

III-1 Introduction

Dans le présent travail quatre modèles d'estimation sont utilisés pour évaluer l'irradiation solaire globale sur quatre sites en Algérie à savoir, Alger, Tamanrasset, Oran et Bechar en exploitant comme données disponibles la fraction d'insolation, la température moyenne de l'air, l'humidité relative moyenne, ainsi que les coordonnées géographiques des quatre sites.

Les coordonnées des quatre sites utilisés pour la comparaison entre les modèles d'estimation de l'irradiation solaire globale sont présentées dans le tableau (III-1) [74]

Site	Latitude(°)	Altitude(m)	Longitude(°)
Alger	36.43	25	3.15E
Tamanrasset	22.47	1378	5.31E
Bechar	31.38	806	2.15w
Oran	35.38	99	0.37w

Tableau (III-1) : Les coordonnées des sites Algériens [74]

III.2 L'irradiation solaire globale des quatre sites à la limite de l'atmosphère

Le calcul de l'irradiation solaire globale (H_0) au top de l'atmosphère pour les quatre sites Algériens se fait on utilisant l'équation (III.1) [75]

$$H_0 = 24 I_{cs} \left[1 + 0.0033 \cdot \cos \frac{360n}{365} \right] Z \quad (\text{III.1})$$

Où Z est donné par :

$$Z = \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(w_s) + \frac{\pi}{180} w_s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) \quad (\text{III.2})$$

Tel que :

I_{cs} : Constante solaire 1367(Wh/m²),

φ : La latitude du lieu,

δ : La déclinaison du soleil,

w_s : L'angle horaire.

Les valeurs des irradiances solaires globales (H_0) hors atmosphère des quatre sites en questions sont représentées dans le tableau (III.2).

Mois	Alger	Tamanrasset	Bechar	Oran
1	4845,24	7113,64	5690,13	5022,49
2	6193,80	8167,59	6950,09	6354,50
3	8055,29	9449,35	8618,85	8177,70
4	9868,08	10476,44	10154,66	9933,69
5	11084,08	10984,97	11111,88	11095,63
6	11558,74	11113,14	11457,10	11542,97
7	11295,35	11012,63	11254,47	11292,39
8	10289,92	10614,56	10473,00	10333,95
9	8654,70	9763,48	9118,40	8756,71
10	6731,06	8518,81	7426,01	6879,64
11	5137,17	7330,06	5959,34	5310,18
12	4429,14	6762,42	5291,04	4609,25

Tableau (III-2) : l'irradiation solaire globale H_0 à la limite de

L'atmosphère (wh/m^2 /jour)

III.3 L'irradiation solaire globale mesurée des quatre sites

Les mesures des moyennes mensuelles journalière de l'irradiation solaire globale sur les quatre sites ont été effectuées par les pyranomètres de Robitzsh et Kip-Zonen. La période d'enregistrement est d'au moins de 10 ans [20]. Ces moyennes mensuelles sont représentées par le tableau (III.3)

Mois	Alger	Tamanrasset	Bechar	Oran
1	2190	5070	4020	2600
2	2970	6140	4760	3480
3	4130	6290	6110	5140
4	4910	7830	6830	5900
5	6010	7200	7230	6410
6	6170	7260	7850	7500
7	7050	7320	7440	7390
8	6360	7210	6810	6710
9	5120	6670	6130	5710
10	3530	6130	5130	3890
11	2720	5190	4050	2760
12	2060	4480	3860	2230

Tableau (III-3) : Moyennes mensuelles journalière de l'irradiation solaire globale (wh/m^2)/ jour [74]

III.4 La fraction d'insolation ($\sigma = \frac{s}{s_0}$)

Les héliographes de Camblell-Stokes sont utilisés pour la mesure de la durée d'insolation ce qui permet le calcul de la fraction d'insolation. La période d'enregistrement est de 25 ans [74] et les valeurs sont présentées par le tableau (III-4).

Mois	Alger	Tamanrasset	Bechar	Oran
1	0,48	0,78	0,78	0.53
2	0,56	0,81	0,80	0.53
3	0,60	0,84	0,84	0.64
4	0,61	0,77	0,84	0.63
5	0,71	0,76	0,82	0.69
6	0,71	0,69	0,83	0.69
7	0,78	0,75	0,84	0.80
8	0,80	0,77	0,83	0.79
9	0,74	0,73	0,82	0.72
10	0,62	0,77	0,80	0.66
11	0,51	0,81	0,77	0.53
12	0,49	0,79	0,76	0.53

Tableau (III-4) : Moyennes mensuelle de la fraction d'insolation [20]

III.5 Moyenne de l'humidité relative et de la température de l'air

Les valeurs des moyennes mensuelles de la température de l'air et de l'humidité relative moyenne de l'air sont présentées respectivement par deux tableaux (III-5) et (III-6) [74]

Mois	Alger	Tamanrasset	Bechar	Oran
1	16.6	19.88	15.53	16.6
2	17.6	22.06	18.53	17.65
3	18.8	25.12	21.83	19.56
4	20.7	29.78	25.71	21.3
5	23.7	33.39	30.4	24.24
6	27.7	35.8	36.17	27.34
7	31.2	35.42	39.61	30.31
8	32.1	34.97	39.07	31.58
9	29.6	33.31	34.1	28.3
10	25.7	29.75	27.28	24.47
11	21.3	24.8	20.93	20.36
12	17.7	21.13	16.56	17.43

Tableau (III-5) : Moyenne mensuelle de la température de l'air [74]

Mois	Alger	Tamanrasset	Bechar	Oran
1	0.7644	0.2458	0.4794	0.78
2	0.7794	0.205	0.4	0.7722
3	0.7633	0.205	0.3266	0.7394
4	0.7466	0.1658	0.2594	0.6911
5	0.7438	0.1641	0.2211	0.6844
6	0.7	0.1658	0.165	0.6661
7	0.6855	0.1758	0.1155	0.6716
8	0.6888	0.2133	0.1411	0.6627
9	0.7005	0.215	0.2294	0.7005
10	0.725	0.2275	0.3511	0.7194
11	0.7477	0.2383	0.4555	0.745
12	0.7711	0.2533	0.51	0.7872

Tableau (III-6) : Moyenne mensuelle de l'humidité relative de l'air [74]

III-6 Évaluation statistique des modèles

Pour comparer les résultats obtenus par les différents modèles d'estimation de l'irradiation globale au sol pour les quatre sites algériens précédents, une étude statistique a été faite en évaluant de quatre types d'erreurs, à savoir :

- ***l'écart moyen algébrique (MBE)*** qui renseigne sur la tendance du modèle à sur estimer les valeurs observées ($MBE > 0$) ou à les sous-estimer ($MBE < 0$). Cette erreur est donnée par :

$$MBE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m e_i$$

- ***L'écart moyen absolu (MAE)*** qui correspond à la moyenne des erreurs relatives absolues. Plus cette valeurs est proche de zéro plus le modèle a une erreur moyenne faible. Cette erreur est calculée en utilisant la formule suivante :

$$MAE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |e_i|$$

- ***l'écart relatif quadratique moyen (RMSE)*** qui renseigne sur l'erreur moyenne commise en valeur absolue entre les valeurs mesurées et celles estimées. Cet écart est donné par la formule suivante :

$$RMSE = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m e_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Plus cette erreur est faible plus les valeurs simulées par le modèle sont proches des valeurs mesurées

