

Investigation des zones favorables pour l'installation des fermes PV dans l'Oriental du Maroc

ALAMI MERROUNI Ahmed¹, MOUSSI Mustapha², MEZRHAB Abdelhamid², MEZRHAB Ahmed^{1*}

¹ Laboratoire de Mécanique & Energétique, Faculté des sciences, Université Mohammed Premier, 60000 Oujda, Maroc

² Equipe Technologie de l'Information Géographique et Gestion de l'Espace, Centre de Télédétection et SIG
Université Mohammed Premier, 60000 Oujda, Maroc

*** Auteur de Correspondance: amezrhab@yahoo.fr**

Résumé : Dans cette étude, nous avons établi une carte moyenne annuelle du rayonnement solaire global de la région orientale du Maroc à l'aide des données du rayonnement solaire global mesurées dans la région et de l'outil ArcMap du logiciel ArcGIS. Nous avons également développé une base de données d'exclusion du terrain comprenant l'infrastructure, la végétation, les reliefs et les cours d'eau, avec une haute résolution spatiale. Des critères d'exclusion ont été fixés afin de définir les zones favorables pour l'installation des fermes photovoltaïques dans l'oriental du Maroc. Les résultats obtenus montrent que l'oriental du Maroc est une région bien ensoleillée avec des valeurs d'irradiation qui peuvent atteindre 5368 Wh/m²/jour. En outre, la surface favorable pour l'installation des centrales PV est de l'ordre de 44863 km²; ce qui représente 54,17% de la superficie totale de la région orientale du Maroc.

Mots clés :

Carte solaire, rayonnement solaire, critères d'exclusion du terrain, fermes PV

1. Evaluation du potentiel solaire à l'oriental du Maroc et développement de la carte solaire

1.1. La région orientale

82 820 km², telle est la surface de la région orientale du Maroc, elle représente 11,6% du territoire du Maroc. C'est la seule région du Maroc à jouir d'une identité aussi bien méditerranéenne que saharienne. Cette région se caractérise par un climat de type méditerranéen au nord et continental au sud, nuancée par une influence désertique.

1.2. Elaboration de la carte solaire

Afin d'évaluer le potentiel solaire d'un pays ou d'une région plusieurs méthodes existent. Le traitement des images satellitaires est une méthode très utilisée pour l'extraction de la valeur du rayonnement solaire [1], mais elle représente une grande marge d'erreur même si elle offre une haute résolution spatiale et temporaire. Aouami et al. [2] ont réalisé une étude de cartographie du rayonnement solaire global au Maroc à l'aide de la méthode du réseau des neurones artificiels et ils ont comparé leurs résultats avec des données du rayonnement solaire extraites de la base de données PVGIS. D'autres auteurs [3], ont utilisé les autres paramètres météorologiques tels que la durée d'ensoleillement et la température pour estimer le taux d'ensoleillement d'une surface. Néanmoins, la meilleure façon d'évaluer la ressource solaire est l'utilisation des données du rayonnement solaire

mesurées par des stations météorologiques bien réparties au sol. Dans cette étude, nous avons pu élaborer une carte du rayonnement solaire globale, à l'aide du logiciel ArcGIS et des données du rayonnement solaire global mesurées par dix stations bien distribuées dans la région orientale (Tableau 1). La figure 1 présente les valeurs moyennes annuelles du rayonnement solaire global mesuré par ces stations.

Tableau 1 : liste des stations

Station	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Altitude(m)
Al Hoceima	35°11'	3°50'	12,05
Ayyar	34°18'	2°35'	1200
Bouarfa	32° 31' 39.61"	-1° 55' 10.19"	1202
Ich	32 30 53,50	-1° 0' 22.19"	1278
Jerada	34°2'	2°,09	1015
Mechraa homadi	34°50'	2°40'	180
Mengoubé	32° 16' 18.55"	-2° 21' 5.70"	995
Nador	34°59'	3°1'	178
Oujda	34°43'	1°55'	578
Taurirt	34°23'49"	2°53'53"	414,8

