



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الفيزياء



رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

شعبة: الفيزياء

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاع و طاقة

من إعداد: قريرة منى

الموضوع

دراسة مقارنة لنماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط
على سطح أفقي

نوقشت يوم:

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيس.

مناقش.

مؤطر.

جامعة الوادي

جامعة الوادي

جامعة الوادي

أستاذ

أستاذ مساعد قسم أ

أستاذ مساعد قسم أ

جمال ضو

سفيان بن حميدة

الربي عبد القادر

الموسم الجامعي: 2016/2015

شكر وعرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام الأتمان الأكملان على النبي الكريم، أما بعد:

عملاً بقوله صلى الله عليه وسلم [لا يشكر الله من لا يشكر الناس].

أولاً نشكر الله عز وجل على اتمام هذه المذكرة.

كما نتقدم بالشكر والتقدير إلى الأستاذ المشرف "البي عبد القادر" على ما بذله من سعة

صدره، ورعاية خاطره، وتحمله المصاعب ارشاداً وتوجيهاً فجزاه الله خير الجزاء.

ويسعدني أن أتقدم بالشكر إلى الأساتذة أفراد اللجنة المناقشة "الدكتور ضو جمال"، "الأستاذ

بن حميدة سفيان" على قبولهم مناقشة هذه المذكرة.

كما لا ننسى كل من ساعدنا..... وشكراً.

الفهرس

الفهرس

	الفهرس.....
	شكرو عرفان.....
	إهداء.....
I	قائمة الأشكال.....
III	قائمة الجداول.....
IV	قائمة الرموز.....
10	مقدمة عامة.....
الفصل الأول: خواص الإشعاع الشمسي	
12	I-تمهيد.....
12	I-1-الشمس.....
13	I-2-بنية الشمس(تركيبها الفيزيائي).....
13	I-2-1-النواة.....
13	I-2-2-طبقة الإشعاع.....
13	I-2-3-طبقة الحمل الحراري.....
14	I-2-4-طبقة الفوتوسفير.....
14	I-2-5-الطبقة الانقلابية.....
14	I-2-6-طبقة الكروموسفير.....
14	I-2-7-طبقة الكورونا (الهالة).....
15	I-3-الإشعاع الشمسي.....
16	I-4-الثابت الشمسي.....
17	I-5-طيف الإشعاع الشمسي.....
18	I-6-الإشعاع الواصل إلى الأرض.....
19	I-6-1-الإشعاع الشمسي المباشر.....
20	I-6-2-الإشعاع الشمسي المنتشر.....
20	I-6-3-الإشعاع الشمسي الكلي.....
20	I-7-العوامل المؤثرة على الإشعاع الشمسي.....
21	I-7-1-بعد الشمس عن الأرض.....
22	I-7-2-سمك الغلاف الجوي.....
23	I-7-3-زاوية سقوط الأشعة الشمسية.....
23	I-7-3-1-خط العرض (Φ).....
24	I-7-3-2-زاوية الميلان الشمسي(δ).....

26	.....3-3-7-I القبة السماوية
27	.....4-3-7-I الزاوية الساعية (ω)
28	.....5-3-7-I زاوية ارتفاع الشمس (β)
28	.....6-3-7-I زاوية سمت الشمس الرأسية (Z)
29	.....7-3-7-I زاوية سمت الشمس الأفقية (Ψ_S)
29	.....8-3-7-I زاوية ميل السطح (γ)
29	.....9-3-7-I زاوية سمت السطح (Ψ_k)
29	.....10-3-7-I زاوية السقوط الشمسي (θ_k)
30	.....4-7-I اختلاف طول الليل والنهار الناتج عن حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها
31	.....8-I التوقيت الشمسي TVS والمحلي TL
33	.....9-I أجهزة قياس الإشعاع الشمسي
34	.....10-I الخلاصة
الفصل الثاني: نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي	
36	.....II-تمهيد
36	.....1-II- مفهوم الغلاف الجوي ومكوناته
37	.....2-II- طبقات الغلاف الجوي
37	.....1-2-II- التروبوسفير
37	.....2-2-II- الاستراتوسفير
38	.....3-2-II- الميزوسفير
38	.....4-2-II- الايونوسفير
38	.....3-II- طريقة حساب زاوية ارتفاع الشمس β
39	.....4-II- تدفق الإشعاع الشمسي على مستوى سطح الأرض
39	.....1-4-II- الكتلة الهوائية
41	.....2-4-II- معامل الاضطراب الكلي
42	.....3-4-II- الألبدو (النورانية)
43	.....5-II- نماذج تحديد الإشعاع الشمسي
43	.....1-5-II- نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الكلي في يوم صافي
45	.....2-5-II- نماذج بسيطة لتحديد الإشعاع الكلي الساقط على سطح أفقي في يوم صافي
46	.....3-5-II- نماذج معقدة لتحديد الإشعاع الكلي الأفقي في يوم صافي
49	.....6-II- الخلاصة

الفصل 03: نتائج ومناقشات

51	III-تمهيد.....
51	III-1-النتائج المحققة والمناقشات.....
52	III-2-تغير كمية الإشعاع الشمسي بدلالة طول الموجة.....
53	III-3-تغير كمية بعض المقادير بدلالة أيام السنة.....
56	III-4-مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بواسطة نموذج <i>Berger-Duffie(BD)</i> بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية.....
58	III-5-تغير كمية الإشعاع الشمسي بدلالة ساعات النهار لكل من منطقة تمراست والمدينة المنورة.....
58	III-5-1-منطقة تمراست.....
61	III-5-2-منطقة المدينة المنورة.....
71	III-6-الخلاصة.....
	خلاصة عامة
	قائمة المراجع

فهرس الأشكال والجداول

فهرس الأشكال

الصفحة	العنوان	الرقم
15	التركيب الفيزيائي للشمس	1-I
16	يمثل الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة	2-I
17	يمثل طيف الإشعاع الشمسي الواصل لسطح الأرض	3-I
19	امتصاص غازات الغلاف الجوي لطيف الإشعاع الشمسي	4-I
20	يمثل مكونات الإشعاع الكلي	5-I
21	تغيرات المسافة (أرض - شمس) خلال السنة بوحدة UA	6-I
22	يمثل تغير بعد الأرض عن الشمس خلال الفصول الأربعة	7-I
23	يمثل تغيرات الإشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي	8-I
24	خط العرض Φ , الانحراف الساعي (الزاوية الساعية) ω , الانحراف الشمسي δ	9-I
24	يمثل زاوية كل من الميلان الشمسي والزاوية الساعية	10-I
25	تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال أيام السنة	11-I
25	تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال الفصول	12-I
26	القبة السماوية	13-I
27	مسار الشمس كما يبدو على القبة السماوية	14-I
28	زاوية كل من السمات الرأسية Z والسمت الشمسي الأفقية Ψ_s وزاوية الارتفاع β	15-I
29	زاوية ميل السطح γ , وزاوية سمت السطح Ψ_k , وزاوية السقوط الشمسي θ_k	16-I
30	التغير الفصلي لمدة الليل والنهار	17-I
31	جهاز قياس مدة سطوع الشمس	18-I
31	جهاز قياس الإشعاع الكلي لضوء الشمس	19-I
32	جهاز قياس شدة الإشعاع المنتشر	20-I
32	جهاز قياس الإشعاع الشمسي المباشر	21-I
33	مركبات الإشعاع الشمسي خلال يوم كامل	22-I
36	مكونات الغلاف الجوي	1-II
37	طبقات الغلاف الجوي	2-II
41	رسم بياني لنماذج AM في زوايا ذروة عالية	3-II
44	يمثل نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية معتمدة على زاوية السمات	4-II
52	التمثيل البياني لكمية الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي وكمية الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط على السطح الأفقي الأرضي بدلالة طول الموجة، منطقة الوادي يوم 3 أبريل 2013 على الساعة الثالثة مساء	1-III
53	تغير قيم زاوية الميلان الشمسي خلال الفصول بدلالة أيام السنة	2-III
54	تغير زاوية ارتفاع الشمس β بدلالة أيام السنة في مدن الوادي، تمراسات و بشار عند منتصف النهار (الساعة 12:00)	3-III
54	تغير الكتلة الهوائية m بدلالة أيام السنة في مدن الوادي، تمراسات و بشار عند منتصف النهار (الساعة 12:00)	4-III
58	تغير كمية الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط على السطح الأفقي المقاسة بدلالة ساعات النهار لكل فصل من فصول السنة لمدينة تمراسات لسنة 1999	5-III

59	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب بواسطة أربع نماذج من أجل مدينة تمراست بتاريخ 24 جانفي	6-III
60	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب بواسطة أربع نماذج حسابية من أجل مدينة تمراست بتاريخ 04 أوت	7-III
60	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب بواسطة أربع نماذج حسابية من أجل مدينة تمراست بتاريخ 11 سبتمبر	8-III
62	تغير كمية الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط على السطح الأفقي بدلالة ساعات النهار لكل فصل من فصول السنة للمدينة المنورة	9-III
63	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 مارس 2002	10-III
63	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 جوان 2002	11-III
64	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 10 سبتمبر 2002	12-III
64	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 17 ديسمبر 2002	13-III
66	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 مارس 2002	14-III
66	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 جوان 2002	15-III
67	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 10 سبتمبر 2002	16-III
67	الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 17 ديسمبر 2002	17-III
69	التطور اليومي للإشعاع الشمسي المباشر في منطقة المدينة المنورة من أجل قيم مختلفة للسمك البصري للهباء الجوي و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي $2cm$ ، جوان 2002	18-III
69	التطور اليومي للإشعاع الشمسي المنتشر في منطقة المدينة المنورة من أجل قيم مختلفة للسمك البصري للهباء الجوي و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي $2cm$ ، جوان 2002	19-III
70	التطور اليومي للإشعاع الشمسي الكلي في منطقة المدينة المنورة من أجل قيم مختلفة للسمك البصري للهباء الجوي و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي $2cm$ ، جوان 2002	20-III
70	التطور اليومي للإشعاع الشمسي المباشر، المنتشر و الكلي في منطقة المدينة المنورة من أجل سمك بصري للهباء الجوي يساوي 0.5 و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي $2cm$ ، جوان 2002	21-III

فهرس الجداول

الصفحة	العنوان	الرقم
18	أقاليم الأشعة الشمسية تبعا لأطوالها الموجية	(1-I)
30	يمثل مدة الفصول بنصف الكرة الأرضية الشمالي	(2-I)
41	قيم معامل الاضطراب حسب حالة السماء	(1-II)
42	قيم الألبدو(النورانية) حسب الأرضية	(2-II)
55	يمثل تغيرات الإشعاع الكلي لشهر جانفي عند الساعة التاسعة صباحا بدلالة اليوم	(1-III)
56	مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية بتمنراست في شروط السماء صافية عند الساعة التاسعة صباحا	(2-III)
56	مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية بتمنراست في شروط السماء صافية عند منتصف النهار	(3-III)
57	مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية بتمنراست في شروط السماء صافية عند الساعة الثالثة مساء	(4-III)
61	الخطأ النسبي المتوسط (%) بين القيم المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي والقيم المحسوبة من طرف نماذج مختلفة لمنطقة تمنراست	(5-III)
65	الخطأ النسبي المتوسط (%) بين القيم المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي والقيم المحسوبة من طرف ست نماذج بسيطة جدا	(6-III)
68	الخطأ النسبي المتوسط (%) بين القيم المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي والمحسوبة من طرف نموذجين بسيطين	(7-III)

قائمة الرموز

قائمة الرموز

- I_0 : الثابت الشمسي.
- N_j : رقم اليوم من السنة.
- DTS: المسافة بين الشمس والأرض.
- Φ : زاوية خط العرض.
- ω : الزاوية الساعية.
- δ : الانحراف الشمسي (زاوية ميلان الشمس).
- Z: زاوية سمت الرأسية.
- Ψ_S : زاوية سمت الشمسي الأفقية.
- β : زاوية ارتفاع الشمس.
- γ : زاوية ميل السطح.
- Ψ_k : زاوية سمت السطح.
- θ_k : زاوية السقوط الشمسي.
- TVS: التوقيت الشمسي الحقيقي.
- TL: التوقيت المحلي.
- L: زاوية خط الطول.
- AM: الكتلة الهوائية.
- R: نصف قطر الأرض.
- DNI: يمثل الإشعاع الشمسي المباشر, احيانا يرمز له بالرمز I_n .
- Diffuse: يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر.
- T_L : معامل التعكر.
- Γ : زاوية اليوم.
- τ_r : نفاذية رايلي.

τ_0 : نفاذية الأوزون.

τ_g : نفاذية الغاز.

τ_w : نفاذية الماء.

τ_a : نفاذية الهباء الجوي.

m_a : هي كتلة الهواء في الضغط الفعلي ($mbar$).

m_r : هي كتلة الهواء في الضغط القياسي ($mbar$).

p : هو ضغط الهواء المحلي ($mbar$).

$U3$: هو طول مسار البصري القريب من طبقة الأوزون (cm).

I_{OZ} : هو سمك طبقة الأوزون العمودية (cm).

$U1$: هو الضغط المصحح المتعلق بطول المسار البصري لترسب الماء (cm).

w : هو محتوى الغلاف الجوي من بخار الماء ($mbar$).

l_{ao} : هو المسار البصري للهباء الجوي.

λ : هو الطول الموجي (μm).

τ_{aa} : (اللابعدية) تمثل تحول الإشعاع المباشر نتيجة امتصاص الهباء الجوي.

ω_0 : (اللابعدية) تمثل جزء الألبدو المتشتت بسبب حدوث تشتت للطاقة بواسطة الهباء الجوي.

F_c : (اللابعدية) يمثل جزء التشتت الأمامي من التشتت الكلي وتؤخذ ب 0.84 .

τ_{as} : (اللابعدية) هو جزء الطاقة المتحول بعد تأثير التشتت من قبل الهباء الجوي.

ρ_g : ألبدو الأرض.

ρ_a : ألبدو السماء الصافية.

V_m : القيمة المقاسة للإشعاع الكلي.

V_c : القيم المحسوبة من طرف بعض النماذج.

$E(\%)$: الخطأ النسبي.

$E_m(\%)$: الخطأ النسبي المتوسط.

مقدمة عامة

مقدمة عامة

تعتبر الطاقة الواردة اليينا من الشمس من أهم انواع الطاقات التي يمكن للإنسان استعمالها ، فهي طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان حيث تشكل مصدرا مجانيا للوقود الذي لا ينضب ، كما تعتبر طاقة نظيفة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية ضارة بالبيئة مقارنة بالمصادر الأخرى، وعلى هذا الأساس فإن استخدام الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة المتجددة يعتبر ضرورة وذو اهمية قصوى ويمكن أن تشارك في التنمية القومية الشاملة دون أي تأثير على المنظومة البيئية المحيطة لكونها غير ملوثة، فقد أصبحت للطاقة الشمسية مكانتها اللانقطة في الوقت الحاضر حيث اعتمدت ميزانيات كبيرة في اغلب الدول لاستغلالها، كما تعددت الطرق المقترحة للاستفادة منها مثل: ابتكار طرق لتجميع حرارة الشمس وامتصاصها أو تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية وغيرها من الاستخدامات.

تعد الأشعة الشمسية المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي، وهذه الطاقة هي المسؤولة عن جميع الظواهر الجوية، إلا إن كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض تختلف باختلاف المكان والزمان وذلك تبعا لتأثرها بمجموعه من العوامل أهمها: الموقع الفلكي والجغرافي، مدة سطوع الشمس، طبيعة سطح الأرض، مكونات الغلاف الجوي، وتوزيع نطاقات الضغط الجوي والكتل الهوائية المحيطة بالمنطقة [1، 2].

ساهمت عمليات التقدم والنمو المستمر في القطاعات المختلفة (الصناعية، الزراعية أو الاجتماعية) في ازدياد الطلب على مصادر الطاقة التقليدية (الفحم، البترول، الغاز الطبيعي) لتحقيق تلك التنمية الشاملة، مما أدى إلى اهتمام العالم أجمع بالبحث عن مصادر غير تقليدية للطاقة لا تنضب مهما زاد الطلب عليها أو استخدامها، ومع بداية السبعينيات بدأ العالم بالاهتمام بالطاقات المتجددة التي يمكن تصنيف مصادرها إلى الآتي: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الكتلة الحيوية، الطاقة المائية، طاقة حرارة باطن الأرض.

لقد كثف العلماء جهودهم في تطوير طرق استخدام هذه الطاقة، ولم تتوقف هذه الجهود في اواخر القرن التاسع عشر على انتاج الافران الشمسية، فمع بداية القرن العشرين أخذ الاهتمام بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية بواسطة الخلايا يزداد انتشارا، ولهذا فإن حساب أو تقدير كمية الأشعة الشمسية الساقطة على سطح الأرض يعتبر ذو أهمية بالغة جدا، لذلك يستوجب علينا أن نكون على بينة بكمية الأشعة الشمسية الساقطة.

من أجل هذا الغرض نستخدم نماذج حسابية تمكنا من معرفة هذه الكميات، حيث نصف أولا نماذج لموقع الطاقة الشمسية وميزات الإشعاع خارج كوكب الأرض التي هي مشتركة مع جميع نماذج السموات الصافية، ثم ندرس أو نمحن نماذج السماء الصافية من التعقيد المتزايد، من نماذج بسيطة جدا التي تعتمد فقط على هندسة الطاقة الشمسية وعلى الإشعاع من خارج الأرض للانتقال إلى نماذج معقدة التي تمثل خصائص الغلاف الجوي [2-4].

يهدف هذا البحث إلى:

- ✓ دراسة نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي خلال سماء صافية.
- ✓ استخدام برامج الحاسوب (لغات البرمجة) لتسهيل عمليات حساب الإشعاع الشمسي.
- ✓ دراسة وتحليل بيانات الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي الأرضي في محطات (تمنراست، المدينة المنورة).
- ✓ مقارنة النتائج المتحصل عليها من الحاسوب بالنتائج المعطاة من محطة الأرصاد الجوية.

ولغرض الحصول على هذه الدراسة تطرقنا في الفصل الأول الى دراسة عامة وشاملة لمفاهيم الإشعاع الشمسي ومكوناته وأهميته، إضافة إلى أهم العوامل المؤثرة عليه كما تضمن الفصل كيفية قياس هذا الأخير بواسطة أجهزة مختلفة.

أما الفصل الثاني فقد قمنا بدراسة كيفية حساب زاوية ارتفاع الشمس، وتطرقنا لتعريف الغلاف الجوي ومكوناته إضافة الى ذكر مختلف نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية.

وفي الفصل الثالث والأخير فقد قمنا فيه بدراسة تطبيقية تتمثل في حساب الإشعاع الكلي بمختلف النماذج الحسابية، ومن ثم مقارنة نتائج القياس المتحصل عليها من هذه النماذج مع القيم المعطاة من طرف مصلحة الأرصاد الجوية، ومناقشة وتفسير هذه النتائج بالنسبة لمنطقة تمنراست والمدينة المنورة.

الفصل الأول:

الإشعاع الشمسي وخواصه

الفصل الأول: الإشعاع الشمسي وخواصه

I-تمهيد:

تعتبر الشمس أقرب النجوم إلى الأرض كما تعد المحرك الرئيسي للنظام الشمسي، فهي مصدر لجميع الطاقات المتجددة على الأرض، فطاقة البترول والغاز الطبيعي والفحم هي في الأصل طاقة شمسية مخزونة تحت الأرض نتيجة لامتصاص أشعة الشمس منذ ملايين السنين، وتتكون أساساً من غازي الهيدروجين والهيليوم بنسب متفاوتة، تتمثل في 80 % هيدروجين، 19 % هيليوم و 1 % عناصر أخرى، وعلى هذا الأساس يتدفق من الشمس كل يوم كميات هائلة من الطاقة تقدر بقيمة $3.810^{22}KW$ ، حيث تمثل هذه القيمة مصدراً كبيراً للطاقة يفى باحتياجات البشرية على سطح الأرض [3، 5].

تستقبل الأرض الطاقة الشمسية على شكل أمواج كهرومغناطيسية، تحتوي أشعة فوق بنفسجية وأشعة مرئية وأخرى تحت الحمراء وغيرها، حيث تعتمد كمية الإشعاع الشمسي الساقط في مكان ما على عوامل كثيرة منها سمك الغلاف الجوي ومكوناته، وذلك بسبب حدوث عمليات ضوئية (نفاذ، امتصاص، انعكاس، تشتت)، مما يؤدي إلى تغير شدته حسب العوامل التالية:

- ✓ موقع المكان من سطح الأرض (الموقع الجغرافي)، ويتحدد بدائرة العرض وخط الطول.
- ✓ موضع الأرض بالنسبة للشمس (دوران الأرض حول الشمس)، ويتحدد باليوم من السنة.
- ✓ موضع الشمس بالنسبة للموقع (حركة الشمس من الشروق نحو الغروب، الناجمة عن دوران الأرض حول نفسها)، ويتحدد بالتوقيت الشمسي.
- ✓ الأحوال الجوية (سحب، غبار...) في المكان و الزمان المحددين [5-7].

سنتعرف في هذا الفصل بالتفصيل على تأثير هذه العوامل وغيرها على شدة تدفق الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، والتي هي محور دراستنا لهذا الفصل.

I-1-الشمس:

الشمس هي نجم المجموعة الشمسية، التي تضم بالإضافة إلى الشمس نفسها تسعة كواكب رئيسية والكثير منها أقمار، إضافة إلى مجموعة من الأجسام الفضائية الأخرى كالكويكبات والنيازك والشهب، أما كواكب المجموعة الشمسية فهي عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو، وباستثناء الأرض لم يثبت إلى الآن وجود حياة على أي من كواكب المجموعة الشمسية الأخرى.

والشمس أكبر من كواكب المجموعة الشمسية مجتمعة، ويبلغ وزنها حوالي $1.986 \times 10^{30} kg$ ، وهو ما يعادل حوالي 99.87% من مجمل كتلة النظام الشمسي بأكمله، وحوالي 333 ألف مرة قدر كتلة الأرض، ويبلغ قطر الشمس حوالي $1.4 \times 10^6 km$ مقارنة بقطر الأرض الذي يبلغ حوالي 12800 km، أما المسافة بين الأرض والشمس فتبلغ حوالي $150 \times 10^6 km^2$.

تبلغ درجة حرارة الشمس في مركزها حوالي 20 مليون درجة كالفن، أما درجة حرارة الطبقة الخارجية فتبلغ 6 آلاف درجة كالفن، و في الواقع لا تكون درجة حرارة الطبقة الخارجية متجانسة، فلو نظرنا إلى توزيع قرص الشمس، لتبين أن درجة حرارة مركز القرص حوالي 6800 كالفن بينما تصل على الأطراف إلى حوالي 5600 كالفن [6،4].

I-2- بنية الشمس (تركيبها الفيزيائي):

بينت الدراسات، استنادًا إلى التباينات في الكثافة والضغط ودرجة الحرارة السائدة خلال الشمس، أن الشمس تتكون من عدة طبقات متميزة عن بعضها البعض، كما هو موضح في الشكل (I-1)، وهي:

I-2-1- النواة:

أو ما تسمى بمفاعل الشمس إذ تمثل أسخن وأكثف منطقة في الشمس، درجة حرارتها تتراوح بين (-40 15) مليون كالفن، أما كثافة الغازات المضغوطة التي تتكون منها هذه الطبقة فتتراوح بين (-100 150gm/cm³) الضغط في قلب الشمس عالي جدا مقارنة بالضغط عند سطح الأرض، أما الطاقة الهائلة في قلب الشمس ناتجة عن اندماج ذرات الهيدروجين (H) لتكوين ذرات الهليوم (He)، إذ تندمج أربعة بروتونات لتكوين نواة الهليوم، وبما أن كتلة نواة الهليوم الناتجة من الاندماج النووي أقل من كتلة البروتونات الأربعة المندمجة، فإن فرق الكتلة هو الذي يتحول إلى طاقة هائلة في قلب الشمس [4].

I-2-2- طبقة الإشعاع:

تمثل الجزء الأكبر من كتلة الشمس، الطاقة في هذه الطبقة تتحول من الأشعة X، فوق بنفسجية، الضوء المرئي في قلب الشمس إلى الأشعة غاما، حيث تحتل سماكة هذه الطبقة حوالي 47% (326.9×10³ km) من نصف قطر الشمس، وتقل الكثافة خلالها تدريجيا حتى تبلغ عند أطرافها حوالي 80-120 kg/m³، وتصل درجة حرارتها إلى حوالي 10⁶ كالفن، ومن خلالها تشع الطاقة الشمسية نحو سطح الأرض [4].

I-2-3- طبقة الحمل الحراري:

تشغل سماكة هذه الطبقة حوالي 30% (308.7×10³ km) من نصف قطر الشمس وتتناقص كثافتها على حوالي 10⁻⁴kg/m³، ويصل الضغط فيها إلى أقل من 10⁻² bar عند حدها الخارجي، تسود خلالها تيارات حملانية حرارية تنقل الطاقة الشمسية إلى سطح الشمس [4].

I-2-4- طبقة الفوتوسفير:

يشكل غلاف الفوتوسفير الحد الخارجي للغلاف الحملاني، وفي الوقت نفسه يشكل سطح الشمس المرئي ذو اللون الفضي اللامع .