Le coefficient de détermination R^2 donné par l'équation suivante :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_1^m e_i^2}{\sum_1^m (Y_{im} - \bar{Y})^2}$$

- Soit une grandeur (Y) dont les valeurs mesurées sont (Y_{im}) ; et les valeurs estimées par un modèle mathématique donné sont (Y_{ie}), L'écart relatif entre les valeurs mesurées et celles estimées est donné par la relation suivante :

$$\text{l'écart relatif} \quad e_i = (y_{im} - y_{ie}) \times 100 / y_{im} \quad \text{eq (III. 3)}$$

Avec :

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{im}$$

III.7 Evaluations des modèles d'estimation dans le site d'Alger

III.7.1 Application du premier modèle (Angstrom-Prescott)

Ce modèle est donné par l'équation suivante [75] :

$$H/H_0 = a + b \cdot \sigma \quad \text{(III. 4)}$$

Pour le site d'Alger, les valeurs des paramètres (a et b) pour le premier modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrées. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0,2445 \quad ; \quad b=0,4515$$

Le tableau (III-7) présente L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom- Prescott pour le site d'Alger

Mois	Alger
1	2234.72
2	3080.42
3	4151.69
4	5130.56
5	6263.22
6	6531.43
7	6739.59
8	6232.6
9	5007.69
10	3529.93
11	2438.94
12	2062.8

Tableau (III-7) : L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site d'Alger

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour site d'Alger sont représentées par la figure (III-1).

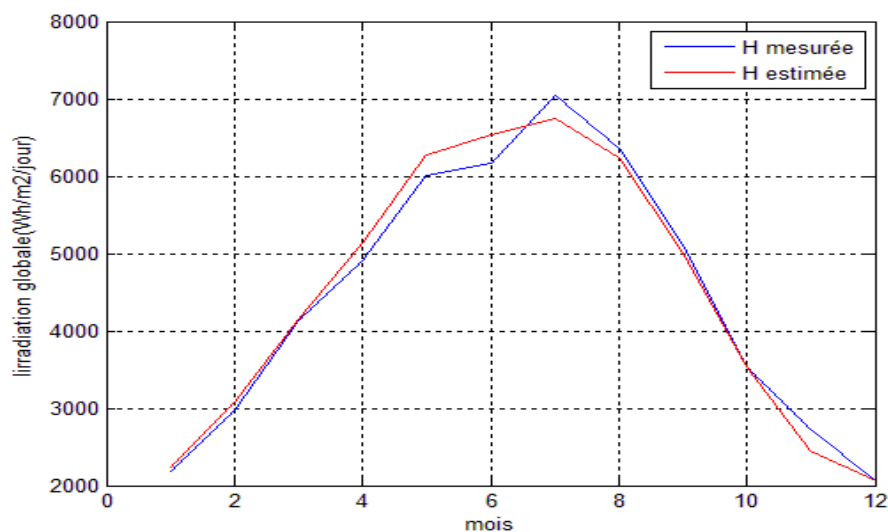


Figure (III-1) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site d'Alger.

III.7.2 Application du deuxième modèle (multi variables)

Pour calculer la valeur de l'irradiation ce modèle utilise la fraction d'insolation et moyenne mensuelle de la température de l'air en utilisant l'équation suivante [75] :

$$\frac{H}{H_0} = a + b \cdot \sigma + c \cdot T_n \quad (\text{III.5})$$

Tel que : $T_n = T/T_{\text{Max}}$

Après normalisations de la température, les valeurs des paramètres (a, b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0.2827 \quad ; \quad b=0.1277 \quad ; \quad c=0.2279$$

Le tableau (III-8) présente L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom- Prescott pour le site d'Alger

Mois	Alger
1	2237.77
2	2967.86
3	3969.59
4	5008.64
5	6003.46
6	6588,8
7	6820,31
8	6805,25
9	5083,32
10	3663,59
11	2563,7
12	2085,84

Tableau (III-8) : L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site d'Alger

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour site d'Alger sont représentées par la figure (III-2).

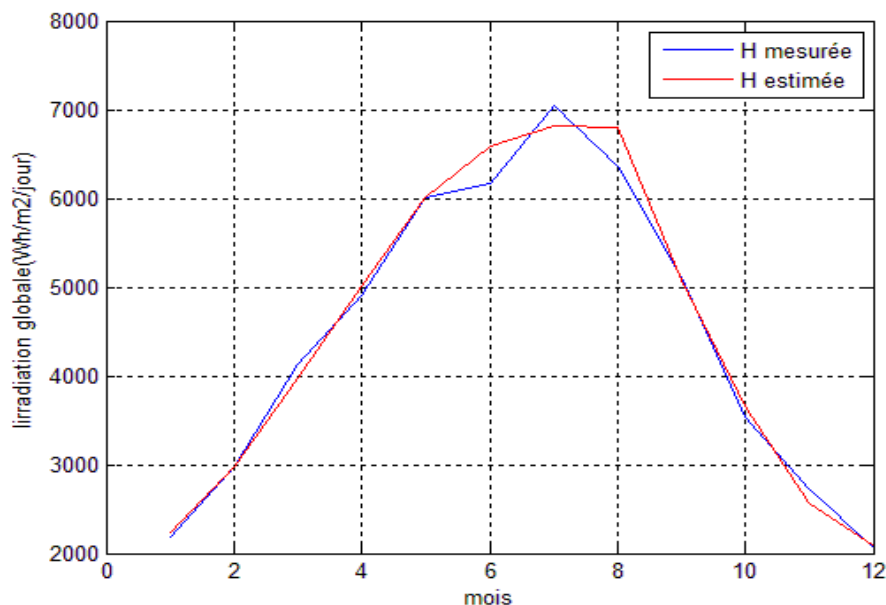


Figure (III-2) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le deuxième modèle pour le site d'Alger

III.7.3 Application du troisième modèle

Pour calculer la valeur de l'irradiation ce modèle utilise la fraction d'insolation et moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(R) en utilisant l'équation suivante [75] :

$$\frac{H}{H_0} = a + b \cdot \sigma + c \cdot R \quad (\text{III.6})$$

Les valeurs des paramètres (a, b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrées. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0.9168 \quad ; \quad b=0.2567 \quad ; \quad c=-0.7469$$

Le tableau (III-9) présente l'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour les site d'Alger

Mois	Alger
1	2272,83
2	2963,22
3	4033,37
4	5089,47
5	6024,33
6	6660,45
7	6833,98
8	6253,13
9	5050,48
10	3597,42
11	2513,41
12	2066,85

Tableau (III-9) : L'irradiation solaire globale estimée par la troisième modèle pour le site d'Alger

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour site d'Alger sont représentées par la figure (III-3).

