



L'efficacité Technique d'une Centrale de Production d'Electricité à partir des Panneaux solaires(En utilisant la Méthode Data Enveloppement Analyse DEA) (CAS Laghouat/ ALGERIE.) (Prix, Cout et Production)

The technical efficiency of clean electricity producing plants with solar panels (using the Data Envelopment Analysis DEA method) (CASE Laghouat / ALGERIA.) (Price , Cost and Product)

TIMMAOUI Abdelmadjid ¹ , BESSAOUD Manel meriem ²

1 Université de Ghardāia, e-mail : timaoui_08@yahoo.fr,

2Université de Ghardāia, e-mail : manasid2015@gmail.com,

Reçu le: 30/01/2020

Accepté le: 16/04/2021

Résumé :

L'objectif de cet article est d'étudier et analyser l'efficacité technique des exploitations de production de l'électricité à partir des panneaux solaires photovoltaïques monocristallins et polycristallins au niveau de la wilaya de Laghouat et d'identifier leurs marges de manœuvre voir leurs rentabilité afin d'améliorer l'utilisation de ces ressources énergétiques. Ce papier applique la méthode d'analyse des données (Data Envelopment Analysis, DEA) qui se propose de traiter les données relatives aux ressources énergétiques et détecter ces déterminants de l'efficacité relevant des pratiques énergétiques.

L'étude a été réalisée sur une centrale de Laghouat à l'énergie solaire afin de déterminer la différence d'efficacité technique de la production d'énergie en fonction du type de panneaux selon le programme Frontière 4.1 qui calcule les valeurs moyennes des valeurs effectives de Y Y1 et de Y2 sur la base desquelles sont discutés les résultats qui justifient le choix opté par la centrale dans la production de l'énergies renouvelables à l'Etat de Laghouat (Algérie).

Mots clés : Efficacité Technique, Ressources Energétiques, Production Electricité, Méthode DEA.

Abstract

The aim of this article is to study and analyze the technical efficiency and profitability of electricity production from monocrystalline and polycrystalline photovoltaic solar panels in the wilaya of Laghouat. The Data Envelopment Analysis (DEA) method is applied.

The study was carried out on a solar energy power plant in Laghouat in order to determine the difference in technical efficiency of energy production according to the type of panel. The Frontier 4.1 software is used to calculate the average values of the effective values of Y Y1 and Y2. The results are then discussed, as well as the choice made by the power plant in the production of solar energy in the wilaya of Laghouat (Algeria).

KEYWORDS: Technical Efficiency, Energy Resources, Electricity Production, DEA Method

1.- Introduction

Le défi énergétique Dans ce troisième millénaire est l'un des trois défis de l'humanité devant celui de l'eau et des ressources alimentaires. Ces défis sont corrélés au développement économique et à la croissance démographique.

Actuellement tous les écologistes et les spécialistes s'accordent sur le fait que l'utilisation des énergies fossiles engendre un déséquilibre de notre écosystème en émettant des gaz polluants, qui provoquent des menaces sur la planète et sur l'humanité même ; à cet effet tout développement doit se faire en respectant le triptyque : Energie-Environnement-Développement ,l'objectif est de concilier les besoins en énergie, en respectant la protection de l'environnement et le développement. Les énergies renouvelables (soleil, vent, eau, biomasse) sont des sources naturelles qui se renouvelle assez rapidement ce qu'il les rend des modes de production dont le stock est illimité, on les nomme généralement des énergies amis de la nature (propres, verts), et peu ou pas polluantes que les carburants fossile (Bouguettaia H. Et Bouchekima B. ;2013).

L'Algérie possède des ressources importantes en énergie fossiles et renouvelables, qui lui permettent d'être en bonne position pour profiter de la diversification de son bouquet énergétique et sortir de la dépendance de ses hydrocarbures en développant toutes formes d'énergies renouvelables et les investir (Ali.Hennachi M.; 2015).

La politique énergétique algérienne en matière de renouvelable décidée par le pouvoir public à travers son cadre législatif et réglementaire ne fait que booster l'émergence des énergies renouvelables qui est impératif pour un pays qui dispose d'un climat favorable pour le développement et l'expansion de ce secteur (énergies renouvelables).

