



Estimation et cartographie des températures d'un cuiseur solaire boîte avec et sans réflecteur en Algérie

F. Yettou^{1,2}, B. Azoui², A. Malek³, A. Gama¹, N. L. Panwar⁴

¹Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algeria.

¹yettou.t@gmail.com

²Laboratoire de Recherche LEB, Département d'Electrotechnique, Université Hadj Lakhdar, Boukhrouf Med ElHadi, Batna, Algérie.

³Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 16340, Algiers, Algeria.

⁴Department of Renewable Energy Engineering, Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, Udaipur, Rajasthan 313001, India.

Résumé— Ce travail consiste à cartographier le rayonnement concentré et les températures atteintes par un cuiseur boîte à surface réceptrice inclinée réalisé à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables sur l'ensemble du territoire Algérien. Une simulation optique du rayonnement concentré est effectuée pour les 48 wilayas de l'Algérie, les résultats sont convertis en températures par application de la loi de Stefan-Boltzmann. Les cartes sont générées pour le cuiseur sans et avec réflecteur, pour connaître l'effet du réflecteur sur le comportement du cuiseur et établir une éventuelle comparaison en différentes saisons de l'année.

Les résultats obtenus, par application de la méthode adoptée pour le tracé des diverses cartes; ont permis de démontrer l'efficacité et la rentabilité du cuiseur muni du réflecteur additionnel. En effet, l'ajout du réflecteur conduit à de meilleures performances optiques et thermiques du cuiseur. A cet effet, le cuiseur réalisé est exploitable sur l'ensemble du territoire national durant toute la saison estivale avec des températures dépassant les 104 °C, le rayonnement concentré accède les 1360 W/m² sur la plus part des sites. La durée d'utilisation du cuiseur se trouve réduite en se dirigeant du Sud vers le Nord pendant la saison hivernale, dépendant de la quantité de rayonnement solaire reçue. Néanmoins, la majeure superficie du pays est favorable pour l'utilisation du cuiseur durant cette période de l'année.

Mots clés— Rayonnement solaire, Cuiseur solaire boîte, Réflecteur additionnel, Cartes des températures.

I. INTRODUCTION

L'énergie est considérée comme le facteur le plus important dans le développement économique des nations. La demande mondiale en énergie est prévue d'augmenter rapidement au cours des prochaines années avec l'augmentation de la population humaine, l'urbanisation et la modernisation [1]. La consommation d'énergie dans les pays développés croît à un

rythme d'environ 1% par an, et celle des pays en développement, 5% par an [2]. A ce rythme, les réserves actuelles en pétrole et en gaz naturel ne peuvent couvrir la consommation mondiale que pour les 50 prochaines années dans le cas du pétrole, et pour les prochains 70 ans dans le cas du gaz naturel [3]. Toutefois, l'un des priorités fondamentales pour un pays comme l'Algérie est d'exploiter les sources d'énergies renouvelables et d'utiliser leurs systèmes de conversion d'énergie possédant des technologies respectueuses à l'environnement.

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m² est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m²/an au Nord et 2263 kWh/m²/an au Sud du pays [4]. Ce sont des conditions climatiques très favorables pour toutes les applications de l'énergie solaire en particulier la cuisson résidentielle, en particulier; si on considérons que la demande algérienne globale à l'énergie pour la cuisson est prévue d'augmenter considérablement avec l'augmentation de la population au cours des prochaines années et sachant que la demande actuelle est couverte par l'utilisation du gaz naturel (villes) et par le bois des forêts dans les zones rurales et isolées [3].

La cuisson solaire constitue une réelle solution pour limiter la déforestation et l'utilisation abusive des énergies fossiles qui contribue à l'aggravation des problèmes des émissions des gaz à effet de serre. Chaque cuiseur solaire peut sauver une tonne de bois par an dans les régions ensoleillées mais arides et peut donc à cet effet éviter le dégagement d'une grande quantité de gaz à effet de serre [5]. C'est pourquoi l'utilisation



d'un cuiseur solaire peut s'avérer être la solution la plus écologique pour la cuisson des aliments.

Suite à une simulation optique de l'énergie solaire concentrée reçue par la plaque absorbante d'un cuiseur solaire boîte à surface réceptrice inclinée [6, 7], une réalisation expérimentale du cuiseur en question au sein de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables de Ghardaïa [8], et une éventuelle évaluation de ces performances thermiques [9], nous représenterons dans cet article la cartographie des températures estimées en période hivernales et estivales du cuiseur boîte à surface réceptrice inclinée, en considérant les 48 wilaya de l'Algérie. Une comparaison des températures atteintes par le cuiseur sans et avec l'ajout d'un réflecteur plan additionnel est aussi envisagée.

II. TYPES DES CUISEURS SOLAIRES

Il existe différents types de cuiseurs solaires qui ont été réalisés et améliorés par des fabricants ou des chercheurs à travers le monde. Cependant, les plus connus actuellement peuvent être classés en deux grandes catégories: les cuiseurs solaires du type boîte et les cuiseurs solaires paraboliques.

