

II.1 INTRODUCTION

Les modèles statistiques utilisés dans la littérature la plus part sont pour estimer le rayonnement global quotidien à partir de la durée d'ensoleillement.

Ces modèles sont une modification de l'équation type d'Angstrom (1924) par l'ajout de termes supplémentaires. L'estimation des paramètres des modèles est réalisée le plus souvent par la méthode des moindres carrés et la technique de la régression. [14]

II.2 Modèles linéaires (Angstrom-Prescott)

Ces modèles ont une forme générale représentée par l'équation suivante :

$$(H/H_0) = a + b (S/S_0)$$

Où

H₀ : l'irradiation journalière sur un plan horizontal à l'extérieur de l'atmosphère à la date et au lieu considéré.

H : l'irradiation journalière sur un plan horizontal au sol à la date et au lieu considéré

S : a durée d'insolation mesurée

S₀ : la durée du jour (le temps entre l'heure du coucher et l'heure du lever du soleil.)

a et b sont les paramètres du modèle

Modèle 1: Page a donné les coefficients de la modification de modèle Angstrom, qui est censé être applicable partout dans le monde, comme ce qui suit [15]:

$$\left(\frac{H}{H_0}\right) = 0.23 + 0.48 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.1})$$

Modèle 2: Rietveld a obtenu les équations suivantes de la régression linéaire pour estimer les rayonnements solaires [16] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.10 + 0.24 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.2.a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.38 + 0.08 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.2.b})$$

Modèle 3: Iqbal a utilisé des données obtenues à partir de trois sites Canada pour proposer des corrélations [17] :

$$\left(\frac{H_d}{H}\right) = 0.791 + 0.635 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.3})$$

Modèle 4 : Lewis a obtenu l'équation de la régression linéaire pour estimer le rayonnement diffus par jour pendant trois stations au Zimbabwe [18]:

$$\left(\frac{H_d}{H}\right) = 0.754 - 0.654 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.4})$$

Modèle 5 : Kholagi et al. a dérivé des équations suivantes à partir du données mesurées à trois stations différentes au Yémen [19] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.91 + 0.571 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.5, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.297 + 0.423 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.5, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.262 + 0.454 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.5, c})$$

Modèle 6 : Benson et al. a proposé deux équations différentes dans deux intervalles d'une année en fonction des paramètres climatiques [20] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.18 + 0.60 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad \text{Pour : Janvier Mars et Octobre et Décembre} \quad (\text{II.6, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.24 + 0.53 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad \text{Pour : Avril et Septembre} \quad (\text{II.6, b})$$

Modèle 7 : Ibrahim obtient les équations suivantes pour prédire le moyen mensuel rayonnement diffus quotidiennement au Caire, Egypte [20] :

$$\left(\frac{H_d}{H}\right) = 0.79 - 0.59 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.7})$$

Modèle 8 : Bahel et al. a suggéré la relation suivante [21] :

$$\left(\frac{H}{H_0}\right) = 0.175 - 0.552 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.8})$$

Modèle 9 : Jain a monté l'équation Angstrom en utilisant la méthode de moindres carrés pour le rayonnement global mensuel et les données de durée d'ensoleillement de 31 sites italiens.

L'équation en utilisant les valeurs moyennes de ces emplacements est donnée comme suit [22] :

$$\left(\frac{H}{H_0}\right) = 0.177 + 0.692 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.9})$$

Modèle 10 : Alsaad a dérivé l'équation de type Angstrom pour estimer le rayonnement global quotidien moyen mensuel pour Amman, Jordanie [23]

$$\left(\frac{H}{H_0}\right) = 0.174 + 0.615 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.10})$$

Modèle 11 : Gopinathan a obtenu l'équation suivante à partir des données expérimentales de trois stations en Inde [24]:

$$\left(\frac{H_d}{H}\right) = 0.931 - 0.814 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.11})$$

Modèle 12 : Jain et Jain ont utilisés l'équation suivante pour estimer le rayonnement global sur huit sites zambiens [25] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.240 + 0.513 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.12})$$

