



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء
مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي
شعبة: فيزياء
التخصص: فيزياء الأرصاد الجوية
إعداد الطالبين: زاوي نجاة - كحلول راوية
بعنوان:

N° d'ordre

N° de série

التباين الزمني للإشعاع الشمسي الكلي على مناطق مختارة من الجزائر

نوقشت وأجيزت علنا بتاريخ: 2021/06/22

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

رئيسا
مناقشا
مشرفا

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
جامعة قاصدي مرباح ورقلة

الأستاذ بن مبروك لزهري
الأستاذ هبال بلخير
الأستاذ فقيه عبد العالي

السنة الجامعية: 2021/2020

الإهداء

الى قرّة عيني امي وابي حفظهما الله

الى اخوتي واخواتي وزوجة اخي

الى كل عائلة كحلول

الى الصديقات العزيزات

الى استاذي الفاضل

اهدي هذا

العمل المتواضع

راوية.....

الإهداء

الى قرّة عيني امي حفظها الله
الى روح والدي الطاهرة رحمه الله
الى اخوتي واخواتي وزوجة اخي
الى كل عائلة زاوي
الى الصديقات العزيزات
الى استاذي الفاضل
اهدي هذا
العمل المتواضع
نجاه.....

شكر و عرفان

نشكر الله عز وجل ان وفقنا الى هذا

ونشكر الوالدين الكريمين

أتقدم بعظيم الشكر الى استاذي الفاضل فقيه عبد العالي على مجهوداته الكبيرة التي بذلها، وقد أشرف على هذه المذكرة تعهدا بالمتابعة والتوجيه، وأيضا دعمه لي بالنصح والتشجيع.

والشكر موصول الى أعضاء اللجنة الأساتذة بن مبروك لزهر – هبال بلخير على قبولهم مناقشة هذا العمل وجهودهم المبذولة لتقييم هذا البحث، جعلكم الله نبراسا متلألئا ينير درب طالبي العلم في المسار الصحيح.

ويطيب لي ان أتقدم بخالص الشكر والتقدير الى أساتذتي بتخصص الفيزياء، على تكوينهم ومرافقتهم لنا طيلة المسار الجامعي.

وواجب الوفاء يلزمني تقدير وافر الشكر الى زملاء الدراسة سنة ثانية ماستر فيزياء الأرصاد الجوية دفعة 2021.

الملخص:

لتحديد المناطق المناسبة لبناء مشاريع الطاقة الشمسية ونوعية استعمالاتها تم دراسة بيانات الإشعاع الشمسي وتباينها زمنيا لأربع مناطق مختارة من الجزائر وهي: (ادرار، الجزائر العاصمة، تمنراست وغرداية). في الفترة الممتدة من (2011-2020) ، من خلال استعمال معطيات اعادة التحليل (ERA5) للمركز الأوروبي للتنبؤات الطقسية المتوسطة المدى (ECMWF)، ولقد استخلصنا من هذه الدراسة التباينات الساعية ، اليومية ، الشهرية والسنوية لكل منطقة من مناطق الدراسة والتي كانت على الشكل التالي : يتراوح الإشعاع الشمسي الكلي الساعي بين القيمة (700W/m²) و أكثر من (800W/m²) وكانت اكبرها بمنطقتي ادرار و تمنراست و اقلها بمنطقة الجزائر العاصمة. يتراوح الإشعاع الشمسي الكلي اليومي بين القيمة (0.45KW/m²) و (8.5KW/m²) وكانت اكبرها بمنطقتي ادرار و غرداية و اقلها بمنطقة الجزائر العاصمة. يتراوح الشمسي الكلي الساعي الشهري بين القيمة (100 W/m²/h) وأكثر من (300 W/m²/h) وكانت اكبرها بمنطقتي تمنراست و غرداية و اقلها بمنطقة الجزائر العاصمة. يتراوح الإشعاع الشمسي الكلي السنوي بين القيمة (1.78MW/m²) و (2.37MW/m²) وكانت اكبرها بمنطقتي ادرار و تمنراست و اقلها بمنطقة الجزائر العاصمة.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي، التباين الزمني، ERA5، ECMWF

Résumé :