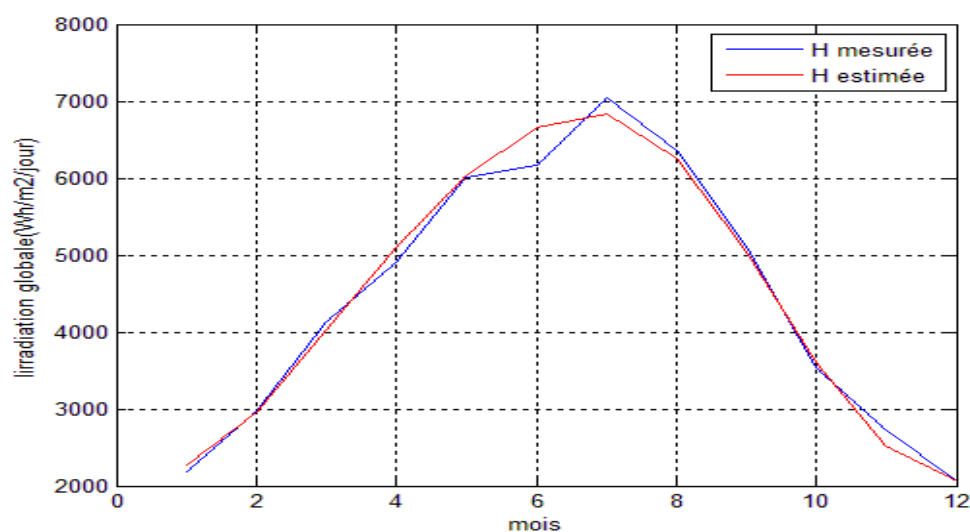


Figure (III -3) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le troisième modèle pour le site d'Alger.

III.7.4 Application du quatrième modèle (polynomial de degré 3) :

Ce modèle est donné par l'équation suivante :

$$H/H_0 = a + b.\sigma + c\sigma^2 + d\sigma^3 \quad (\text{III.6})$$

Les valeurs des paramètres (a, b, c et d) pour ce modèle sont déterminées par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

a=-1,68 ; b=10.70 ; c= -17.70 ; d=9.94

Le tableau (III-10) présente l'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site d'Alger.

Mois	Alger
1	2312,17
2	3139,66
3	4148,80
4	5102,01
5	6119,14
6	6381,18
7	6939,49
8	6598,72
9	4962,66
10	3494,10
11	2526,36
12	2137,77

Tableau (III-10) : L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site d'Alger

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour site d'Alger sont représentées par la figure (III-4).

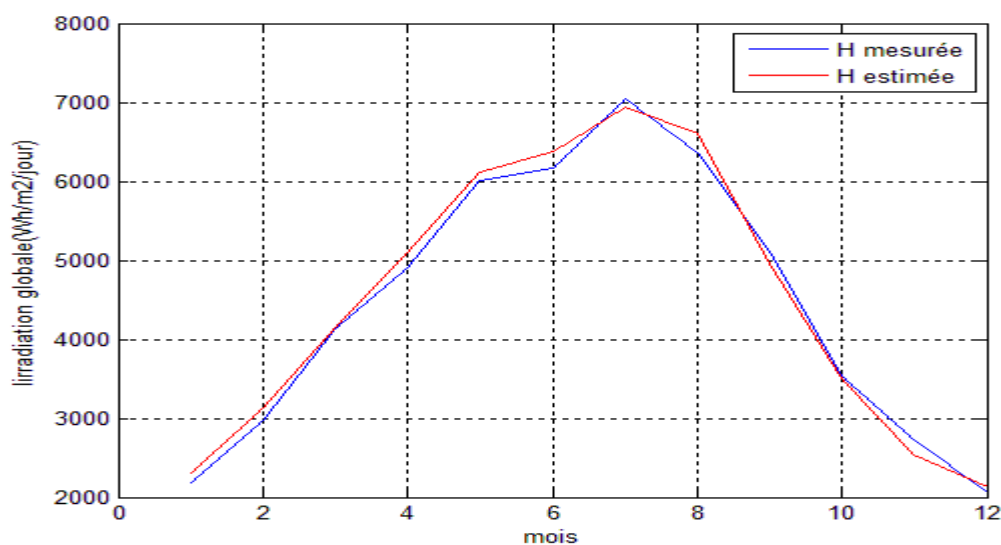


Figure (III -4) :L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le quatrième modèle pour le site d'Alger.

Les valeurs des différents types d'erreur obtenus par l'application des quatre modèles pour le site d'Alger sont présentées par le tableau (III-11)

Modèle	Type d'erreur			
	MBE	MAE	RMSE	R ²
Modèle 1	-0,18	3,33	4,34	0,99
Modèle 2	-0,10	2,56	3,30	0,99
Modèle 3	-0,14	2,84	3,79	0,99
Modèle 4	-1,30	3,43	3,93	0,99

Tableau (III-11) : les valeurs des erreurs pour le site d'Alger

D'après les tableaux (III-11) et les courbes représentées par les figures (III-1-2-3-4), on remarque que le meilleur modèle pour l'estimation de l'irradiation solaire globale mensuelle pour le site d'Alger est le deuxième modèle avec un couple (RMSE, MBE) de (3.30%, -0.1%).

III.8 Application des modèles sur le site de Tamanrasset

III.8.1 Application du premier modèle

Pour le site de Tamanrasset, les valeurs des paramètres (a et b) pour le premier modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrées. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0,4574 \quad ; \quad b=0,3036$$

Le tableau (III-12) présente L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-PreScott pour le site de Tamanrasset

Mois	Tamanrasset
1	4938.34
2	5744.39
3	6731.94
4	7241.02
5	7559.15
6	7411.17
7	7544.75
8	7336.48
9	6629.67
10	5887.96
11	5155.34
12	4715.05

Tableau (III-12) : L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-PreScott pour le site de Tamanrasset

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour site de Tamanrasset sont représentées par la figure (III-5)