Modèle 13 : Soler a donné une équation de type Angstrom modifié pour chaque mois comme suit [26] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.18 + 0.66 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour Janvier} \quad (\text{II.13, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.20 + 0.60 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour Février} \quad (\text{II.13, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.22 + 0.58 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour Mars} \quad (\text{II.13, c})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.20 + 0.62 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour Avril} \quad (\text{II.13, d})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.24 + 0.52 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour mai} \quad (\text{II.13, e})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.24 + 0.53 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour Juin} \quad (\text{II.13, f})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.23 + 0.53 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{pour Juillet} \quad (\text{II.13, j})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.22 + 0.55 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{Août} \quad (\text{II.13, h})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.20 + 0.59 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{Septembre} \quad (\text{II.13, i})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.19 + 0.60 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{Octobre} \quad (\text{II.13, g})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.17 + 0.66 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{Novembre} \quad (\text{II.13, k})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.18 + 0.65 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots\dots\dots \text{Décembre} \quad (\text{II.13, l})$$

Modèle 14 : Luhanga et Andringa ont dérivé leur propre modèle comme la suite [27] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.241 + 0.488 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.14})$$

Modèle 15 : Raja et Twidell ont fourni l'équation suivante en utilisant les données de cinq grands observatoires au Pakistan [28] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.35 + 0.367 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.15})$$

Modèle 16 : Jain a expliqué les résultats de l'analyse linéaire de régression des données mesurées pour les trois sites (Salisbury, Bulawayo et Macerata, Italie) [29]:

$$\frac{H}{H_0} = 0.313 + 0.474 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.16, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.307 + 0.488 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.16, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.309 + 0.599 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.16, c})$$

Modèle 17 : Tas Demiroglu et sever a proposé les équations pour la Turquie en général [30]:

$$\left(\frac{H_d}{H} \right) = 0.622 - 0.350 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad \text{Pour } 0.2 \leq \left(\frac{S}{S_0} \right) \leq 0.94 \quad (\text{II.17})$$

Modèle 18 : Louche a suggéré le modèle suivante pour estimer rayonnement solaire global [31] :

$$\frac{H}{H_0} = 0,206 + 0,546 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.18})$$

Modèle 19 : Lewis a suggéré le modèle suivante pour estimer rayonnement solaire global pour l'état de Tennessee, U.S.A. comme suit [32] :

$$\frac{H}{H_0} = 0,14 + 0,57 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.19})$$

Modèle 20 : Gopinathan et Soler ont suggère des équations linéaire pour les sites de latitudes entre 608N et 708N [33] :

$$\frac{H}{H_0} = 0,1538 + 0,7874 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.20, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0,1961 + 0,7212 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.20, b})$$

Modèle 21 : Veeran et Kumar ont obtenu la relation linéaire suivant pour estimer le rayonnement global quotidien moyen mensuel à deux régions tropicales (Madras et Kodaikanal, Inde) [34] :

$$\frac{H}{H_0} = 0,34 + 0,32 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.21, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0,27 + 0,65 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.21, b})$$

Modèle 22 : Tiris et al. A aussi suggéré que les corrélations suivantes [35] :

$$\frac{H}{H_0} = 0,2262 + 0,418 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.22, a})$$

$$\frac{H_d}{H} = 0,1426 - 0,119 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.22, b})$$

$$\frac{H_b}{H_0} = 0,851 - 0,298 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.22, c})$$

$$\frac{H_b}{H} = 0,4428 - 0,1747 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.22, d})$$

Modèle 23 : Tiris et Tiris ont dérivée des équations suivantes à partir les données expérimentales mesurées à Gebze, Turquie dans la période à partir de Janvier 1984 à Décembre 1992 [36] :

$$\frac{H_d}{H} = 0.652 - 0.482 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad \text{Pour} \quad 0.23 < \left(\frac{S}{S_0} \right) < 0.76 \quad (\text{II.23})$$

Modèle 24 : Said et al. a obtenu l'équation suivante pour estimer le rayonnement global et diffus moyenne mensuelle sur un surface horizontale à Tripoli, Libye [37] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.215 + 0.527 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.24})$$