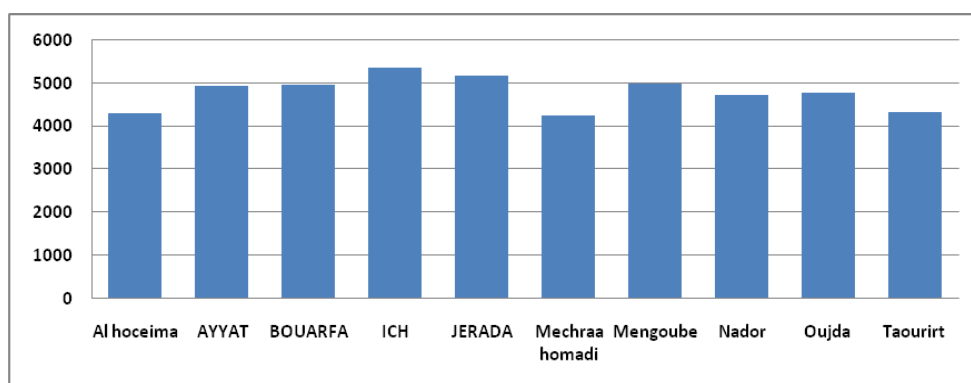


Figure 1 : Valeurs moyennes annuelles du rayonnement solaire (Wh/m²/jour)

1.3 .Méthode d'interpolation

Avec l'outil ArcMap du logiciel ArcGIS et afin d'évaluer le taux du rayonnement solaire en chaque point de la surface en fonction des points de mesures dont on dispose, une analyse spatiale s'impose. Pour effectuer ces types d'interpolation, plusieurs méthodes existent. La méthode la plus recommandée pour interpoler les données météorologiques en générale et le rayonnement solaire en particulier est celle du Krigeage [4].

Krigeage est l'une des méthodes d'interpolation qui se réfère à la famille d'algorithmes de régression linéaire des moindres carrés qui tente de prédire les valeurs d'une variable à des endroits où les données ne sont pas disponibles en fonction de la répartition spatiale des données disponibles. La formule mathématique de cette méthode est une somme pondérée des données [5]:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (1)$$

Avec :

$Z(s_i)$ = la valeur mesurée au $i^{\text{ème}}$ emplacement.

λ_i = un poids inconnu pour la valeur mesurée à la $i^{\text{ème}}$ position.

S_0 = l'emplacement de prédiction.

N = le nombre de valeurs mesurées.

1.4. Carte solaire

La figure 2 représente la carte moyenne annuelle du rayonnement solaire global reçu par la région orientale du Maroc. On constate que la région orientale est bien irradiée, elle reçoit un rayonnement solaire compris entre 4250 et 5368 Wh/m²/jour. Le schéma suivant résume les étapes de la création de la carte solaire :