Un cuiseur solaire boîte est essentiellement constitué d'une boîte isolante avec un couvercle transparent en verre, un ou des réflecteurs additionnels sont ajoutés afin de réfléchir un maximum de rayonnement solaire à l'intérieur de la boîte [10]. La partie interne du cuiseur (l'absorbeur) est peinte en noir dans le but de maximiser l'absorption de la lumière du soleil. Un maximum de 4 ustensiles de cuisson peuvent être placés dans la boîte [11,12,13]. Dans ce type de cuiseurs, une température optimale de 100 °C peut être atteinte, à ces valeurs de températures, la cuisson par ébullition peut avoir lieu [14,15]. Un cuiseur solaire parabolique consiste simplement en un réflecteur parabolique muni d'un ustensile de cuisson situé sur le point focal du concentrateur et un support pour maintenir le système de cuisson [11]. Les cuiseurs solaires paraboliques peuvent atteindre des températures très élevées en un temps très court et ils n'ont pas besoin d'un récipient de cuisson particulier [11]. Cependant, les cuiseurs paraboliques nécessitent un ajustement plus fréquent pour suivre le soleil et maintenir le point focal [16]. Souvent muni d'un système de poursuite à seul ou deux axes, leur facteur de concentration est au alentour de 50 et leurs températures de fonctionnement peuvent atteindre les 200 °C, ce qui est favorable pour toute sorte de cuisson (ébullition, friture, grillades...etc.) [15].

III. EQUATIONS MATHÉMATIQUES

La position du soleil en coordonnées horizontales est déterminée par deux paramètres : la hauteur du soleil γ_s et l'azimut solaire χ . Pour calculer la hauteur du soleil γ_s , on utilise l'équation (1) en fonction de la déclinaison solaire δ , de l'angle horaire ω et de la latitude du lieu φ [17]. L'azimut du

soleil χ est représenté en fonction de la latitude du lieu φ , de la déclinaison solaire δ , de l'angle horaire ω et de la hauteur du soleil γ_s comme l'indique l'équation (2) :

$$\sin(\gamma_s) = \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega) + \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) \quad (1)$$

$$\cos(\chi) = \frac{\cos(\delta) \cdot \cos(\omega) \cdot \sin(\varphi) - \sin(\delta) \cdot \cos(\varphi)}{\cos(\gamma_s)} \quad (2)$$

Pour calculer l'éclairement global horizontal IG_h incident sur le plan de l'absorbeur d'un cuiseur solaire sans réflexion, on utilise le modèle r.sun [17, 18], qui selon ce modèle l'éclairement global est la somme de deux composantes directe IB_h et diffuse ID_h .

Tel que modélisé par Hofierka et al. (2002), l'éclairement direct, par ciel clair; incident sur le plan horizontal de l'absorbeur d'un cuiseur boîte, est donné en fonction du rayonnement extraterrestre G_o , de la hauteur du soleil γ_s et du facteur de trouble de Linke T_L [19, 20]:

$$IB_h = G_o \cdot \sin(\gamma_s) \cdot \exp(-0.8662 \cdot T_L \cdot m_A \cdot \delta_r) \quad (3)$$

L'expression du rayonnement diffus est donnée par l'équation (4) :

$$ID_h = G_o \cdot T_{rd}(T_L) \cdot F_d(\gamma_s, T_L) \quad (4)$$

$T_{rd}(T_L)$ est la fonction de la transmittance diffuse, elle est fonction uniquement du facteur T_L corrigé, $F_d(\gamma_s, T_L)$ est la fonction diffuse angulaire, fonction de la hauteur du soleil γ_s et du facteur de trouble T_L corrigé.

Pour calculer l'éclairement global horizontal IG'_h incident sur le plan récepteur d'un cuiseur solaire avec réflexion du réflecteur, on utilise l'expression (5) [21], où A_c est la surface de la vitre, F_c est égal à l'unité et θ_i est l'angle d'incidence des rayons solaires sur le cuiseur.

$$IG'_h = IG_h + IB_h \cdot F_c \cdot A_c \cdot \cos(\theta_i) \quad (5)$$

Pour calculer l'angle d'inclinaison du réflecteur additionnel α , on utilise l'équation (6) [22], fonction de l'angle θ que fait les rayons solaires avec le plan vertical et de l'angle d'inclinaison du vitrage récepteur β de la manière suivante :

$$\alpha = \frac{1}{3} \cdot \left(2 \cdot \theta + \beta - \frac{\pi}{2} \right) \quad (6)$$



IV. DESCRIPTION DU CUISEUR BOITE

Avant de procéder à une simulation optique, nous avons besoin de réaliser une conception du cuiseur à simuler, pour cela nous avons utilisé le logiciel Solid Works [23], le cuiseur à surface réceptrice inclinée adopté est de forme trapézoïdale dans le but d'éliminer l'ombrage exercé sur une partie de l'absorbeur, notamment en période hivernale où la hauteur du soleil est faible.

Le cuiseur solaire est constitué d'une boîte extérieure en bois, une boîte interne de cuisson, un couvercle à simple vitrage, un isolant thermique, des miroirs et un récipient de cuisson. Les dimensions globales du cuiseur sont de 550 mm x 450 mm x 495 mm x 175 mm. Les dimensions internes du boîtier, construit à base de vitres; sont de 500 mm x 400 mm x 445 mm x 125 mm. L'espace entre le boîtier externe et le bac interne, y compris le fond du plateau; est rempli d'un matériau isolant pour réduire les pertes en chaleur vers l'extérieur. Un couvercle en verre couvre la boîte extérieure. L'absorbeur, en tôle d'aluminium et peint en noir mat; absorbe le rayonnement solaire et transfère sa chaleur vers l'ustensile du cuisson. Le récipient de cuisson en aluminium (18 cm de diamètre et 10 cm de haut) est rempli d'une quantité d'eau et muni d'un couvercle noir, sera placé à l'intérieur du cuiseur.

Dans le but d'obtenir les densités énergétiques voulues, le cuiseur est composé de deux parties: un module de concentration de l'énergie (réflecteur), constitué d'un miroir de 640 mm x 450 mm; à inclinaisons variables et un second module d'utilisation de cette énergie; qui est la boîte de cuisson. Le prototype final du cuiseur à surface réceptrice inclinée est illustré sur la figure (1) suivante:



Fig. 1 Vue du cuiseur solaire boîte à surface réceptrice inclinée réalisé et testé à l'URAER Ghardaïa.