Modèle 25 : Ulgen et Ozbalta ont proposé l'équation suivant pour Izmir-Bornova, Turquie [38]:

$$\frac{H}{H_0} = 0.2424 + 0.5014 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.25})$$

Modèle 26 : Chegaar et Chibani ont proposé deux modèles pour l'estimation mensuelle moyenne quotidienne globale sur une surface horizontale [39] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.309 + 0.368 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad \text{Pour Alger et Oran} \quad (\text{II.26, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.367 + 0.367 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad \text{Pour Beni abbas} \quad (\text{II.26, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.233 + 0.591 \left(\frac{S}{S_0} \right) \text{ Pour Tamanrasset} \quad (\text{II.26, c})$$

Modèle 27: Akpabio et Etuk ont proposé un type Angstrom équation de corrélation déterminé comme suit à l'aide de mesures de données sur le rayonnement et la durée d'ensoleillement solaires mondiaux pendant la période 1984-1999 à Onne (dans la zone climatique de la forêt tropicale le sud du Nigeria) [40]:

$$\frac{H}{H_0} = 0.23 + 0.38 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.27})$$

Modèle 28 : Ulgen et Hepbasli ont suggéré des linéaires pour Ankara, Istanbul et Izmir en Turquie [41] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.2671 + 0.4754 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.28})$$

Modèle 29 : Almorox et al. a rapporté des équations mensuels spécifiques pour estimer le rayonnement solaire global pendant les heures de lever du soleil pour Toledo, Espagne donnés ci-dessous [42]:

$$\frac{H}{H_0} = 0.285 + 0.444 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour janvier} \quad (\text{II.29, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.272 + 0.465 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour février} \quad (\text{II.29, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.291 + 0.491 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour mars} \quad (\text{II.29, c})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.266 + 0.495 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour avril} \quad (\text{II.29, d})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.286 + 0.475 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour mai} \quad (\text{II.29, e})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.311 + 0.439 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour juin} \quad (\text{II.29, f})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.329 + 0.406 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour juillet} \quad (\text{II.29, g})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.313 + 0.410 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour Août} \quad (\text{II.29, h})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.271 + 0.479 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour septembre} \quad (\text{II.29, i})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.259 + 0.465 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour octobre} \quad (\text{II.29, j})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.279 + 0.431 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour novembre} \quad (\text{II.29, k})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.282 + 0.428 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour décembre} \quad (\text{II.29, l})$$

II.3 Modèles non lineaire

Modèle 30 : Kilic et Ozturk ont déterminé les coefficients a et b en fonction de la déclinaison solaire (δ) et φ et Z, que donnée par les équations [43] :

$$a = 0.103 - 0.017Z - 0.19 \cos(\varphi - \delta) \quad (\text{II.30, a})$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\varphi - \delta) \quad (\text{II.30, b})$$

Modèle 31 : Rensheng et al. a proposé des nouvelles équations, se basant sur le modèle de Angstrom et le modèle de Bahel, en utilisant de données de rayonnement quotidiens globales et heures d'ensoleillement de 1994 à 1998 à 86 stations en Chine. Ces équations sont données comme suit [44] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.176 + 0.563 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.31, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = (0.122 + 0.001(\varphi) + 2.57 \times 10^{-2}z) + 0.543 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.31, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = (0.280 - 1.141(\varphi) + 2.60 \times 10^{-2}z) + 0.542 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.31, c})$$

$$\frac{H}{H_0} = (0.275 + 4.270 \times 10^{-5} \lambda - 0.141 \cos(\varphi) + 2.263 \times 10^{-2}z) + 0.542 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.31, d})$$

$$\frac{H}{H_0} = (0.117 + 4.11 \times 10^{-5} \lambda - 0.0011(\varphi) + 2.59 \times 10^{-2}z) + 0.542 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.31, e})$$

$$\frac{H}{H_0} = (-0.196 \cos(\varphi) + 2.2 \times 10^{-2}z + 0.329) + (0.097 \cos(\varphi) + 6.72 \times 10^{-3}z) + 0.457 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.31, f})$$