L'Algérie dispose un potentiel énergétique très important au niveau mondial, surtout dans le grand sud commençant par ses portails Laghouat et Ghardaia dont le lancement de son programme ambitieux de développement des énergies renouvelables.

Problématique :

Quelle est l'efficacité technique de la production électrique à partir des exploitations des panneaux photovoltaïque à la wilaya de Laghouat ?

Le défi d'améliorer sa productivité en examinant l'efficacité technique, en basant sur les intrants et les produits conventionnels de l'activité.

Pour atteindre l'objectif de cet article, on a analysé l'efficacité des exploitations en considérant: le type des panneaux photovoltaïque notamment les monocristallins et les polycristallins qui représentent la majorité de l'énergie renouvelables productives en métier 'électricité, en identifiant certains déterminants potentiels de l'efficacité qui relèvent ces pratiques énergétiques (ex. la superficie occupée, la formation des employés, etc.).

Pour cela, dans la première partie, nous exposons un aperçu des notions générales sur les énergies renouvelables en l'Algérie notamment le solaire et les panneaux polyvoltaïque aussi l'efficacité, choix méthodologique, les données utilisées pour mesurer l'efficacité technique de l'échantillon.

2.-Panorama de la situation énergétique en Algérie

Le gouvernement Algérien a décidé de lancer un avant projet de loi relative à la promotion des énergies renouvelables le 30 novembre 2003 dans le cadre du développement durable.

2.1.- La reforme Structurelle

La reforme Structurelle est impératif et urgente pour la reconfiguration du modèle énergétique Algérien afin de maîtriser son utilisation à bon escient réalisée à travers son cadre institutionnel déjà existant citant¹:

- ✓ La direction des énergies nouvelles et renouvelables (DENR) ;
- ✓ Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) ;

- ✓ Le centre de recherche et de développement d'électricité et du gaz (CREDEG) ;
- ✓ Le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) qui réalise des programmes importants dans le domaine du pompage de l'eau et de l'électrification par énergie solaire au profit des régions de la steppe ;
- ✓ New Energy Alegria (NEAL), une société par action ;
- ✓ Le centre de développement des énergies renouvelables (CDER) ;
- ✓ unité de développement de la technologie du silicium (UDTS);
- ✓ unité de développement des équipements solaires (UDES) une unité de recherche appliquée en énergie renouvelable Tipaza ;
- ✓ L'unité de recherche en énergie renouvelable dans les milieux sahariens dont (URAER) Ghardaia, et (URERMS) Adrar ;
- ✓ Le projet Algero-Japonnais (SSB Sahara Solar Breeder)
- ✓ production du Silicium à partir du sable du désert.

2.2.- Programme de développement des énergies renouvelables

Le potentiel national en énergies renouvelables étant dominé par le solaire, considère cette énergie comme une opportunité de développement économique et social, notamment à travers le lancement des nombreux projets et l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emploi².

Ce programme des énergies renouvelables prévoit l'installation d'une puissance totale d'environ : 650 MW en 2015, 2600MW en 2020, 6900MW en 2025 et 12000MW à l'horizon 2030.

Ces ambitieux projets d'énergies renouvelables seront menés en trois étapes³:

- 2011-2013 : réalisation des projets pilotes pour tester les différentes technologies disponibles ;

- 2014-2015 : début du déploiement du programme ;
- 2016-2030 : déploiement à grande échelle.

2.3.- Exploitation Energies renouvelables Lancées

Les programmes de développement des énergies renouvelables adoptés par le gouvernement Algériens en Février 2011, ainsi que le deuxième en Janvier 2015 exploitant les ressources énergétiques suivantes⁴:

PV (Photo-Voltaïque) :

Des projets solaires photovoltaïques ont été lancés d'une capacité totale d'environ 800 MWc en 2020. Autres projets seront lancés d'une capacité de 200 MWc De 2021 à 2030 par an.

CSP (Concentrating Solar Power) :

Centrale thermique à concentration d'une puissance totale de 150 MW chacune lancé en 2013 de s'ajoute à la centrale hybride de Hassi R'Mel d'une puissance de 150 MW, dont 25 MW en solaire qui est déjà fonctionnelle depuis 2011.

Quatre centrales thermiques d'une puissance totale d'environ 1200MW mises en service 2016-2020.

L'installation de 500MW par an jusqu'à 2023, puis 600MW par an jusqu'à 2030.