V. METHODOLOGIE

L'approche adoptée pour le dessin des cartes des températures du cuiseur peut être dévisée en quatre étapes essentielles :

- Etape 1 (Utilisation du langage Matlab [24]) : Cette étape concerne la modélisation sous environnement Matlab 2010

des paramètres de position du soleil (hauteur et azimut) nécessaires pour le calcul de l'éclairement direct, diffus et global incident sur un plan horizontal par ciel clair.

- Etape 2 (Utilisation du logiciel Tracepro [25]) : Après conception du cuiseur sur logiciel Solid Works [23], nous procédons à la simulation optique de la répartition des rayons solaires incidents sur la plaque absorbante du cuiseur boîte sans et avec réflecteur additionnel, à l'aide du logiciel Tracepro 7.01, qui est un logiciel de simulation optique puissant basé sur la méthode 'RayTrace', et qui fait la simulation de presque tous les phénomènes optiques, pour cela nous avons converti les coordonnées du soleil calculées par Matlab en coordonnées de source de lumière sous format vectoriel utilisé par le logiciel [26]. Nous avons également inséré les valeurs du rayonnement solaire déjà calculées pour le jour et l'heure considérée de la simulation.

- Etape 3 (Stefan-Boltzmann law) : Les cuiseurs solaires sont une application directe des lois du transfert de chaleur par rayonnement, principalement de la loi de Stephan-Boltzmann, qui stipule que la densité de flux émise ou reçue par un corps est proportionnelle à la 4^{ème} puissance de sa température. L'étape suivante consiste à faire le passage entre les données optiques et leurs correspondantes thermiques en faisant la conversion des résultats du rayonnement concentré issus de la simulation optique en valeurs de température de l'absorbeur du cuiseur par application de la fameuse équation d'un corps noir.

- Etape 4 (Utilisation du logiciel Surfer [27]) : Les étapes précédentes sont ensuite appliquées sur 62 points, répartis sur diverses localisations géographiques de l'Algérie (y compris les coordonnées des 48 wilaya connus) afin de créer un fichier matriciel compatible aux formats de lecture du logiciel Surfer 8.02. Le logiciel Surfer de Golden Software Inc, est un outil universel de tracés de contours, de surfaces et de représentations cartographiques en 3D. Il permet également de faire des interpolations entre deux points adjacents avec une grande précision. La lecture du fichier matriciel XYZ par le logiciel Surfer, offre la possibilité de projection des résultats obtenus sur des cartes illustratifs analysables, ainsi des cartes de rayonnement solaire, du rayonnement concentré et des températures sont obtenues.

VI. SIMULATION OPTIQUE, RESULTATS EXPERIMENTAUX ET VALIDATION

La figure (2.a, b, c) et d représente les résultats de la simulation optique par Tracepro du rayonnement concentré incident sur l'absorbeur du cuiseur sans et avec utilisation du réflecteur pour les mois de Décembre et Juin, respectivement. On peut remarquer que la plaque absorbante du cuiseur boîte sans réflecteur est assimilée à une surface horizontale recevant une quantité de rayonnement solaire directement sans réflexion. On retrouve une quantité de 598.5 W/m²



pratiquement sur la quasi-totalité de l'absorbeur pour le mois de Décembre (Fig. 2.a) et une quantité de $\approx 1084 \text{ W/m}^2$ au mois de Juin (Fig. 2.c). Dans le cas d'ajout d'un réflecteur, une plus grande quantité du rayonnement concentré est reçue et le facteur de concentration est augmenté à cet effet. Le rayonnement concentré moyenne est évalué à 989 W/m^2 pour le mois de Décembre et à 1370 W/m^2 pour le mois de Juin. En appliquant la formule de Stefan-Boltzmann on obtient les grandeurs des températures suivantes : $54.8 \text{ }^\circ\text{C}$ pour le mois de Décembre sans réflecteur et $75.9 \text{ }^\circ\text{C}$ avec réflecteur, une température de $75.5 \text{ }^\circ\text{C}$ est obtenue pour le mois de Juin (sans réflecteur) et $105,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (avec réflecteur). En comparant ces résultats théoriques avec ceux obtenus de l'expérimentation du cuiseur boîte sur le site de Ghardaïa (délivrés par des thermocouples type K), en considérant une quantité d'eau de 1 litre comme charge initiale; on obtient une erreur moyenne de $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, ce qui représente une erreur très acceptable, soit des températures de $59.4 \text{ }^\circ\text{C}$, $71.4 \text{ }^\circ\text{C}$ pour le mois de Décembre sans et avec réflecteur et 79.7°C et 108.4°C pour le mois de Juin sans et avec réflecteur; respectivement.

cette interpolation fournit des données structurées sous forme de grille, l'utilisation de cette grille est indispensable pour pouvoir tracer des iso-contours des données à représenter. La précision de la grille obtenue et par conséquent de la surface interpolée dépend essentiellement du nombre et de la répartition des données initiales. Pour notre cas la zone d'étude se situe dans une surface définie entre $18^\circ\text{N} < X < 38^\circ\text{N}$ et $-9^\circ\text{E} < Y < 12^\circ\text{E}$ avec un nombre optimal de 62 points à interpoler. Le logiciel Surfer propose un interpolateur avec une procédure XYZ qui permet de transformer les résultats matriciels de la grille sous le format cartographique.

A. Cartes du Rayonnement Solaire et du Rayonnement Concentré

Afin de générer diverses cartes (rayonnement, rayonnement concentré, températures), nous avons appliqué l'approche détaillée précédemment, à savoir; modélisation mathématique, simulation optique, conversion des données, sur l'ensemble du territoire Algérien. Pour cela, et afin de couvrir la majeure totalité de la superficie du pays; nous avons opté pour 48 sites avec différentes coordonnées géographiques (Lat, Lon, Alt) originales du Service Google Earth.