ويعرف أحياناً بالغلاف الضوئي حيث تبلغ سماكته عدة كيلومترات، وهو المصدر الرئيسي للطاقة الشمسية الإشعاعية الواصلة إلى سطح الأرض، وتناهز درجة حرارته 6000 كالفن وتقل كثافته عند الحد الخارجي عن 10 kg/m^3 [4].

I-2-5- الطبقة الانقلابية:

تمثل هذه الطبقة، الطبقة الأولى من الغلاف الجوي الشمسي، تتكون من غازات شفافة تبلغ سماكتها حوالي 560km فوق الفوتوسفير، وتقل درجة حرارتها إلى حوالي 4200 كالفن، ولا تلاحظ إلا في أوقات كسوف الشمس الكلي أو باستخدام أدوات تحجب قرص الشمس.

يلاحظ خلال الطبقة الانقلابية خطوط غامقة اللون، تعرف بخطوط فرون هوفر، نسبة للعالم الألماني جوزيف فرون هوفر الذي اكتشفها، وتشكل هذه الطبقة نطاقاً انتقالياً بين الفوتوسفير وغلاف الكروموسفير [4].

I-2-6- طبقة الكروموسفير:

تظهر طبقة الكروموسفير فوق الطبقة الانقلابية على شكل هالة تحيط بالشمس تعرف أحياناً بالطبقة الملونة، تناهز سماكتها 1000km متكونة من غازات ضئيلة الكثافة من شوارد الهيدروجين والكالسيوم، وتترايد درجة حرارتها تدريجياً باتجاه الخارج من 5000 كالفن عند قاعدتها، إلى حوالي 20.000 كالفن عند قمته، وتمثل الكروموسفير الطبقة الثانية من الغلاف الجوي الشمسي ولا يمكن مشاهدتها إلا في أوقات الخسوف الشمسي فقط.

وبين الوقت والآخر تثور خلال كروموسفير فوران أو إندلاعات شمسية تصل ارتفاعها آلاف الكيلومترات، و عادة يزيد عددها عن 100 اندلاع يوميًا، تتخللها عدة إندلاعات عظيمة تحدث سنويًا، تعد هذه الإندلاعات مصدرًا لتدفقات شديدة من الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ومختلف أطيف الأشعة، يصاحبها فيض عظيم من البلازما الشمسية المشحونة بطاقة كهربائية كبيرة، ويذكر أنه في يوم 12 مايو من عام 1980 حدث اندلاع عظيم دام حوالي 40 دقيقة غطى مساحة تقدر بنحو $2.5 \times 10^9 \text{ km}^2$ من سطح الشمس [4].

I-2-7- طبقة الكورونا (الهالة):

تقع هذه الطبقة فوق طبقة الكروموسفير، مشكلة الطبقة الخارجية للغلاف الجوي الشمسي، ولا يمكن مشاهدتها أيضا إلا في أوقات كسوف الشمس الكامل، وتتكون من البلازما الشمسية أو ما يعرف بالرياح الشمسية، وهي أقل كثافة من الكروموسفير.

تتألف من 91.3% بروتونات و 8.7% ذرات الهليوم المتأينة، تصاحبها إلكترونات وأنواع مختلفة من الأشعة الشمسية، تتراوح درجة حرارتها بين $10^6 - 3 \times 10^6$ كالفن، تنطلق الرياح الشمسية بسرعة هائلة تزيد عن 500 km/s، وتزيد عن ذلك في أوقات الإندلاعات الشمسية الحاصلة من طبقة كروموسفير.

تنتشر هذه الطبقة خلال مساحات شاسعة في الفضاء الكوني متعددة حدود المجموعة الشمسية، ويعرف الحد الذي تصل إليه بالحد الشمسي، والحقيقة فإن الأرض تقع في الأجزاء الخارجية من الغلاف الجوي الشمسي، ولذلك يدخل الغلاف المغناطيسي الأرضي في صراع دائم مع الرياح الشمسية التي تضغط عليه باستمرار، لكنه يتمكن من صدها ومنعها من الوصول إلى سطح الأرض [4].



الشكل (I-1): التركيب الفيزيائي للشمس [4].

I-3- الإشعاع الشمسي:

تصدر الشمس أشعة شديدة الكثافة وقصيرة الأمواج وذلك بسبب ارتفاع درجة حرارتها، حيث تنتشر هذه الأشعة في جميع الاتجاهات على شكل أمواج كهرومغناطيسية وبسرعة تقارب سرعة الضوء، حيث يصل إلى الأرض جزء بسيط من مجموعة الأشعة الشمسية التي تستغرق حوالي 8 دقائق لتصل إلى سطح الأرض [2].

كما يعرف الإشعاع على أنه عملية نقل الطاقة بواسطة فوتونات الأمواج الكهرومغناطيسية، دون الحاجة إلى وسيط أو تماس مع المصدر المشع، وهذه العملية التي تصلنا بواسطتها الطاقة الإشعاعية الشمسية، مع ذلك علينا أن نعلم أن سطح الأرض والغلاف الجوي، وأجسامنا وكل الأشياء التي حولنا مهما كانت صغيرة

أو كبيرة ومهما كان تركيبها الفيزيائي والكيميائي، ومهما كانت باردة تشع طاقة إشعاعية تتناسب طردياً مع درجة حرارتها شريطة أن لا تهبط درجة حرارتها إلى دون 273.15°C ، أما ما يعرف بالصفير المطلق فكلما زادت درجة حرارتها عن هذه الدرجة كلما زادت طاقتها الإشعاعية [7].

I-4-الثابت الشمسي:

هو معدل الطاقة الشمسية لوحدة المساحة، الساقطة على سطح موضوع بشكل عمودي على مسار الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوي للأرض، كما يعرف على أنه كمية التدفق الإجمالي للطاقة الكهرومغناطيسية الآتية من الشمس والواصلة إلى الحدود العليا للغلاف الجوي.

هناك عدة طرق قدر بها هذا الثابت، منها الطرق الحسابية والقياسية التي تعتمد على جهاز البيريليومتر، وأجهزة أخرى تحملها الأقمار الصناعية المختصة في رصد الغلاف الجوي، حيث قدرت قيمة هذا الثابت ب 1.94 حريرة/سم²/الدقيقة، ويعبر عنها أحياناً بالأنجلي في الدقيقة (Langley/mn).

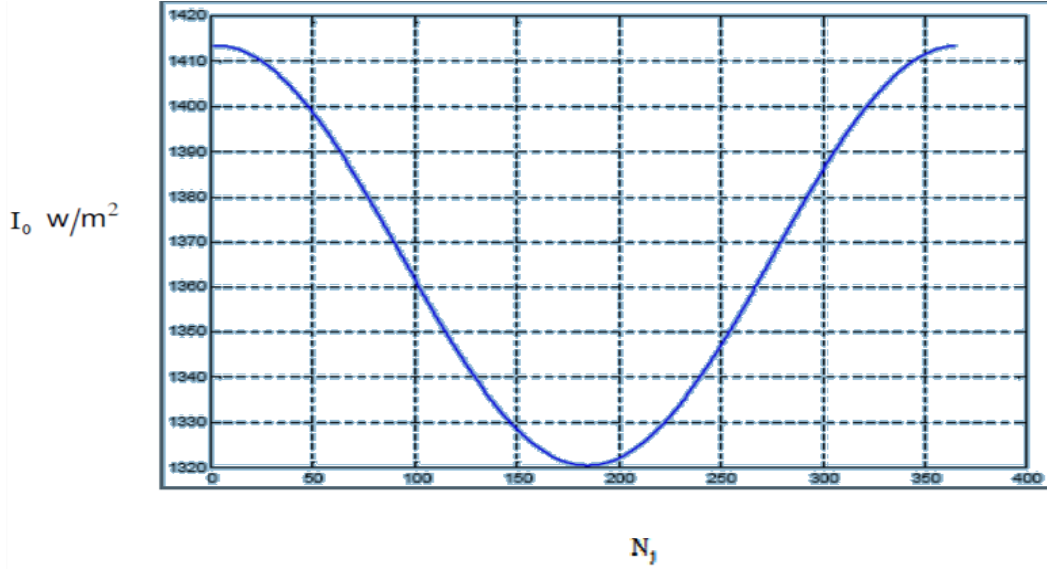
قام عدة باحثون بأخذ قياسات أكثر دقة للثابت الشمسي ومنهم Hickey et.al، حيث تبنى قيمة للثابت الشمسي مقدارها 1373W/m^2 ، بينما Willson et.al الذي نشر تقرير أوضح فيه أن قيمة الثابت الشمسي 1368W/m^2 ، في حين المركز العالمي للإشعاع تبنى قيمة 1368W/m^2 للثابت الشمسي.

ويمكن قياس الثابت الشمسي بجهاز دقيق جداً يسمى مقياس التجويف المطلق للإشعاع، حيث يحمل هذا الجهاز على المركبات الفضائية أو الأقمار الصناعية، أين ينعدم تقريباً تأثير الغلاف الجوي على الأرض [9،8،1].

التغير في المسافة بين الأرض والشمس في خلال السنة يؤثر على قيمة الثابت الشمسي، فالعلاقة التالية تعطي القيمة المصححة للثابت الشمسي:

$$I_0 = E_0(1 + 0.33\cos Nj) \dots \dots \dots (1 - I)$$

حيث: Nj رقم اليوم من السنة وهو مقدر بالدرجات، انظر الشكل (I-2) [10].

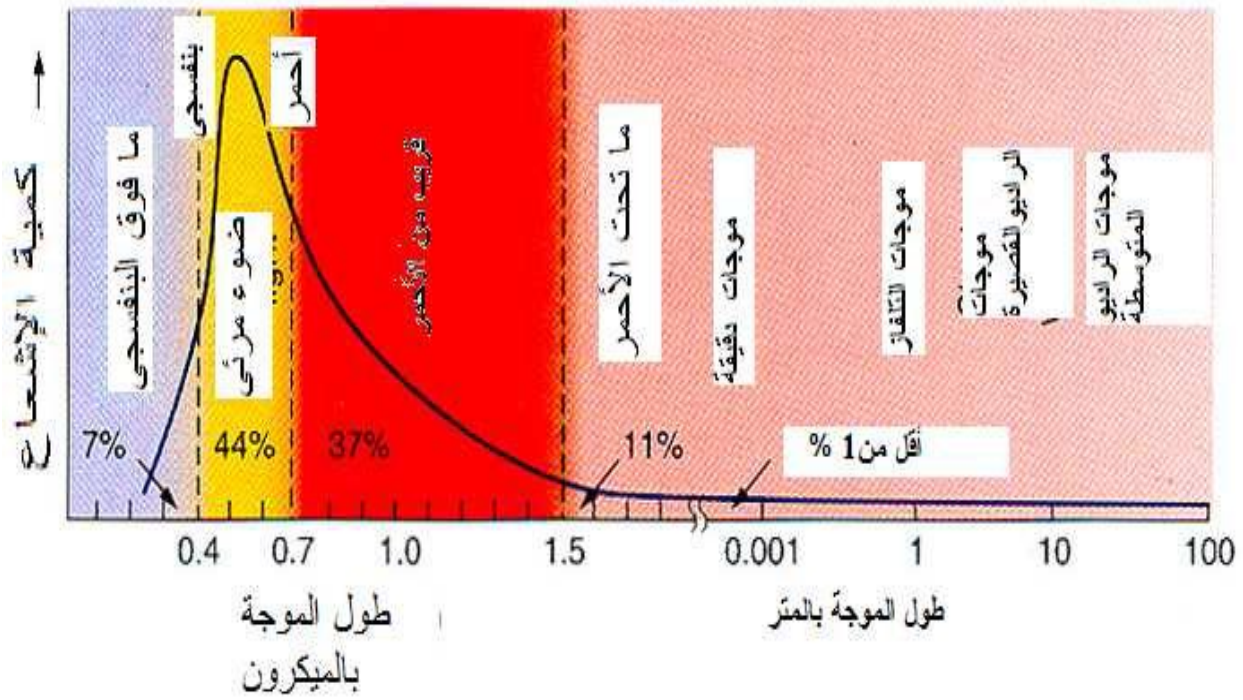


الشكل (2-1): يمثل الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة [10].

I-5- طيف الإشعاع الشمسي:

إن الطاقة المنبعثة من الشمس تغطي مدى واسعاً من الطيف الكهرومغناطيسي، تعرف بالأمواج الإشعاعية الكهرومغناطيسية، حيث تمتد من الأطوال الموجية القصيرة للأشعة جاما والأشعة السينية إلى الموجات الطويلة لأشعة الراديو.

تنطلق بسرعة كبيرة واحدة قاطعة مسافة واحدة خلال وحدة زمن 1 ثانية تعادل 300×10^3 km/s، وهذا ما يعادل سرعة الضوء في الثانية الواحدة، ولا تتأثر سرعة انتشارها بوجود الغلاف الجوي للأرض لأنه بالنسبة لها رقيق جداً إلى حد يمكن اعتبارها وكأنها تنتشر في فضاء مفرغ من الهواء، وعادة ما تصنف الموجات الإشعاعية الكهرومغناطيسية بطول أمواجها وترددتها خلال مسافة زمنية محددة (3×10^8 km/s)، يتكون الإشعاع الشمسي من طيف موجات كهرومغناطيسية تقسم إلى نطاقات حسب أطوالها الموجية الشكل (3-1)[8].



الشكل (3-I): يمثل طيف الإشعاع الشمسي الواصل لسطح الأرض [11].

والجدول الآتي يلخص أقاليم الأشعة الشمسية تبعا لأطولها الموجية و كذا تردداتها.

الجدول (1-I): أقاليم الأشعة الشمسية تبعا لأطولها الموجية [7].

أقاليم أمواج الأشعة الشمسية	طول الأمواج (nm)	تردد الأمواج (HZ)
أشعة جاما الكونية	$10^{-2} - 10^{-4}$	$3 \times 10^{19} - 3 \times 10^{12}$
أشعة سينية قاسية HX	$0.1 - 10^{-2}$	$3 \times 10^{18} - 3 \times 10^{19}$
أشعة سينية بيئية SX	1-0.1	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{18}$
أشعة فوق بنفسجية UV	200-1	$1.5 \times 10^{15} - 3 \times 10^{17}$
أشعة سوداء	380-320	$7.89 \times 10^{14} - 4.9 \times 10^{14}$
أشعة بنفسجية	420-380	$7.14 \times 10^{14} - 7.89 \times 10^{14}$
أشعة زرقاء	490-420	$6.12 \times 10^{14} - 7.14 \times 10^{14}$
خضراء	540-490	$5.56 \times 10^{14} - 6.12 \times 10^{14}$
برتقالية	590-540	$5.08 \times 10^{14} - 5.56 \times 10^{14}$
حمراء	650-590	$4.62 \times 10^{14} - 5.08 \times 10^{14}$
الأشعة تحت الحمراء IR	760-650	$3.95 \times 10^{14} - 4.62 \times 10^{14}$
الأشعة الصغيرة MW	$10^6 - 10^3$	$3 \times 10^{11} - 3 \times 10^{14}$
أمواج الرادار	$10^7 - 10^5$	$3 \times 10^{10} - 3 \times 10^{12}$
أمواج التلفزيون	$10^9 - 10^6$	$3 \times 10^7 - 3 \times 10^{11}$
أمواج الراديو	$10^{10} - 10^8$	$3 \times 10^7 - 3 \times 10^9$

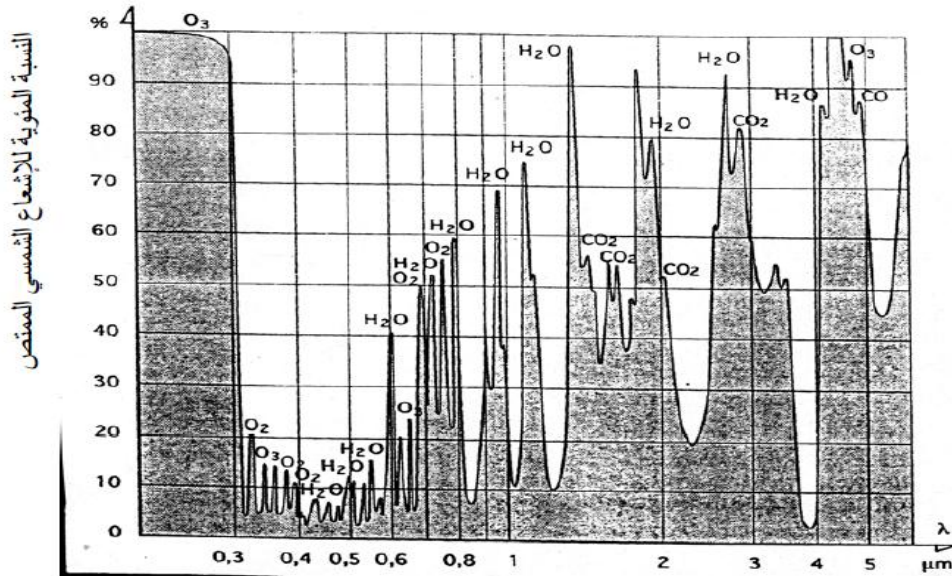
I-6- الإشعاع الواصل إلى الأرض:

على الرغم مما يتعرض له الإشعاع الشمسي قبل وصوله إلى الأرض من انعكاسات وتشتت وامتصاص بواسطة الغلاف الجوي للأرض، تتلاشى تقريبا كل الأشعة فوق بنفسجية وجزء معين من الأشعة تحت الحمراء، إلا أن الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض خلال سنة واحدة تفوق احتياج العالم من الطاقة بمقدار 10 آلاف مرة.

وتعد معرفة كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض مهمة لكثير من النشاطات العلمية، حيث يعتمد اختيار الموقع وتصميم الأجهزة وأداء نظم الطاقة الشمسية اعتمادا كبيرا على مقدار الأشعة الكلية والمبعثرة والساقطة عموديا [5].

ويقل تدفق الإشعاع في نقطة ما على سطح الأرض، عن التدفق في نفس الموقع خارج الغلاف الجوي بسبب:

- ✓ التشتت والامتصاص بسبب جزيئات الهواء.
- ✓ التشتت والامتصاص بسبب العوالق الصلبة في الجو.
- ✓ الامتصاص بواسطة بخار الماء وغاز أول أكسيد الفحم وغاز ثاني أكسيد الفحم، الشكل (I-4).
- ✓ الانعكاس والامتصاص من طرف السحب في طبقات الجو.



الشكل (I-4): امتصاص غازات الغلاف الجوي لطيف الإشعاع الشمسي [4].

يسمى جزء الأشعة الذي يصل إلى الأرض مباشرة من قرص الشمس دون أن يتعرض للانعكاس بالإشعاع المباشر، أما الجزء الذي يتشتت بواسطة بخار الماء والغبار فيسمى بالإشعاع المبعثر، ويدعى مجموع الإشعاع المباشر والمبعثر الذي يصل إلى سطح الأرض بالإشعاع الكلي وتعرف كالاتي [1].

I-6-1- الإشعاع الشمسي المباشر:

وهو الإشعاع الشمسي الذي يصل مباشرة إلى سطح الأرض دون انتشار أو تبعثر خلال الغلاف الجوي، لذلك يكون اتجاهه ثابتاً ولا يتغير أثناء مروره بالغلاف الجوي، حيث يصل من الشمس بزاوية مخروطية مقدارها 0.5 درجة [11].

I-6-2- الإشعاع الشمسي المنتشر:

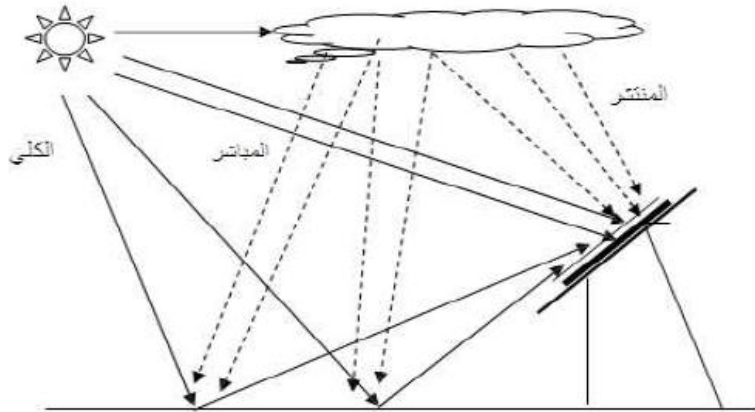
هو الإشعاع الشمسي الساقط من الشمس والذي ينتثر ويتبعثر ويتغير اتجاهه أثناء مروره بالغلاف الجوي بسبب الامتصاص بواسطة بخار الماء، وبعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون والانعكاسات بسبب الغيوم والعوالق الأخرى في طبقات الجو، حيث ينقسم الإشعاع المنتشر إلى جزئين :

✓ الأول هو الإشعاع المنتشر في السماء.

✓ والثاني هو الجزء المنعكس من محيط السطح (الأرض مثلاً) [8].

I-6-3- الإشعاع الشمسي الكلي:

هو الإشعاع الذي يصل إلى الأرض على مستوى أفقي إما مباشرة أو بعد الانتشار، ويعرف على أنه مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر، أنظر الشكل (5-I) [12].



الشكل (5-I): يمثل مكونات الإشعاع الكلي [10].

I-7-العوامل المؤثرة على الإشعاع الشمسي:

يستمد الغلاف الجوي الملامس لسطح الأرض حرارته من الإشعاع الشمسي الذي يعبر الفراغ الكوني إلى الغلاف الجوي، يتأثر هذا الإشعاع بعدة عوامل مختلفة ومختلطة معقدة ومتداخلة حيث تتفاعل الطاقة مع المادة على شكل جزيئات من الفوتونات، والتي ترتبط طرديا مع تردد الموجة وعكسيا مع طولها، وإن أي تغيير في أي واحد منها يؤدي إلى تغيير بقية العوامل حيث إنها مرتبطة ارتباطا وثيقا (المادة والطاقة) فالأشعة الشمسية تسقط على سطح الأرض، فيعكسها أو يمتصها أو يبعثها وذلك على حسب تركيزها أو بحسب خواص الظواهر الأرضية، فلكل منها خواص في رد أو استقبال أو انعكاس أو انتقال أو امتصاص بحسب المواد المكونة لهذه الظاهرة [6].

هناك مجموعة من العوامل المؤثرة على الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض والمتمثلة في:

- ✓ بعد الشمس عن الأرض .
- ✓ سمك الغلاف الجوي.
- ✓ زاوية سقوط الأشعة الشمسية.
- ✓ اختلاف طول الليل والنهار الناتج عن حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها [9].

I-7-1- بعد الشمس عن الأرض:

يظهر مسار الأرض بشكل إهليجي يشبه شكل الدائرة، وتوجد الأرض على مسافة 152 مليون كم يوم 1 جويلية (نقطة الأوج) و146.2 مليون كم يوم 1 جانفي (نقطة الحضيض).

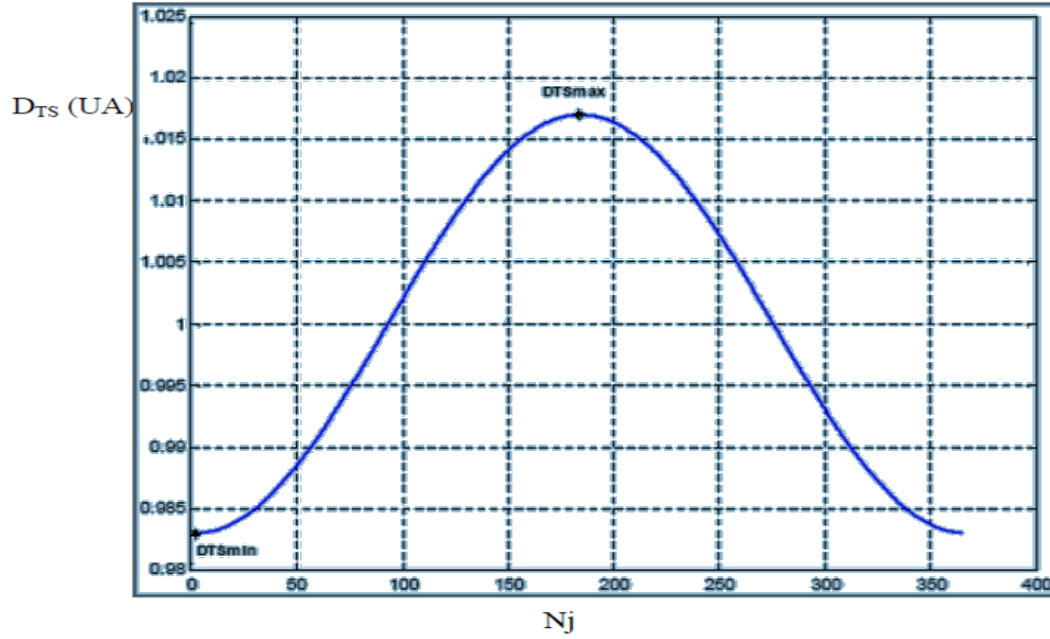
إن بعد الأرض عن الشمس يختلف من فصل لآخر، وذلك لأن الأرض تسلك مسارا إهليجيا في دورانها حول الشمس، وتعطى علاقة المسافة D_{TS} بالعلاقة التالية:

$$D_{TS} = 1 - 0.017 \cos \left[\frac{360(NJ - 2)}{365} \right] \dots \dots \dots (2 - I)$$

NJ: رقم اليوم من السنة (1.....365).