Eolienne :

L'installation de la première ferme éolienne d'une puissance de 10MW à Adrar.

Réalisation des deux fermes éoliennes de 20MW chacune devraient être réalisées.

le programme d'efficacité énergétique noté par⁵ :

- l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments, développement des chauffe-eaux solaire ;
- généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation, promotion du Gaz de pétrole ;
- liquéfié carburant (GPL/C) et du Gaz Naturel Carburant (GNC), dessalement des eaux saumâtres,
- climatisation solaire et introduction des audits énergétiques au sein des établissements grands .Consommateurs d'énergie.

3.- L'expérience Algérienne dans Les panneaux solaires photovoltaïques de silicium cristallin

Aujourd'hui, les panneaux solaires photovoltaïques sont les plus utilisés dans le monde vue à sa durée de vie du 25 ans avec une baisse de rendement d'environ 1% par an ,par conséquent cent huit projets ont donc été exécutés dans le cadre de développement des matériaux solaires photovoltaïques, des systèmes photovoltaïques connectés au réseau, des systèmes de pompage et d'éclairage photovoltaïque, la production d'électricité d'origine solaire, l'énergie solaire thermique à concentration, l'habitat bioclimatique, la climatisation, les systèmes de chauffage et de séchage solaire, l'électrification des zones rurales en mode isolé ou connecté au réseau, les fermes éoliennes et aérogénérateurs, la valorisation des déchets et la production de biocarburants, la production d'hydrogène et le Véhicule à hydrogène⁶.

La stratégie énergétique en Algérie repose sur l'accélération de Développement énergétique solaire comme cité ci-dessus le gouvernement a lancé son programme des projets solaires photovoltaïque d'une capacité de 800MW qui va répondre aux besoins des sites isolés et son utilisation innovante en architecture.

3.1 Pour quoi les panneaux solaires photovoltaïques ?

Les panneaux solaires cristallins sont principalement composés de cellule en silicium. Ce matériau est relativement abondant sur terre trouvé notamment dans le sable. Certains matériaux rares restent cependant utilisés mais pourraient être réutilisés avec un bon recyclage des panneaux solaires thermiques. De nombreuses technologies de panneaux solaires photovoltaïques dépassent les anciennes technologies cristallines avec des coûts de production très bas, ils ne sont aujourd'hui utilisés que dans des conditions particulières et pour des projets spéciaux et leur industrialisation se développe très progressivement.

On estime à environ 3 ans, le temps de production d'un panneau solaire nécessaire à "rembourser" la production de CO₂ produite pour sa fabrication, son transport et son recyclage. Rapporté à une durée de 25 ans, cela reste donc acceptable⁷.

3.2.- Quelles est la différence entre les caractéristiques des deux types de panneaux solaires photovoltaïques Mono ou Poly ?

Un panneau solaire photovoltaïque, c'est avant tout un panneau composé d'un cadre mais surtout de cellules photovoltaïques. Ces dernières sont la base des panneaux solaires, qui vont transformer la radiation solaire en électricité sous forme de courant continu.

Ces cellules vont donc être un élément différenciateur au sein des panneaux solaires et les diviser en deux catégories⁸ :

- **Les panneaux solaires monocristallins** : dont les cellules sont issues d'un seul cristal de silicium. La structure du cristal est parfaitement homogène ce qui lui donne sa couleur caractéristique qui est généralement parfaitement noire.

Ils furent à une époque demandée par leur rendement surfacique supérieur à celui des panneaux poly cristallins, cette différence est de moins en moins vraie, mais le monocristallin

conserve un rapport rendement/taille supérieur. Ainsi, à surface égale, un panneau mono peut produire plus qu'un panneau poly de 1% à 3% .

De plus, sur un panneau Mono, la production démarre généralement plus tôt dans la journée et s'arrête légèrement plus tard dans la soirée. C'est donc un choix particulièrement intéressant pour les besoins importants sur une surface très réduite ou pour les régions moins ensoleillées.

□ **Les panneaux solaires polycristallins** : dont les cellules sont composées de plusieurs cristaux de silicium de taille diverses et variées, Contrairement aux cellules monocristallines, les cellules polycristallines ne présentent pas une couleur totalement homogène qui, elle, se rapprochera plutôt du bleu, ils offrent un rendement surfacique légèrement moins élevé mais une production plus régulière tout au long de l'année.