Sur la figure (3.a et b), on donne un exemple de tracé des résultats obtenus concernant le rayonnement direct incident sur la surface réceptrice du cuiseur boîte pour un jour type du mois de Décembre et Juin, respectivement. La figure (4.a et b) représente les cartographies du rayonnement global incident sur le cuiseur. On donne également sur la figure (5.a et b) les cartes du rayonnement concentré sur la plaque absorbante du cuiseur boîte sans et avec réflecteur pour un jour type du mois de Décembre, respectivement. La figure (6.a et b) représente les cartes du cuiseur pour un jour type du mois de Juin.

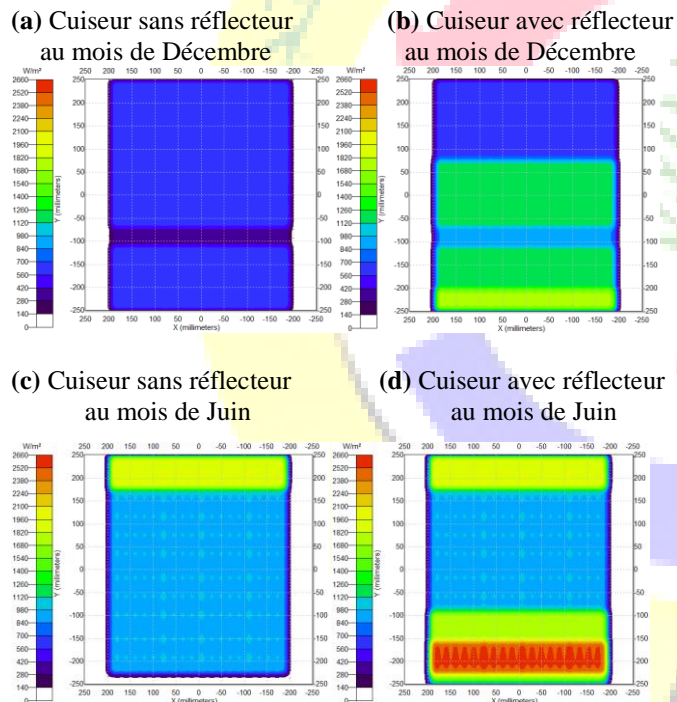
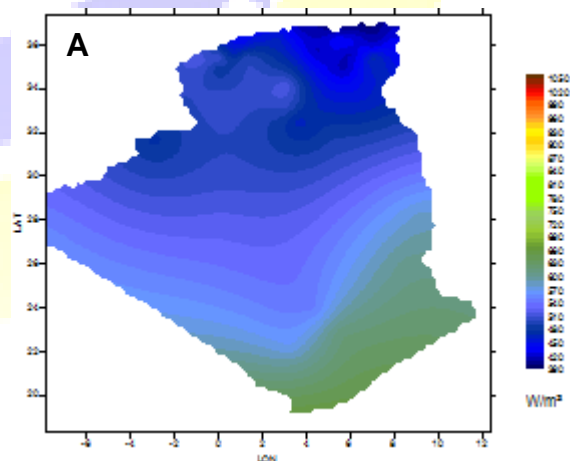


Fig. 2 Résultats de la simulation optique du rayonnement concentré incident sur l'absorbeur d'un cuiseur boîte à surface d'ouverture inclinée sur le site de Ghardaïa.



VII. PRESENTATION DES CARTES

La représentation graphique de surface est un processus par lequel une surface continue est interpolée à partir d'un jeu de données (x, y, z) distribuées aléatoirement. Le résultat de

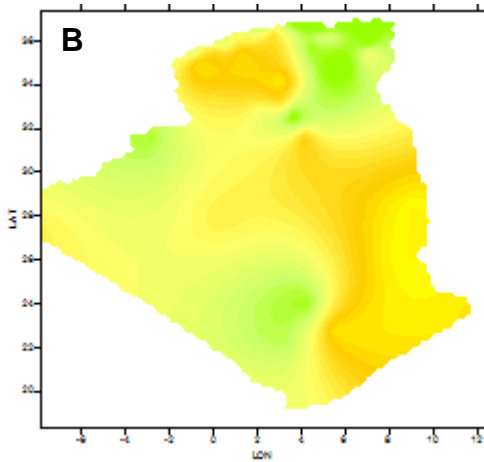


Fig. 1 Tracé des cartes du rayonnement solaire direct maximal, incident sur le plan récepteur du cuiseur boîte, obtenu par ciel clair pour un jour type (A) de la saison hivernale (B) de la saison estivale.

Sur les cartes illustrant la variation du rayonnement concentré, on peut très bien constater la quantité très importante de l'éclairement solaire concentré reçue sur la surface de l'absorbeur du cuiseur durant la période estivale par rapport à la période hivernale notamment au Sud du pays, l'effet de l'ajout du réflecteur sur la quantité du rayonnement concentré collectée est nettement visible sur ces cartes. La quantité de rayonnement concentrée moyenne estimée au niveau de l'absorbeur sans réflecteur est de l'ordre de 1120.5 W/m² pour un jour type du mois de Juin à midi (Fig 6.a) par rapport à 566 W/m² pour un jour type du mois de Décembre à midi (Fig 5.a).