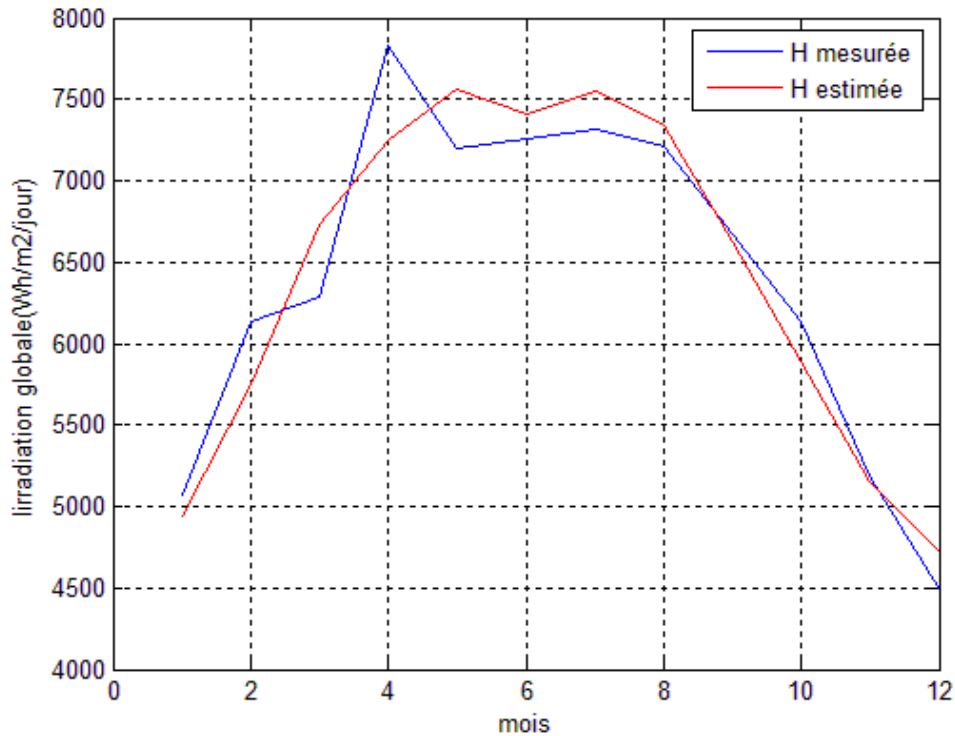


Figure (III-5) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site de Tamanrasset

III.8.2 Application du deuxième modèle :

Après normalisations de la température, les valeurs des paramètres (a , b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrées. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0.4582 \quad ; \quad b= 0.3003 \quad ; \quad c=0.0087$$

Le tableau (III-13) présente L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site de Tamanrasset

Mois	Tamanrasset
1	5069.19
2	5793.67
3	6653.24
4	7223.75
5	7477.99
6	7460.16
7	7439.73
8	7293.73
9	6631.6
10	5874.5
11	5153.9
12	4803.53

Tableau (III-13) : L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site Tamanrasset

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site de Tamanrasset sont représentées par la figure (III-6)

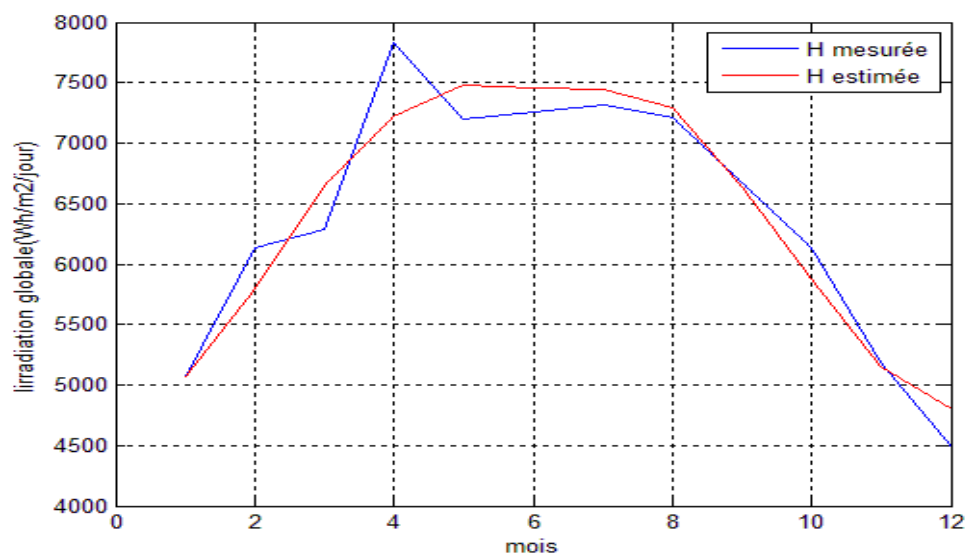


Figure (III-6) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le deuxième modèle pour le site de Tamanrasset

III.8.3 Application du troisième modèle :

Les valeurs des paramètres (a, b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0.4582 \quad ; \quad b=0.3003 \quad ; \quad c=0.0087$$

Le tableau (III-14) présente L'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site de Tamanrasset

Mois	Tamanrasset
1	4940.93
2	5743.66
3	6730.16
4	7237.89
5	7556.07
6	7644.4
7	7543.15
8	7337.7
9	6632.22
10	5889.99
11	5156.81
12	4717.73

Tableau (III-14) : L'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site Tamanrasset

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site de Tamanrasset sont représentées par la figure (III-8)

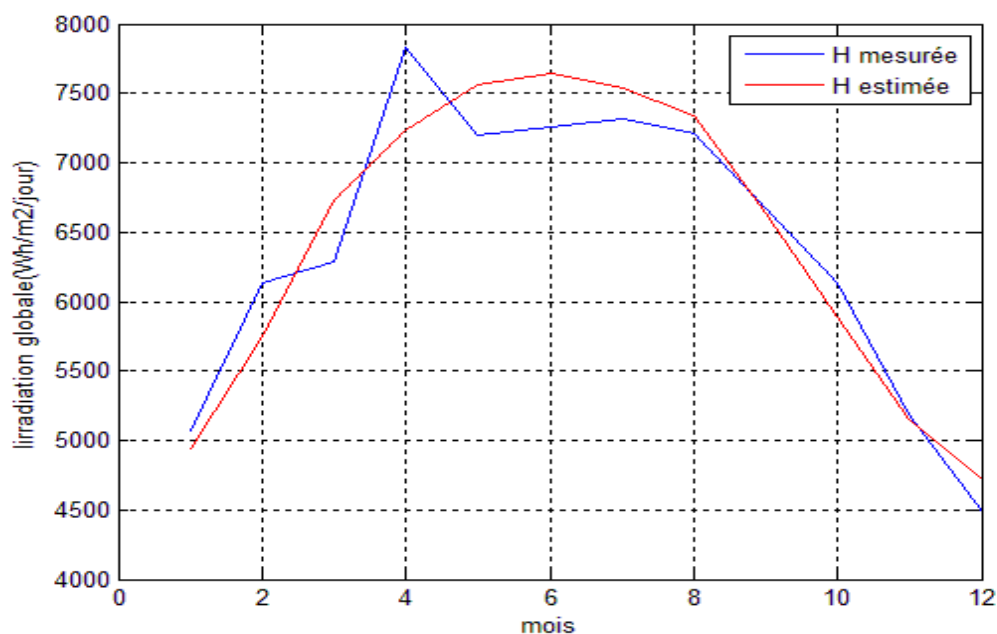


Figure (III -8) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le troisième modèle pour le site Tamanrasset

III.9 Application du quatrième modèle :

Les valeurs des paramètres (a, b, c et d) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0,6 \quad ; \quad b= -2.38 \quad ; \quad c=3,18 \quad ; \quad d= -1.4$$

Le tableau (III-15) présente L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site de Tamanrasset

Mois	Tamanrasset
1	4940.93
2	5743.66
3	6730.16
4	7237.89
5	7556.07
6	7644.4
7	7543.15
8	7337.7
9	6632.22
10	5889.99
11	5156.81
12	4717.73

Tableau (III-15) : L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site Tamanrasset

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site de Tamanrasset sont représentées par la figure (III-8)