4. Matériel et Méthodologie

L'étude a pour répondre à la question: est ce l'utilisation des panneaux de type 'Poly' par la centrale de productions d'électricité Kenneg Laghouat est efficace Economiquement ?

La question du choix entre le type utilisé 'Poly' et 'Mono' à travers leurs caractéristiques économiques (les coûts de chaque types/surface consacrée/ la production garantie) afin d'analyser leurs efficacité de coût/ production. Techniquement les panneaux qui ont une capacité de production plus élevée doivent être utilisés malgré leurs coûts élevés en garantissant son efficacité or la centrale ne le fait pas. A travers cette analyse on essaye de discuter la fiabilité de la décision de la centrale (cas étudié) concernant son non utilisation des panneaux du type 'Mono', du point de vue économique non technique.

4.1 Hypothèses de l'étude

A partir des informations des responsables de la centrale et les données collectées des différents documents comptables les factures

d'achat et le main d'œuvre d'installation , l'étude nous conduit à deux hypothèses :

H₀ Les panneaux type mono sont économiquement efficaces pour la centrale Kenneg laghouat.

H₁ Les panneaux type mono ne sont pas efficaces économiquement pour la centrale Kenneg laghouat.

4.2 limite de l'étude

L'étude se déroule à la centrale de production de l'énergie renouvelable au Kenneg wilaya de Laghouat qui se situe à 25km ouest de centre de la wilaya, d'une capacité de production de 40MW et superficie de 80 hectares réalisée en juillet 2013 et mise en œuvre en mai 2017(voir annexe 01).

Pour une obtention des statistiques fiables il a fallu plus de trois mois du 16/12/2018 au 20/03/2019 et pour achever la recherche en 10/04/2019.

4.3 Choix méthodologique DEA

Cette étude se base sur une analyse l'efficacité productive (efficacité économique) qui donne une indication sur la capacité de l'entreprises -lieu de recherche- à utiliser la technologie existante(les panneaux solaires) d'une manière plus adéquate, à travers l'efficacité allocutives (EA) qui renvoie à l'utilisation des intrants(les couts et la superficie) dans des proportions optimales en tenant compte de leurs prix respectifs, par contre l'efficacité technique (ET),ou physique prend en considération la capacité à éviter le gaspillage, qui se décompose à son tour en efficacité d'échelle (EE renseigne sur le niveau optimal de la taille de l'entreprise) et en efficacité technique pure (ETP qui opèrent avec un rendement d'échelle adéquat ont une élasticité d'échelle égale=1).

Cette élasticité est mesurée par un ratio entre l'augmentation Proportionnelle des produits (Y) et des intrants (X).

$$\frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y}{X} = 1 \Leftrightarrow \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta X}{X} \dots (1)$$

Si l'élasticité est inférieure à 1, elle traduit une dés-économie d'échelle:

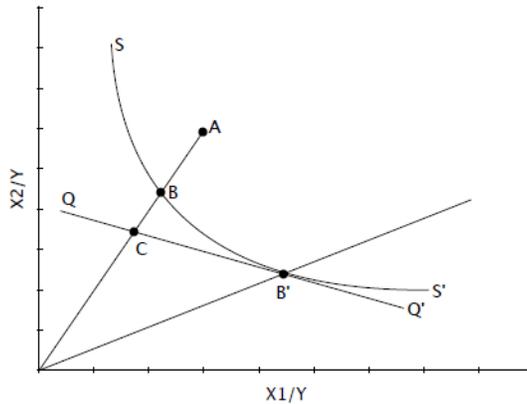
$$\frac{\Delta Y}{\Delta X} < \frac{Y}{X} \Leftrightarrow \frac{\Delta Y}{Y} < \frac{\Delta X}{X} \dots (2)$$

L'efficacité technique reflète la capacité d'une entreprise à atteindre une production maximale pour un ensemble d'intrants indépendamment des prix des facteurs et des produits. Elle renseigne sur les pratiques de gestion et d'organisation de l'unité de production.

La mesure de l'éco-efficacité paraît la méthode la plus adaptée pour ce genre d'analyse car c'est la méthode la plus courante par enveloppement des données plus connue sous le nom de la méthode DEA (Charnes et al, 1978). Elle consiste à comparer les performances de chaque exploitation avec celles des meilleures exploitations de l'échantillon considéré ou avec les meilleures exploitations virtuelles correspondant à sa projection sur la surface d'efficacité.

