publics de concrétiser les objectifs souhaités et promus par les hautes autorités de l'état.

L'appel d'offre lancé par la CREG, en est un exemple probant ; en 2019, la CREG a lancé un Appel d'Offre portant sur 150 MW/an, avec obligation de contenu local en service (Développeur, EPC, O&M) et en dispositifs (PV, Structure, Câblerie et chemins de câbles), et destiné aux Développeurs (IPP) pour la Production d'Energie. Seule 50 MW ont été satisfait compte tenu de la nature des contrats de réalisations et d'exploitation des sites, à ce jour aucune centrale n'a été construite...

En parallèle, SKTM forte de son expérience a lancé un appel d'offre National pour la réalisation en EPC, de centrales Hybrides dont la capacité totale serait de 50 MW/an, la quasi-totalité des projets ont été livrés par des acteurs locaux et partiellement par des dispositifs produits en Algérie.

Les différents couaques réglementaires et leur volatilité ont freiné considérablement le développement des EnRs en Algérie. Avec un bilan des installations n'excédant pas 380 MW, cette capacité demeure très inférieure aux objectifs tracés par les différents PNDER et impacte défavorablement un mix décarboné qui permettrait de rediriger les quantités de gaz préservés vers l'export.

La mise en place par les hautes autorités de l'état, d'un ministère de la transition énergétique et des énergies renouvelables (MTEER), en 2020, a donné aux différents acteurs locaux et internationaux un signal fort, montrant ainsi le caractère stratégique que revêtent les EnRs dans la transition énergétique. Les missions de cette nouvelle institution sont d'une part la mise en place d'un futur mix énergétique plus respectueux de l'environnement en visant une réduction de 7% des GES et qui pourrait être portée à 22%, et d'autre part identifier de nouvelles applications utilisatrices des EnRs en Algérie. Ces applications permettraient de réduire la consommation de gaz locale, au profit d'un programme mieux pensé et diversifiés et surtout mieux ciblé des EnRs. A ce titre, à partir de 2021, le MTEER a mis en place un programme ambitieux et diversifié, se basant sur la mise en place de 1000 MW par an, jusqu'à l'horizon 2035 en y incluant aussi bien le solaire photovoltaïque, l'éolien mais aussi la valorisation des déchets. En incluant l'hydrogène vert, comme vecteur énergétique, une solution pratique et économiquement viable a été proposée afin de résoudre d'une part les différences qu'il y a entre le profil de consommation et celui de la production, et d'autre part étendre les applications des EnRs aux secteurs du transport de façon plus efficace et de l'Industrie. L'Hydrogène vert, permettrait une meilleure

diversification de nos produits énergétiques à travers le Power to X (P2X), qui lui se charge de décarboner de façon plus efficaces plusieurs secteurs de l'industrie comme la Métallurgie, l'Agriculture et le transport Aéronautique ou Spatial. La production de masse de l'Hydrogène vert / Power to X permettrait à l'Algérie de devenir leader régional pour un marché de près de 700 milliards US\$/an. Le recours à des solutions hybrides, PV, éolien et conventionnels, permettrait de décarboner le secteur de l'Agriculture, de réduire leurs couts énergétiques a plus de 35% et réduirait fortement le recours au gasoil mais aussi d'étendre les périmètres agricoles stratégiques, comme le veut la nouvelle équipe du MTEER. L'application des EnRs dans un secteur stratégique qu'est l'Agriculture en ayant recours à des systèmes d'énergie hybride (SEH) permettrait tout en augmentant les périmètres agricoles de grandes surfaces au sud du pays.

Il est à signaler, que le manque de visibilité dans les différents programmes annoncés par les différents organismes en charge du PNDER, a impacté défavorablement le tissu industriel local, en mettant en péril leurs investissements non amortis par les différents programmes non concrétisés et rendant technologiquement obsolète les lignes de productions de Panneaux Photovoltaïques, mises en place depuis 2017. Une meilleure coopération entre les différents acteurs ; pouvoir publics et intervenants locaux, comme le Cluster Energie Solaire, le CAPC ou la CGEA, permettrait d'avoir une plus grande visibilité sur les programmes EnRs afin d'offrir plus de contenu local et surtout permettre une extension de leur activité à l'échelle régionale ou continentale.