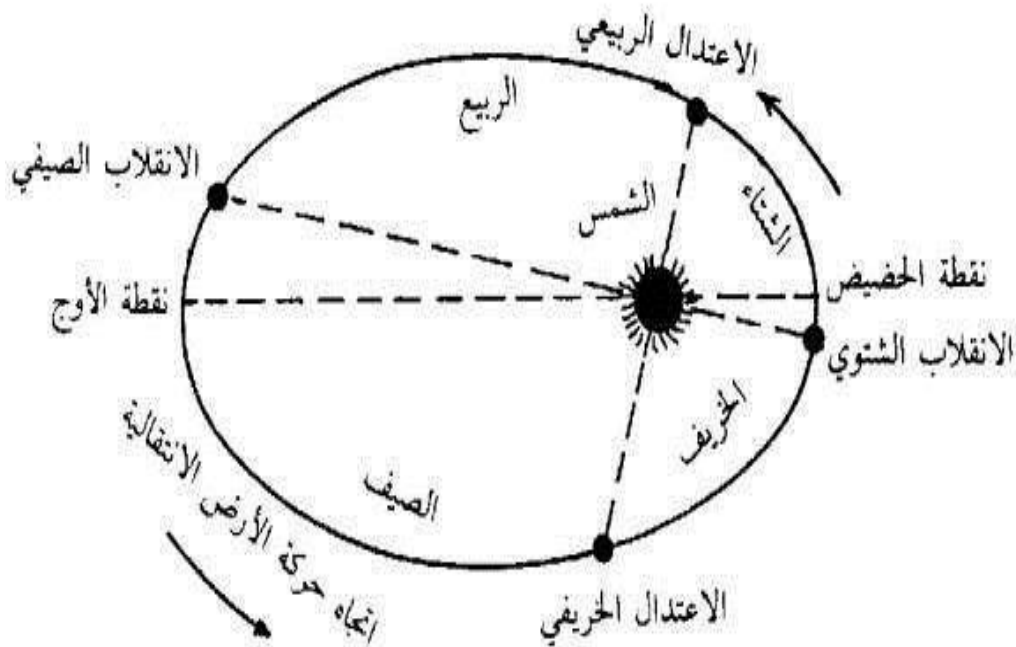
تعطى المسافة بالوحدة الفلكية UA ($1 \text{ UA} = 1.5 \times 10^8 \text{ Km}$).

تبلغ أقل قيمة للمسافة يوم 2 جانفي بمقدار $D_{TS} = 0.983 \text{ UA}$ ، بينما تبلغ أقصى قيمة لها يوم 5 جويلية بمقدار $D_{TS} = 1.017 \text{ UA}$ ، كما يوضحه الشكل (I-6).



الشكل (6-I): تغيرات المسافة (أرض - شمس) خلال السنة بوحدة UA [4].

ولوحظ أن قوة الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض خلال فترة الحضيض يزداد بنسبة 7% عن فترة الأوج، ويلاحظ في الصيف زيادة بعد الشمس عن الأرض كما تنخفض سرعة دورانها حول الشمس، انظر الشكل (7-I) [9,6].

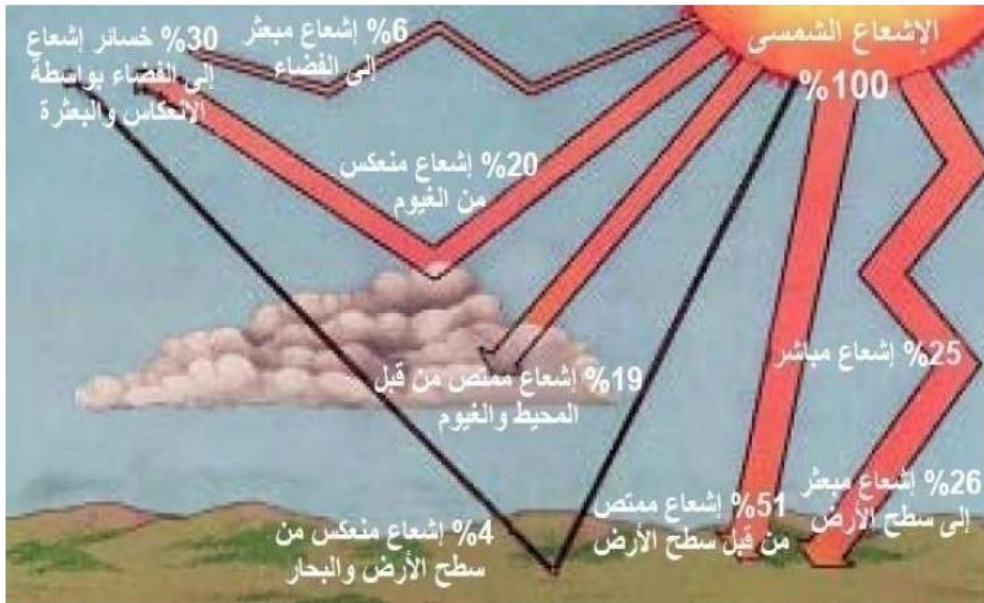


الشكل (7-I): يمثل تغير بعد الأرض عن الشمس خلال الفصول الأربعة [6].

I-7-2- سمك الغلاف الجوي:

يتكون الغلاف الجوي من عدة طبقات يصل سمكها إلى عدة كيلومترات فوق سطح الأرض، وعندما تخترق الأشعة الشمسية هذه الطبقات، فإن مسارها وكميتها سوف تتغير على حسب مكونات كل طبقة وسمكها، وذلك من خلال عوامل الامتصاص والتشتت والانعكاس، فالإشعاع الشمسي عند دخوله إلى الأرض ينقسم إلى عدة أجزاء:

- ✓ 51% يمتص من طرف الأرض ويخزن في باطنها كطاقة وهو الجزء الأكبر، منه 25% في شكل إشعاع مباشر و26% إشعاع مبعثر.
 - ✓ 20% يعكس في الفضاء الخارجي بسبب الغيوم وجزيئات الجو المختلفة (غازات، غبار و بخار الماء).
 - ✓ 19% يمتص من طرف الغيوم والهواء و المحيط.
 - ✓ 6% يتبعثر في الفضاء ولا يصل إلى الأرض.
 - ✓ 4% يعكس من على سطح الأرض (تربة، أشجار، مباني...) والماء (محيطات، بحار...)، وذلك تابع لمعامل الانعكاس لكل مادة كما هو موضح سابقا [1، 2].
- حيث تقدر خسائر الإشعاع (المنعكس و المبعثر) 30% من الإشعاع الكلي للشمس، انظر الشكل (I-8).



الشكل (I-8): يمثل تغيرات الإشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي [2].

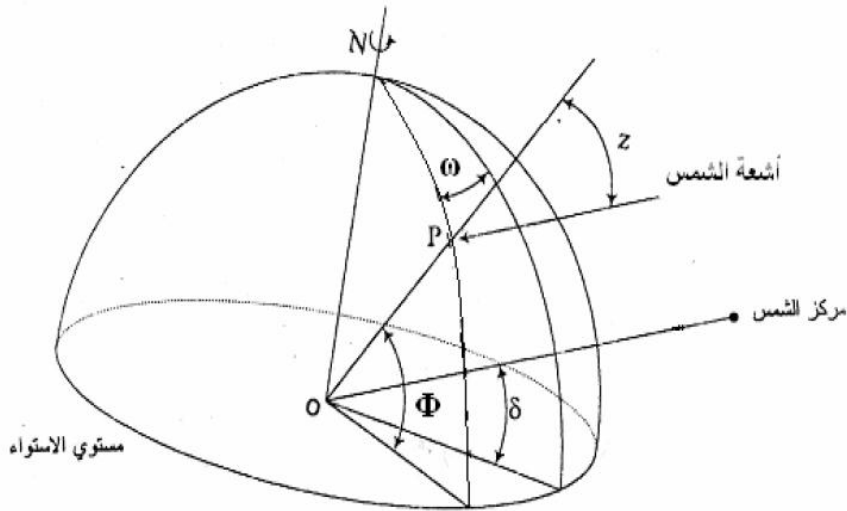
I-7-3- زاوية سقوط الأشعة الشمسية:

يتأثر مستوى الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض بحركة دوران الأرض اليومية حول محورها، وحركة دورانها السنوية حول الشمس، حيث أن هاتين الحركتين تحددان الزاوية التي يسقط بها الإشعاع الشمسي على موقع معين من الأرض.

ويتم تحديد حركة موقع معين على الأرض (لأن الأرض هي التي تدور حول الشمس) بالنسبة إلى الشمس، عن طريق معرفة الزوايا بين الأرض والشمس وهذه الزوايا هي كالاتي:

I-7-3-1- خط العرض (Φ):

خط العرض لنقطة ما هو الموقع الزاوي للنقطة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء، ويفرض خط العرض موجب شمال خط الاستواء، وحسب الشكل (9-I) هو الزاوية بين الخط OP ومسقطه على مستوي خط الاستواء [6].

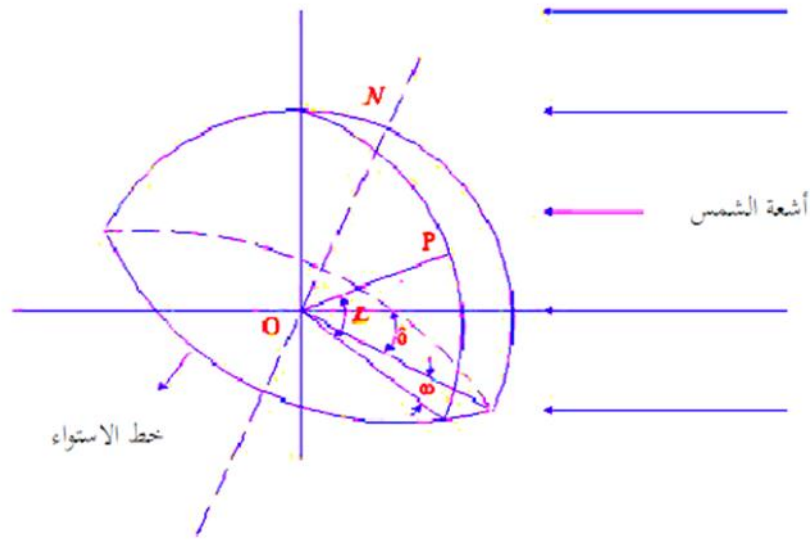


الشكل (9-I): خط العرض Φ ، الانحراف الساعي (الزاوية الساعية) ω ، الانحراف الشمسي δ [6].

I-7-3-2- زاوية الميلان الشمسي (δ):

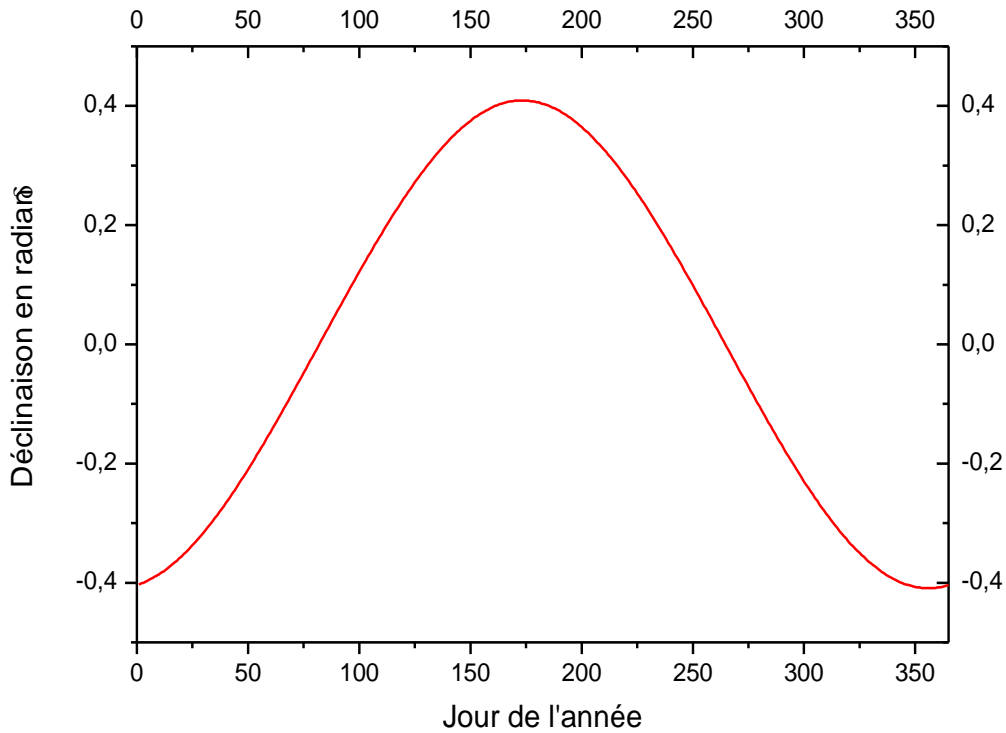
هي زاوية ميلان محور دوران الأرض عن المحور العمودي على مستوى مدار الأرض حول الشمس، أو هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض إلى مركز الشمس مع مستوى خط الاستواء [4] كما يوضحه الشكل (10-I):

$$+23.45^\circ \geq \delta \geq -23.45^\circ$$

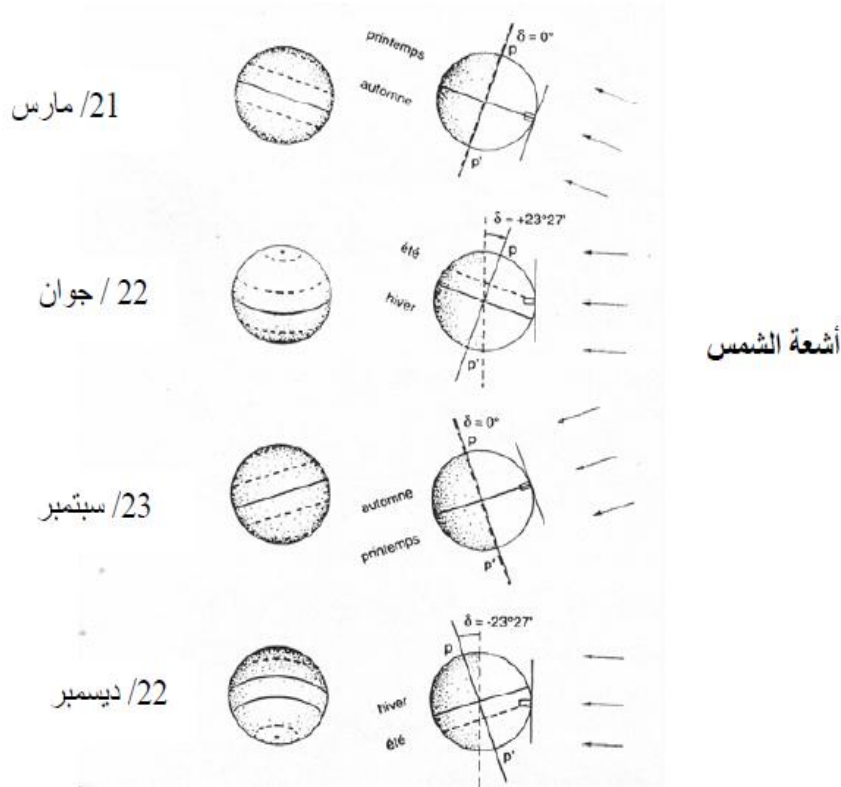


الشكل (10-I): يمثل زاوية كل من الميلان الشمسي والزاوية الساعية [2].

تتغير هذه الزاوية على مدار السنة، حيث تنعدم في الاعتدالين الربيعي (21 مارس) والخريفي (23 سبتمبر)، بينما تكون أعظمية $+ 23.45^\circ$ في الانقلاب الصيفي (22 جوان) و -23.45° في الانقلاب الشتوي (22 ديسمبر)، كما هو موضح في الشكلين (11-I) و (12-I):



الشكل (11-I): تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال أيام السنة [4].



الشكل (12-I): تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال الفصول [4].

ويمكن حساب هذه الزاوية بالعلاقة:

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + Nj) \right] \dots \dots \dots (3 - I)$$

أو:

$$\delta = 23.45 \cos(30m + j - 202) \dots \dots \dots (4 - I)$$

حيث:

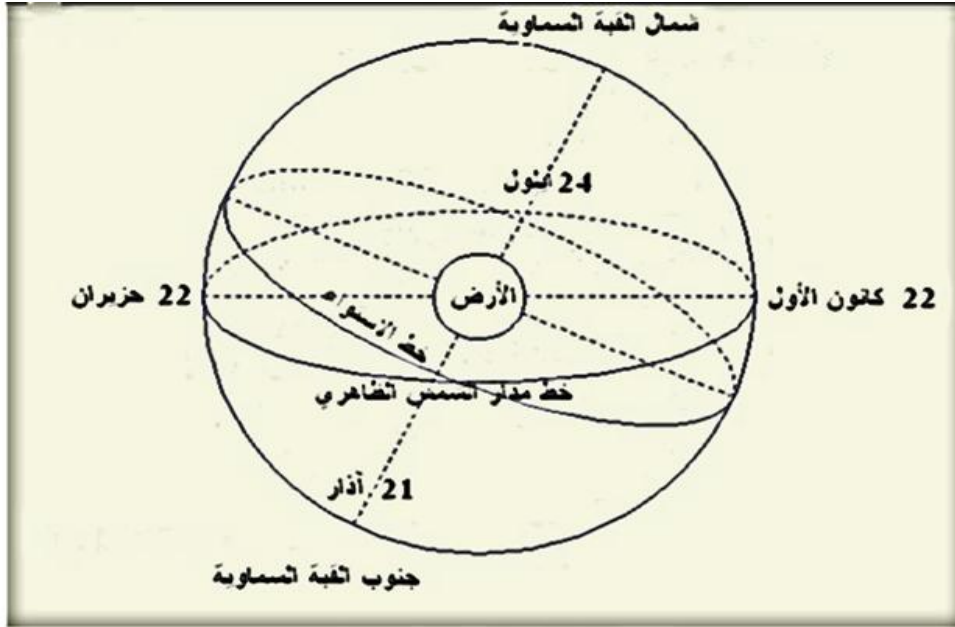
m: يمثل رقم الشهر في السنة من 1 إلى 12.

J: يمثل رقم اليوم في الشهر من 1 إلى 31 [2].

والجدير بالذكر أن المدة الزمنية التي تقضيها الأرض في الدوران حول الشمس لا تتوافق تماما مع الرزنامة السنوية، ولذلك فإن الميلان الشمسي يختلف قليلا لنفس اليوم من سنة لأخرى [5، 13].

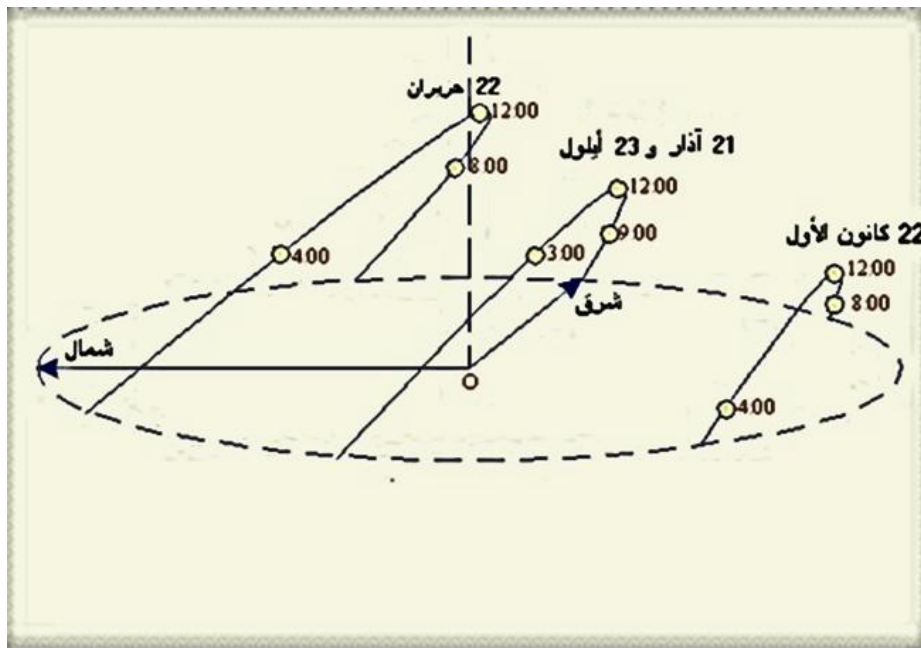
3-3-7-I- القبة السماوية:

هي عبارة عن كرة تخيلية مركزها الأرض وقطرها غير محدد، وكل الأجرام السماوية بما فيها الشمس تدور حول الأرض في نطاق هذه الكرة كما هو موضح في الشكل (I-13)، فكل من القطبين الشمالي والجنوبي للقبة هما امتداد للمحور القطبي للأرض قاطعة القبة السماوية [13].



الشكل (I-13): القبة السماوية [13].

خطوط الطول والعرض للقبة السماوية يمكن رسمها بنقل خطوط الطول والعرض للأرض على التوازي إلى سطح القبة، أنظر الشكل (I-14):



الشكل (I-14): مسار الشمس كما يبدو على القبة السماوية [13].

4-3-7-I- الزاوية الساعية (ω) :

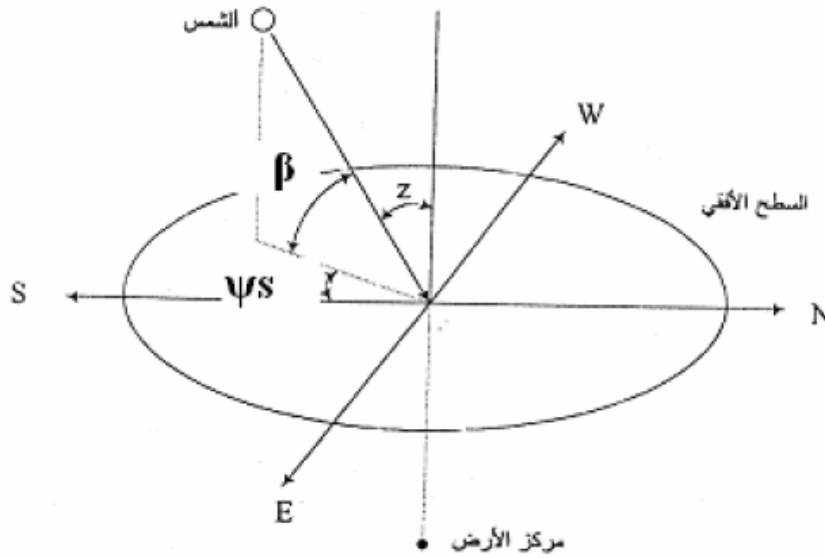
الزاوية الساعية لنقطة ما على سطح الأرض هي الزاوية الواجب أن تدورها الأرض لتضع خط طول هذه النقطة تحت الشمس مباشرة، وحسب الشكل (10-I) هي الزاوية المقاسة على مستوي خط الاستواء بين مسقط خط الطول ومسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس.

الزاوية الساعية عند الظهر تكون معدومة وتفرض موجبة مساء بعد الزوال، وسالبة صباحا قبل الزوال لذا فإن ω تتعلق فقط بالتوقيت الشمسي وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\omega = 15(TVS - 12) \dots \dots \dots (5 - I)$$

حيث: TVS يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتبر الزوال الشمسي $(\omega = 0)$ عند الساعة 12 [4، 14].

$\omega = 0$: عند الزوال الشمسي $\omega \leq 0$: مساء بعد الزوال $\omega \geq 0$: صباحا قبل الزوال



الشكل (15-I): زاوية كل من السمات الرأسية Z والسمت الشمسي الأفقية ψ_s وزاوية الارتفاع β [14].

I-7-3-5- زاوية ارتفاع الشمس (β):

تعرف بأنها الزاوية بين أشعة الشمس والمستوي الأفقي، أي الزاوية التي يصنعها شعاع الشمس الواصل إلى نقطة من سطح الأرض (الخط الواصل بين مركز الشمس ومركز الأرض المار بالنقطة) مع المستوى الأفقي المار بالنقطة كما هو مبين في الشكل (I-15)، حيث تحسب هذه الأخيرة من خلال العلاقة التالية:

$$\beta = 90 - Z \dots \dots \dots (6 - I)$$

$$\sin\beta = \cos\Phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\Phi \cdot \sin\delta \dots \dots \dots (7 - I)$$

حيث: Z تمثل زاوية السمات الرأسية [6، 13، 15].