$$\begin{aligned} \frac{H}{H_0} = & (0.0001\lambda - 0.195 \cos(\varphi) + 2.28 \times 10^{-2}z + 0.313) + (-0.0002\lambda + 0.097 \cos(\varphi) + \\ & 5.69 \times 10^{-3}z) + 0.476 \left(\frac{S}{S_0} \right) \end{aligned} \quad (\text{II.31, g})$$

$$\begin{aligned} \frac{H}{H_0} = & (0.0001\lambda + 0.002\varphi + 2.27 \times 10^{-2}z + 0.094) + (-0.0002\lambda + 0.0008\varphi + 5.36 \times \\ & 10^{-3}z) + 0.586 \left(\frac{S}{S_0} \right) \end{aligned} \quad (\text{II.31, h})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.150 + 1.145 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 1.474 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + 0.963 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (\text{II.31, i})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.001\varphi + 2.41 \times 10^{-2} z + 0.109 + 1.029 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 1.216 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0.787 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.31, j})$$

$$\frac{H}{H_0} = (-0.112\cos(\varphi) + 2.43 \times 10^{-2} z + 0.234) + 1.026 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 1.209 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0.782 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.31, k})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.007\varphi + 2.44 \times 10^{-2} z - 0.005\lambda + 2.24 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.370) + 1.026 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 1.208 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0.783 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.31, l})$$

$$\frac{H}{H_0} = (-0.087\cos(\varphi) + 2.44 \times 10^{-2} z - 0.004\lambda + 1.86 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.426) + 1.024 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 1.204 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0.779 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.31, m})$$

$$\frac{H}{H_0} = (-0.233\cos(\varphi) + 2.64 \times 10^{-2} z - 0.336) + (2.140 \cos(\varphi) - 0.1z - 0.670) \left(\frac{S}{S_0}\right) + (-5 \cos(\varphi) + 0.3z + 2.744) \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + (3.042 \cos(\varphi) - 0.2z - 1.638) \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.31, n})$$

$$\frac{H}{H_0} = (-0.141 \cos(\varphi) + 2.84 \times 10^{-2} z - 0.014\lambda + 6.7 \times 10^{-5} \lambda^2 + 1.012) + (1.740 \cos(\varphi) - 0.1z + 0.069\lambda - 0.003\lambda^2 - 4.061) \left(\frac{S}{S_0}\right) + (-3.867 \cos(\varphi) - 0.2z - 0.199\lambda + 0.0009\lambda^2 + 12.402) \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + (2.115 \cos(\varphi) - 0.2z + 0.164\lambda - 0.0008\lambda^2 - 9.442) \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.31, k})$$

Modèle 32 : Glover et McCulloch ont proposé l'équation suivant qui dépend de φ est valable pour $\varphi < 60$ [45] :

$$\left(\frac{H}{H_0}\right) = 0.29 \cos(\varphi) + 0.52 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.32})$$

Modèle 33 : Gopinathan a suggéré que les coefficients **a** et **b** sont fonction de la (S / S_0) et l'altitude de l'emplacement (φ), que donnée par les équations suivante [46] :

$$a = 0.265 + 0.07\varphi - 0.135 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.33, a})$$

$$b = 0.401 - 0.108\varphi + 0.325 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.33, b})$$

Modèle 34 : Almorox et Hontoria ont proposé l'équation exponentielle suivante [47] :

$$\frac{H}{H_0} = -0.0271 + 0.3096 \exp\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.34})$$

Modèle 35 : Dagniaux et Lemoine ont également proposé l'équation suivant, où les coefficients de régression a et b en fonction de w en moyenne et sur la base mensuelle dans ces équations, respectivement [48] :

$$a = 0.37022 - 0.00313(\varphi) \quad (\text{II.35, a})$$

$$b = 0.32029 - 0.00506(\varphi) \quad (\text{II.35, b})$$

Modèle 36 : Gopinathan a donné les corrélations suivantes [49] :

$$\begin{aligned} \frac{H}{H_0} = & -0.309 + 0.539 \cos(\varphi) - 0.0693Z + 0.290 \left(\frac{S}{S_0}\right) + \left(1.527 - 1.027 \cos(\varphi) + \right. \\ & \left. 0.0926Z - 0.359 \left(\frac{S}{S_0}\right)\right) \left(\frac{S}{S_0}\right) \end{aligned} \quad (\text{II.36})$$

$\Rightarrow Z$ est altitude en kilomètres.