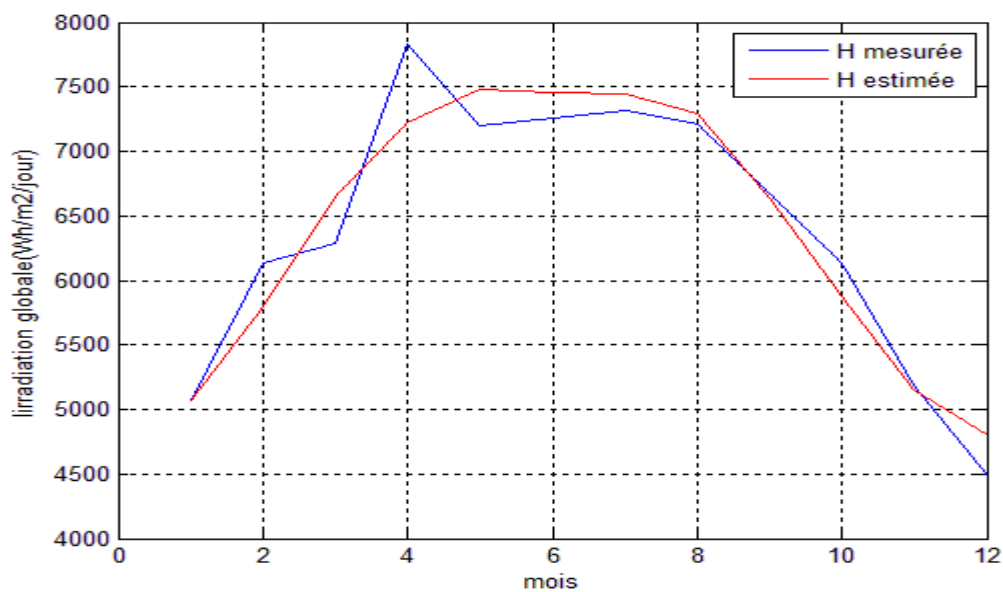


Figure (III -8) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le quatrième modèle pour le site Tamanrasset

Les valeurs des différents types d'erreur obtenus par l'application des quatre modèles pour le site d'Alger sont présentées par le tableau

Modèle	Type d'erreur			
	MBE	MAE	RMSE	R ²
Modèle 1	-0,20	3,83	4,47	0,91
Modèle 2	-0,19	3,36	4,29	0.92
Modèle 3	-0,20	3,82	4,47	0.91
Modèle 4	-0.18	3.65	4.25	0.92

Tableau (III-16) : les valeurs des erreurs pour le site de Tamanrasset

D'après les tableaux (III-16) et les courbes représentées par les figures (III-5-6-7-8) on remarque que le meilleur modèle pour l'estimation de l'irradiation solaire globale mensuelle pour le site de Tamanrasset c'est le résultat obtenu par le Quatrième modèle avec un couple (RMSE, MBE) de (4.25%,-0.18%)

III.9 Application des modèles sur le site de Bechar

III.9.1 Application du premier modèle

Pour le site de Bechar, les valeurs des paramètres (a et b) pour le premier modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrées. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

a=1,0679 ; b=-0,4751

Le tableau (III-17) présente L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site de Bechar

Mois	Bechar
1	3967.85
2	4780.41
3	5764.42
4	6791.59
5	7537.38
6	7717.12
7	7527.16
8	7054.26
9	6185.17
10	5107.75
11	4183.89
12	3739.83

Tableau (III-17) : L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site de Bechar

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le premier modèle pour le site de Bechar sont représentées par la figure (III-9)

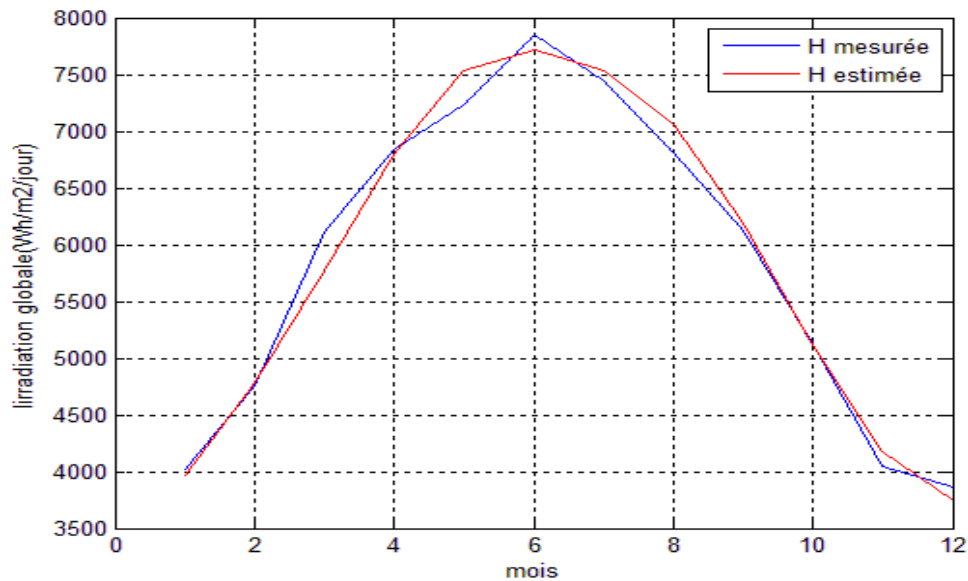


Figure (III-9) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site de Bechar

III.9.2 Application du deuxième modèle :

Après normalisations de la température, les valeurs des paramètres (a, b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0.7886 \quad ; \quad b=-0.0668 \quad ; \quad c=-0.0755$$

Le tableau (III-18) présente L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site de Bechar

Mois	Bechar
1	4022.32
2	4863.95
3	5954.57
4	6940.53
5	7510.28
6	7609.95
7	7394.05
8	6898.41
9	6098.62
10	5073.16
11	4155.26
12	3736.88

Tableau (III-18) : L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site de Bechar

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle sont représentées par la figure (III-10)

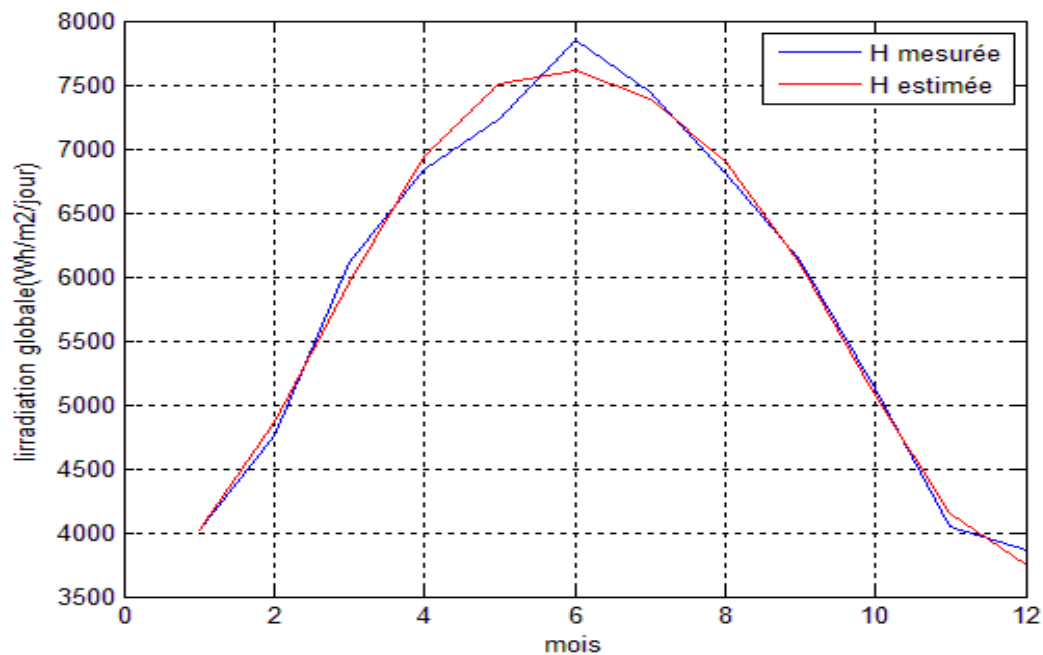


Figure (III-10) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le deuxième modèle pour le site de Bechar