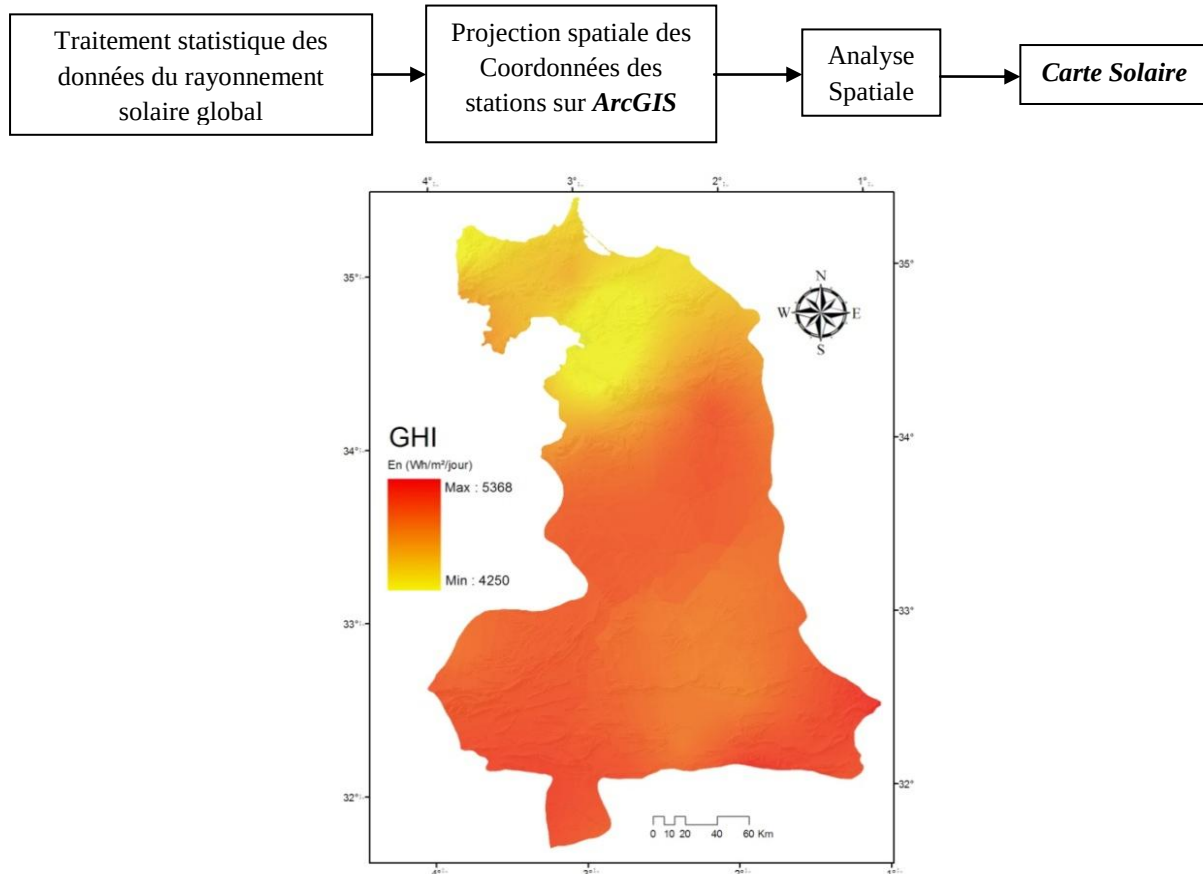


Figure 2 : carte moyenne annuelle du rayonnement solaire global (Wh/m²/jour)

2. Identification des zones favorables à l'installation des Fermes Photovoltaïques

2.1. Base de données d'exclusion du terrain

Il est certain que la donnée clé dans le choix d'un site pour l'installation des centrales solaire est le taux d'irradiation, cependant il est nécessaire de faire une analyse spatiale afin d'étudier la disponibilité du terrain car il n'est pas recommandé d'installer une centrale solaire dans une ville ou dans une zone à fort intérêt écologique.

Dans cette étude nous avons créé une grande base de données d'exclusion du terrain avec une haute résolution spatiale en se basant sur notre connaissance du terrain et des données fournies par les organismes et les administrations de notre région. On peut diviser les éléments de cette base de données en quatre éléments :

- L'infrastructure : elle comporte les routes nationales, régionales, provinciales, l'autoroute, les chemins de fer et la délimitation des villes (Figure 3a).
- L'hydrologie : elle comprend les barrages, les cours d'eau permanents et saisonniers (Figure 3b).
- Relief : à partir du modèle numérique du terrain d'une résolution de 30x30m, nous avons extrait les pentes supérieures à 5% (figure 3c)
- La végétation : elle comporte les forêts naturelles, les zones protégées, et les reboisements (figure 3d)