Modèle 37 : Newland a suggéré l'équation suivante qui comprend un terme logarithmique [50] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.40 \left(\frac{S}{S_0}\right) + 0.17 \log\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.37})$$

Modèle 38 : Ampratwum et Dorvlo ont suggéré les suivantes équations logarithmiques pour la station météo Seeb à Oman [51] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.6376 + 0.2490 \log\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.38})$$

Modèle 39 : Togrul et Nat ont développé des équations pour estimer le rayonnement solaire global mensuel moyen (H) pour Elazig, Turquie [52] :

$$H = -1.3876 + 0.518H_0 + 2.3064 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.39, a})$$

$$H = 2.765 + 4.9597 \sin(\delta) + 2.2984 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.39, b})$$

Modèle 40 : Ulgen et Hepbasli ont développé l'empirique corrélation suivante pour la ville d'Izmir, en Turquie, pour estimer H [53] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.3092\cos(\varphi) + 0.4931 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.40})$$

Modèle 41 : Togrul et Togrul ont suggéré les équations suivantes où ils ont obtenu de la relation entre S / So et H / H₀ par essayer des types de régression différents pour Ankara, Antalya, Izmir, Yenihisar (Aydın), Yumurtalik (Adana) et Elazig en Turquie [54] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.698 + 0.2022\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.41, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.3396e^{0.8985\left(\frac{S}{S_0}\right)} \quad (\text{II.41, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.7316 \left(\frac{S}{S_0}\right)^{0.4146} \quad (\text{II.41, c})$$

Modèle 42 : Jin et al. a suggéré, basé sur les données de rayonnement et l'information géographique, y compris la latitude et l'altitude de toutes les 69 stations en Chine, les équations générales sont donnés comme Suivant [55] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.0855 + 0.0020(\varphi) + 0.030z + 0.5654 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.42, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 2.1186 - 2.0014(\varphi) + 0.0304z + 0.5622 \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{II.42, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = (0.1094 + 0.0014(\varphi) + 0.0212z) + (0.5176 + 0.0012(\varphi) + 0.0150 \left(\frac{S}{S_0}\right)) \quad (\text{II.42, c})$$

$$\frac{H}{H_0} = (1.8790 - 1.7516\cos(\varphi) + 0.0205z) + (1.0819 - 0.5409\cos(\varphi) + 0.0169z \left(\frac{S}{S_0}\right)) \quad (\text{II.42, d})$$

$$\begin{aligned} \frac{H}{H_0} = & (0.0218 + 0.0033(\varphi) + 0.0443z) + (0.9979 - 0.0092(\varphi) - 0.0852z \left(\frac{S}{S_0}\right) + \\ & (-0.5579 + 0.0120(\varphi) + 0.1005z \left(\frac{S}{S_0}\right)^2) \end{aligned} \quad (\text{II.42, e})$$

$$\begin{aligned} \frac{H}{H_0} = & (4.2510 - 4.1878\cos(\varphi) + 0.0472z) \\ & + (-10.5774 + 11.4512\cos(\varphi) - 0.08832z) \left(\frac{S}{S_0}\right) \\ & + (12.7274 - 13.00994\cos(\varphi) + 0.1000z) \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \end{aligned} \quad (\text{II.42, f})$$

II.4 Modèles multi variables

Modèle 43 : Rensheng et al. a suggéré une relation logarithmique entre le rayonnement quotidien global / quotidien rayonnement solaire extraterrestre (H / H_0) et la différence de température entre la température de l'air quotidienne maximale et minimale (T_M, T_m) comme suivants [56] :

$$\frac{H}{H_0} = a \ln(T_M - T_m) + b \left(\frac{S}{S_0}\right)^c + d \quad (\text{II.43})$$