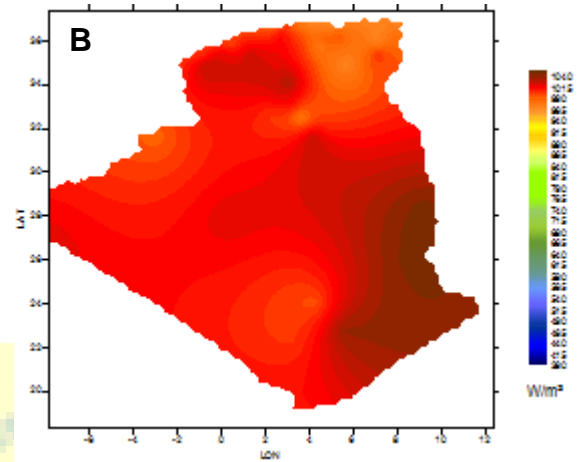
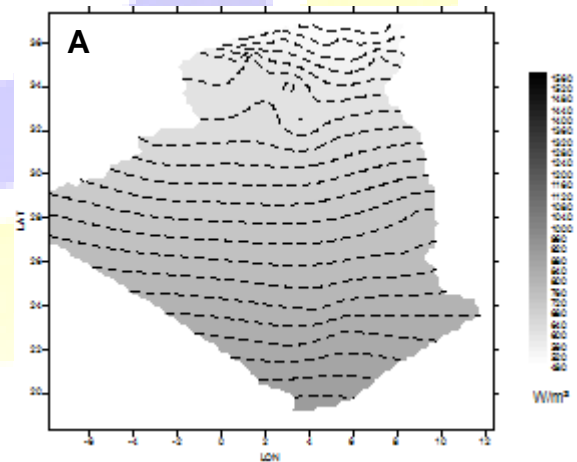
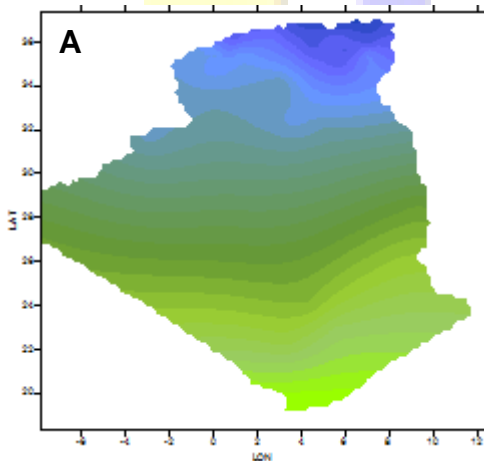


Fig. 4 Tracé des cartes du rayonnement solaire global maximal, incident sur le plan récepteur du cuiseur boîte, obtenu par ciel clair pour un jour type (A) du mois de Décembre (B) du mois de Juin.

Ces quantités se trouvent nettement augmentées en ajoutant le réflecteur avec 1408.2 W/m² en moyenne en été (Fig 6.b) et 942 W/m² en hiver (Fig 5.b), ceci est principalement due à la quantité importante du rayonnement solaire global reçue sur l'ensemble du territoire Algérien durant l'année. La valeur moyenne du rayonnement global au mois de Juin à midi est estimée à 999.9 W/m² (Fig 4.b) dont un maximum, de l'ordre de 1046.89 W/m², est enregistrée à 'Tindouf', une valeur moyenne au mois de Décembre est estimée à 552.8 W/m² (Fig 4.a) avec un minimum de 496.7 W/m² à 'Skikda'. Dans le cas d'ajout du réflecteur, le rayonnement direct est aussi pris en considération (utilisation de l'équation 5) avec une moyenne de 859.2 W/m² en été (Fig 3.b) et 463.5 W/m² en hiver (Fig 3.a).



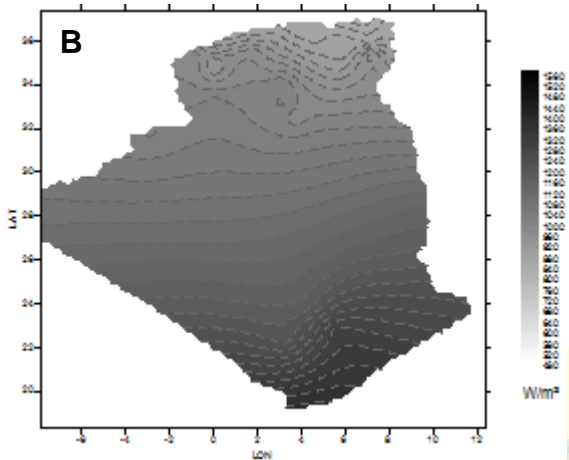


Fig. 5 Cartographie du rayonnement concentré sur l'absorbeur du cuiseur boîte à surface réceptrice inclinée, obtenue par ciel clair pour un jour type du mois de Décembre, (A) sans réflecteur additionnel, (B) avec réflecteur additionnel, pour divers sites de l'Algérie.