I-7-3-6- زاوية السمات الشمسي الرأسية (Z):

هي الزاوية بين أشعة الشمس والشاقول، بعبارة أخرى هي الزاوية التي يصنعها عمود على سطح جسم ما مع الإشعاع الشمسي الساقط عليه، وهي بذلك متممة لزاوية الارتفاع الشمسي β [5، 13، 14]. ويمكن حساب زاوية السمات الرأسية بالعلاقة التالية :

$$\cos z = \cos \delta \cdot \cos\Phi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \Phi \dots \dots \dots (8 - I)$$

I-7-3-7- زاوية السمات الشمسي الأفقية (Ψ_s):

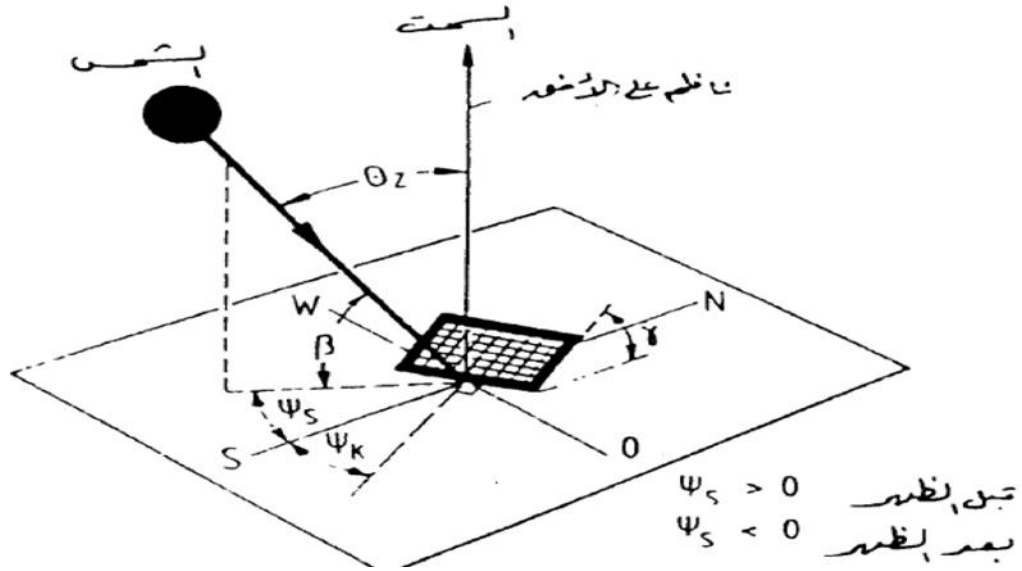
هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين الجنوب ومسقط أشعة الشمس، والاتجاه نحو الغرب يعد موجباً، هذه الزاوية تحسب وفقاً للعلاقة التالية:

$$\cos\Psi_s = \frac{\sin\beta \cdot \sin\Phi - \sin\delta}{\cos\beta \cdot \cos\Phi} \dots \dots \dots (9 - I)$$

لحساب الإشعاع الشمسي الساقط على السطح المائل، من الضروري حساب ثلاث زوايا أخرى تتعلق باتجاه السطح كما يتضح من الشكل (I-15) [10، 14].

I-7-3-8-زاوية ميل السطح (γ):

هي الزاوية بين السطح والمستوي الأفقي، لاحظ الشكل (I-16) [14]:



الشكل (I-16): زاوية ميل السطح γ ، وزاوية سمت السطح Ψ_k ، وزاوية السقوط الشمسي θ_k [14].

I-7-3-9- زاوية سمت السطح (Ψ_k):

هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين مسقط المستقيم المتعامد مع السطح، والاتجاه نحو الغرب يعد موجبا، انظر الشكل (I-16) [14].

والمعادلة التالية تبين العلاقة بين الزوايا المذكورة سابقا:

$$\cos\theta_k = \sin\beta \cdot \cos\gamma + \cos\beta \cdot \sin\gamma \cdot \cos(\Psi_s - \Psi_k) \dots \dots \dots (10 - I)$$

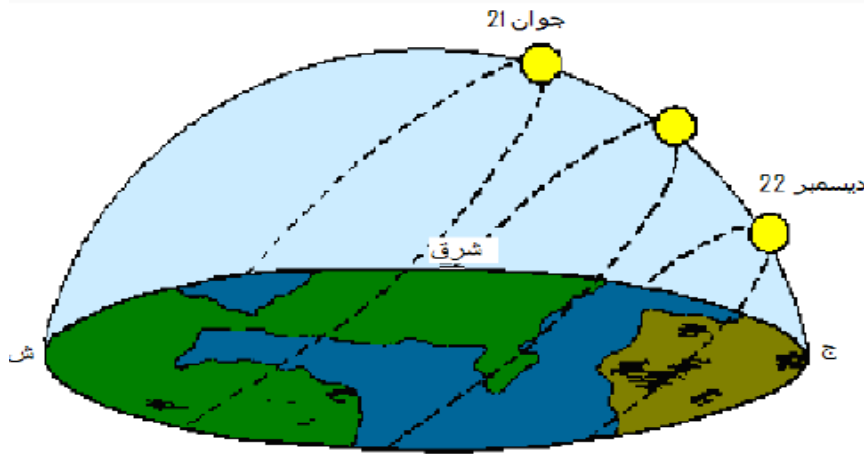
I-7-4- اختلاف طول الليل والنهار الناتج عن حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها:

تدور الأرض حول الشمس في مدة 365.251 يوما كما تدور حول نفسها في مدة 24 ساعة، وتتميز الأرض بظاهرة الفصول الناتجة عن ميل محور دوران الأرض حول الإهليلج بزاوية 23° و 26° ، وتنعكس هذه الزاوية بتوزيع غير منتظم لدرجة الحرارة، وهكذا يدوم الشتاء في نصف الكرة الشمالي بمدة 3 أيام اقل من الصيف وهو شتاء اقل قصوة من شتاء النصف الجنوبي من الأرض، الجدول (I-2) يمثل مدة الفصول بنصف الكرة الأرضية الشمالي [9].

الجدول (I-2):مدة الفصول بنصف الكرة الأرضية الشمالي[9].

المدة الحالية	الفصول في نصف الكرة الشمالي
92 يوما و19 ساعة	الربيع
93 يوما و23 ساعة	الصيف
89 يوما و13 ساعة	الخريف
89 يوم	الشتاء

وتسقط الأشعة الشمسية بزاوية عمودية عند مدار الجدي والسرطان عند خطوط العرض 23° و 26° ، من نصفي الكرة الأرضية، وأما القسم الباقي من الأرض فيبقى في الظلام التام ما فوق خطي العرض 66° و 30° وعند القطبين يدوم الليل 6 أشهر ونسمى خط العرض 66° و 30° بدائرة القطب الشمالي أو الجنوبي.



يستوي طول الليل والنهار في الإعتدالين 12 ساعة على كل خطوط العرض وحتى على خط الاستواء

الشكل (I-17):التغير الفصلي لمدة الليل والنهار [9].

يلتقط نصف الكرة الأرضية الشمالي يوم 21 ديسمبر، خلال الانقلاب الشتوي الشكل (I-17) نسبة أقل من الطاقة الشمسية مقارنة مع الصيف وهذا لأن الأشعة الشمسية تعبر مسافة طويلة في الغلاف الجوي كلما ارتفعت زاوية السقوط [9].

I-8- التوقيت الشمسي TVS والمحلي TL:

هو الوقت الذي يعتمد على حركة الشمس الزاوية خلال السماء، أي أن منتصف النهار الشمسي هو عند لحظة عبور الشمس دائرة نصف النهار، ولا يتطابق هذا الوقت مع الوقت المحلي للموقع، ويتعلق الفرق بين التوقيتين بثلاثة عوامل:

✓ الفرق بين خطي الطول للمنطقة والخط المرجعي للتوقيت المحلي (خط غرينتش).

✓ التصحيح الزمني (المعادلة الزمنية) ET والمعبر عن الاضطراب الناتج عن حركة الأرض، والذي يعطى بالعلاقة التالية بالدقائق:

$$ET = 9.87 \sin \left[\frac{720}{365} (NJ - 81) \right] - 7.53 \cos \left[\frac{360}{365} (NJ - 81) \right] - 1.5 \sin \left[\frac{360}{365} (NJ - 81) \right] \dots \dots (11 - I)$$

✓ التصحيح الناتج عن تغير التوقيت المحلي (الصيفي، الشتوي) مقارنة بتوقيت غرينتش الذي قيمته في الجزائر C=-1 و عليه تعطى علاقة التوقيت الشمسي TVS:

$$TVS = TL + ET + \frac{L}{15} + C \dots \dots \dots (12 - I)$$

حيث: L زاوية خط الطول التي تقع عليه المنطقة، وتكون موجبة إذا كانت المنطقة شرق خط غرينتش بينما تكون سالبة غرب خط غرينتش [4].

I-9- أجهزة قياس الإشعاع الشمسي:

تتنوع أجهزة قياس الإشعاع الشمسي حسب الاستعمال، فنجد في الغالب المعطيات الخاصة بالإشعاع الشمسي لدى مصالح الأرصاد الجوية التي تهتم بهذا الميدان، و هي تقوم بتعديل آلات القياس التي تستعملها بصفة مستمرة، و من أهم أجهزة القياس المعروفة والأكثر انتشارا [7]:

✓ جهاز قياس مدة سطوع الشمس و تسمى المشماس "Héliographe":

هذه الآلة تتأثر بالإشعاع المباشر للشمس، و تشتغل ما دام هنالك إمكانية لرؤية القرص الشمسي حتى وراء السحب، و من أنواع هذه الآلات نجد آلة compell-stokes المشهورة أنظر الشكل (I-18) [7].



الشكل (I-18): جهاز قياس مدة سطوع الشمس [7].

✓ جهاز يقيس الإشعاع الكلي لضوء الشمس:

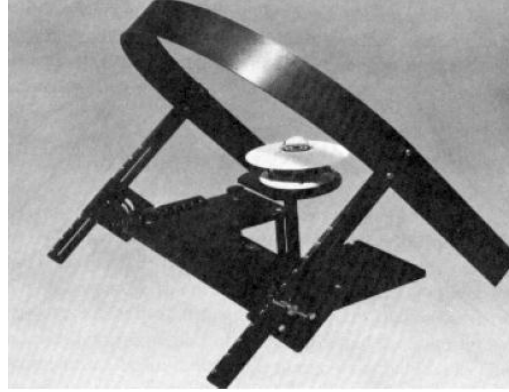
ويسمى مقياس الإشعاع السماوي "pyranometer"، ويتلقى هذا الجهاز الطاقة الشمسية من جميع الاتجاهات وفي الغالب يوضع على سطح أفقي، ويكون طيف الموجات الضوئية المقاسة منحصرًا بين 0.3 إلى 3 ميكرومتر الموجات المرئية والغير مرئية (فوق البنفسجية و تحت الحمراء)، هذا الجهاز يركز في الأساس على المجسات المسماة بالأعمدة الكهروحرارية، وهي مجسات تتأثر بالحرارة التي تحدثها الموجات الكهرومغناطيسية [7، 15].



الشكل (I-19): جهاز قياس الإشعاع الكلي لضوء الشمس [7].

✓ جهاز يقيس الإشعاع المنتشر لضوء الشمس:

ولهذا الجهاز نفس خاصية الجهاز السابق، إلا أنها مجهزة بغطاء واقى يمنع الإشعاع المباشر المتأتي من الشمس من الوصول إلى المجس، انظر الشكل(20-I)[7، 16].



الشكل(20-I):جهاز قياس شدة الإشعاع المنتشر [17].

✓ جهاز قياس الإشعاع الشمسي المباشر:

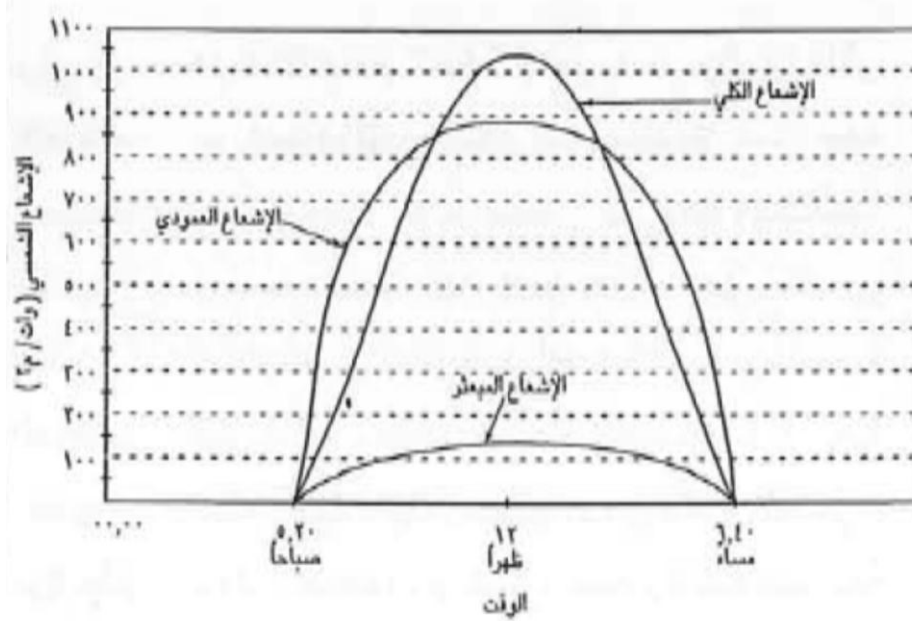
ولهذا الجهاز نفس الخاصية للجهازين السابقين، إلا أن الاختلاف يكمن في كون هذا الجهاز مغلق في صندوق صغير ذي فتحة صغيرة، يجب عند القياس وضعها في اتجاه أشعة الشمس و يطلق عليه بالفرنسية "Pyrheliomètre"، و هذا الجهاز يتأثر بالطاقة الشمسية المنبعثة من القرص الشمسي فقط و الوارد على المجس بعد تركيبه.

ونظرا إلى تطور استخدامات الطاقة الشمسية أصبحت هذه الآلات تستعمل لدى المختصين في هذا الميدان، وخارج مصالح الأرصاد الجوية إلا أن تعديلها يستوجب الاتصال دوما بتلك المصالح على الأقل مرة كل سنتين، وتجدر الإشارة إلى استخدام مجسات من نوع جديد لقياس هذه الإشعاعية، تعتمد على التحولات الفوتوضوئية [7، 16].



الشكل(21-I):جهاز قياس الإشعاع الشمسي المباشر [7].

ويبين الشكل (22-I) المركبات الثلاث للإشعاع الشمسي الساقط على القرية الشمسية بالقرب من مدينة الرياض، مقاسه بالأجهزة الثلاثة السابقة كل 5 دقائق وذلك في يوم 1990/7/10م [1].



الشكل (22-I): مركبات الإشعاع الشمسي خلال يوم كامل [1].

10-I-الخلاصة:

إن معرفة خواص الإشعاع الشمسي وتحديد قيمته وتوزيعه وكيفية انتشاره، إضافة إلى معرفة العوامل المؤثرة عليه، مهمة في العديد من نماذج الإشعاع الشمسي المستخدمة محلياً وعالمياً.

فقد تضمنت دراستنا لهذا الفصل دراسة عامة وبسيطة حول الإشعاع الشمسي، وأهم العوامل المؤثرة عليه أثناء سقوطه على سطح الأرض، والمتمثلة في اختلاف البعد بين الأرض والشمس، إضافة إلى اختلاف طول الليل والنهار في الفصول المختلفة، واختلاف زاوية سقوط أشعة الشمس على سطح الأرض فضلاً عن مدى تواجد الغيوم والعوالق الجوية، فالهدف من هذه الدراسة هو التمهيد لحساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي عن طريق عدة نماذج بمساعدة الحاسوب، والتي سوف نقوم بدراستها في الفصل الموالي.

الفصل الثاني:

نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي
الساقط على سطح أفقي

الفصل الثاني: نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي

II-تمهيد:

يعد الإشعاع الشمسي مصدرًا رئيسيًا للطاقة لمختلف العمليات الفيزيائية والكيميائية، ويدخل بوصفه عنصرًا أساسيًا في العديد من النماذج، حيث يعتبر حساب الإشعاع الشمسي الساقط على الأسطح الخارجية من الأمور المهمة وخاصة في الحسابات المتعلقة بتكييف الهواء [6].

إن توزيع الإشعاع الشمسي يتباين زمنيًا ومكانيًا نتيجة لتأثره بعدة عوامل والتي سبق ذكرها في الفصل الأول، وأهمها اختلاف البعد بين الأرض والشمس حسب الفصول، واختلاف طول الليل والنهار في الفصول المختلفة، إضافة لاختلاف زاوية سقوط أشعة الشمس على سطح الأرض، فضلًا عن مدى تواجد الغيوم والعوالق الجوية [6، 7، 17، 18].

يهدف هذا الفصل إلى استعراض عدد من النماذج الحسابية للإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي وحساب قيمته عند كل منها، حيث تتم دراسة هذه النماذج خلال سماء صافية، من نماذج بسيطة جدا التي تعتمد فقط على هندسة الطاقة الشمسية وعلى الإشعاع من خارج الأرض، إلى نماذج معقدة التي تمثل خصائص الغلاف الجوي، فالتقدم الهائل في تقنية الحاسوب أدى إلى سهولة إجراء عملية الحسابات، والتي سنقوم بإجرائها بمساعدة الحاسوب.

II-1- مفهوم الغلاف الجوي ومكوناته:

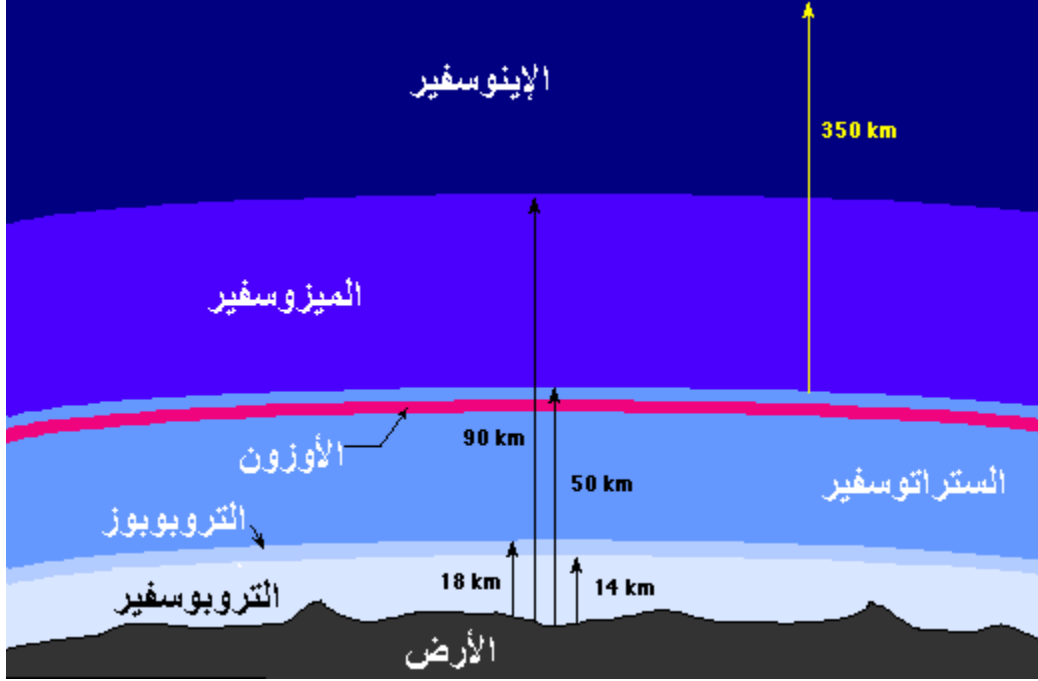
هو ذلك الغلاف الذي يحيط بالكرة الأرضية يتكون من مجموعة من الغازات، يمثل النيتروجين نسبة 78% من مجموعة هذه الغازات ويمثل الأكسجين 21%، أما الجزء الباقي والذي يمثل 1% فإن معظمه يتألف من بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون كما في الشكل (II-1)، كما توجد كميات كبيرة من الأجسام الكبيرة العالقة وهي عبارة عن ذرات دقيقة من الغبار والأتربة والأملاح والدخان المتصاعد من المصانع والسيارات..... الخ، تسبب هذه المواد العالقة التلوث للغلاف الجوي، وعلى الرغم من سلبيات هذه الأخيرة فإن لها فوائد تتمثل في تكاثف بخار الماء ونزوله على شكل قطرات من الماء أو الثلج أو البرد [19].



الشكل (II-1): مكونات الغلاف الجوي [19].

II-2-طبقات الغلاف الجوي:

يتكون الغلاف الجوي من اربع طبقات رئيسية متداخلة في بعضها لاحظ الشكل(II-2).



الشكل(II-2):طبقات الغلاف الجوي[19].

II-2-1-التروبوسفير:

وهي الطبقة التي يعيش فيها الانسان، تمتد من سطح الأرض وترتفع ما بين 7km عند القطبين و18km عند خط الاستواء، فهي ليست منتظمة السمك والفاصل الذي يفصلها عن الطبقة التي تعلوها يسمى التروبوبوز.

خلال هذه الطبقة تحدث معظم التغيرات المناخية والجوية التي نلمسها يوميا، لأنها تحتوي على معظم بخار الماء والأكسجين وثنائي أكسيد الكربون (بها حوالي 90% من الغازات المكونة للغلاف الجوي)، حيث تتناقص فيها درجة الحرارة بمعدل ثابت بمقدار 6.5°C لكل كيلومتر[19].

II-2-2-الاستراتوسفير:

هي الطبقة التي تعلو التروبوسفير مباشرة، وتمتد من خط التروبوبوز من ارتفاع 21 إلى 50km تقريبا فوق سطح الأرض، وتتميز هذه الطبقة بخلوها من الانقلابات المختلفة أو العواصف لانعدام بخار الماء (ملائمة للطيران).

يعلو هذه الطبقة طبقة الأوزون التي تحمي سطح الأرض من مخاطر الأشعة فوق بنفسجية، ويبلغ متوسط درجة حرارتها 40°C تحت الصفر[19].

الفصل الثاني : نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي

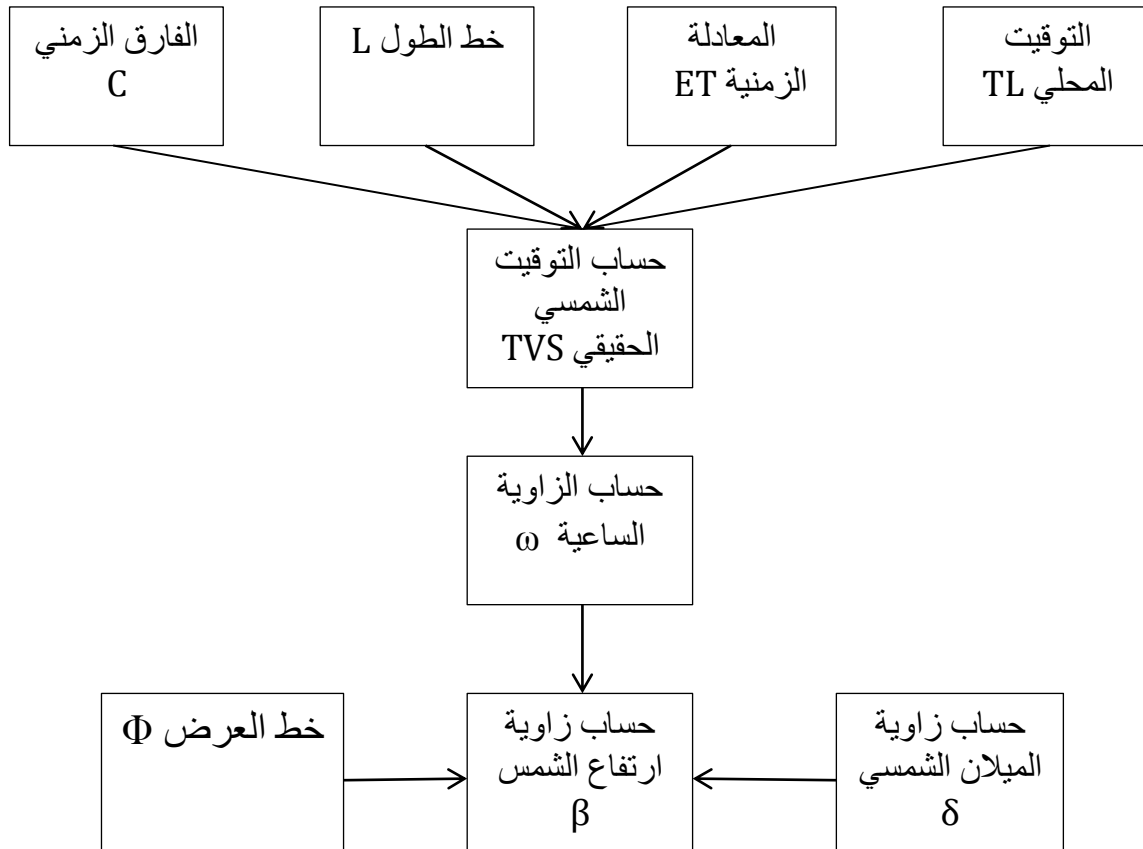
II-2-3-الميزوسفير:

تعلو هذه الطبقة طبقة الاستراتوسفير وتمتد من ارتفاع 50 إلى 80km، سمكها حوالي 30km فهي تتميز بالانخفاض التدريجي مع الارتفاع في درجة الحرارة، فهذه الأخيرة تحمي كوكب الأرض من الشهب التي تحترق فيها [19].

II-2-4-الايونوسفير:

هي الطبقة التي تعلو الميزوسفير من ارتفاع 90km تقريبا حتى 360km أو أكثر، وتتميز هذه الطبقة بخفة غازاتها حيث يسود فيها غاز الهيدروجين والهليوم، وتكون فيها جزيئات الغاز المكونة للجو متشردة نتيجة التعرض لأشعة الشمس، هذا التشرّد يعكس أمواج الراديو كمرآة مما يجعل الاتصالات اللاسلكية ممكنة، تتميز هذه الطبقة بظهور وهج أعالي الغلاف الجوي ويسمى وهج الأورورا أو الوهج القطبي [19].

II-3-طريقة حساب زاوية ارتفاع الشمس β :



وعليه نستطيع حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية عن طريق عدة نماذج والتي اعتمدنا فيها على الحاسوب من أجل تسهيل اجراء هذه الحسابات.