Modèle 44: Gariepy a indiqué que le coefficient empirique a et b sont fonction de la température moyenne de l'air (T) et la quantité des précipitations(P) [57]:

$$a = 0.3791 - 0.041(T) - 0.0176(P) \quad (\text{II.44, a})$$

$$b = 0.4810 - 0.043(T) - 0.00097(P) \quad (\text{II.44, b})$$

II.5 Modèle polynomial

Modèle 45 : Ogelman et al. a corrélié (H/H_0) avec (S/S_0) dans la forme d'une équation polynomiale de second ordre [58] :

$$\left(\frac{H}{H_0}\right) = 0.195 + 0.676 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.142 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (\text{II.45})$$

Modèle 46 : Zabara a proposé des valeurs mensuels a et b de la modèle Angstrom modifiée en fonction de la durée maximale possible du soleil (S) à l'ordre 3 et la longueur du jour (S_0) [59]:

$$a = 0.395 - 1.247 \left(\frac{S}{S_0}\right) + 2.680 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 - 1.674 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.46, a})$$

$$b = 0.395 - 1.384 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 3.249 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 - 2,055 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.46, b})$$

Modèle 47 : Bahel a également développé une large corrélation mondiale fondée sur lumineux heures d'ensoleillement et les données globales de rayonnement de 48 stations, partout le monde, avec des conditions météorologiques variées et une large distribution des emplacements géographiques [60] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.16 + 0.87 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.61 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0,34 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (\text{II.47})$$

Modèle 48 : Akinoglu et Ecevit ont obtenu la corrélation ci-dessous entre (H / H_0) et (n / N) dans une équation polynomiale de second ordre pour la Turquie [61] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.145 + 0.845 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.280 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.48})$$

Modèle 49 : Samuel a exprimé le rapport du rayonnement global d'extraterrestre en fonction du rapport de la durée d'ensoleillement [62] :

$$\frac{H}{H_0} = -0.14 + 2.52 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 3.71 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + 2.24 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (\text{II.49})$$

Modèle 50 : Tasdemiroglu et le sevrer ont aussi développé une corrélation entre (H / H_0) et (S / S_0) dans une équation polynomiale du deuxième ordre pour six lieux (Ankara, Antalya, Diyarbakir, Gebze, Izmir et Samsun) de la Turquie comme suit [63] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.255 + 0.014 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.001 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.50})$$

Modèle 51 : Yildiz et Oz, en utilisant les données mesurées recueillies à partir de cinq stations situées dans différents lieux de la Turquie, développé l'équation suivante [64] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.2038 + 0.9236 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.3911 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.51})$$

Modèle 52 : Aksoy, en utilisant les données de Août 1993 à Juillet 1995 obtenu à partir du Service météorologique national turc, développé une relation quadratique entre (H / H_0) et (n / N) afin d'estimer le rayonnement global moyen mensuel pour Ankara, Antalya, Samsun, Konya, Urfa et Izmir, Turquie, comme suit [65] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.148 + 0.668 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.079 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.52})$$

Modèle 53 : Ertekin et Yaldiz ont suggéré la suite équations de corrélation polynôme pour la ville d'Antalya en Turquie [66] :

$$\frac{H}{H_0} = -24275 + 11.946 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 16.745 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + 7.9575 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (\text{II.53})$$

Modèle 54 : Ahmad et Ulfat ont suggéré des équations polynomiales de première et de deuxième ordre développées pour Karachi du Pakistan. Ces équations sont donnés comme suivant, respectivement [67] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.324 + 0.405 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.54, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.348 + 0.320 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.070 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.54, b})$$

Modèle 55 : Tahran et Sari ont proposé deux modèles pour prédire le rayonnement solaire sur la région de mer Noire centrale de la Turquie. Ces modèles polynomiaux quadratiques et cubiques sont donnés comme suivant [68] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.1874 + 0.8592 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.4764 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.55, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.1520 + 1.1334 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 1.1126 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + 0.4516 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (\text{II.55, b})$$