Détermination des zones propices à la construction de projet d'énergie solaire et de la qualité de leurs usages les données de rayonnement solaire, sa variation et temporellement ont été étudiées pour quatre régions sélectionnées d'Algérie, à savoir : (Adrar, du (ERA5)Alger, Tamanrasset, Ghardaïa). Dans la période s'étendant de (2011-2020), grâce à l'utilisation des données de ré-analyse , et nous avons extrait de cette étude les données horaires, (ECMWF) centre européen de prévision météorologique à moyen terme quotidiennes, mensuelles et annuelles variations pour chacun des zones d'étude, qui étaient la figure suivante : le rayonnement solaire globale horaire varie entre (700W/m²) et plus de (800W/m²), et il était le plus important dans les états d'Adrar et de Tamanrasset et le plus bas de l'état d'Alger . le rayonnement solaire globale journalier variait entre la valeur (0.45KW/m²) et (8.5KW/m²), dont la plus grande était la valeur de d'Adrar et de Ghardaïa et le plus bas dans l'état d'Alger . le rayonnement solaire globale horaire mensuel varie de temps en temps (100W/m²/h) et le plus d'age (300W/m²/h) le plus grand était dans les régions de Tamanrasset et Ghardaïa, et la plus bas était dans capitale de l'Algérie . le rayonnement globale annule variait entre la valeur (1.78MW/m²) et (2.37MW/m²) le plus grand dans les régions d'Adrar et de Tamanrasset , et la réalise en la capitale d'Alger .

Mots-clés : rayonnement solaire, contraste temporel, ERA5, ECMWF.

Abstract :

To determine the areas suitable for building solar energy projects and the quality of their uses ,solar radiation data , its variation and temporally were studied for four selected regions of algeria : (Adrar, Algiers, Tamanrasset and Ghardaia) .in the period extending from (2011-2020) , through the use of re-analysis data (ERA5) of the european center for Medium-Range Weather predictions (ECMWF) and we extracted from this study areas, which were the following figure : the hourly total solar radiation ranges between (700W/m²) and more than (800W/m²). the largest was in the regions of Adrar and tamanrasset and the lowest was in the algiers region. the total daily solar radiation ranged between the value (0.45KW/m²) and (8.5KW/m²), the largest of which was in the regions of Adrar and Ghardaia and the lowest in the capital city of algiers. the total hourly month solar radiatin ranges from time (100W/m²/h) and the most age (300W/m²/h) the largest was in the region of tamanrasset and Ghardia, and the lowest was in the capital city of Algeria. the annule total solar radiation ranged between the value (1.78MW/m²) and (2.37MW/m²), the largest in the regions of Adrar and tamanrasset, and performe it in the capital city of Algiers.

Keywords : solar radiation ,temporal contrast, ERA5, ECMWF.

فهرس العناوين

الصفحة	المحتويات
I	الاهداء
III	شكر و عرفان
IV	المخلص
V	فهرس المحتويات
VIII	فهرس الجداول
IX	فهرس الاشكال
XI	فهرس الرموز والاختصارات
1	مقدمة العامة
الفصل الأول: الاشعاع الشمسي	
4	1-1-1-مقدمة
4	1-2-1-اشعاع الشمسي
5	1-3-1-الثابت الشمسي
6	1-4-1-طيف الاشعاع الشمسي
6	1-4-1-1-الاشعة فوق البنفسجية
6	1-4-1-2-الاشعة الضوئية
7	1-4-1-3-الاشعة تحت الحمراء
7	1-5-1-5-الزوايا الشمسية
7	1-5-1-1-زاوية السميت الشمسي α
7	1-5-1-2-زاوية الارتفاع الشمسي h
8	1-5-1-3-زاوية ميل الشمس δ
9	1-5-1-4-زاوية خط الطول L
9	1-5-1-5-زاوية دائرة العرض φ
10	1-5-1-6-زاوية الساعة الشمسية ω
12	1-6-1-انواع الاشعاع الشمسي
12	1-6-1-1-الاشعاع الشمسي المباشر
12	1-6-1-2-الإشعاع الشمسي المنتشر والمتطاير في الجو(المبعثر)
12	1-6-1-3-الاشعاع الشمسي الكلي
13	1-7-1-تدفق الاشعاع الشمسي في حالة صفاء الجو
14	1-8-1-تدفق الاشعاع الشمسي في الجو الغائم
14	1-9-1-العوامل المؤثرة على الاشعاع الشمسي
14	1-9-1-1-زاوية سقوط الاشعة الشمسية على سطح الأرض
15	1-9-1-2-البعد بين الأرض والشمس
15	1-9-1-3-اختلاف طول الليل والنهار
16	1-9-1-4-اختلاف التضاريس
16	1-9-1-5-الغطاء السحابي