En détectant, les facteurs de production qui sont utilisés en excès. Cet excès, connu dans la littérature sous les termes anglais « input slack » ou « input excès » correspond à la réduction potentielle supplémentaire d'un facteur de production en plus de la réduction proportionnelle de tous les facteurs identifiée par le score d'efficacité selon Farrell.

Figure1.- Illustration de l'efficacité selon Farrell



Source : Gendron-Saulnier, C, "Mesurer l'efficacité technique des établissements de soins de santé : portée et limites de la méthode DEA", rapport de recherche : Université de Montréal, (2009),P6.

Le segment SS' est l'isoquant efficace du production, c'est-à-dire l'ensemble des combinaisons possibles d'inputs x_1 et x_2 minimums qu'une firme efficace peut utiliser afin de produire une quantité d'outputs Y . Puisque nous avons normalisé les deux inputs par la quantité d'outputs, nous pouvons interpréter le segment SS' comme l'ensemble des combinaisons possibles d'inputs x_1 et x_2 minimums afin de produire une unité d'output.

Le segment QO représente un segment dont la pente correspond au rapport des prix des deux inputs. Les firmes B et A utilisent la même proportion de chacun des inputs puisqu'elles sont situées sur le même rayon. Cependant, B produit du même niveau d'output à une fraction OB/OA des inputs utilisés par A. La firme B est donc plus efficace que la firme A, et la mesure d'inefficacité technique de A est donnée par ce rapport OB/OA .

La théorie économique indique qu'une firme efficace du point de vue allocatif produit au point où le taux marginal de substitution de ses inputs est égal au rapport des prix de ceux-ci. Dans ces circonstances, c'est le point B' qui est efficace par rapport au prix des inputs et non B. Les coûts de production au point B' seront une fraction OC/OB de

ce qu'ils sont au point B. Il est donc sensé de croire que ce rapport représente l'efficacité allocutive de la firme A .Nous pouvons alors combiner ces deux mesures d'efficacité pour obtenir l'efficacité Totale de la firme A, $OB/OA \times OC/OB = OC/OA$.

Dont suppose la figure 4 du segment $S\acute{S}$ connu la fronti\ere: (Gendron-Saulnier, 2009, p. 7)

4.4 D\esignations des variables

Relavant des pratiques \energetiques, les param\etres de l'\etude \etaient les suivants: Rendement: Y, quantit\ee de production (Y1: \electricit\ee des panneaux monochromatiques, Y2: \electricit\ee des panneaux optiques); intrants: X1: co\ut d'achat, X2: emploi, X3: composition, X4: \equipement, X5: transport et assurance.

L'\etude a \etae r\eealis\ee sur une central de Laghouat \a l'\energie solaire afin de d\eterminer la diff\erence d'efficacit\ee technique de la production d'\energie en fonction du type de panneaux, en utilisant le programme « Fronti\ere 4.1 » qui calcule les valeurs moyennes des valeurs effectives de Y Y1 et de Y Y2.

Tableau 1: Choix et d\esignation des variables

Intrants	pour panneaux monocristallins	pour panneaux polycristallins
co\ut d'achat	37112110 dollar	35159924,8 dollar
Co\ut de r\eealisation (Formation, Equipement, transport)	65982970,33 dollars	65982970,33 dollars
Superficie	100 hectares	80 hectares
Sortie		
Production	350400MW/ ann\ee	350400MW/ ann\ee

Source : Statistiques du Central du Production Electrecit\ee Laghouat

5. Résultats et Discussions

Après avoir injecté les données (inputs) apparues dans le tableau ci-dessus (voir annexes 01/02) le score d'efficacité obtenu qui teste les hypothèses de cette recherche on résulte :

5.1 Résultats

Les niveaux d'efficacité des deux types de panneaux obtenus par les scores d'efficacité selon programme « Frontier V4.1 » donne une efficacité égale à 1 qui traduit une utilisation efficace, pour chaque type de panneaux solaire .montré dans les tableaux 2 et 3 ci-dessous de point de vue économique.