III.9.3 Application du troisième modèle :

Les valeurs des paramètres (a, b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a = 0.3430 \quad ; \quad b = 0.3449 \quad ; \quad c = 0.1971$$

Le tableau (III-19) présente L'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site de Bechar

Mois	Bechar
1	4020.14
2	4849.49
3	6008.10
4	6944.20
5	7438.25
6	7582.17
7	7377.09
8	6881.57
9	6118.74
10	5109.99
11	4161.71
12	3733.59

Tableau (III-19) : L'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site de Bechar

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle sont représentées la figure (III-11)

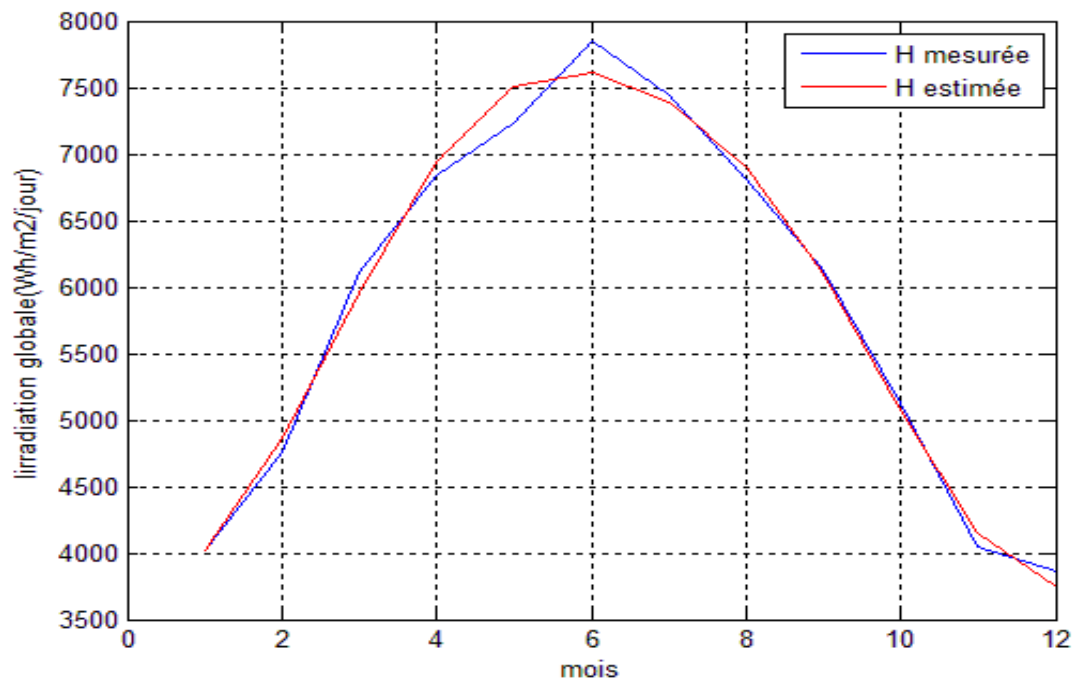


Figure (III-11) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le troisième modèle pour le site de Bechar

III.9.4 Application du quatrième modèle :

Les valeurs des paramètres (a, b, c et d) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a = -1,18 \quad ; \quad b = 4,6 \quad ; \quad c = -5,89 \quad ; \quad d = 2,5$$

Le tableau (III-20) présente L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site de Bechar

Mois	Bechar
1	4020.14
2	4849.49
3	6008.10
4	6944.20
5	7438.25
6	7582.17
7	7377.09
8	6881.57
9	6118.74
10	5109.99
11	4161.71
12	3733.59

Tableau (III-20) : L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site de Bechar

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle sont représentées par la figure (III-12) suivante

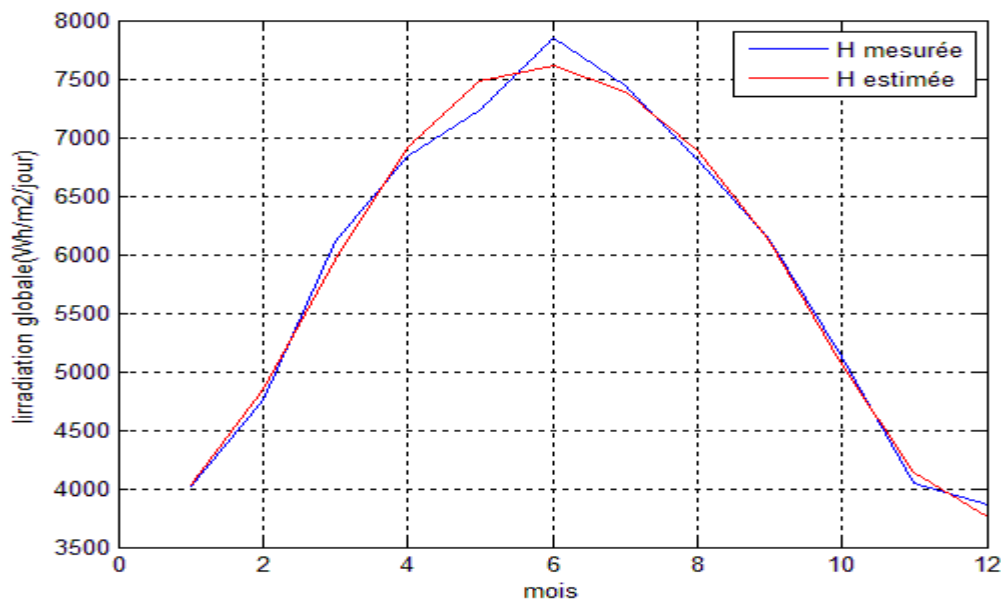


Figure (III-12) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le quatrième modèle pour le site de Bechar

Les valeurs des différents types d'erreur obtenus par l'application des quatre modèles pour le site d'Alger sont présentées par le tableau (III-21)

Modèle	Type d'erreur			
	MBE	MAE	RMSE	R ²
Modèle 1	-0,08	2,20	2,75	0.99
Modèle 2	-0,05	1,89	2,21	0.99
Modèle 3	-0,04	1,67	2,03	0.99
Modèle 4	-0.04	1.57	1.91	0.99