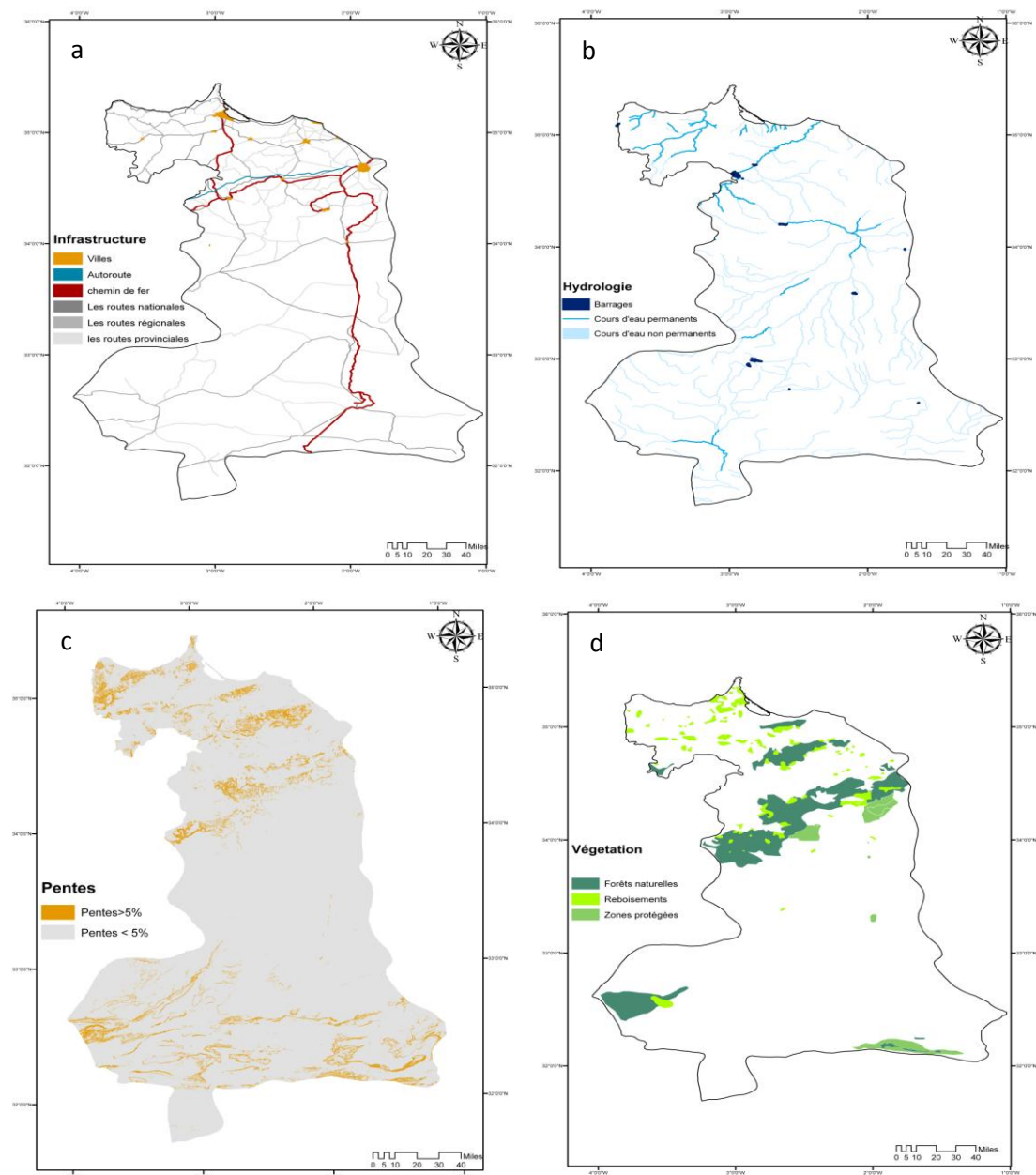


Figure 3 : Eléments de la base de données d'exclusion du terrain

2.2. Critères d'exclusion et définition des zones favorables pour l'installation des centrales PV

Après la construction de la carte d'exclusion et afin de déterminer les endroits favorables pour l'installation des fermes photovoltaïques, il faut fixer des critères pour exclure les zones non convenables à l'accueil des futures centrales solaires. Le tableau 2 résume nos critères d'exclusion.