Tableau 2. Résultats de l'efficacité technique pour panneaux poly cristallins

```

Technical efficiency = 1.000
PROJECTION SUMMARY:
variable          original          radial          slack          projected
                  value           movement        movement       value
output           1           350400.000      0.000          0.000          350400.000
input            1           80.000          0.000          0.000           80.000
input            2           65982970.000   0.000          0.000          65982970.000
input            3           35159924.000   0.000          0.000          35159924.000
LISTING OF PEERS:
peer  lambda weight
1      1.000
    
```

Source : Résultats du programme "Frontier V4.1" après introductions des donnés du Production Electricité par type de panneaux

Tableau 3. Résultats de l'efficacité technique pour panneaux monocristallins

```

Technical efficiency = 1.000
PROJECTION SUMMARY:
variable          original          radial          slack          projected
                  value           movement        movement       value
output           1           350400.000      0.000          0.000          350400.000
input            1           100.000         0.000         -20.000           80.000
input            2           65982970.000   0.000          0.000          65982970.000
input            3           37112110.000   0.000        -1952186.000    35159924.000
LISTING OF PEERS:
peer  lambda weight
1      1.000
    
```

Source : Résultats du programme “Frontier V4.1” après introductions des données du Production Electricité par type de panneaux.

5.2 Test des hypothèses :

A partie des résultats obtenus on consacre que le score montre une égalité d’efficacité technique selon le programme “Frontier V4.1; ce qui **valide** l’hypothese H_0 .

H_0 Les panneaux type mono sont économiquement efficaces pour la centrale Kenneg laghouat. **Validée**

H_1 Les panneaux type mono ne sont efficaces économiquement pour la centrale Kenneg Laghouat. **Refusée**

5.3 DISCUSSION

Pour une même production estimée à **350400MW/ année**, les deux types de panneaux, réalisent une éco-efficacité technique traduite par le valeur du score= **1**,(selon les outputs du programme Frontier4.1 ci-dessus) affirme la performance de chaque exploitation du type de panneaux.

En détectant, les couts de production qui sont utilisés en excès,de **1952185,2 dollar de plus** pour les panneaux **monocristallins**, donc s’appuyer totalement sur l’analyse de l’efficacité du point de vue technique **n’est pas suffisant dans notre cas**, car pour la même production les couts d’exploitation pour les panneaux **poly cristallins** sont nettement moins, et aussi la superficie exploitée pour les panneaux **poly cristallins** est moins ; 80 hectare, contre 100 hectare pour les panneaux **monocristallins**.

Les résultats obtenus confirme l’inutilité des couts du panneaux monocristallins malgré sa capacité du production plus élevée (du point de vue technique) par contre la capacité de la centrale peut atteindre une production maximale **350400MW/ année**, pour un ensemble d’intrants(les couts) par une combinaisons minimale possible afin de produire une unité de production électricité.

Ce qui justifier la rationalité de décision de la centrale pour s'investir dans les panneaux **poly cristallins, qui est le choix pour le quel la centrale** de Laghouat **est opté.**

6.-Conclusion

Pour cette étude on se rend compte que la différence de rendement entre un panneau Mono et un panneau Ploy n'est donc pas basée sur leur nature purement technique inclue avantage technique ,capacité du production ou caractéristique techniques mais aussi il faut analyser ces derniers sur le plans exploitation économique en considérant le prix,la rentabilité des panneaux solaires, leur coût d'installation (qui baisse avec l'augmentation de la surface à couvrir),,l'impôt sur le revenu. etc .et autres paramètres par rapport leur capacité du production d'électricité soumise

Aussi il ne faut pas négliger les qualités d'intrinsèques et les conditions de leur exposition (un panneau bien posé produira deux fois plus qu'un panneau à l'ombre toute une matinée).

.7.- Recommandations

La rentabilité d'installation de panneaux solaires photovoltaïques se situe autour de 15 à 20 ans.

- ✓ Les panneaux photovoltaïques monocristallins ont comme Avantage principal d'avoir un meilleur rendement ;
- ✓ Les panneaux photovoltaïques poly cristallins sont moins chers à produire que les panneaux monocristallins qui permettent un meilleur agencement des cellules au sein des panneaux photovoltaïques;
- ✓ Le taux de rendement des panneaux photovoltaïques est la production d'électricité réelle Prend en considération

un certain ensoleillement (même si le panneau a une très bonne efficacité à la base);

- ✓ Les deux principaux avantages d'installation des panneaux photovoltaïques sont leur faible empreinte écologique et leur faible empreinte économique (production durable de l'énergie moins coûteuse au moyen et long terme).