II-4- تدفق الإشعاع الشمسي على مستوى سطح الأرض:

يخترق الإشعاع الشمسي الغلاف الجوي الأرضي حيث ينعكس جزء منه إلى الفضاء خارج الغلاف الجوي، كما ينتشتت جزء داخل الغلاف الجوي الأرضي وجزء آخر يمتص من طرف مكونات هذا الغلاف، حيث تتوقف قيمة الامتصاص والتشتت والانعكاس على مكونات الغلاف الجوي في الموقع، وارتفاع المنطقة عن سطح البحر، وعن موضع الشمس بالنسبة للموقع، والتي تتحدد من خلال المعاملات التالية [7]:

II-4-1- الكتلة الهوائية:

تشير الكتلة الهوائية إلى طول المسار البصري عبر الغلاف الجوي حيث ينتشر الضوء و يمتص بسبب الجسيمات المتواجدة في الغلاف الجوي، ومع زاوية سمت أكبر تظهر أقل سطوعا مما كانت عليه عندما تكون مباشرة فوق سماء المنطقة.

في مجال الطاقة الشمسية، الكتلة الهوائية الواقعية تشير إلى كتلة الهواء النسبية التي تقاس نسبة إلى طول المسار، وتكون الكتلة الهوائية مساوية للواحد عندما تكون الشمس عمودية فوق الموقع مباشرة (AM=1)، وتكون معدومة إذا تخيلنا عدم وجود الغلاف الجوي (AM=0).

وأحيانا تكون AM=2، عندما تسير الطاقة الشمسية فترة طويلة خلال الغلاف الجوي وتكون زاوية السمت مساوية تقريبا إلى 60°، حيث تعطى علاقة الكتلة الهوائية بالعلاقة التالية:

$$AM = \frac{1}{\cos(z)} \dots \dots \dots (1 - II)$$

كما هو مبين في الشكل (II-3)، هذا النهج البسيط مناسب لزوايا السمت الكبيرة بقدر 80 درجة، ولكن في زوايا السمت الأكبر ولا سيما القريبة من الأفق، يتحلل بسرعة بسبب AM يذهب إلى ما لا نهاية في 90°.

وقد وضعت العديد من الصيغ التي كتبها مختلف المؤلفين لتناسب مع البيانات المقاسة بدلالة زاوية السمت، من بينهم راب-اراراس (Rapp-Arraras) و دومينغو- سانتوس (Domingo-Santos) قاموا بتقديم لمحة عامة جيدة تتكون من 26 شكل وظيفية مختلفة من نماذج الكتلة الهوائية، وقد سلطوا الضوء على بعض نماذج الكتلة الهوائية الأكثر شيوعا لنمذجة الإشعاع الشمسي أدناه [20].

✓ يونغ و ايرفين (1967):

اقترح وظيفة أفضل ومناسبة لزوايا ذروتها بين 83° و 87° من لوحة معادلة موازية ، ولكن في 90° الشكل لا يزال يتباعد ويذهب إلى ما لا نهاية السالبة:

$$AM = \frac{1}{\cos(z)} [1 - 0.0012(\sec^2 z - 1)] \dots \dots \dots (2 - II)$$

الفصل الثاني : نماذج حساب الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي

لا يستخدم هذا النموذج عادة نتيجة لهذا الحد، لكنها أدت إلى تطوير العديد من نماذج المستقبل، مثل اثنين من نماذج أخرى التي شارك يونغ في تطويرها [20]:

✓ كاستن ويونغ (1989):

$$AM = \frac{1}{\cos(z) + 0.50572(96.07995 - z)^{-1.6354}} \dots \dots \dots (3 - II)$$

✓ يونغ (1994):

$$AM = \frac{1.002432 \times \cos^2 z + 0.148386 \times \cos z + 0.0096467}{\cos^3 z + 0.149864 \times \cos^2 z + 0.0102963 \times \cos z + 0.000303978} \dots \dots (4 - II)$$

النماذج الأخرى المشهورة التي نعتبرها هنا تتمثل في:

✓ رودجرز (1967) :Rodgers

$$AM = \frac{35}{\sqrt{1224 \times \cos^2 z + 1}} \dots \dots \dots (5 - II)$$

✓ باديسكو (1987) :Badescu

$$AM = \frac{-\cos z + \sqrt{\cos^2 z + f^2 - 1}}{f - 1} \dots \dots \dots (6 - II)$$

أين:

$$f = 1 + \frac{\Phi}{R} \dots \dots \dots (7 - II)$$

حيث R: نصف قطر الأرض وهو يساوي (6371.2km).

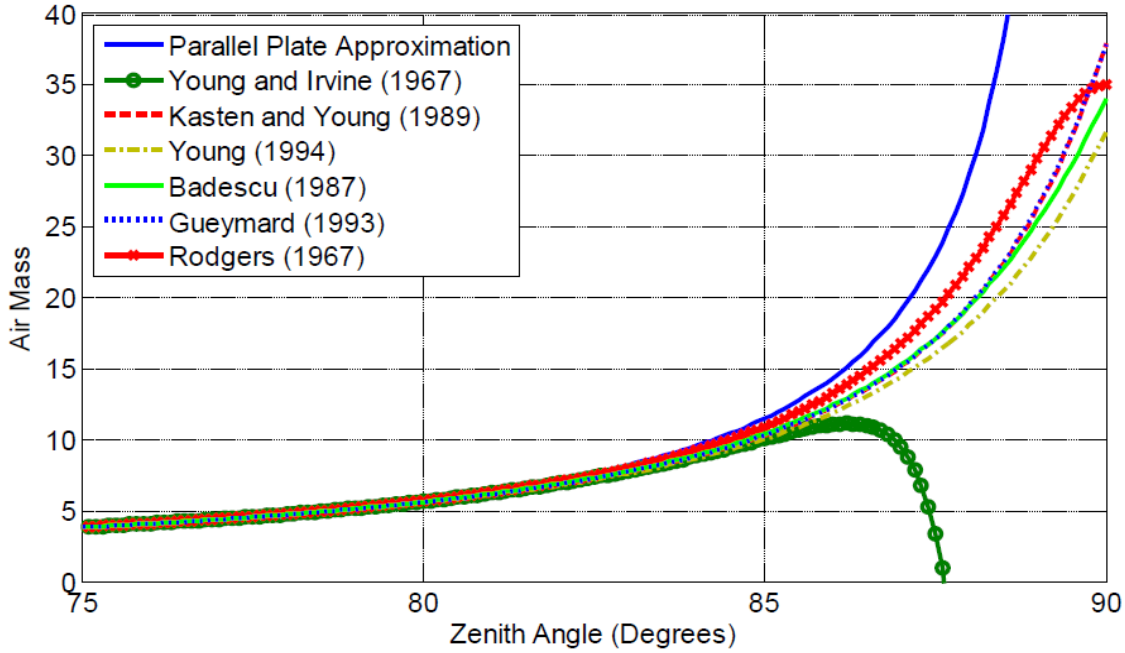
Φ: تمثل خط العرض 45° وهي تساوي (11km).

✓ جيومارد (1993) :Gueymard

$$AM = \frac{1}{\cos z + 0.00176759 \times z \times (94.37515 - z)^{-1.21563}} \dots \dots \dots (8 - II)$$

الفصل الثاني : نماذج حساب الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي

نتائج هذه الطرق المختلفة لحساب كتلة الهواء نلاحظها من خلال الشكل (3-II)[20]:



الشكل(3-II):رسم بياني لنماذج AM في زوايا ذروة عالية[20].

II-4-2- معامل الاضطراب الكلي:

نميز الغلاف الجوي في المنطقة بمعامل يدعى معامل الاضطراب الكلي T_L ، تتعلق قيمته بنسبة الحبيبات الصلبة العالقة في الجو، ونسبة تواجد بخار الماء فيه، تعطى قيمته المتوسطة بالعلاقة:

$$T_L = 2.5 + 16\beta_A + 0.5 \ln(W) \dots \dots \dots (9 - II)$$

يعرف المعامل β_A بعدد العوالق الصلبة الموجودة في وحدة الكتلة الهوائية المثبتة عموديا في المنطقة، وتتعلق قيمته حسب صفاء السماء، أنظر الجدول (1-II) [7]:

الجدول(1-II):قيم معامل الاضطراب حسب حالة السماء[7].

قيمة معامل الاضطراب β_A	لون السماء
0.02	زرقاء داكنة
0.05	زرقاء فاتحة
0.10	زرقاء باهتة
0.20	زرقاء شاحبة (لبنية)

الفصل الثاني : نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي

حيث W تمثل محتوى الغلاف الجوي من بخار الماء يعبر عنه بـ e ، ونستطيع حسابه من خلال العلاقة التجريبية المعطاة من قبل Hann:

$$W = 0.17 \times e \dots \dots \dots (10 - II)$$

حيث: e تمثل كثافة بخار الماء على سطح الأرض وفي درجة حرارة الجو، وتتراوح قيم W بين 0.5 و 6 cm [7].

II-4-3- الألبدو (النورانية):

ويمثل نسبة الإشعاع المنعكس على سطح الأرض إلى الإشعاع الكلي الساقط، ويتعلق بطبيعة سطح الأرض، وتتراوح قيمته بين الصفر والواحد [7].

يعطي الجدول (II-2) بعض قيم الألبدو:

الجدول (II-2): قيم الألبدو (النورانية) حسب الأرضية [7].

السطح	الألبدو
جسم أسود مثالي	0
البحر في الصيف	0.05
البحر في الشتاء	0.12
غابات	0.15
المراعي	0.22
أرضية إسمنتية	0.25
الحصى	0.25
شواطئ وصحاري	0.30
ثلوج جديدة	0.85

II-5- نماذج تحديد الإشعاع الشمسي:

II-5-1- نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الكلي في يوم صافي:

تصنف نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي خلال سماء صافية إلى بسيطة جدا على هذا النحو، لأنها تستخدم فقط هندسة النماذج الحسابية، حيث يخفف الإشعاع الشمسي المباشر الخارج من الأرض خلال انتقاله عبر الغلاف الجوي بواسطة زاوية السم، مع زاوية ارتفاع الشمس والكتلة الهوائية (AM) مما يؤدي إلى مزيد من التفاعل بين الأشعة الشمسية و الغلاف الجوي للأرض، كل هاته النماذج هي أساسا ارتباطات تجريبية تعتمد على التعميم لموقع معين و المعالم الفلكية، ونظرا لهذا الارتباط يجب توخي الحذر عند تطبيق نماذج بسيطة جدا في مواقع أخرى من تلك التي تستخدم معايير ادق، وفيما يلي قائمة لبعض أشكال أو نماذج بسيطة جدا [20]:

✓ نموذج (DPP) Daneshyar-Paltridge-Proctor (1978):

$$\text{DNI} = 950.2 \left(1 - \exp(-0.075(90^\circ - z)) \right) \dots \dots \dots (11 - \text{II})$$

$$\text{Diffuse} = 14.29 + 21.04 \left(\frac{\pi}{2} - z \frac{\pi}{180} \right) \dots \dots \dots (12 - \text{II})$$

$$\text{GHI} = \text{DNI} \times \cos(z) + \text{Diffuse} \dots \dots \dots (13 - \text{II})$$

حيث: DNI يمثل الإشعاع الشمسي المباشر.

Diffuse: يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر.

✓ نموذج (KC) Kasten-Czeplak (1980):

$$\text{GHI} = 910 \times \cos(z) - 30 \dots \dots \dots (14 - \text{II})$$

✓ نموذج (Haurwitz) Haurwitz (1945):

$$\text{GHI} = 1098 \times \cos(z) \times \exp\left(\frac{-0.057}{\cos(z)}\right) \dots \dots \dots (15 - \text{II})$$

✓ نموذج (BD) Berger-Duffie (1979):

$$\text{GHI} = I_0 \times 0.70 \times \cos(z) \dots \dots \dots (16 - \text{II})$$

✓ نموذج (ABCG) Adnot-Bourges-Campana-Gicquel (1979):

$$\text{GHI} = 951.39 \times (\cos(z))^{1.15} \dots \dots \dots (17 - \text{II})$$

الفصل الثاني : نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي

✓ نموذج (Robledo-Solar(RS)(2000):

$$GHI=1159.24 \times (\cos(z))^{1.179} \times \exp(-0.0019 \times (90^\circ - z)) \dots \dots \dots (18- II)$$

حيث الشكل (4-II) يظهر نتيجة أو حصيلة هذه النماذج الستة البسيطة السابقة التي نوقشت خلال سماء صافية، لأن هذه النماذج تعتمد فقط على زاوية السم.ت.

وراء النموذج DPP المُعطى من طرف العبارة (11- II) عبر العبارة (13- II)، هناك نماذج أخرى لتحديد عناصر الإشعاع الشمسي الكلي GHI (أي DNI) باستعمال وبشكل حصري زاوية السم، إثنان من هاته النماذج تتمثل في:

✓ نموذج (Meinel(1976):

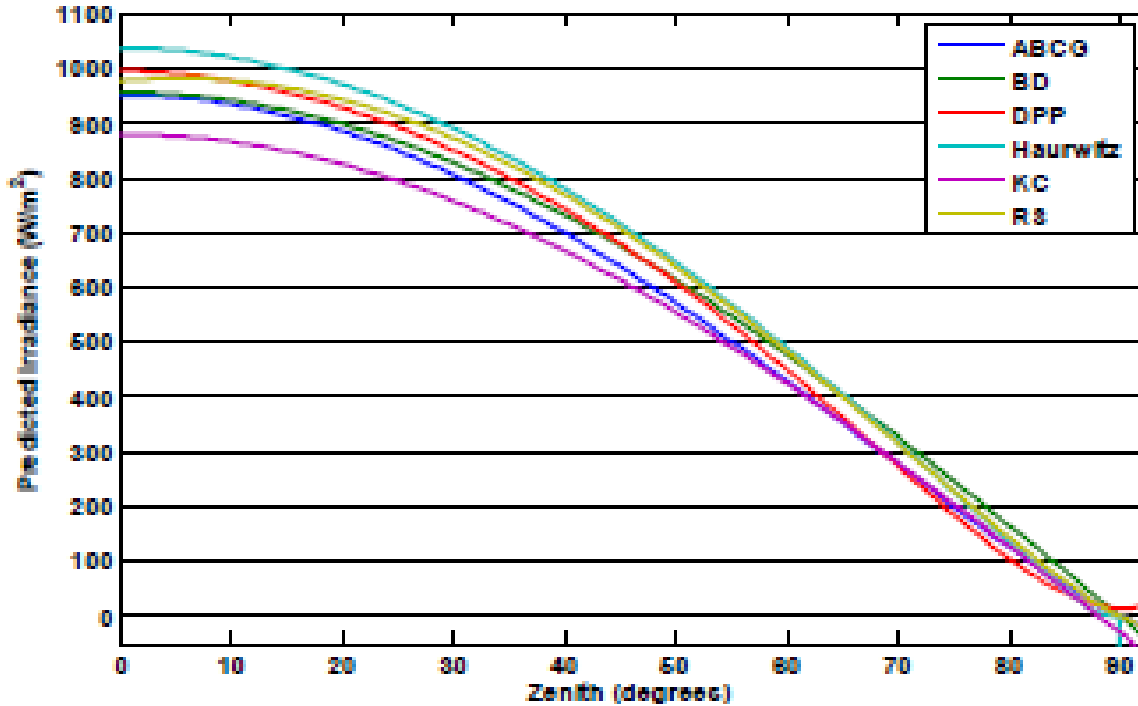
$$DNI=I_0 \times 0.7^{AM^{0.678}} \dots \dots \dots (19- II)$$

حيث: $AM = \frac{1}{\cos(z)}$.

✓ نموذج (Laue(1970):

$$DNI=I_0 \times ((1-0.14 \times \beta) \times 0.7^{AM^{0.678}} + 0.14 \times \beta) \dots \dots \dots (20- II)$$

حيث: $AM = \frac{1}{\cos(z)}$ و β تمثل الارتفاع [20].



الشكل(4-II):يمثل نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية معتمدة على زاوية السم [20].

الفصل الثاني : نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي

II-5-2- نماذج بسيطة لتحديد الإشعاع الكلي الساقط على سطح أفقي في يوم صافي:

أفضل تصنيف لنموذج من نماذج السموات الصافية هو الذي يتضمن بالإضافة إلى زاوية السمات، بعض معايير حالات الغلاف الجوي مثل: الضغط الجوي، الحرارة، الرطوبة، مكونات الهباء الجوي و تبعثر الضوء، من بين هذه النماذج نذكر النموذج التالي [20]:

✓ نموذج Kasten:

هذا النموذج يحسب معدل ارتفاع تعكر الغلاف الجوي، المدخلات لهذا النموذج تتمثل في الكتلة الهوائية (AM)، معامل تعكر (اضطراب) لينك (T_L)، و الارتفاع (β):

$$GHI=0.84 \times I_0 \times \cos(z) \times \exp(-0.027 \times AM \times (f_{h1} + f_{h2}(T_L - 1))) \dots \dots \dots (21- II)$$

$$\text{حيث: } f_{h2} = \exp(-\beta / 1250) \text{ و } f_{h1} = \exp(-\beta / 8000)$$

ولقد قام كل من Perez و Ineichen بإضافة بعض التصحيحات والتعديلات على نموذج Kasten من أجل تطوير القياس والحصول على نتائج أدق، هذه الإضافات تظهر كالآتي [20]:

✓ نموذج Perez و Ineichen:

$$GHI=c_{g1} \times I_0 \times \cos(z) \times \exp(-c_{g2} \times AM \times (f_{h1} + f_{h2}(T_L - 1))) \times \exp(0.01 \times AM^{1.8}) \dots \dots \dots (22- II)$$

$$\text{أين: } h \beta \text{ و } c_{g1} = 5.09 \times 10^{-5} \times h + 0.868 \text{ و } c_{g2} = 3.92 \times 10^{-5} \times h + 0.0387 [20].$$

بالنسبة لمعامل اضطراب لينك تم حسابه بواسطة العبارة التالية [21]:

$$T_L = 2.4 + 14.6\beta_A + 0.4(1 + 2\beta_A) \ln(P_V) \dots \dots \dots (23 - II)$$

β_A : معامل اضطراب الجو وتأخذ القيم التالية:

$\beta_A = 0.05$ في المناطق الريفية.

$\beta_A = 0.1$ في المناطق المدنية.

$\beta_A = 0.2$ في المناطق الصناعية أو الملوثة.

P_V : هو الضغط الجزئي لبخار الماء (mmHg) [21].

II-5-3 نماذج معقدة لتحديد الإشعاع الكلي الأفقي في يوم صافي:

النماذج المعقدة تأخذ بعين الاعتبار المعايير الجوية المعممة مثل طبقة الأوزون، الهباء الجوي (حبات الرمل، الغبار، الدخان.....)، والماء هذه أحدث نماذج للسماء الصافية عندما تفحص بدقة، ولكنها تتطلب العديد من المدخلات التي لن تكون متاحة بسهولة، فالعديد من المعايير يُمكن تقديرها باستعمال قيمة جد ثابتة، لكننا بفعل ذلك سنقل من دقة النموذج وتكون العملية شاقة لإيجاد أفضل انتظام يناسب نموذج البيانات للموقع، حيث بيانات الأقمار الصناعية يمكن استعمالها للمساعدة في تدقيق العديد من المعايير، من بين هذه النماذج المعقدة نذكر [22]:

✓ نموذج إقبال C:

الإشعاع المباشر العمودي $I_n (Wm^{-2})$ لهذا النموذج عرض من طرف إقبال كالآتي:

$$I_n = 0.9751E_0I_0\tau_r\tau_0\tau_g\tau_w\tau_a \dots \dots \dots (24 - II)$$

حيث: I_0 يمثل الثابت الشمسي الذي يمكن أن يأخذ القيمة $1367(Wm^{-2})$ ، E_0 هو معامل التصحيح المتعلق بمدار الأرض والذي يعطى كالآتي:

$$E_0 = 1.00011 + 0.034221 \cos \Gamma + 0.00128 \sin \Gamma + 0.000719 \cos 2\Gamma + 0.000077 \sin 2\Gamma \dots \dots (25 - II)$$

أين: Γ زاوية اليوم (الراديان) تعطى بواسطة:

$$\Gamma = 2\pi \left(\frac{N - 1}{365} \right) \dots \dots \dots (26 - II)$$

N : هو عدد الأيام في السنة بداية من 1 جانفي إلى 31 ديسمبر (365 يوم).

المقادير $\tau_a, \tau_w, \tau_g, \tau_0, \tau_r$ (اللابعدية) تمثل معامل نفاذية رايلي، والأوزون، الغاز، بخار الماء و الهباء الجوي على التوالي، وتعطى كما يلي [22]:

$$\tau_r = e^{-0.0903m_a^{0.84}(1+m_a-m_a^{1.01})} \dots \dots \dots (27 - II)$$

$$\tau_0 = 1 - [0.1611U_3(1 + 139.48U_3)^{-0.3035} - 0.002715U_3(1 + 0.044U_3 + 0.0003U_3^2)^{-1}] \dots (27 - II)$$

$$\tau_g = e^{-0.0127m_a^{0.26}} \dots \dots \dots (29 - II)$$

$$\tau_w = 1 - 2.4959U_1[(1 + 79.034U_1)^{0.6828} + 6.385U_1]^{-1} \dots \dots \dots (30 - II)$$

$$\tau_a = e^{-I_{0a}^{0.873}(1+I_{0a}-I_{0a}^{0.7808})m_a^{0.9108}} \dots \dots \dots (31 - II)$$

الفصل الثاني : نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي

حيث: m_a هي الكتلة الهوائية في الضغط الفعلي (الحالي)، و m_r هي الكتلة الهوائية في الضغط العادي (القياسي) (1013.25mbar) وتعطى العلاقة بينهما كالآتي:

$$m_a = m_r \left(\frac{p}{1013.25} \right) \dots \dots \dots (32 - II)$$

أين p (mbar): هو ضغط الهواء المحلي.

U_3 (cm): هو طول المسار البصري النسبي للأوزون تحت درجة الحرارة العادية والضغط العادي، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$U_3 = I_{OZ} m_r \dots \dots \dots (33 - II)$$

حيث: I_{OZ} (cm) هو سمك طبقة الأوزون السميكة والعمودية.

U_1 (cm): هو طول المسار البصري النسبي للضغط المصحح.

$$U_1 = w m_r \dots \dots \dots (34 - II)$$

أين: w هو محتوى الغلاف الجوي من بخار الماء.

l_{ao} : هو السمك البصري للهباء الجوي.

$$l_{ao} = 0.2758 l_{ao; \lambda/\lambda=0.38\mu m} + 0.35 l_{ao; \lambda/\lambda=0.5\mu m} \dots \dots \dots (35 - II)$$

حيث λ (μm): هو الطول الموجي.

يعطى الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي ب:

$$I_b = \cos \theta_z I_n \dots \dots \dots (36 - II)$$

أين: θ_z (بالدرجة) هي زاوية السم.

الإشعاع الأفقي المنتشر (I_d (w/m^2)) على مستوى الأرض هو اتحاد ثلاث مركبات خاصة توافق تشتت رايلي بعد أول مرور خلال الغلاف الجوي (D_r (w/m^2))، انتشار الهباء الجوي بعد أول مرور خلال الغلاف الجوي (D_a (w/m^2))، D_m (w/m^2) تمثل مختلف عمليات الانعكاس بين الأرض والغلاف الجوي [22].

$$I_d = D_r + D_a + D_m \dots \dots \dots (37 - II)$$

حيث:

$$D_r = \frac{0.79 I_{sc} \sin \beta \cdot \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} 0.5 (1 - \tau_r)}{1 - m_a + m_a^{1.02}} \dots \dots \dots (38 - II)$$

الفصل الثاني : نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي

حيث: β (بالدرجة) تعتبر زاوية ارتفاع الشمس وتكون قريبة من الزاوية θ_z بواسطة المعادلة التالية:

$$\cos \theta_z = \sin \beta \dots \dots \dots (39 - II)$$

τ_{aa} : (اللابعدية) وتمثل تحول الإشعاع المباشر نتيجة امتصاص الهباء الجوي، وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$\tau_{aa} = 1 - (1 - \omega_0)(1 - m_a + m_a^{1.06})(1 - \tau_a) \dots \dots \dots (40 - II)$$

أين: ω_0 (اللابعدية) تمثل جزء الألبدو المتشتت بسبب حدوث تبعثر للطاقة بواسطة الهباء الجوي، والتي تساوي 0.9.

$$D_a = \frac{0.79 I_{sc} \sin \beta \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} F_c (1 - \tau_{as})}{1 - m_a + m_a^{1.02}} \dots \dots \dots (41 - II)$$

حيث: F_c (اللابعدية) يمثل جزء التشتت الأمامي من التشتت الكلي وتؤخذ بـ 0.84، τ_{as} (اللابعدية) هو جزء الطاقة المتحول بعد تأثير التشتت من قبل الهباء الجوي ويعطى بـ:

$$\tau_{as} = \frac{\tau_a}{\tau_{aa}} \dots \dots \dots (42 - II)$$

$$D_m = \frac{(I_n \sin \beta + D_r + D_a) \rho_g \rho_a}{1 - \rho_g \rho_a} \dots \dots \dots (43 - II)$$

حيث: ρ_g ألبدو الأرض، ρ_a : ألبدو السماء الصافية حيث يمكن حسابها انطلاقاً من:

$$\rho_a = 0.0685 + (1 - F_c)(1 - \tau_{as}) \dots \dots \dots (44 - II)$$

الإشعاع الكلي (المباشر إضافة إلى المنتشر) I_t (w/m^2) الساقط على سطح أفقي يمكن أن يكتب بـ [23]:

$$I_t = I_b + I_d = (I_n \cos z + D_r + D_a) \left(\frac{1}{1 - \rho_g \rho_a} \right) \dots \dots \dots (45 - II)$$

II-6-الخلاصة:

أهم ما تطرقنا بذكره في هذا الفصل هو مختلف نماذج حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية، والتي قمنا بتقسيمها إلى ثلاث أصناف: نماذج بسيطة جدا تحدد قيمة الإشعاع الكلي في يوم صافي حيث تعتمد هذه النماذج على حسابات هندسية إضافة إلى زاوية السم، ونماذج بسيطة تحدد قيمة الإشعاع الشمسي المتمثل في نموذج Kasten و نموذج Ineichen Perez، حيث يعتمدان في القياس إضافة إلى زاوية السم بعض معايير حالات الغلاف الجوي المتمثلة في الحرارة، الرطوبة ومكونات الغلاف الجوي، كما تطرقنا الى ذكر أحد النماذج المعقدة لحساب الإشعاع الكلي والمتمثل في نموذج إقبال، فهذا الأخير يركز على معايير جوية معقدة مثل طبقة الأوزون، الهباء الجوي، والماء، فهو بذلك يعتبر من ادق النماذج في الحساب، وللتأكد من دقة هذه النماذج سنقوم في الفصل الموالي بحساب الإشعاع الكلي بواسطتها عن طريق برامج الحاسوب، ونقوم بمقارنتها بالقيم المقاسة لدى مصلحة الأرصاد الجوية.