Tableau (III-21) : les valeurs des erreurs pour le site Bechar

D'après les tableaux (III-21) et les courbes représentées par les figures (III-8, 9, 10, 11,12) on remarque que le meilleur modèle pour l'estimation de l'irradiation solaire globale mensuelle pour le site Bechar c'est le résultat obtenu par le quatrième modèle avec un couple (RMSE, MBE) de (1.91%, -0.04%)

III.10 Evaluation des modèles sur le site d'Oran

III.10.1 Application du premier modèle

Pour le site d'Oran, les valeurs des paramètres (a et b) pour le premier modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrées. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$a=0,4574$; $b=0,3036$

Le tableau (III-22) présente L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site de Bechar

Mois	Oran
1	3105.44
2	3929.03
3	5329.43
4	6443.66
5	7399.49
6	7697.82
7	7907.83
8	7205.28
9	5919.46
10	4525.26
11	3283.32
12	2849.93

Tableau (III-22) : L'irradiation solaire globale estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour Oran

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le premier modèle pour le site d'Oran représentées par la figure (III-13)

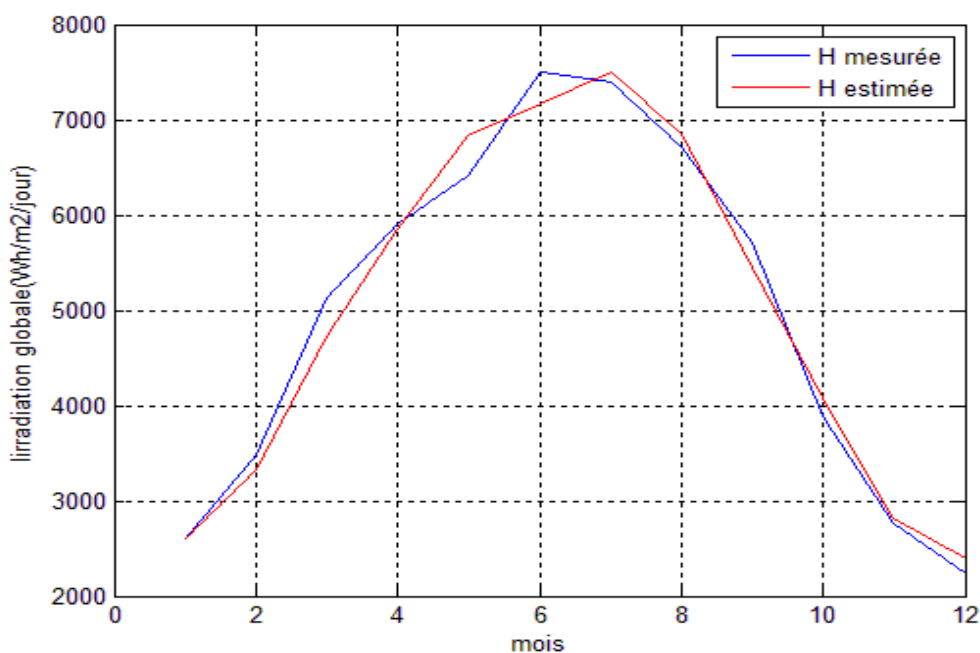


Figure (III-13) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le modèle d'Angstrom-Prescott pour le site d'Oran

III.10.2 Application du deuxième modèle :

Après normalisations de la température, les valeurs des paramètres (a, b et c) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a=0.2256 \quad ; b=-0.6149 \quad ; c=-0.0483$$

Le tableau (III-23) présente L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site d'Oran :

Mois	Oran
1	2642.37
2	3332.94
3	4818.46
4	5765.61
5	6799.48
6	7018.88
7	7579.02
8	6852.14
9	5473.33
10	4086.56
11	2763.19
12	2419.11

Tableau (III-23) : L'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site d'Oran

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le deuxième modèle pour le site d'Oran sont représentées par la figure (III-14)

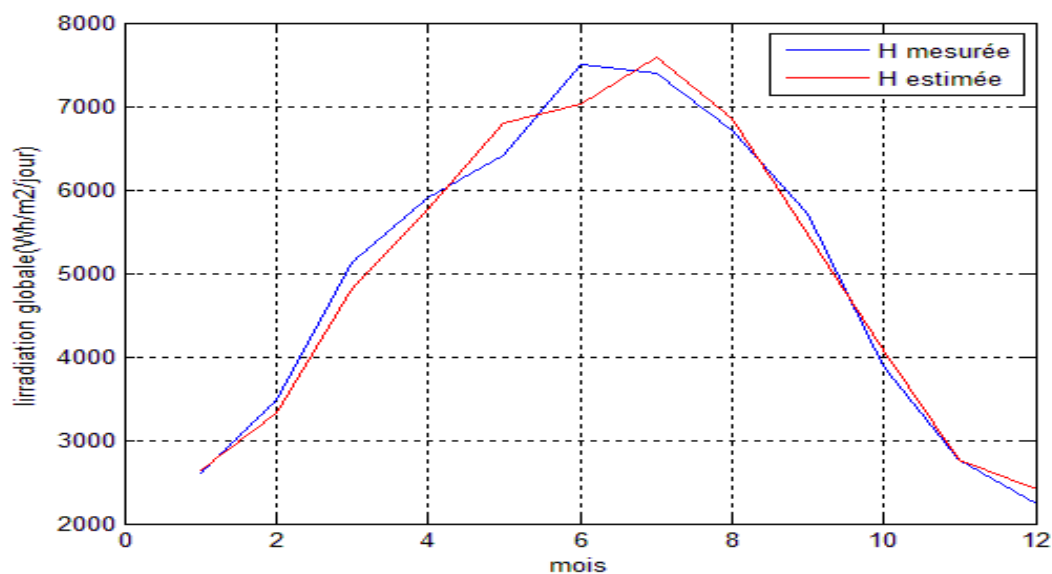


Figure (III-14) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le deuxième modèle pour le site d'Oran

III.10.3 Application du troisième modèle :

Les valeurs des paramètres (a, b, c et d) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a = 0.5461 \quad ; \quad b = 0.4103 \quad ; \quad c = -0.3120$$

Le tableau (III-24) présente L'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site d'Oran

Mois	Oran
1	4020.14
2	4849.49
3	6008.10
4	6944.20
5	7438.25
6	7582.17
7	7377.09
8	6881.57
9	6118.74
10	5109.99
11	4161.71
12	3733.59

Tableau (III-24) : L'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site d'Oran

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le troisième modèle pour le site d'Oran sont représentées par la figure (III-15)