8. Références

¹ -BOUGHALI S, BECHKI D,MENNOUCHE D, MAHCENE H, BOUGUETTAIA H et B BOUCHEKIMA, Mai 2013, **Opportunités et challenges de la promotion des énergies renouvelables en Algérie**, Laboratoire des Energies Nouvelles et Renouvelables dans les Zones Arides (Lenreza, Annales des Sciences et technologie Vol. 5, N°1, Ouargla Algérie, p57.

² - MINISTERE de l'énergie, **Programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie**, Satinfo, Société du Groupe Sonelgaz, Alger,pp4-9.

³ - HACHED M ali, Mai 2015, **Le dispositif d'encouragement des énergies renouvelables**, Algerie energie, Revue Agerienne,N°4, p40.

⁴ -,BOUGHALI S, BECHKI D, MENNOUCHE D, MAHCENE H, BOUGUETTAIA H et BOUCHEKIMA B, **Op cit** ,P56.

⁵ - صارة جدي, طارق جدي, 2017, **واقع وأفاق الطاقات المتجددة في الجزائر**, مجلة الإصلاحات الاقتصادية والاندماج في الاقتصاد العالمي, المدرسة العليا للتجارة الحزائر, مجلد 10, العدد 20, صص 41- 51, ص 49.

⁶ - YASSAA,Noureddine fev2019"**Les énergies renouvelables en Algérie: état des lieux et perspectives**",revue de press, direction générale et du développement technologique ,centre de développement des énergies renouvelables, p3.

⁷ - <https://conseils-thermiques.org> consulté le 14/02/2019 à 22 :40.GMT+1.

⁸ - <https://www.energgreen.be> consulté le 14/02/2019 à 22 :40.GMT+1.

⁹- GENDRON-Saulnier, C. (2009). **Mesurer l'efficacité technique des établissements de soins de santé : portée et limites de la méthode DEA**. Montréal: Université de Montréal pp 5-7.

9.ANNEXES

ANNEXE 01

Réalisation d'une centrale de production d'électricité photovoltaïque en silicium poly cristallin a EL KHENAG .W.de LAGHOATE

La capacité de production : 40MW

La superficie : 80 hectares (dons 2hektars = 1MW)

Date de début de réalisation : juillet 2013

Date de la mise en service de centrale : mais 2017

Réaliser par le groupement chinois : YSH (voir le lien pour plus d'information <http://eng.sinohydro.com/>)

Le montant du contrat : 836 275 608.25 DA et 76 361 946.30USD

Le détail du montant en dollar :

Equipement : 62 980 983.90 usd

Transport maritime : 2 815 680.89 usd

Pièce de Rechange : 886 214.02usd

Transport maritime Pièce De Rechange :4331.68usd

Formation : 186305,54 usd

Supervision des travaux de génie civil : 1 814 133.74 usd

Montages : 3 667 134.60usd

d'essais et mise en service :398 370.12 usd

Le détail du montant en dinar :

Formation : 3 795 919.44 DA

Assurances transport maritime :5 804 734.49 DA

Transport terrestre :249 586 455.38 DA

Assurances transport terrestre :12 181 880.26DA

Assurances transport maritime Pièce De Rechange : 159 672.50DA

Transport terrestre Pièce De Rechange :1 778 881.42 DA

Assurances transport terrestre Pièce De Rechange :161 536.96DA

Assurances décennal :75 409 668.90.DA

Supervision des travaux de génie civil :228 497 977.88da

Montage : 129 272 078.03 da

d'essais et mise en service :8 116 671.87 da. TVA : 121 510 131.12 da

Nombre des panneaux solaire :160160 Le prix des panneaux solaires
(unité) : 219.53 usd Nombre des Onduleurs :80Le prix de l'onduleur :
48 898.84 usd

ANNEXE 02

Réalisation d'une centrale de production d'électricité photovoltaïque en silicium Monocristallin au KENNEG

La capacité de production : **40MW**

La superficie : **100** hectares

Date de début de réalisation : **2018**

Date de la mise en service de centrale : **2020**

Réaliser par le groupement français : **VOLTALIA**

Le montant du contrat : ~~836 275 608.25~~ DA et 45 000 000.00USD

Le détail du montant en dollar :