الفصل الثالث:

نتائج ومناقشات

الفصل الثالث: نتائج ومناقشات

III-تمهيد:

اخترنا في هذه الدراسة منطقتين، حيث سنقوم فيها بحساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية ومقارنتها مع القيم المتحصل عليها من طرف مصلحة الأرصاد الجوية، هاتين المنطقتين هما:

✓ تمرناست (خط طول: 5.31°E، خط عرض: 22.47°N) بحيث تكون السماء صافية ذات ظروف ملائمة.

✓ المدينة المنورة (خط طول: 39,70° E، خط العرض: 24,55°N).

III-1-النتائج المحققة والمناقشات:

لضمان التحقق من النماذج التي تطرقنا بذكرها في الفصل الثاني، سنقارن القيم المقاسة من طرف مصلحة الأرصاد الجوية للإشعاع الشمسي الكلي خلال سماء صافية لمدينة تمرناست والمدينة المنورة مع القيم التي تم الحصول عليها عن طريق المحاكاة باستعمال لغة البرمجة الفورترن.

المقارنة ستكون بالنسبة لبعض النماذج وسنناقش بعدها الفرق بينها وبين قيم الإشعاع الشمسي المقاسة من قبل مصلحة الأرصاد الجوية، بعدها مباشرة سنقوم بحساب الخطأ النسبي.

يتم الحصول على هذا الأخير من قبل العبارة الآتية:

$$E(\%) = \text{Abs} \left(\frac{V_m - V_c}{V_m} \right) \times 100 \dots \dots \dots (1 - \text{III})$$

حيث:

V_m : القيمة المقاسة للإشعاع الكلي.

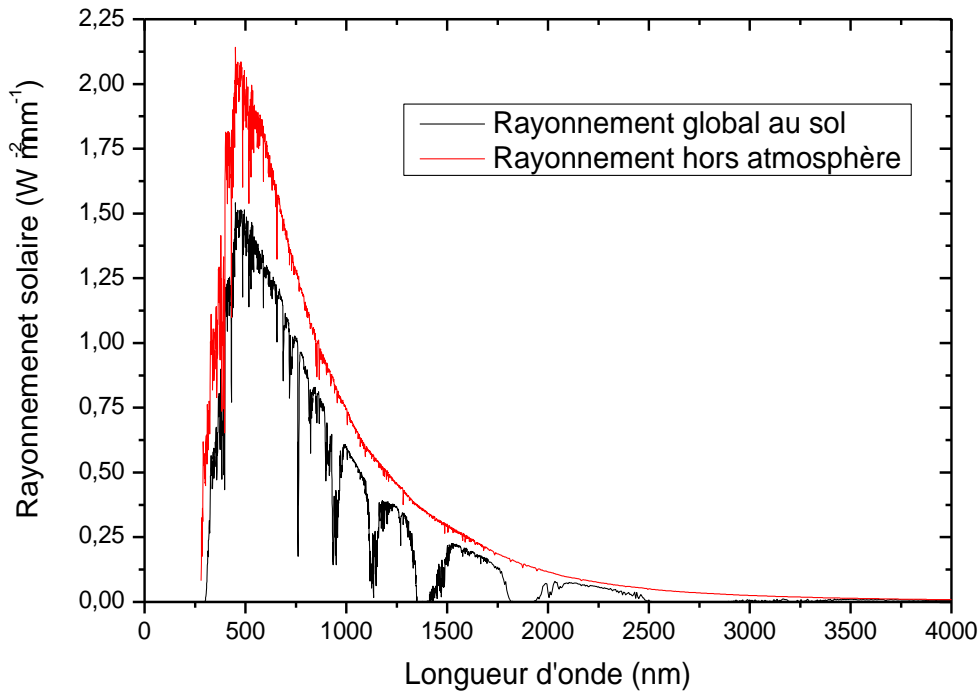
V_c : القيم المحسوبة من طرف بعض النماذج [23].

ونحصل على الخطأ النسبي المتوسط بالعلاقة التالية:

$$E_m(\%) = \sum_i \frac{E(\%)}{i} \dots \dots \dots (2 - \text{III})$$

III-2-تغير كمية الإشعاع الشمسي بدلالة طول الموجة:

نلاحظ من خلال الشكل(III-1)، أن قيم الإشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي تختلف عن قيمه عندما يكون ساقط على الأسطح الأفقية الأرضية حيث تكون قيم الإشعاع خارج الغلاف الجوي أكبر من القيم بعد مروره بالغلاف الجوي، ومن جهة أخرى نلاحظ أن الإشعاع الكلي خارج الغلاف الجوي تكون قيمه أعظمية تقريبا عند الطول الموجي(400-800nm)، ثم يأخذ في التناقص بشكل تدريجي مستمر حتى ينعدم.



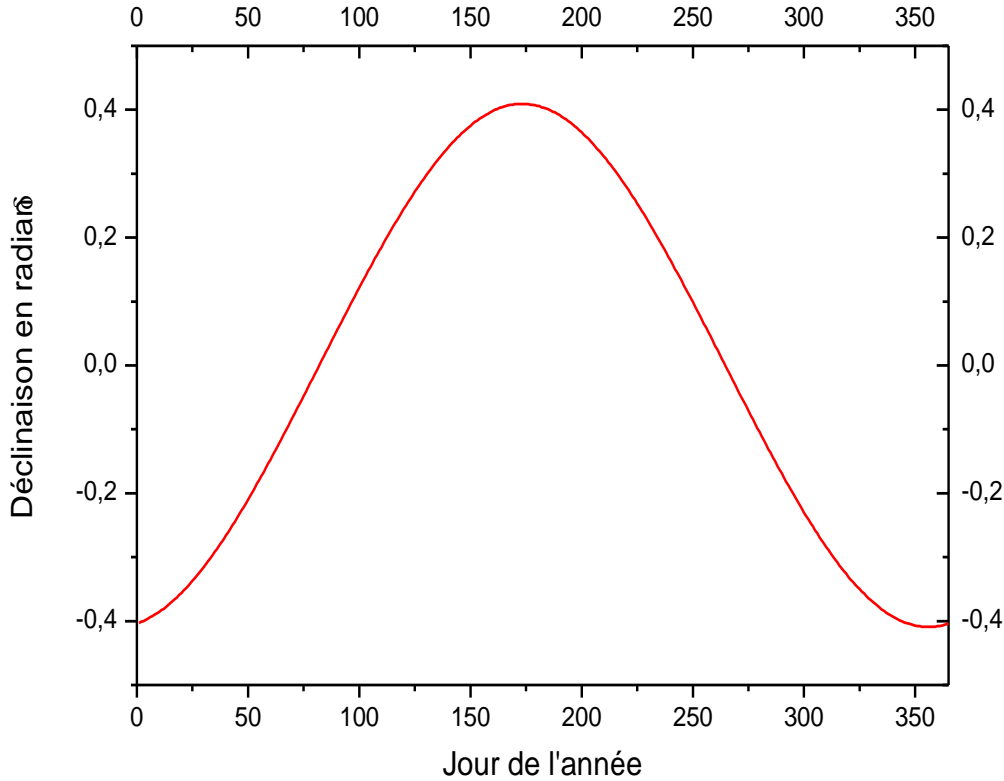
الشكل(III-1): التمثيل البياني لكمية الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي و كمية الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط على السطح الأفقي الأرضي بدلالة طول الموجة، منطقة الوادي يوم 3 أبريل 2013 على الساعة الثالثة مساءً، باستعمال النموذج الطيفي SMARTS.

✓ تفسير الملاحظات:

من خلال الملاحظات تبين أن كمية الإشعاع الشمسي الكلي خارج الغلاف الجوي تكون في صورتها الكاملة ولا يوجد أي تأثير عليها أين تأخذ قيمها العظمى، وهذا يفسر بعدم وجود أي عوائق خارج الغلاف الجوي، في حين عند مروره بالغلاف الجوي فإنه يصبح معرض للعديد من العوائق التي تعمل على التقليل من قيمته، وهذا راجع إلى تأثير عدة عوامل أهمها الامتصاص والتشتت والانعكاس من قبل الجزيئات(الغبار، الهباء الجوي، غازات، بخار الماء،....) الموجودة في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى نقصان كمية الإشعاع الكلي الساقط على الأسطح الأفقية.

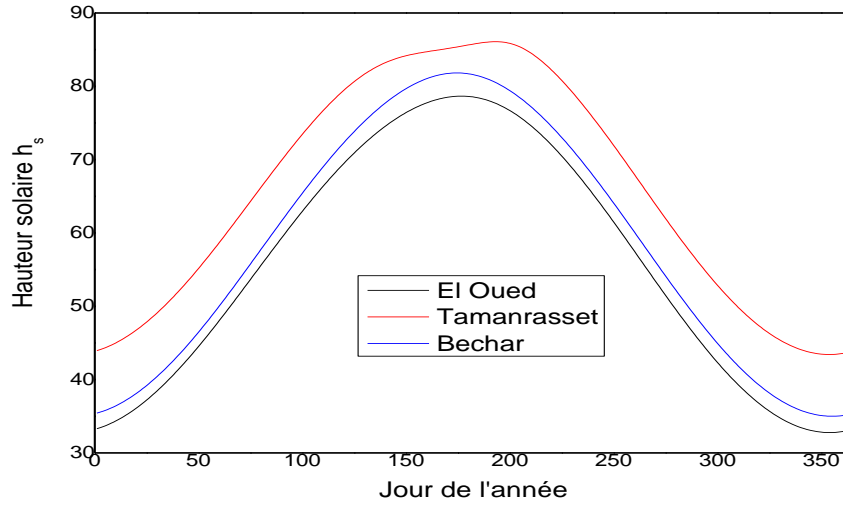
III-3-تغير كمية بعض المقادير بدلالة أيام السنة:

نلاحظ من خلال الشكل(III-2) أن زاوية الميلان الشمسي تتغير على مدار السنة، حيث تنعدم في الاعتدالين الربيعي(21مارس)والخريفي (23سبتمبر)، بينما تكون أعظمية حيث تبلغ القيمة $+0.4$ بالراديان في الانقلاب الصيفي (22 جوان) و -0.4 في الانقلاب الشتوي(22 ديسمبر).



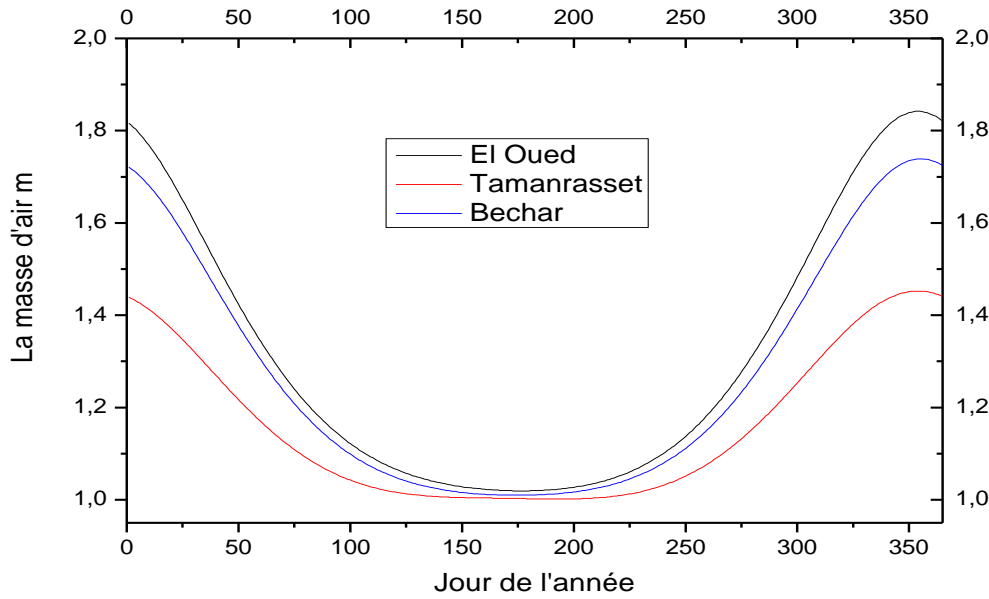
الشكل(III-2):تغير قيم زاوية الميلان الشمسي خلال الفصول بدلالة أيام السنة.

والشكل (III-3) يوضح تغيرات زاوية ارتفاع الشمس خلال فصول السنة المختلفة عند منتصف النهار لكل من مدينة الوادي وبشار وتمنراست، حيث نلاحظ من خلال الشكل أدناه أن قيم هذه الزاوية تتغير تباعا مع تغير تسلسل اليوم (تغير الموسم)، حيث يتضح أن أكبر تغير أو اختلاف هي القيم الواقعة في شهر جوان وتتراوح القيم فيها من 35 إلى 45 درجة على حسب كل منطقة وذلك راجع إلى الموقع الجغرافي للمناطق، وتقترب إلى أن تصل إلى حوالي 80 درجة عند ساعات الظهيرة، وبالتالي فإن طول المسار البصري سيكون أصغر ما يمكن أي أن الخسائر الحاصلة في طاقة الإشعاع الشمسي ستكون أصغر ما يمكن في فصل الصيف.



الشكل (3-III): تغير زاوية ارتفاع الشمس β (h) بدلالة أيام السنة في مدن الوادي، تمنراست و بشار عند منتصف النهار (الساعة 12:00).

والشكل (4-III) يظهر تغيرات الكتل الهوائية لمختلف الفصول لكل من مدينة الوادي وبشار وتمنراست، حيث تأخذ كل منها قيم مختلفة خصوصا في فصل الشتاء وذلك على حسب موقعها الجغرافي إضافة إلى اختلاف خطوط الطول والعرض لكل مدينة والتي تكون فيها القيم عند هذا الفصل أعظمية، وتبدأ في النقصان خلال فصل الربيع لتصل أدنى قيمة لها في فصل الصيف أين تأخذ كل المدن تقريبا نفس القيم.



الشكل (4-III): تغير الكتلة الهوائية m بدلالة أيام السنة في مدن الوادي، تمنراست و بشار عند منتصف النهار (الساعة 12:00).

والجدول التالي يظهر تغيرات الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية المحسوبة لشهر جانفي كاملا عند الساعة التاسعة صباحا بواسطة نماذج بسيطة، حيث أظهرت النتائج ان كل النماذج اعطت قيم متقاربة، أي لا يوجد فرق كبير بينها.

الجدول(III-1):يمثل تغيرات الاشعاع الكلي لشهر جانفي عند الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العالمي بدلالة اليوم سنة 1999.

المكان	DPP	KC	Haurwitz	BD	ABCG	RS	Meinel	Laue
تمنراست(المحسوبة)	427.81	406.36	478.21	423.77	473.99	484.37	420.43	444.64
	427.57	406.14	477.99	423.57	473.80	484.15	420.25	444.41
	427.43	406.01	477.86	423.46	473.68	484.02	420.14	444.28
	427.39	405.97	477.83	423.42	473.65	483.98	420.11	444.24
	427.45	406.03	477.88	423.47	473.70	484.04	420.15	444.30
	427.61	406.18	478.03	423.61	473.83	484.19	420.28	444.45
	427.87	406.43	478.27	423.83	474.05	484.43	420.48	444.70
	428.23	406.77	478.61	424.13	474.34	484.77	420.76	445.05
	428.69	407.20	479.03	424.52	474.72	485.20	421.12	445.50
	429.25	407.72	479.55	425.00	475.18	485.73	421.56	446.04
	429.91	408.34	480.16	425.56	475.72	486.34	422.08	446.67
	430.67	409.06	480.87	426.20	476.35	487.06	422.67	447.40
	431.53	409.87	481.66	426.92	477.05	487.86	423.34	448.23
	432.49	410.77	482.55	427.73	477.84	488.76	424.09	449.15
	433.54	411.76	483.53	428.63	478.71	489.74	424.91	450.17
	434.70	412.84	484.60	429.60	479.66	490.82	425.81	451.28
	435.95	414.02	485.75	430.66	480.68	492.00	426.79	452.49
	437.30	415.29	487.00	431.80	481.79	493.26	427.84	453.79
	438.75	416.65	488.34	433.02	482.98	494.61	428.97	455.18
	440.29	418.10	489.77	434.33	484.24	496.05	430.17	456.66
	441.93	419.64	491.28	435.71	485.58	497.58	431.45	458.23
	443.67	421.28	492.88	437.18	487.00	499.20	432.80	459.90
	445.50	422.99	494.57	438.72	488.50	500.91	434.22	461.65
	447.42	424.80	496.34	440.35	490.07	502.70	435.71	463.49
	449.44	426.70	498.20	442.05	491.72	504.58	437.28	465.42
	451.55	428.68	500.15	443.83	493.44	506.54	438.91	467.44
	453.75	430.75	502.17	445.69	495.23	508.58	440.62	469.54
	456.04	432.90	504.28	447.62	497.10	510.71	442.39	471.73
	458.42	435.14	506.46	449.63	499.04	512.92	444.23	474.00
	460.89	437.45	508.73	451.71	501.05	515.21	446.14	476.35
	463.45	439.86	511.08	453.86	503.12	517.58	448.11	478.78

III-4-مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بواسطة نموذج (Berger-Duffie(BD) بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية:

الجدول(III-2):مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية بتمنراست في شروط السماء صافية عند الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العالمي سنة 1999 .

اليوم	الشهر	السنة	الوقت	كمية الإشعاع الكلي المقاسة (w/m ²)	كمية الإشعاع الكلي المحسوبة (w/m ²)
28	فيفري	1999	09.00	449	523.82
01	مارس	1999	09.00	653	527.09
05	أفريل	1999	09.00	743	700.46
04	ماي	1999	09.00	738	745.73
26	جوان	1999	09.00	787	771.38
18	جويلية	1999	09.00	750	760.49
27	أوت	1999	09.00	755	741.68

الجدول(III-3):مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية بتمنراست في شروط السماء صافية عند منتصف النهار بالتوقيت العالمي سنة 1999 .

اليوم	الشهر	السنة	الوقت	كمية الإشعاع الكلي المقاسة (w/m ²)	كمية الإشعاع الكلي المحسوبة (w/m ²)
24	فيفري	1999	12.00	998	805.05
02	مارس	1999	12.00	775	785.58
17	أفريل	1999	12.00	953	910.95
04	ماي	1999	12.00	990	935.07
26	جوان	1999	12.00	1082	953.80
18	جويلية	1999	12.00	1037	955.17
29	أوت	1999	12.00	991	944.35

الجدول(III-4):مقارنة كمية الإشعاع المحسوبة بتلك المقاسة من طرف محطة الأرصاد الجوية بتمنراست في شروط السماء صافية عند الساعة الثالثة مساءً بالتوقيت العالمي سنة 1999.

اليوم	الشهر	السنة	الوقت	كمية الإشعاع الكلي المقاسة (w/m ²)	كمية الإشعاع المحسوبة الكلي (w/m ²)
16	فيفري	1999	15.00	539	476.13
01	مارس	1999	15.00	544	513.05
16	أفريل	1999	15.00	605	604.47
06	ماي	1999	15.00	641	625.70
25	جوان	1999	15.00	698	665.13
19	جويلية	1999	15.00	710	674.92
31	أوت	1999	15.00	633	630.49

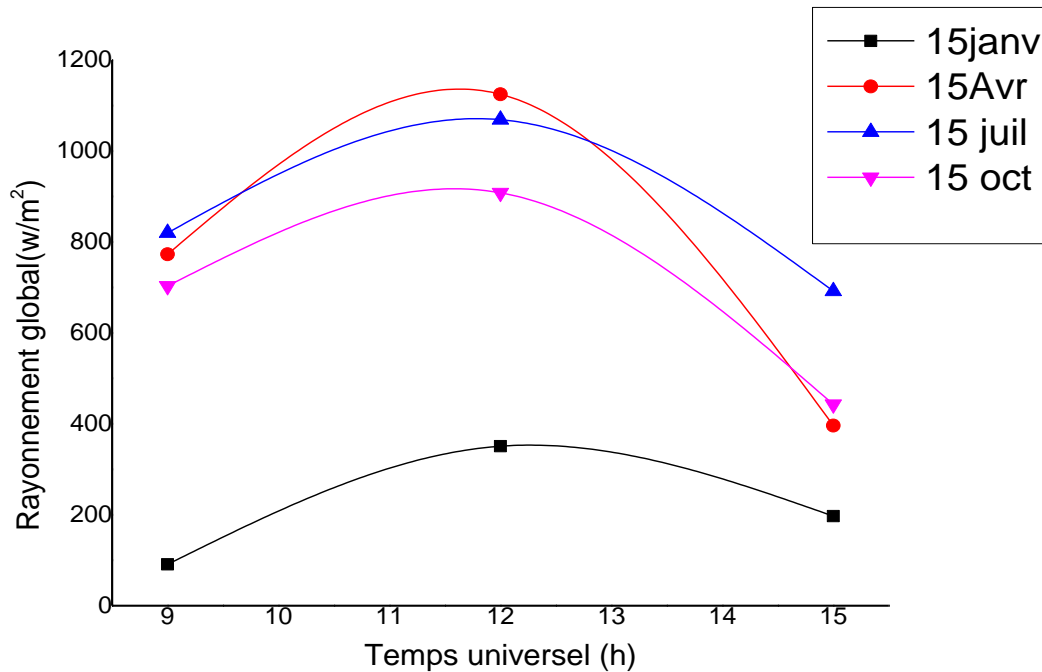
لقد قمنا بمقارنة نتائج حسابات الإشعاع الشمسي الكلي بواسطة أحد النماذج الحسابية عن طريق مساعدة بيانات معطاة من طرف مصالح الأحوال الجوية لمدينة تمنراست، والنسبة كانت مشجعة ومتقاربة بشكل كبير، ولهذا يجب مواصلة الأبحاث بشكل مكثف لمعرفة بقية العوامل المؤثرة في قيم الإشعاع والحد منها وزيادة دقة النماذج الحسابية للحصول على أدق النتائج.

III-5-تغير كمية الإشعاع الشمسي بدلالة ساعات النهار لكل من منطقة تمراست والمدينة المنورة:

III-5-1-منطقة تمراست:

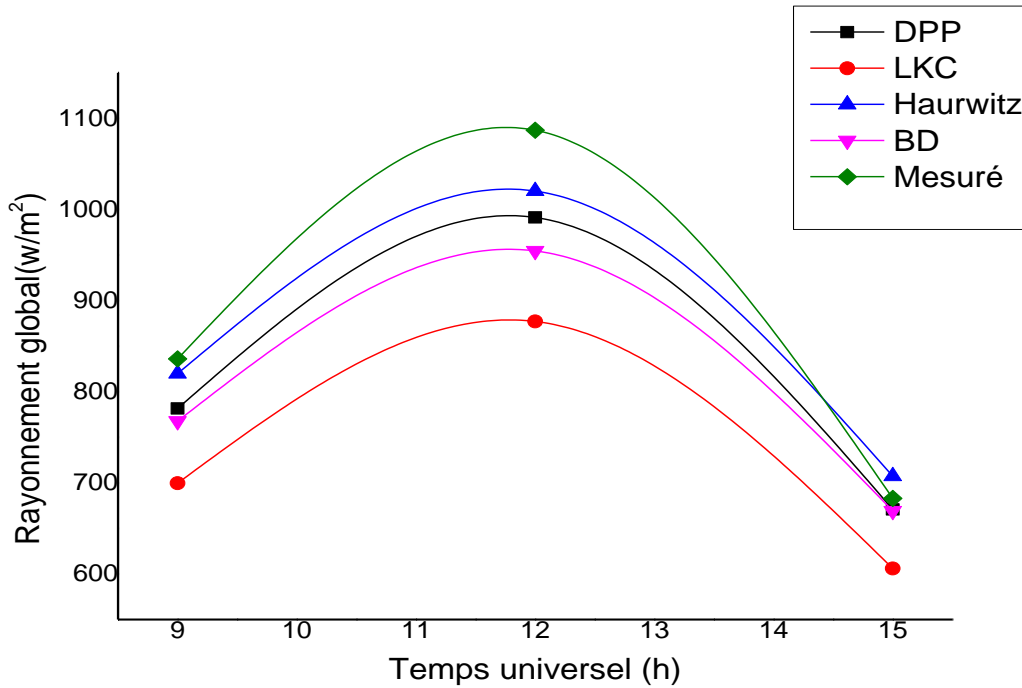
من خلال الرسم البياني الشكل (III-5) يتضح أن قيم كمية الإشعاع الشمسي تكون أقل ما يمكن في ساعات النهار الأولى في شهر جانفي، ويعود السبب إلى اختلاف موقع الشمس بالنسبة إلى سطح الكرة الأرضية أي تأثير زاوية سقوط أشعة الشمس وبالتالي مقدار الأشعة المستلمة، في حين نجد أن أعظم قيمة لكمية الإشعاع تحدث عند منتصف النهار ولجميع الفصول حيث أن الأشعة الشمسية المارة خلال الغلاف الجوي تعبره بأقصر طريق لها، ويكون طريقها أطول ما يمكن في ساعات الشروق والغروب مما يؤدي إلى تعرضها إلى عدة عوامل من بينها الامتصاص والتشتت والانعكاس الحاصل بواسطة مكونات الغلاف الجوي عند تلك المسارات الطويلة.