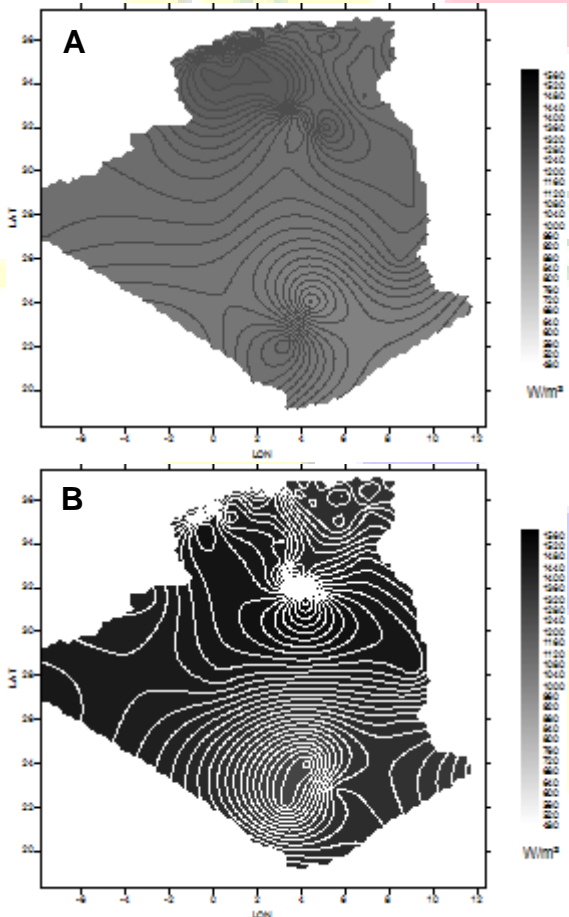


Fig. 6 Cartographie du rayonnement concentré sur l'absorbeur du cuiseur boîte à surface réceptrice inclinée, obtenue par ciel clair pour un jour type du mois de Juin, (A) sans réflecteur additionnel, (B) avec réflecteur additionnel, pour divers sites de l'Algérie.

B. Cartes des Températures

Après application de la loi de Stefan-Boltzmann d'un corps noir sur les données simulées, la projection des résultats obtenus est réalisée sous forme de tracé de cartes de températures atteintes par l'absorbeur du cuiseur boîte à surface réceptrice inclinée pour chaque (Lat, Lon) comprise entre l'intervalle (X,Y). La figure (7.a et b) représente la cartographie des températures atteintes par la plaque absorbante du cuiseur boîte sans l'ajout de réflecteur additionnel obtenue par ciel clair pour un jour type de la saison hivernale et estivale, respectivement. On donne également la représentation des températures de l'absorbeur dans le cas d'ajout d'un réflecteur plan sur la figure (8.a et b). Un exemple de températures obtenues pour le mois de Mars (sans réflecteur) et Octobre (avec réflecteur) est illustré sur la figure (9.a et b), respectivement.

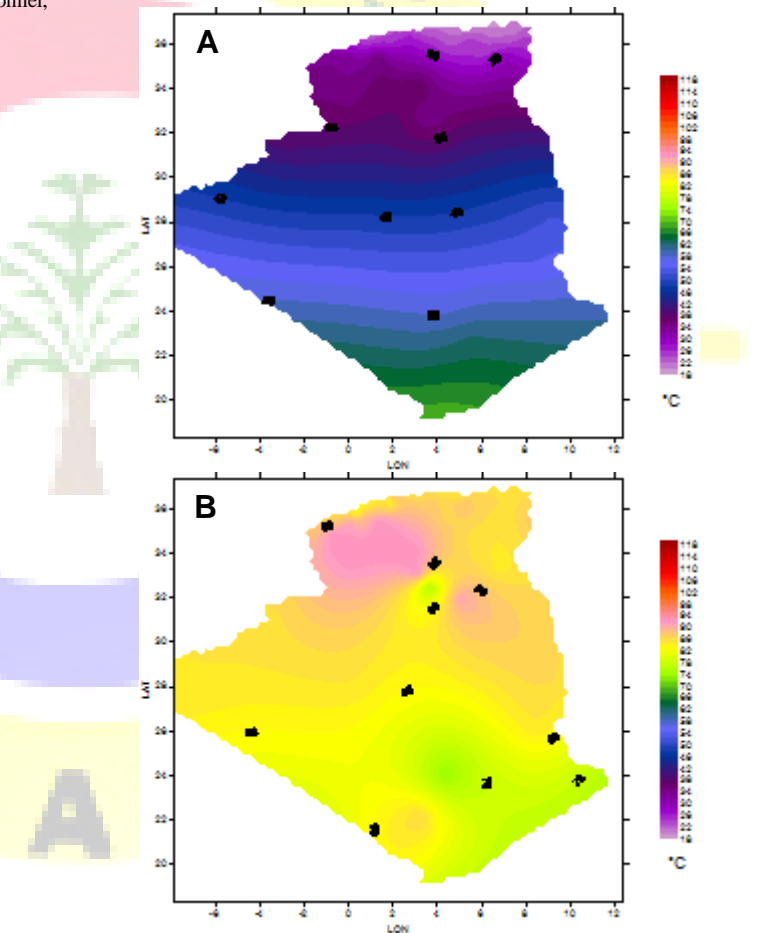


Fig. 7 Cartographie des températures de l'absorbeur du cuiseur boîte réalisé, sans l'ajout de réflecteur additionnel ; obtenue par ciel clair pour un jour type (A) de la saison hivernale (B) de la saison estivale.

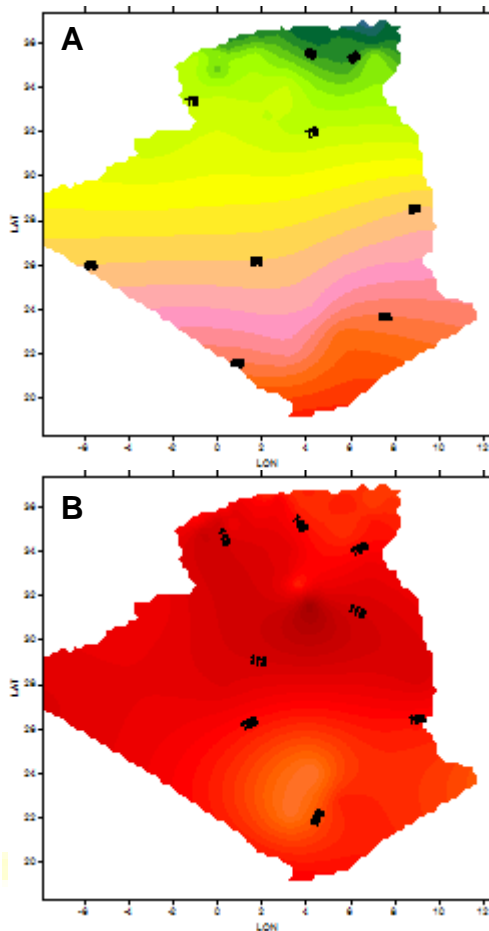


Fig. 8 Cartographie des températures de l'absorbeur du cuiseur boîte réalisé, avec l'ajout d'un réflecteur additionnel ; obtenue par ciel clair pour un jour type (A) de la saison hivernale (B) de la saison estivale.