Equipement : ~~62 980 983.90~~ usd

Transport maritime : ~~2 815 680.89~~ usd

Pièce de Rechange : ~~886 214.02~~ usd

Transport maritime Pièce De Rechange :~~4331.68~~ usd

Formation : ~~186305,54~~ usd

Supervision des travaux de génie civil : ~~1 814 133.74~~ usd

Montages : ~~3 667 134.60~~ usd

d'essais et mise en service :~~398 370.12~~ usd

Le détail du montant en dinar :

Formation : ~~3 795 919.44~~ DA

Assurances transport maritime :~~5 804 734.49~~ DA

Transport terrestre :~~249 586 455.38~~ DA

Assurances transport terrestre :~~12 181 880.26~~ DA

Assurances transport maritime Pièce De Rechange : ~~159 672.50~~ DA

Transport terrestre Pièce De Rechange : ~~1 778 881.42~~ DA

Assurances transport terrestre Pièce De Rechange : ~~161 536.96~~ DA

Assurances décennal :~~75 409 668.90~~ DA

Supervision des travaux de génie civil :~~228 497 977.88~~ da

Montage : ~~129 272 078.03~~ da

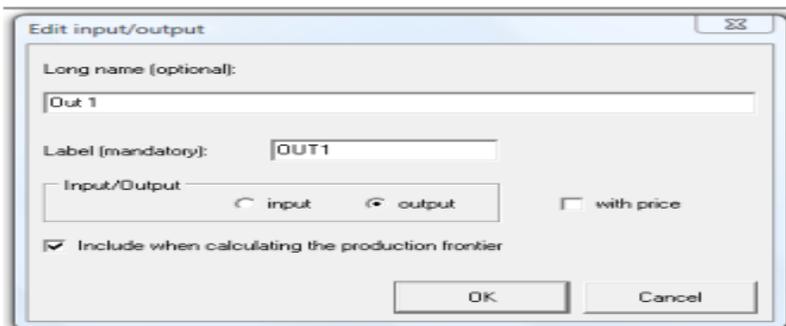
d'essais et mise en service : ~~8 116 671.87~~ da.

TVA : ~~121 510 131.12~~ da Nombre des panneaux solaire : 161000

Le prix des panneaux solaires (unité) : ~~219.53~~ usd Nombre des

Onduleurs : ~~80~~—Le prix de l'onduleur : 48 898.84 usd

ANNEXE 03



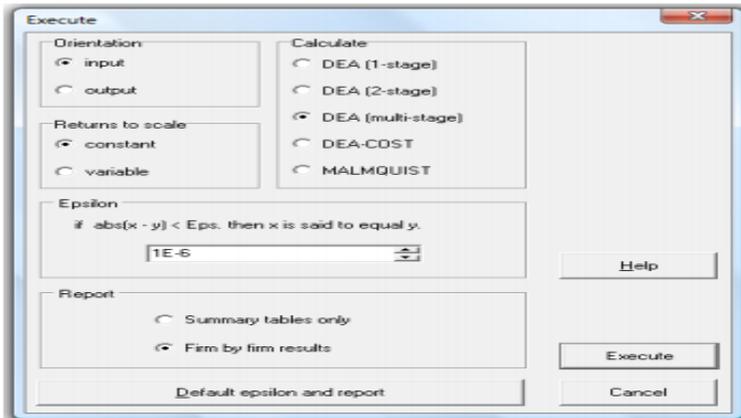
Technical efficiency = 1.000
 PROJECTION SUMMARY:

variable	original value	radial movement	slack movement	projected value
output 1	350400.000	0.000	0.000	350400.000
input 1	80.000	0.000	0.000	80.000
input 2	65982970.000	0.000	0.000	65982970.000
input 3	35159924.000	0.000	0.000	35159924.000

 LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
1	1.000

ANNEXE 04



Technical efficiency = 1.000
 PROJECTION SUMMARY:

variable	original value	radial movement	slack movement	projected value
output 1	350400.000	0.000	0.000	350400.000
input 1	100.000	0.000	-20.000	80.000
input 2	65982970.000	0.000	0.000	65982970.000
input 3	37112110.000	0.000	-1952186.000	35159924.000

 LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
1	1.000