16	1-9-6-صفاء الجو وشفافية الغلاف الغازي
16	1-9-7-الالبيدو
17	1-10-أجهزة قياس الاشعاع الشمسي
17	1-10-1-جهاز البيرانومتر
18	1-10-2-جهاز بيرو هليومتر
19	1-10-3-جهاز هليوغراف كامبل ستوكس
20	1-10-4-الأقمار الصناعية (تقنية الهيليوسات)
الفصل الثاني: نماذج تقدير الاشعاع الشمسي الكلي	
22	2-1-المقدمة
22	2-2-نماذج تقدير الاشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء الصافية
22	2-2-1-نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي
24	2-2-2-نماذج بسيطة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض في يوم صافي
25	2-2-3-نماذج معقدة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي
الفصل الثالث: التباين الزمني للإشعاع الشمسي	
30	3-1-المقدمة
30	3-2-مناطق الدراسة ومناخها
30	3-2-1-منطقة ادرار
31	3-2-2-منطقة الجزائر
33	3-2-3-منطقة تمنراست
34	3-2-4-منطقة غرداية
35	3-3-معطيات إعادة التحليل للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF)
36	3-4-معطيات ERA5
37	3-5-النتائج المتحصل عليها ومناقشتها
37	3-5-1-التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020)
37	3-5-2-التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020)
38	3-5-3-التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020)
39	3-5-4-التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020)
39	3-5-5-التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020)
40	3-5-6-التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020)
40	3-5-7-التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020)
41	3-5-8-التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020)
42	3-5-9-التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست في الفترة (2011-2020)
42	3-5-10-التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست في الفترة (2011-2020)
43	3-5-11-التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست في الفترة (2011-2020)

44	3-5-12-التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست في الفترة (2011-2020)
44	3-5-13-التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020)
45	3-5-14-التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020)
45	3-5-15-التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020)
46	3-5-16-التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020)
46	3-5-17-مقارنة التغيرات الساعية الإشعاع الشمسي الكلي في المناطق (ادرار- الجزائر العاصمة-تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)
47	3-5-18-مقارنة التغيرات اليومية الإشعاع الشمسي الكلي في المناطق (ادرار-الجزائر العاصمة-تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)
47	3-5-19-مقارنة التغيرات الساعية الشهرية الإشعاع الشمسي الكلي في المناطق (ادرار- الجزائر العاصمة-تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)
47	3-5-20-مقارنة التغيرات السنوية الإشعاع الشمسي الكلي في المناطق (ادرار-الجزائر العاصمة-تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)
50	الخاتمة العامة
54	المراجع والمصادر
56	الملحق

فهرس الجداول

الصفحة	الجدول
27	1-2-قيم الالبيدو لبعض الاسطح

فهرس الاشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
4	ابعاد وموضع الشمس والأرض	1-1
5	الثابت الشمسي I خلال السنة	2-1
6	توزيع طيف الأشعاع الشمسي	3-1
7	زاوية السميت الشمسي a وزاوية الارتفاع الشمسي h	4-1
8	زاوية ميل الشمس δ	5-1
9	تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال أيام السنة	6-1
10	زاوية دائرة العرض φ ، وزاوية خط الطول L	7-1
13	مخطط يوضح وصول الأشعاع الشمسي الى سطح الأرض	8-1
13	امتصاص الأشعاع الشمسي من قبل الغازات الجوية	9-1
15	أشكال الأشعة الشمسية الساقطة على سطح للأرض	10-1
16	مدار الأرض حول الشمس	11-1
17	جهاز البيرانومتر	12-1
17	جهاز بيرو هليومتر	13-1
18	جهاز هليو غراف كامبل ستوكس	14-1
19	مخطط يوضح تقنية الهيليوسات	15-1
23	نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الأشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية بالاعتماد على زاوية السميت الشمسي (a)	1-2
31	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة ادرار (2007/2018)	1-3
31	المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة ادرار (2018-2007)	2-3
32	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة الجزائر العاصمة (2007/2018)	3-3
32	المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة الجزائر العاصمة (2007/2018)	4-3
33	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة تمنراست (2007/2018)	5-3
34	المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة تمنراست (2007/2018)	6-3
35	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة غرداية (2007/2018)	7-3
35	المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة غرداية 2018-2007	8-3
37	التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020)	9-3
37	التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020)	10-3
38	التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020)	11-3