D'après les résultats de la cartographie des températures atteintes par l'absorbeur du cuiseur boîte, on remarque clairement que l'ajout du réflecteur conduirait à des températures de fonctionnement plus élevées et de ce fait des performances meilleures du cuiseur. D'après la distribution des iso-températures des cartes obtenues, on constate clairement que le cuiseur solaire muni du réflecteur peut être exploité durant toute la saison estivale (Fig.8.b) sur l'ensemble du territoire Algérien avec des températures dépassant les 104 °C, le rayonnement concentré accède au 1360 W/m² dans la plus part des sites comme le montre la figure (6.b). Pour la saison hivernale, la durée d'utilisation du cuiseur se trouve réduite en se dirigeant du Sud vers le Nord (Fig.8.a), dépendant de la quantité de rayonnement solaire reçue, les températures enregistrées sont comprises entre 60.2 °C et 65.8 °C pour les sites ayant une latitude supérieure à 36° N, et entre 68.5 °C et 73.6 °C pour des sites de latitude comprise entre 34 et 36° N, les températures estimées sont supérieure à 76 °C au Sud du pays.

Le cuiseur sans réflecteur devient inefficace sur une grande partie du pays durant la saison hivernale due aux faibles températures délivrées (Fig.7.a), le rayonnement concentré ne dépassant pas dans les meilleurs cas les 841 W/m² (Fig.5.a). Néanmoins, le cuiseur sans réflecteur reste exploitable sur la majeure superficie du pays durant saison estivale, les températures estimées sont comprises entre 75.5 °C et 87.8 °C dans la Nord et entre 88.1 °C et 92.3 °C au Sud (Fig.7.b). L'utilisation, en printemps et en automne; du cuiseur sans ou avec réflecteur varie d'un site à l'autre (Fig.9.a) et (Fig.9.b), généralement on remarque que l'exploitation du cuiseur est bénéfique à partir du mois de Mars jusqu'au mois d'Octobre avec des températures approchant les 90 °C après une durée d'exposition du cuiseur au soleil d'au moins une heure.

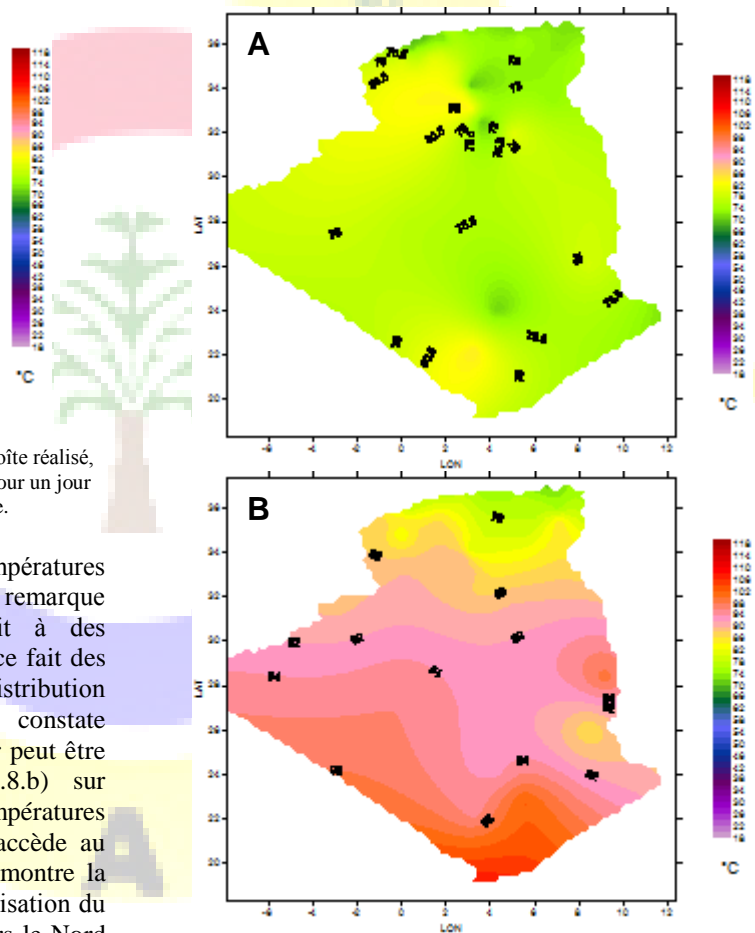


Fig. 9 Cartographie des températures de l'absorbeur du cuiseur boîte, obtenue par ciel clair pour un jour type ; (A) du mois de Mars sans réflecteur, (B) du mois d'Octobre avec réflecteur.



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



VIII. CONCLUSION

Ce travail consiste à cartographier le rayonnement concentré et les températures atteintes par un cuiseur boîte à surface réceptrice inclinée réalisé à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables sur l'ensemble du territoire Algérien. Une simulation optique du rayonnement concentré est effectuée pour les 48 wilayas de l'Algérie, les résultats sont ensuite convertis en températures par application de la loi de Stefan-Boltzmann. Les cartes sont générées pour le cuiseur sans et avec réflecteur, pour connaître l'effet du réflecteur sur le comportement du cuiseur et établir une éventuelle comparaison en différentes saisons de l'année.