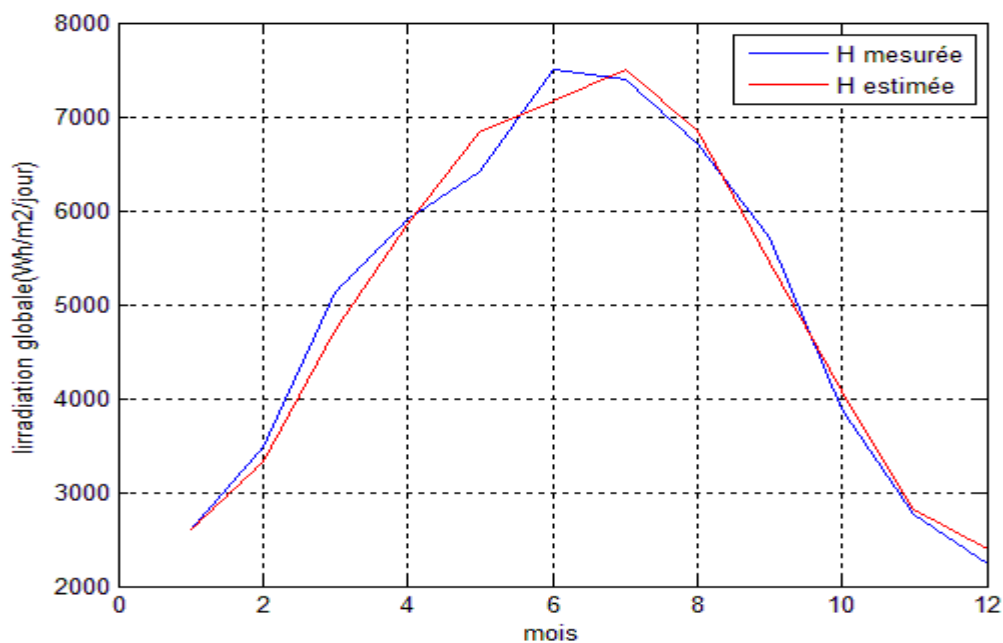


Figure (III-15) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le troisième modèle pour le site d'Oran

III.10.4 Application du quatrième modèle :

Les valeurs des paramètres (a, b, c et d) pour ce modèle sont déterminés par la méthode des moindres carrés. Les valeurs obtenues de ces paramètres sont :

$$a = -0.67 \quad ; \quad b = 3.98 \quad ; \quad c = -3.95 \quad ; \quad d = 1.316$$

Le tableau (III-25) présente L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site d'Oran

Mois	Oran
1	2636,17
2	3335,31
3	4928,61
4	5932,46
5	6945,33
6	7225,34
7	7415,94
8	6767,56
9	5576,93
10	4215,84
11	2787,17
12	2419,27

Tableau (III-25) : L'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site d'Oran

Les variations de l'irradiation solaire globale mesurée et celles de l'irradiation solaire globale estimée par le quatrième modèle pour le site d'Oran sont représentées par la figure (III-16)

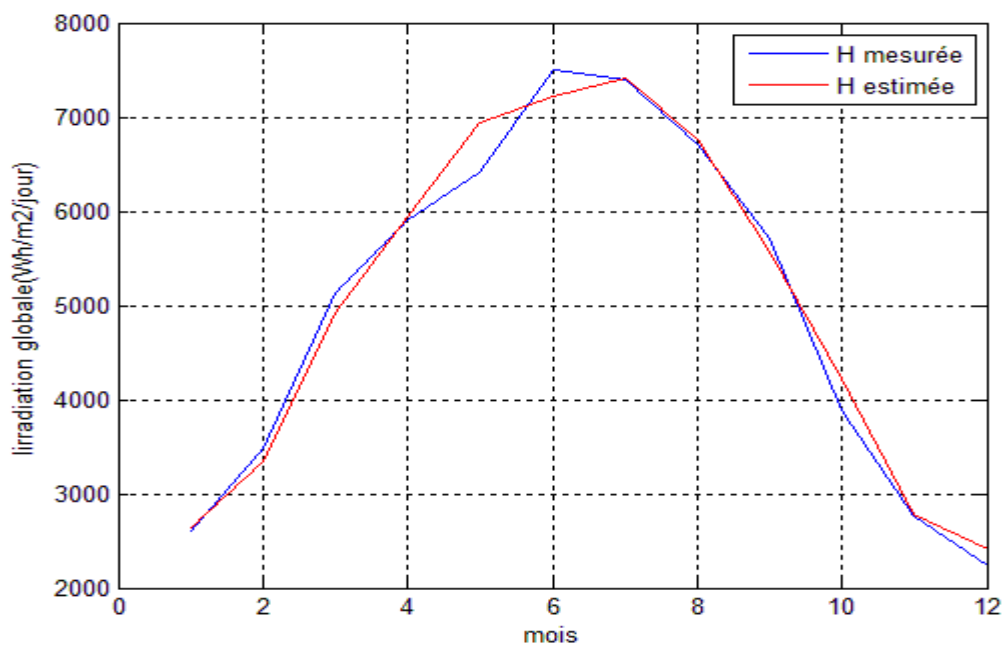


Figure (III-16) : L'irradiation solaire globale mesurée et estimée par le quatrième modèle pour le site d'Oran

Les valeurs des différents types d'erreur obtenus par l'application des quatre modèles pour le site d'Oran sont présentées par le tableau

Modèle	Type d'erreur			
	MBE	MAE	RMSE	R ²
Modèle 1	-0,24	4,18	4,75	0,91
Modèle 2	-0,23	4,11	4,73	0,98
Modèle 3	-0,22	3,93	4,59	0,98
Modèle 4	-1,25	3,17	4,35	0,98

Tableau (III-26) : les valeurs des erreurs pour le site d'Oran

D'après les tableaux (III-26) et les courbes représentées par les figures (III-13, 14, 15,16 on remarque que le meilleur modèle pour l'estimation de l'irradiation solaire globale mensuelle pour le site d'Oran c'est le résultat obtenu par le deuxième modèle avec un couple (RMSE, MBE) de (4,35 % -1,25%)

III.11 discussion

Il est à noter que les valeurs estimées par les différents modèles sont en bonnes concordances avec les valeurs mesurées, cependant les meilleurs résultats sont obtenus par le quatrième modèle avec un couple (RMSE, MBE) de (4,25%,-0.18) pour le site de Tamanrasset et un couple de (1.91%,-0.04%) pour le site de Bechar. Il est à mentionner aussi que le deuxième modèle qui utilise la fraction d'insolation et la température moyenne donne des résultats extrêmement meilleurs avec un couple (RMSE, MBE) de (2.21%, -0.05%,) pour le site d'Alger et de (3.30%, -0.1%) pour le site d'Oran.

III.12 Conclusion

La moyenne mensuelle de l'irradiation solaire globale sur une surface horizontale pour les quatre sites d'Alger et Tamanrasset, Oran, Bechar a été estimée en utilisant plusieurs modèles, dans ces modèles plusieurs grandeurs ont été utilisées à savoir la fraction d'insolation, la température moyenne de l'air, l'humidité relative moyenne de l'air. En fin une comparaison entre les différentes modèles est faite en employant quatre types d'erreur à savoir l'écart relatif moyen algébrique, absolu et quadratique. Alors une bonne concordance entre les valeurs mesurées et celles estimées par les différents modèles est très remarquable, ce qui nous mène donc à dire, que ces modèles peuvent être utilisés pour estimer l'irradiation solaire globale pour des endroits dont les climats sont similaires à ceux des quatre sites.