كما يتضح من خلال ذلك أن زاوية ميلان الشمس ذات تأثير فعال وكبير جدا على مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض، نفس الشيء عند دراسة تأثير الغبار والضغط الجوي ودرجات الحرارة فمن الطبيعي أن يكون تأثيرها باتجاه تقليل كمية الطاقة المستلمة كونها تزيد من عمليات الامتصاص والتشتت والانعكاس الحاصلة للإشعاع الشمسي وتزداد هذه العمليات بزيادة عدد الجسيمات الواقعة ضمن مسار الإشعاع الشمسي.

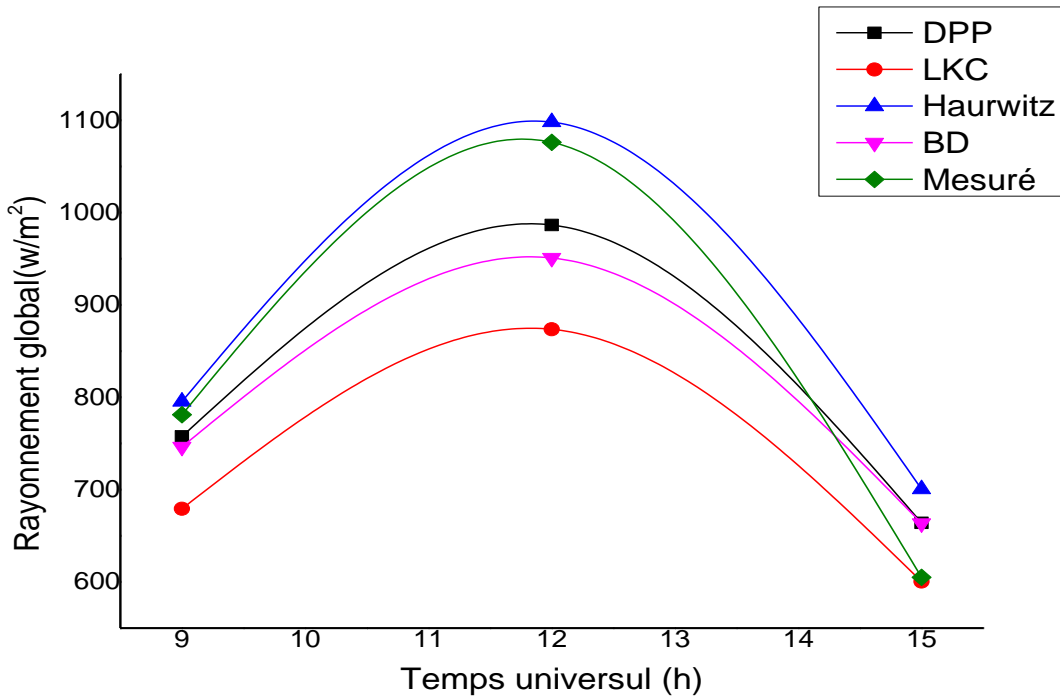


الشكل(III-5):تغير كمية الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس على السطح الأفقي المقاسة بدلالة ساعات النهار لكل فصل من فصول السنة لمدينة تمراست لسنة 1999.

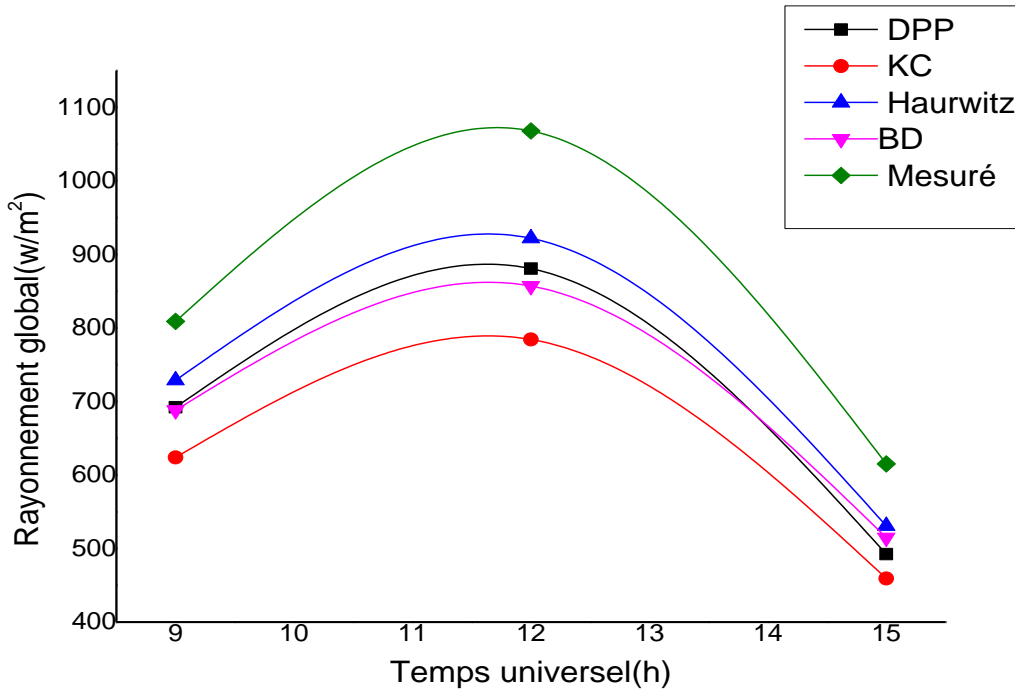
والمنحنيات التالية تظهر مختلف نتائج حساب الإشعاع الشمسي الكلي خلال سماء صافية بواسطة بعض النماذج التي سبق ذكرها في الفصل السابق، حيث تظهر المنحنيات قريبة من بعضها بمعنى عدم وجود اختلاف كبير في القياسات ولا توجد فروقات كبيرة في نتائج النماذج الحسابية، حيث تكون قيم الإشعاع الشمسي الكلي أقل ما يمكن خلال الساعات الأولى من النهار، في حين يأخذ أعظم قيمه خلال منتصف النهار أين تكون زاوية سقوط الشمس تقريبا عمودية على سطح الأرض أين يصلها أكبر ما يمكن من الإشعاع الشمسي وفي أسرع وقت.



الشكل (III-6): الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب بواسطة أربع نماذج من أجل مدينة تمراست بتاريخ 24 جانفي سنة 1999.



الشكل (III-7): الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب بواسطة أربع نماذج حسابية من أجل مدينة تمراست بتاريخ 04 أوت سنة 1999.



الشكل (III-8): الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب بواسطة أربع نماذج حسابية من أجل مدينة تمراست بتاريخ 11 سبتمبر سنة 1999.

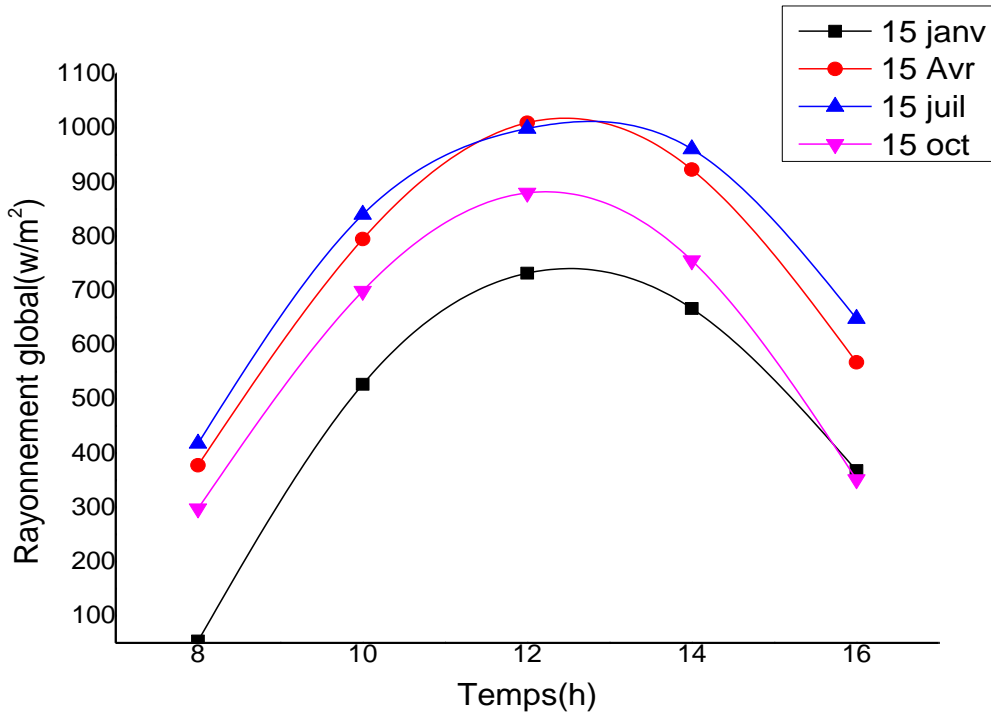
الجدول (III-5): الخطأ النسبي المتوسط (%) بين القيم المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي والقيم المحسوبة من طرف نماذج مختلفة لمنطقة تمنراست.

	DPP	LKC	Haurwitz	BD	ABCG
16.02.99	24.7	20.64	27.75	23.96	21.33
06.05.99	6.78	16.13	4.58	6.58	11.17
18.07.99	8.50	17.61	2.6	9.9	13.83
20.10.99	13.96	17.39	13.08	16.81	14.79
<i>Erreur relative moyenne (%)</i>	13.48	17.94	12	14.31	15.28

نلاحظ من خلال نتائج قياسات الخطأ النسبي المتوسط، أن نتائج نموذج Haurwitz هو أقرب النتائج إلى المقادير المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي وفضلها، حيث أن مقدار الخطأ النسبي المتوسط فيها يأخذ أصغر القيم مقارنة بباقي النماذج.

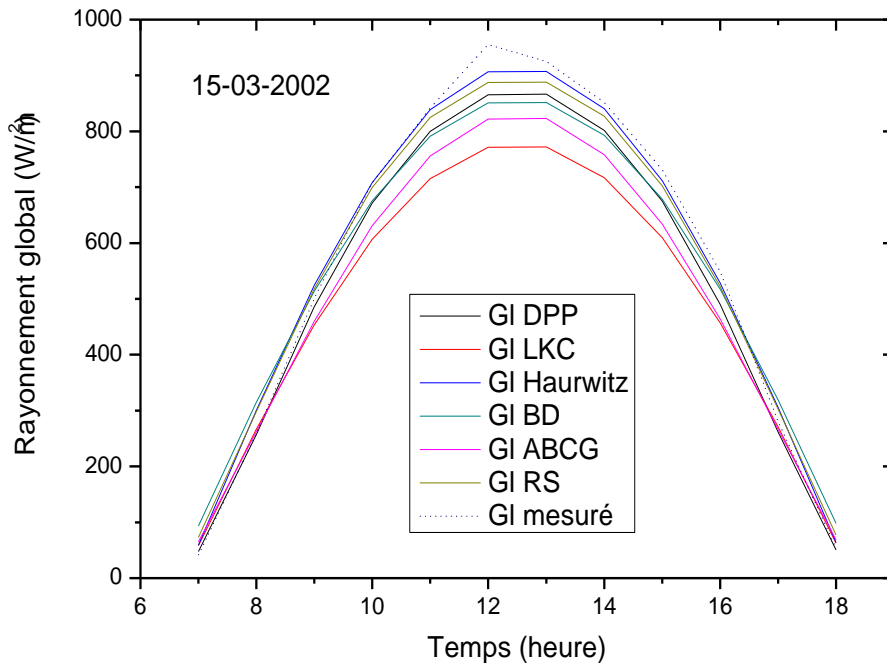
III-5-2- منطقة المدينة المنورة:

بالنسبة للرسم البياني الخاص بالنتائج المتحصل عليها في المدينة المنورة، يتضح أن قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي تكون هي الأخرى أقل ما يمكن في ساعات النهار الأولى في فصل الشتاء، في حين نجد أن أعظم قيمة لكمية الإشعاع تحدث عند منتصف النهار ولجميع الفصول، حيث تبلغ القيم أقصاها في فصل الصيف أين تكون الشمس تقريبا فوق الموقع مباشرة، بالتالي فإن الأشعة الشمسية المارة خلال الغلاف الجوي تعبر أقصر طريق لها وبهذا تكون القيم عندها أعظم ما يكون خصوصا في منتصف النهار، على عكس ساعات الشروق والغروب أين يكون مسار الأشعة الشمسية طويل كفاية حتى يتعرض للعديد من الظواهر التي تعمل على التقليل من قيمه.

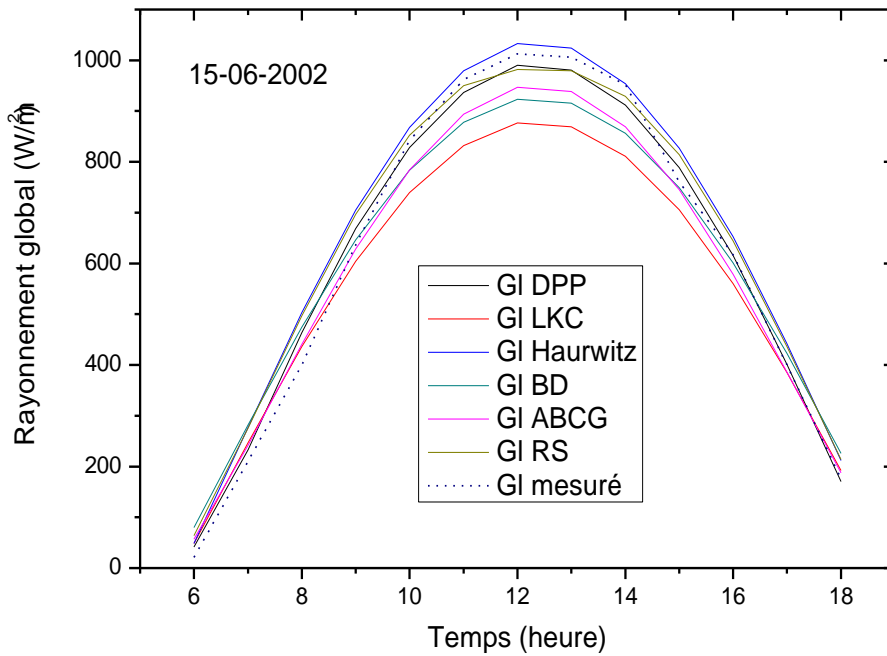


الشكل (III-9): تغير كمية الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط على السطح الأفقي بدلالة ساعات النهار لكل فصل من فصول السنة للمدينة المنورة.

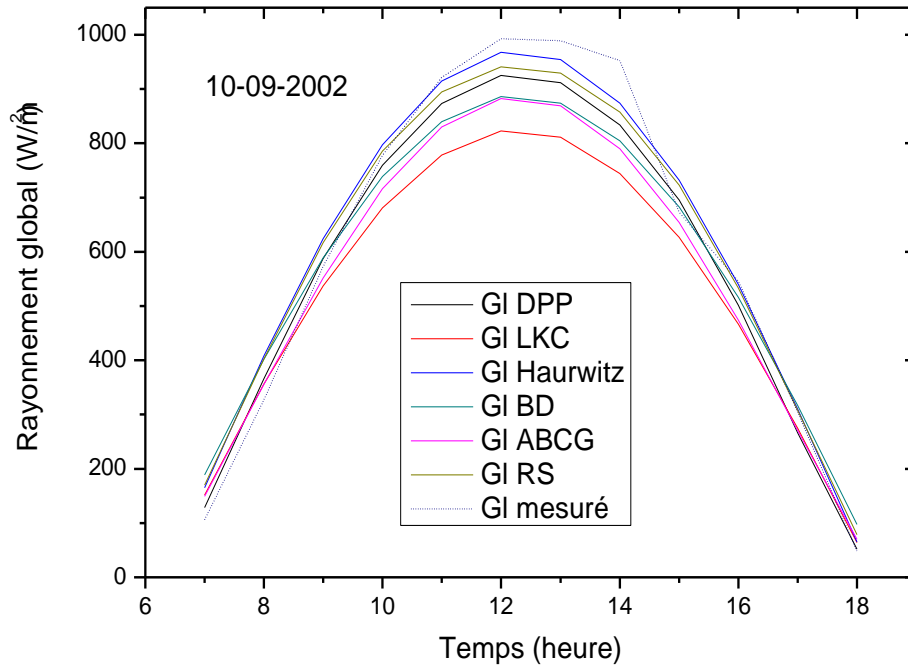
والمنحنيات التالية تظهر مختلف نتائج حساب الإشعاع الشمسي الكلي المقاسة خلال سماء صافية والمحسوبة بواسطة ست نماذج بسيطة جدا، حيث تظهر المنحنيات قريبة من بعضها البعض و لا يوجد اختلاف كبير في نتائج قياس النماذج الحسابية، حيث تكون قيم الإشعاع الشمسي الكلي أقل ما يمكن خلال الساعات الأولى من النهار، و يأخذ أعظم قيمه خلال منتصف النهار وذلك راجع دوما لموقع الشمس بالنسبة للأرض أين يصلها أكبر ما يمكن من الإشعاع الشمسي وفي أسرع وقت.



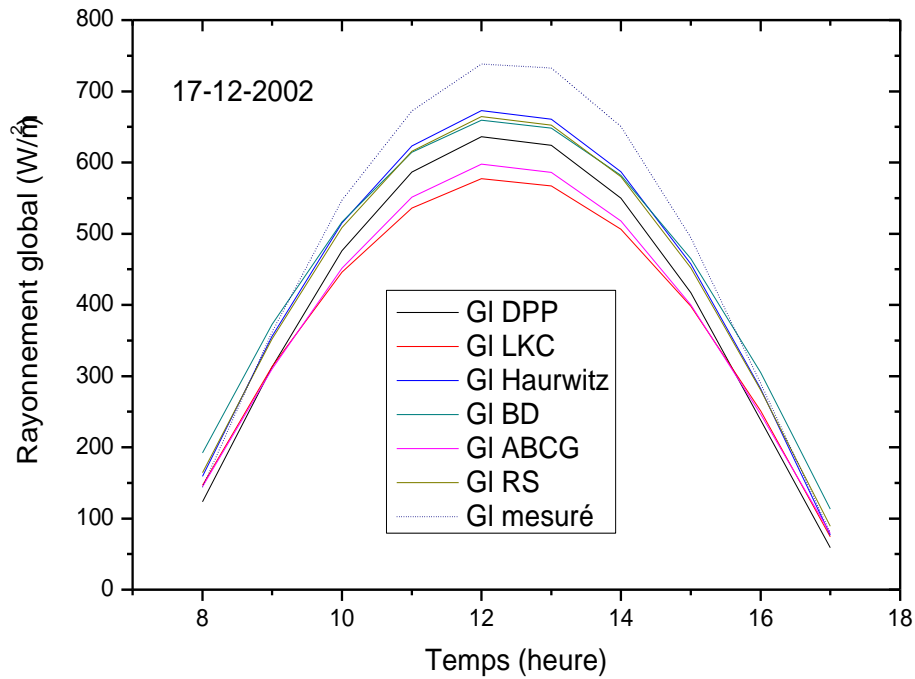
الشكل(III-10):الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 مارس 2002.



الشكل(III-11):الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 جوان 2002.



الشكل (III-12): الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 10 سبتمبر 2002.



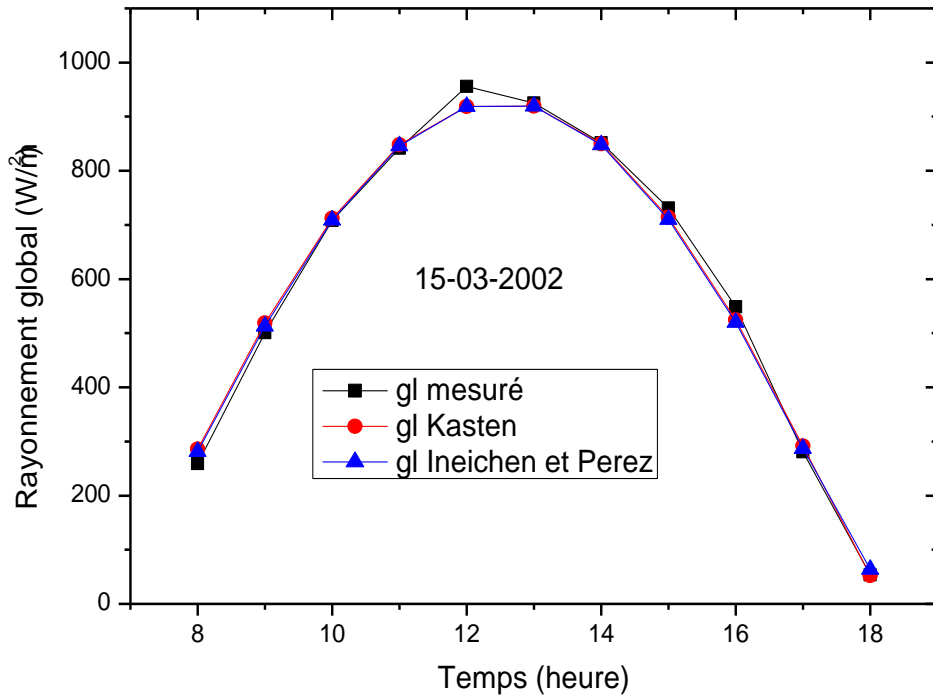
الشكل (III-13): الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 17 ديسمبر 2002.

والجدول التالي يعطي نتائج الخطأ النسبي المتوسط لهذه النماذج البسيطة جدا، حيث يظهر من خلال المقارنة بينها أن أدق نموذج من هذه النماذج يتمثل في نموذج Haurwitz، الذي اعطى أقل قيمة للخطأ بالتالي فهو الأفضل مقارنة ببقية النماذج.

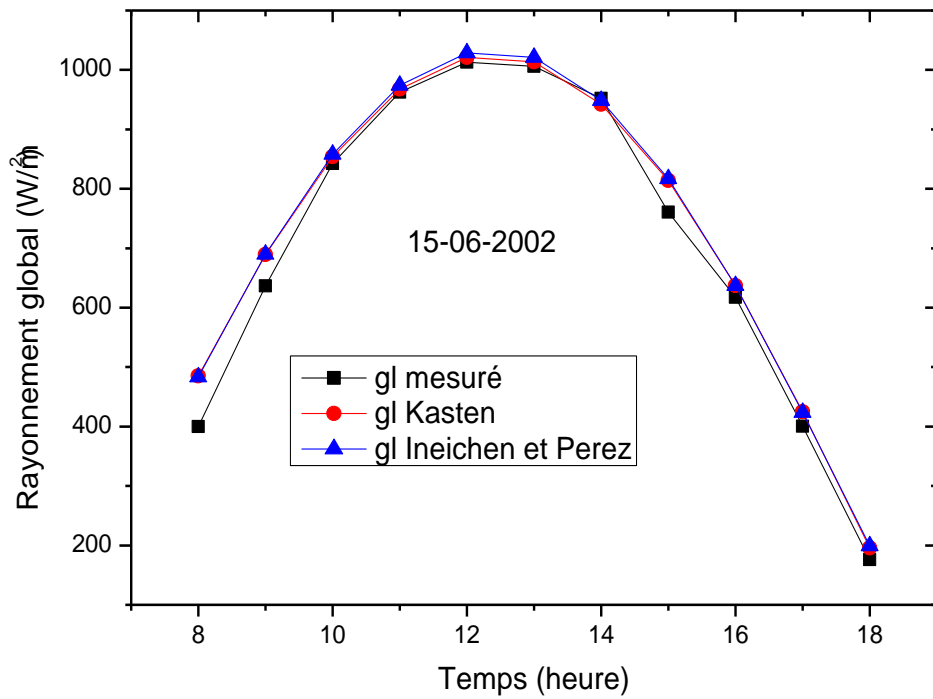
الجدول(III-6): الخطأ النسبي المتوسط (%) بين القيم المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي والقيم المحسوبة من طرف ست نماذج بسيطة جدا.