Tableau 2 : Critères d'exclusion

Composante	Critère d'exclusion
Les routes	Exclues avec un Baffer de 300m à droit et à gauche
Courts d'eau	Exclus avec un Baffer de 300m à droit et à gauche
Villes	Exclues
Pentes	Exclure les pentes > 5%
Végétation	Exclues
Barrages	Exclus
Chemins de fer	Exclus avec un Baffer de 300m à droit et à gauche

Il est évident que la région de l'oriental du Maroc jouit d'un fort ensoleillement beaucoup plus important qu'en Europe où l'installation de nouvelles fermes ne cesse d'augmenter. C'est la raison pour laquelle on n'a pas pris en considération le critère d'exclusion basé sur le rayonnement solaire dans notre étude.

Les centrales photovoltaïques exigent un terrain plat. Selon l'étude réalisée dans [6], pour installer des fermes PV, il faut choisir des terrains où la pente est inférieure à 5%. La figure 4 montre les zones favorables pour l'installation des centrales photovoltaïques dans l'oriental du Maroc.

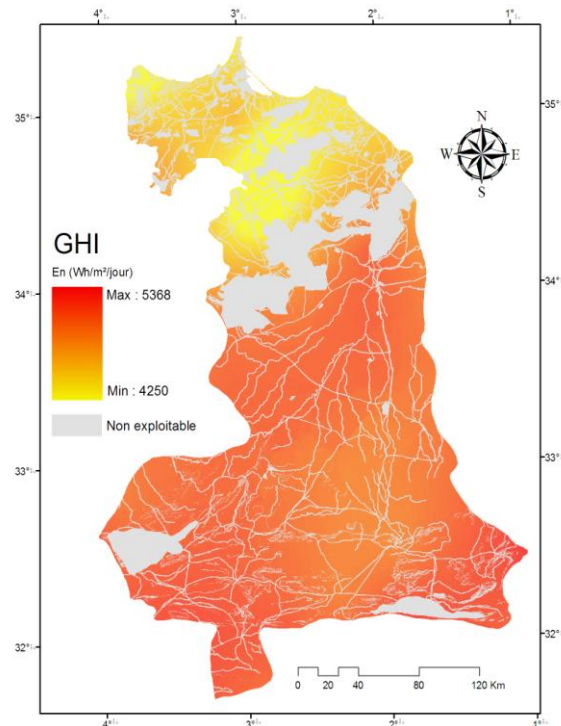


Figure 4 : Les zones convenables pour l'installation des centrales PV dans l'oriental du Maroc

Les résultats de l'exclusion montrent qu'une surface de 44863 km² est favorable pour l'installation des centrales PV ce qui représente 54,17% de la superficie totale de l'oriental du Maroc.

Conclusion

Cette étude a montré que l'oriental du Maroc reçoit un taux de rayonnement solaire important qui peut atteindre 5368 Wh/m²/jour. Elle peut abriter des fermes photovoltaïques avec une surface de 44863 Km² ; ce qui représente 54,17% de sa superficie totale. Les résultats de cette étude pourraient servir de référence pour les investisseurs et les décideurs dans le domaine de l'énergie solaire en leur donnant une idée sur le potentiel de l'énergie solaire dans la région orientale et les zones favorables à l'installation des fermes solaires.

Références

- [1] S. Janjai et al, Estimation of solar radiation over Cambodia from long-term satellite data, Renewable Energy, volume 36, pages 1214-1220, 2011.
- [2] Ahmed Ouammi et al, Artificial neural network analysis of Moroccan solar potential, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 16, pages 4876-4889, 2012.
- [3] J.I. PRIETO et al, Correlation between global solar irradiation and air temperature in Asturias Spain, Solar Energy, volume 83, pages 1076-1085, 2009.
- [4] Husain Alsamamra et al, A comparative study of ordinary and residual kriging techniques for mapping global solar radiation over southern Spain, Agricultural and forest Meteorology, volume 149, pages 1343-1357, 2009.
- [5] ArcGIS Help Manual. ESRI ArcGIS 9.3.
- [6] Yassine Charabi et Adel Gastli, PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation, Renewable Energy, volume 36, pages 2554-2561, 2011.