Modèle 56 : Aras et al. a suggéré des linéaires et des équations polynomiales de corrélation pour utiliser généralement douze provinces de la région de l'Anatolie centrale de la Turquie [69] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.3078 + 0.4166 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{II.56, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.3398 + 0.2868 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 0.1187 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 \quad (\text{II.56, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.4832 - 0.6161 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 1.8932 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 - 1.0975 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (\text{II.56, c})$$

Modèle 57 : Bakirci a suggéré l'équation polynôme de la corrélation pour Erzurum ville de Turquie [70] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.6307 - 0.7251 \left(\frac{S}{S_0} \right) + 1.22089 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 - 0.5633 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (\text{II.57})$$

Modèle 58 : Elagib et Mansell ont étudié la possibilité d'établir des équations mensuelles spécifiques pour l'estimation globale le rayonnement solaire à travers le Soudan. Les auteurs ont rapporté pour meilleur performance des équations pour chaque mois comme indiqué ci-dessous [71] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.1357 + 0.3204(\varphi) + 0.0322(z) + 0.4947 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour Janvier} \quad (\text{II.58, a})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.1563 + 0.3166(\varphi) + 0.1006(z) + 0.4593 \left(\frac{S}{S_0} \right) \dots \text{pour février} \quad (\text{II.58, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.7727 \left(\frac{S}{S_0} \right)^{0.72633} \dots \text{pour mars} \quad (\text{II.58, c})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.1640 + 0.039(z) + 0.5773 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots \text{pour avril} \quad (\text{II.58, d})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.0709 + 0.8967 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.2258 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \dots \text{pour mai} \quad (\text{II.58, e})$$

$$\frac{H}{H_0} = -0.0348 + 0.8976 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.8246 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \dots \text{pour juin} \quad (\text{II.58, f})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.3205 + 0.1444(\varphi) + 0.0782(h) + 0.2916 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots \text{Pour juillet} \quad (\text{II.58, g})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.2720 + 0.0369(\varphi) + 0.1017(z) + 0.3888 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots \text{Pour Août} \quad (\text{II.58, h})$$

$$\frac{H}{H_0} = -0.3710 + 2.5783 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 1.6788 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \dots \text{Pour septembre} \quad (\text{II.58, i})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.1593 - 0.1043(\varphi) + 0.0609(z) + 0.5916 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots \text{Pour octobre} \quad (\text{II.58, j})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.1786 + 0.0199(z) + 0.5441 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots \text{Pour novembre} \quad (\text{II.58, k})$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.1714 + 0.1329(\varphi) + 0.0482(z) + 0.5015 \left(\frac{S}{S_0}\right) \dots \text{Pour décembre} \quad (\text{II.58, l})$$

Modèle 59 : Bakirci a rapporté des équations pour estimer le rayonnement solaire global à partir des heures d'ensoleillement pour Erzurum, en Turquie comme suit [72] :

$$\frac{H}{H_0} = 0.5622 + 0.5444 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.4490 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (\text{II.59, b})$$

Modèle 60 : Bakirci a rapporté une équation de type Angstrom dont le linéaire, relations polynomiales du second ordre et cinquième ordre entre les valeurs moyennes mensuelles de (H / H_c) et (S / S_0) comme suit [73] :

$$\frac{H}{H_0} = 1.0192 - 1.0547 \left(\frac{S}{S_0}\right) + 0.9661 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (\text{II.60, b})$$

$$\frac{H}{H_0} = -11.225 + 128.010 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 516.900 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 994.730 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 - 920.350 \left(\frac{S}{S_0}\right)^4 + 329.93 \left(\frac{S}{S_0}\right)^5 \quad (\text{II.60, c})$$

II.2 Conclusion

Pour l'estimation du rayonnement solaire il est nécessaire de bien préciser les paramètres géométriques du lieu qui sont la latitude, la longitude et l'altitude et aussi des paramètres du capteur qui sont l'inclinaison et l'orientation. Le rayonnement dépend aussi des mouvements de la terre qui sont la rotation et la translation et le mouvement apparent du soleil dans le ciel qui est caractérisé par sa hauteur et sa déclinaison. La variation de ces paramètres influents sur le rayonnement incident sur terre.