	DPP	LKC	Haurwitz	BD	ABCG	RS
15-06-2002	3,81	10,08	8,22	9,26	6,00	7,82
15-03-2002	6.04	13.34	5.79	15.49	11.66	8.81
10-09-2002	7.24	14.89	8.87	17.27	12.92	11.76
17-12-2002	15.70	16.04	6.78	13.7	14.5	8.82
Erreur relative moyenne (%)	8.20	13.59	7.41	13.93	11.27	9.30

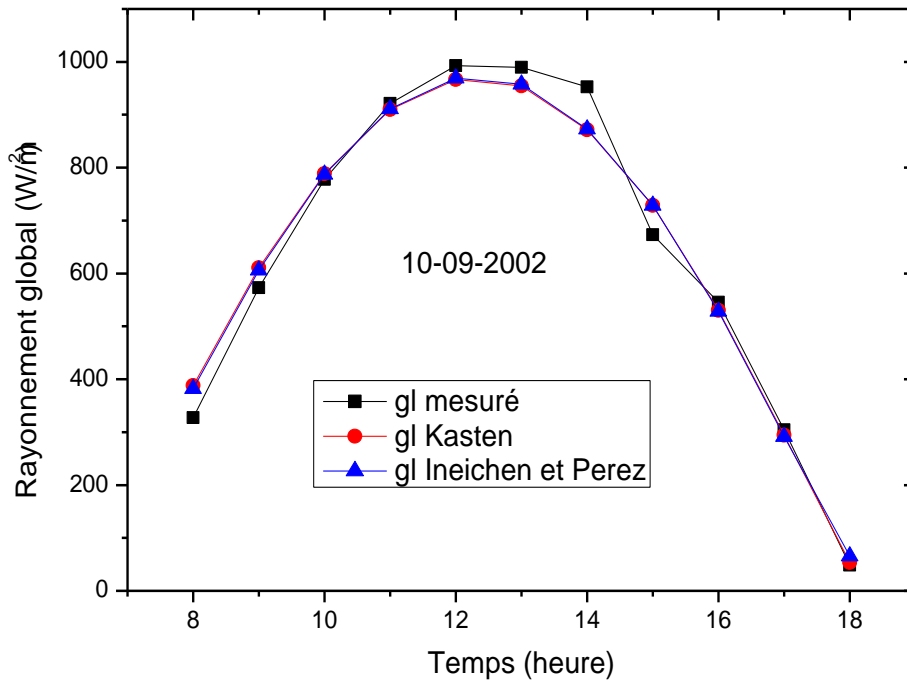
والمنحنيات التالية تظهر نتائج حساب الإشعاع الشمسي الكلي المقاسة خلال سماء صافية والمحسوبة بواسطة نموذجين بسيطين، حيث نلاحظ عدم وجود اختلاف كبير في نتائج قياس هذين النموذجين، أين تكون قيم الإشعاع الشمسي الكلي أقل ما يمكن خلال الساعات الأولى من النهار، في حين يبلغ أعظم قيمه خلال منتصف النهار، والسبب يرجع لتغير موقع الشمس بالنسبة للأرض وتغير زاوية الميلان الشمسي وزاوية ارتفاعها، كل هذه العوامل تؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الساقط .



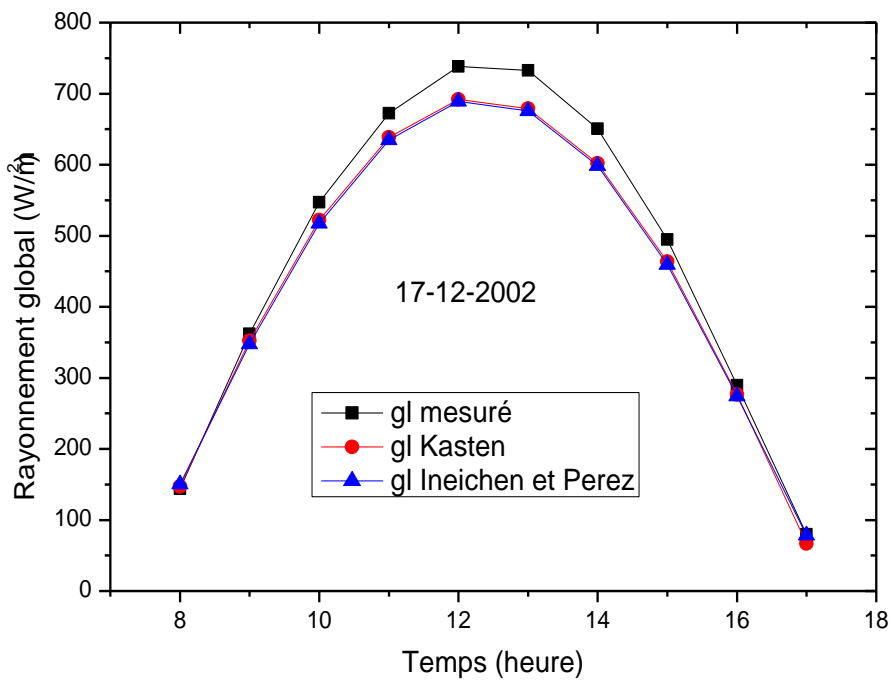
الشكل(III-14):الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 مارس 2002.



الشكل(III-15):الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 15 جوان 2002.



الشكل(III-16):الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 10 سبتمبر 2002.



الشكل(III-17):الإشعاع الشمسي الكلي المقاس والمحسوب للمدينة المنورة بتاريخ 17 ديسمبر 2002.

والجدول التالي يعطي نتائج الخطأ النسبي المتوسط لهذين النموذجين، حيث يظهر من خلال المقارنة بينها أن أدق نموذج هو Kasten، الذي اعطى أقل قيمة للخطأ النسبي المتوسط بالتالي فهو الأفضل مقارنة بنموذج Ineichen et Perez.

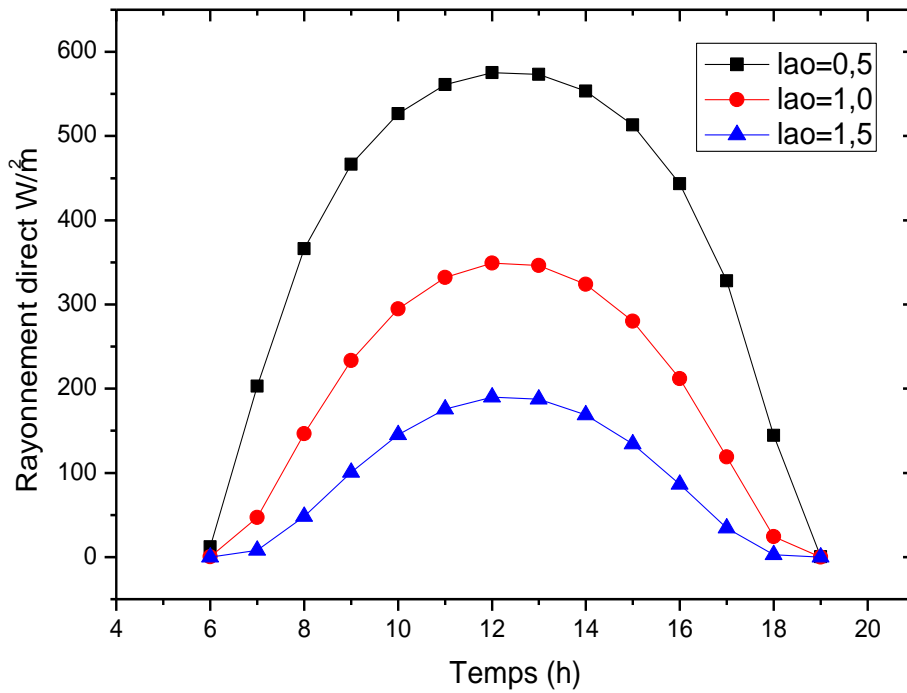
الجدول (III-7): الخطأ النسبي المتوسط (%) بين القيم المقاسة للإشعاع الشمسي الكلي والمحسوبة من طرف نموذجين بسيطين.

	Kasten	Ineichen et Perez
Erreur relative moyenne (%)	5,23	6,00

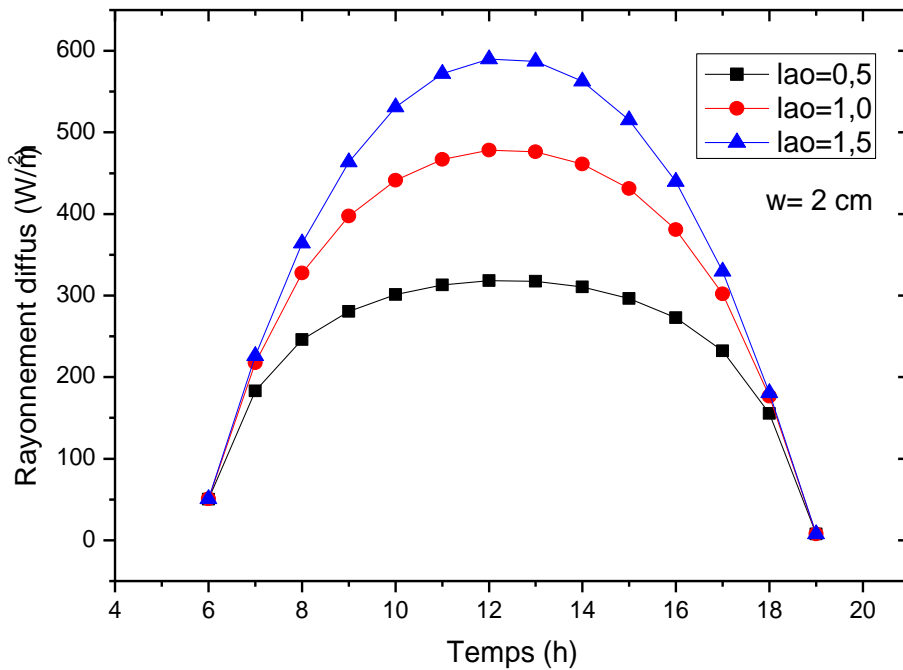
وبالمقارنة بين نتائج قياسات النماذج البسيطة جدا والبسيطة يمكننا القول في هذه الحالة أن النماذج البسيطة أفضل وأدق بكثير من سابقتها، أين اعطت مقدار للخطأ النسبي قدر فيها بأقل قيمة وهذا راجع إلى أن النماذج البسيطة جدا تعتمد فقط على حسابات هندسية إضافة إلى زاوية السم، أما بالنسبة إلى النماذج البسيطة فإنها تعتمد إضافة إلى زاوية السم على بعض معايير حالات الغلاف الجوي المتمثلة في الحرارة، الرطوبة ومكونات الغلاف الجوي وبهذا تزيد من دقة النموذج، وعليه كانت نتائج النماذج البسيطة ادق من النماذج البسيطة جدا.

أما المنحنيات التالية تظهر التغيرات اليومية لكل من الإشعاع الشمسي المباشر، المنتشر و الكلي في منطقة المدينة المنورة بواسطة نموذج اقبال من أجل سمك بصري للهباء الجوي يساوي 0.5 ومحتوى جوي من بخار الماء يساوي 2cm لشهر جوان سنة 2002، حيث يظهر من خلال هذه المنحنيات أن كل من كمية الإشعاع الشمسي المباشر، المنتشر والكلي تتغير قيمهم بتغير كمية سمك الهباء الجوي، حيث تزيد كمية الإشعاع الكلي بنقصان سمك الهباء الجوي أي نقصان كمية الجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي، التي تعمل على تقليل عمليات الامتصاص والتشتت والانعكاس بالتالي يصل للأرض أكبر كمية من الإشعاع، وبزيادة كمية الهباء الجوي فإنها تعمل على حدوث الظواهر السابقة وبالتالي نقصان قيمة الإشعاع.

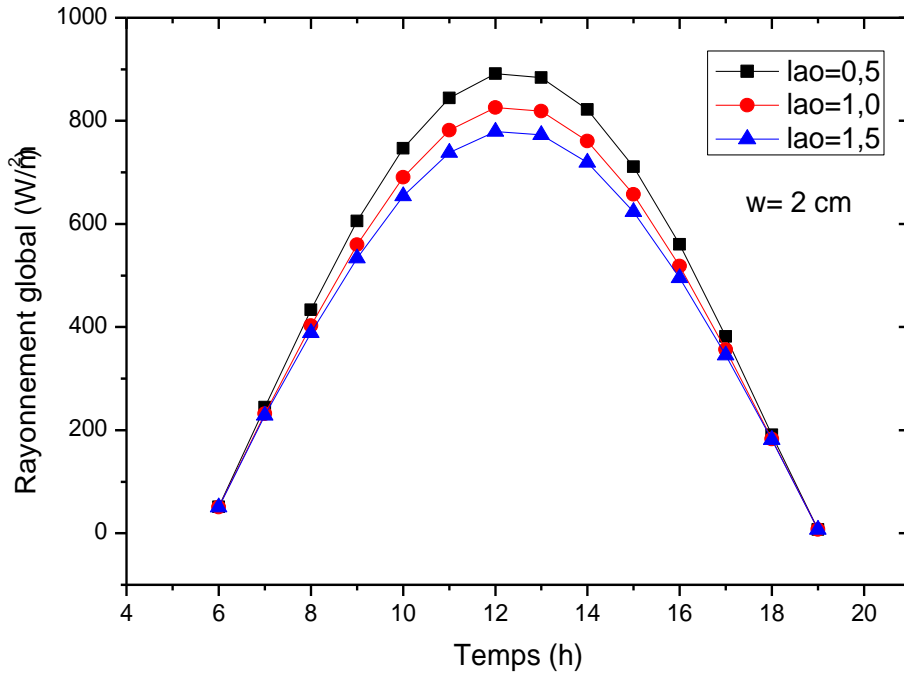
إذا نموذج اقبال يحتاج معطيات وقيم حقيقية للسمك البصري ومحتوى الجوي من بخار الماء، وكذلك يحتاج مقادير حقيقية اخرى مثل: الألبيدو لذلك لا يمكن مقارنته مع النماذج الأخرى إلا إذا توفرت هذه المعطيات.



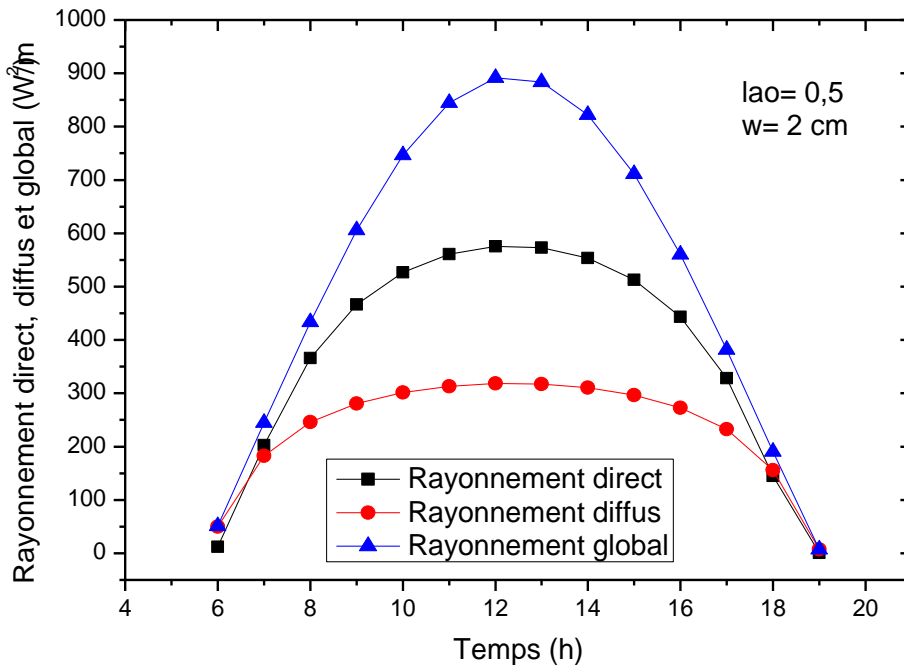
الشكل(III-18): التطور اليومي للإشعاع الشمسي المباشر في منطقة المدينة المنورة من أجل قيم مختلفة للسماك البصري للهباء الجوي و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي 2cm، جوان 2002.



الشكل(III-19): التطور اليومي للإشعاع الشمسي المنتشر في منطقة المدينة المنورة من أجل قيم مختلفة للسماك البصري للهباء الجوي و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي 2cm، جوان 2002.



الشكل (III-20): التطور اليومي للإشعاع الشمسي الكلي في منطقة المدينة المنورة من أجل قيم مختلفة للسماك البصري للهباء الجوي و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي 2cm، جوان 2002.



الشكل (III-21): التطور اليومي للإشعاع الشمسي المباشر، المنتشر و الكلي في منطقة المدينة المنورة من أجل سماك بصري للهباء الجوي يساوي 0.5 و من أجل محتوى جوي من بخار الماء يساوي 2cm، جوان 2002.

III-6-الخلاصة:

تضمن هذا الفصل، عرض كافة نتائج قياسات الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية الأرضية لكل من منطقة تمراسات والمدينة المنورة من طرف مختلف النماذج المذكورة في الفصل الثاني ومقارنتها مع المقاسة من قبل مصلحة الأرصاد الجوية وتفسير هذه الأخيرة، ثم قمنا بحساب الخطأ النسبي لهذه النماذج، واكتشفنا من خلال هذا العمل أن أدق النماذج البسيطة جدا يتمثل في نموذج Haurwitz ويقابله نموذج Kasten في النماذج البسيطة، وبمقارنة كلا النموذجين بالنسبة للمدينة المنورة اتضح أن نموذج Kasten يعتبر من أدق النماذج، حيث يعطي نتائج قريبة جدا من النتائج الفعلية المقاسة، في حين لا يمكننا المقارنة مع نموذج اقبال وذلك لعدم توفر المعطيات اللازمة للدراسة.

خلاصة عامة

خلاصة عامة

إن هذه الدراسة تتضمن الطرق الرياضية الخاصة لحساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي لكل من منطقة تمراسات والمدينة المنورة بواسطة عدة نماذج تحت ظروف السماء الصافية, حيث تم الاعتماد في هذه الدراسة على بيانات الحالة الجوية (درجة الحرارة, نسبة الرطوبة, الغبار.....) المأخوذة من محطة الأرصاد الجوية لمنطقة تمراسات الواقعة على (خط طول: $5.31^{\circ}E$, خط عرض: $22.47^{\circ}N$) لفترة 1999, والمدينة المنورة الواقعة على (خط طول: $39,70^{\circ}E$, خط العرض: $24,55^{\circ}N$) لسنة 2002, والتي لها تأثير مباشر على زاوية سقوط الأشعة الشمسية وبالتالي على كمية الإشعاع الشمسي الساقط.

كما أثبتت الدراسة أن للعوامل الجوية تأثير كبير على كمية الأشعة الشمسية المقاسة, وذلك من خلال نقصانها بواسطة عمليات الامتصاص والتشتت والانعكاس اعتماداً على الجسيمات والأتربة وبخار الماء (مقدار الرطوبة النسبية) في الجو.

وقد أظهرت النتائج أن كمية الأشعة الشمسية المحسوبة قد اعطت نتائج مشجعة وقريبة من النتائج المعطاة من محطة الأرصاد الجوية, كما أن النماذج البسيطة أفضل من النماذج البسيطة جداً وذلك لأنها تأخذ بعين الاعتبار المقادير (الضغط الجوي, الرطوبة النسبية, درجة الحرارة...), حيث أظهرت نتائج المحاكاة من طرف النماذج المدروسة أن نموذج Kasten يعطي تقدير أفضل لكمية الإشعاع الشمسي, مع اخطاء لا تكاد تذكر بين القيم المقاسة والمحسوبة.

قائمة المراجع

مراجع باللغة العربية

- [1] د-سعود يوسف عياش "تكنولوجيا الطاقة البديلة" سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب-الكويت.
- [2] مركز الدراسات والبحوث-غرفة الشرقية" اقتصاديات الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية".
- [3] استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة, أنظمة سخانات المياه الشمسية, الهيئة العامة للاستعلامات مركز النيل للإعلام بالسويس, السويس-أغسطس 2009.
- [4] ساكري فايزة, قادي راضية" استعمال النموذج الطيفي من أجل حساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي في الجزائر" مذكرة لنيل شهادة ليسانس في فيزياء الإشعاع-جامعة الوادي-2013.
- [5] د-صالح عبد الرحمان العذل "العلوم والتنمية, الطاقة الشمسية(الجزء الأول)"مجلة علمية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية- العدد الرابع والثلاثون-سبتمبر 1995.
- [6] العاتي مختار "المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية", مذكرة ماجستير في هندسة الطرائق, تخصص طاوقية وأساليب, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, 2011.
- [7] سوداني محمد البار"دراسة نظرية لمُجمَع شمسي أسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي" مذكرة لنيل شهادة الماجستير-تخصص فيزياء طاوقية حرارية-جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2009.
- [8] أ-بن حميدة سفيان, أ-مبروك غوقالي "سلسلة الطاقات المتجددة".
- [9] أنبيل شهيد, تقنيات الطاقة "حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب", الطاقة والحياة-العدد الثالث والعشرون-الصيف(يونيو) 2006.
- [11] مسعودي الضاوية "تأثير مخروط عاكس على تركيز مركز شمسي" مذكرة ماستر في فيزياء إشعاعات, كاشف وبصريات الكترونية-جامعة قاصدي مرباح ورقلة-2011.
- [12] رسول رمضان عتاب "حساب وتحليل كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي لمدينة الناصرية"مجلة علوم ذي قار-جامعة ذي قار-الترقيم الدولي 8690-1991.
- [13] أ-م-د-أسعد رحمان سعيد الحلفي "هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية" كلية الزراعة-جامعة البصرة-2010.
- [14] م-مالك الكباريتي, م-عمار الطاهر, م-نضال عبد الله, م-مظفر عميش "حقيبة السخان الشمسي" المركز الوطني لبحوث الطاقة.
- [15] المهندس علي ناجي حمودي "دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية" مذكرة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية- جامعة تشرين-2009/2008.
- [16] أ-د-البهلول اليعقوبي, أ-د-محمد المعالج, د-عبد اللطيف عبيد "حقيبة الخلايا الشمسية" المعهد الوطني للبحث العلمي والتقني-الجمهورية التونسية.

[19] وليد أسمير جاسم الرجوب, شيماء حسين درويش "دراسة التباين المكاني للإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي في العراق" مجلة علوم الرافدين، المجلد 22 ، العدد4 ، ص119-134 ، 2011 .

مراجع باللغة الأجنبية

[20] Matthew J. Reno, Clifford W. Hansen, Joshua S. Stein "Global Horizontal Irradiance Clear Sky," Models: Implementation and Analysis, Printed March 2012 .

[21] Thermique Solaire Yves Jannot-Mars 2011 .

[22] solar radiation model-L .T.Wong, W.KChow-Applied Energy 69 (2001)191-224 .

[23] M .Mesri-Merad, I .Rougab , A .Cheknane et N.I.Bachari "Estimation du rayonnement solaire au sol par des modèles semi-empiriques" (reçu le 25 février 2011- accepté le 25 septembre 2012) .

مواقع من الأنترنت

[10] <http://shamela.ws/browse.php/book-2021/page-40>.

[17] <http://www.ecomena.org>.

[18] <https://socialscience2009.wikispaces.com>.

المخلص

في هذا العمل، قمنا بدراسة عدة نماذج خاصة بحساب الإشعاع الشمسي بنهج نظري ومحاكاة، كل واحد من النماذج المقترحة في الدراسة تستخدم معادلات خاصة للتنبؤ بمقدار الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح الأفقية الأرضية لكل من منطقة تمراسات والمدينة المنورة، بعض هذه النماذج تأخذ بعين الاعتبار آثار تشتت وامتصاص الإشعاع الشمسي في دورته عبر الغلاف الجوي، والتي تستند على عدة عوامل (الرطوبة، درجة الحرارة، الضغط الجوي.....)، إضافة إلى الإعدادات الجغرافية للموقع (خط الطول، العرض والارتفاع).

سمح لنا هذا العمل بإجراء مقارنات بين القيم المقاسة وتلك المقدرة من قبل مختلف النماذج الحسابية، حيث قامت هذه الأخيرة بإعطاء تقدير جيد من الإشعاع الشمسي للنتائج التي تم الحصول عليها من أجل المنطقتين مع بيانات حقيقية كبيرة من الدقة.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي الكلي، الإشعاع المباشر، الإشعاع المنتشر، الغلاف الجوي، الكتلة الهوائية.

Abstract:

In this work, we have studied several models of solar radiation by theoretical and simulation, approach each one of the proposed models in the study used a private equations to estimate solar radiation overall which is falling on a horizontal surface of each of Taman asset and Medina region, these models take into account the effects of dispersion and absorption of radiation in its circle around the atmosphere, which are based on various factors (humidity, temperature, atmospheric pressure) in addition to the geographical settings of the site (latitude, longitude and altitude)

This work has allowed us to make comparisons between the measured values and those estimated by various mathematical models, where the latter gives a give a good estimated of the solar radiation of the results that have been obtained for a large and a real data accuracy.

Keywords: total solar radiation, direct radiation, diffusive radiation, the atmosphere, the air mass.

Résumé:

Dans ce travail, nous avons étudié plusieurs modèles d'approche de rayonnement solaire théorique et simulation, chacun des modèles proposés dans l'étude a utilisé des équations privées pour estimer le rayonnement solaire global tombant sur une surface horizontale de chacune des régions de Tamanrasset et de Médina, ces modèles prennent en compte les effets de la dispersion et de l'absorption du rayonnement dans son à tour autour l'atmosphère, qui sont fondés sur des facteurs différents (humidité, température, pression atmosphérique), en plus des paramètres géographiques du site (latitude, longitude et altitude).

Ce travail nous permet de faire des comparaisons entre les valeurs mesurées et celles estimées par divers modèles mathématiques, où celui-ci pour donner une bonne estimation du rayonnement solaire des résultats qui ont été obtenus pour l'équivalent avec la grande précision des données réelles.

Mots clés: rayonnement solaire totale, rayonnement direct, rayonnement diffus, l'atmosphère, la masse d'air.