Comme résultat principal, nous avons constaté que l'ajout du réflecteur permet d'améliorer les performances optiques et par conséquent thermiques du cuiseur notamment en période hivernale. Les températures enregistrées sont comprises entre 60.2 °C et 65.8 °C pour les sites ayant une latitude supérieure à 36° N, et entre 68.5 °C et 73.6 °C pour des sites de latitude comprise entre 34 et 36° N, les températures estimées sont supérieure à 76 °C au Sud du pays. Au printemps comme en automne, la concentration est aussi importante, ce qui permet la cuisson durant toute l'année.

REFERENCES

- [1] Boudghene Stambouli A, Koinuma H. A primary study on a long-term vision and strategy for the realisation and the development of the Sahara Solar Breeder project in Algeria. *Renew Sust Energy Rev* 2012;16: 591–8.
- [2] Muneer T, Asif M, Munawwar S. Sustainable production of solar electricity with particular reference to the Indian economy. *Renew Sustain Energy Rev* 2005;9:444–73.
- [3] Boudghene Stambouli A. Promotion of renewable energies in Algeria: Strategies and perspectives. *Renew Sust Energy Rev* 2011;15: 1169–81
- [4] Ministère de l'Energie et des Mines, Direction des Énergies Nouvelles et Renouvelables. *Guide des Energies Renouvelables*, Édition 2007. info@nakheeldz.com
- [5] www.SHE-inc.org
- [6] F. Yettou, A. Gama, B. Azoui et A. Malek, 'Etude comparative entre deux types de cuiseurs solaires boîtes en milieu aride', *Revue des Energies Renouvelables*, Numéro special SIENR'12, pp. 233 – 245, 2012.
- [7] F. Yettou, B. Azoui, A. Malek et A. Gama, 'Study and simulation of concentrating irradiance in box solar cooker with tracking reflectors', *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 15, N°4, pp. 661 – 670, 2012.
- [8] F. Yettou, B. Azoui, A. Malek, A. Gama, 'Conception et réalisation d'un cuiseur solaire boîte à surface réceptrice inclinée', 2nd International Conference on Energy and Sustainable Development (ICESD'13), 19-20 Février 2013, Adrar - Algérie.
- [9] F. Yettou, B. Azoui, A. Malek, NL. Panwar, A. Gama, T. Arrif, H. Merarda, 'Second law experimental analysis of box type solar cooker', The International Energy Technologies Conference (ENTECH2013), 26-28 Décembre 2013, Istanbul - Turquie.
- [10] Saxena A, Varun, Pandey SP, Srivastav G. A thermodynamic review on solar box type cookers. *Renew Sust Energy Rev* 2011;15:3301–18.
- [11] Cuce E, Cuce PM. A comprehensive review on solar cookers. *Appl Energy* 2013;87:1399–421.
- [12] Khan BH. *Non-conventional energy resources*. Tata McGraw Hill Publications; 2008.
- [13] Kothari DP, Singal KC, Ranjan R. *Renewable energy resources and emerging technologies*. Prentice-Hall; 2008.
- [14] Deubener J, Hensch G, Moiseev A, Bornhöft H. Glasses for solar energy conversion systems. *J Eur Ceram Soc* 2009;29:1203–10.
- [15] Panwar NL, Kaushik SC, Kothari S. State of the art of solar cooking: An overview. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16:3776–85.
- [16] F. Yettou, B. Azoui et A. Malek, 'Determination of adjustment tracking time in two types of solar cookers by ray-tracing method', *Power Engineering, Energy and Electrical Drives' (POWERENG)*, 2013. DOI: 10.1109/PowerEng.2013.6635716, 2013, Page(s): 822–827.
- [17] J. Hofierka and M. Sári, 'The Solar Radiation Model for Open Source GIS: Implementation and Applications', *Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference*, Trento, Italy, 11-13 September 2002.
- [18] F. Yettou, A. Malek, M. Haddadi et A. Gama, 'Etude Comparative de Deux Modèles de Calcul du Rayonnement Solaire par Ciel Clair en Algérie', *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 12, N°2, pp. 331 – 346, 2009.
- [19] B. Gschwind, L. Ménard, M. Albuissou and L. Wald, 'Converting a Successful Research Project into a Sustainable Service: The Case of the SoDa Web Service', *Environmental Modelling and Software*, Vol.21, N°11, pp. 1555 - 1561, 2006.
- [20] A. Gama, F. Yettou, A. Malek, C. Larbes et B. Azoui, 'Determination of atmospheric turbidity using solar radiation measurements for two Algerian sites', 2nd International Conference on Nuclear and Renewable Energy Resources (NURER10), 04 - 07 Juillet 2010, Ankara - Turquie.
- [21] Panwar NL, "Thermal modeling, energy and exergy analysis of animal feed solar cooker" *J. Renewable Sustainable Energy* 5, 043105 (2013).
- [22] Mirdha US, Dhariwal SR. Design optimization of solar cooker. *Renewable Energy* 2008;33:530–44.
- [23] SolidWorks, SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, MA 01742. Available from: <http://www.solidworks.com/>.
- [24] 'Matlab/Simulink Tutorial', School of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Version 7.10, 1st Edition, 2010.
- [25] Lambda Research Corporation, USA. TracePro software for opto-mechanical modeling user manual release 6 revision 03; 2010. p. 2.7-2.13.
- [26] Thèse : Gama Amor, *Optimisation des Dispositifs de Poursuite Solaire dans les Systèmes à Concentration*, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2013.
- [27] *Surfer User's guide*, 3^{ème} édition, Golden Software Inc., 1999.