5 Le Futur Mix EnR

L'analyse des potentiels des sources renouvelables solaire et éolienne dont dispose l'Algérie corrélés aux facteurs de capacités inhérents à chaque technologie donne respectivement $CF=28\%$ et $CF=35\%-45\%$. Cette différence dans les facteurs de capacités, induit un rapport de 1.5 entre les puissances éoliennes et les puissances solaires, afin d'optimiser leur potentiel. Cette approche nous permet de proposer un mix EnR en fonction des quantités de gaz épargnées chaque année.

Si nous voulons sauvegarder 10 milliards m^3 /an de gaz, soit 231 Milliards de m^3 sur 25 ans et atteindre 20.7% en énergie renouvelable, il faudrait installer 5.88 GW en solaire photovoltaïque et 8.81 GW en éolien, nécessitant une surface totale de 27 720 hectares. Si nous doublons la quantité de gaz sauvée chaque année, la puissance totale des EnRs serait de 29.38 GW et permettrait de sauvegarder durant la même période près de 462 milliards de m^3 de gaz, permettrait de réduire la part du conventionnel à 58.6% et ne nécessiterait que 55 545 hectares de terrain.

6. Conclusion

Présentement, les dispositifs utilisant les énergies renouvelables, présentent de meilleurs couts en Capex et en Opex Fixe, ces dernières années induisant ainsi une baisse significative LCOE allant de plus de 90% en 10 ans pour le PV et de l'ordre de 70% pour de 'éolien à la même période. Ces réductions significatives ont permis le recours à ces technologies dans le monde entier alors que les potentiels ne sont pas aussi importants qu'en Algérie et qui sont estimés par nos travaux (éolien et solaire PV) à P50 (PV: 242 327 TWh/an, CSP: 169 880 TWh/an, Eol:12 940 TWh/an). De plus, ils deviennent de plus en plus compétitifs au regard d'autres technologies conventionnelles et ont permis d'atteindre la parité avec le gaz (CCGT) depuis 2015 aux USA.

Une réglementation favorable et des conditions d'implantations des systèmes EnRs optimales et attractifs permettraient d'atteindre la parité en Algérie. Mais les différents couaques réglementaires et leur volatilité ont freiné considérablement le développement des EnRs en Algérie. Avec un bilan des installations n'excédant pas 380 MW, cette capacité demeure très inférieure aux objectifs tracés par les différents PNDER et impacte défavorablement un mix décarboné qui permettrait de rediriger les quantités de gaz préservés vers l'export.

La parité (Gaz CCGT/EnR) pourrait être atteinte en Algérie, en y intégrant un meilleur cadre réglementaire, plus de visibilité dans les programmes EnRs impliquant davantage de contenu local (CES, CAPC, CGEA), et un écosystème plus efficient. Cela serait possible en incluant d'autres applicatifs (Agriculture, Elevage, Hydrogène vert, P2X, Efficacité Energétique, Eclairage publics et résidentiel, Autoconsommation Industriel et Tertiaire) permettant une transition énergétique efficace,

soutenue par les pouvoirs publics (MTEER) et en horizontale impliquant les différents secteurs socio-économiques privés et publics.

Cette approche devrait faire appel à de la compétence Algérienne permettant de conduire les études technico-économiques nécessaires pour établir une vision à court-moyen et à long terme, en faisant appel à des études de la prospectives stratégiques pour bâtir un modèle énergétique efficient tenant compte de la spécificité, des objectifs socio-économiques de l'Algérie.

Cela permettrait à l'Algérie d'effectuer une diversification de ses produits à l'export tout en préservant sa sécurité énergétique, hydrique et alimentaire pour les générations avenir.