39	التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020)	12-3
39	التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020)	13-3
40	التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020)	14-3
40	التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020)	15-3
41	التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020)	16-3
42	التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست خلال الفترة (2011-2020)	17-3
42	التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست خلال الفترة (2011-2020)	18-3
43	التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست خلال الفترة (2011-2020)	19-3
44	التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست خلال الفترة (2011-2020)	20-3
44	التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020)	21-3
45	التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020)	22-3
45	التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020)	23-3
46	التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020)	24-3

فهرس الرموز و الاختصارات

الرموز و الاختصارات	
ثابت بولتزمان (W/m^2K^4)	σ
درجة الحرارة المطلقة للشمس (K)	T_s
نصف قطر الشمس (m)	R_s
كمية الحرارة (j)	ϕ
الثابت الشمسي (W/m)	I
عدد الأيام	n
زاوية الميل الشمسي ($^\circ$)	δ
زاوية الارتفاع الشمسي ($^\circ$)	h
زاوية سمت الشمسي ($^\circ$)	a
زاوية دائرة العرض ($^\circ$)	φ
زاوية خط الطول ($^\circ$)	L
زاوية الساعة الشمسية ($^\circ$)	ω
الاشعة الكونية (μm)	RC
الاشعة غاما (μm)	R_γ
الاشعة السينية (μm)	R_X
اشعة الراديو (μm)	OH
اشعة الميكروويف (μm)	μO
الاشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (W/m)	G_{ext}
القيمة الرقمية الناتجة عن وجود الغلاف الجوي فقط ويمكن اخذها على انها القيمة الرقمية لبيكسل موجود على السطح	$mtaC$
سرعة الضوء m/s	C
مؤشر السحابة	n
القيمة الصغرى لالبيدو السطح الذي تم حسابه احصائيا شهريا لبيكسل معطى	ρ_{min}
القيمة الكبرى لالبيدو السطح الذي تم حسابه احصائيا شهريا لبيكسل معطى	ρ_{max}
مؤشر الصفاء	K^*_t
الاشعاع الإجمالي الساقط على سطح الأرض في حالة السماء الصافية	G_{clea}
الاشعاع الشمسي المباشر	DNI
الاشعاع الشمسي المنتشر	$Diffuse$
الكتلة الهوائية	MA
معامل تعكر (اضطراب) لينك	LT
معامل اضطراب الجو	β
يمثل الضغط الجزئي لبخار الماء	P_v
النفاذية الكلية لجميع التأثيرات الجزيئية باستثناء بخار الماء	T_M
يمثل الثابت الشمسي الذي يمكن أن يأخذ القيمة ($1367W/m^2$)	I_{GS}
معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت	T_A
معامل امتصاص بخار الماء	aw
درجة حرارة قطر الندى	T_D

المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء	U_w
السلك البصري للهباء الجوي	τ_A
النفاذية الناتجة عن طبقة الهباء الجوي السفلية	T_L
الكتلة الهوائية المصححة بالضغط	M'
البيدو الأرض	rg
البيدو الغلاف الجوي	rs
معامل النفاذية للأوزون الناتج عن الامتصاص والتشتت	T_0
معامل النفاذية لتشتت رايلي	T_R
الاشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح افقي وحدته (W/m^2)	I_{as}
الكمية الكلية للأوزون في مسار مائل	X_0
النفاذات الناتجة عن طبقة الهباء الجوي العليا	T_U
التشتت من طرف بخار الماء والامتصاص من طرف الأوزون	T_{ws}
التشتت والامتصاص من طرف الهواء الجاف	T_{as}
معامل النفاذية لتشتت رايلي	T_R
التوقيت الشمسي الحقيقي	TVS
التوقيت الشمسي المتوسط	TSM
معطيات إعادة التحليل للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى	$ECMWF$
المركز الوطني للتنبؤ البيئي	$NACR$
أبحاث الغلاف الجوي	$NCEP$
معطيات إعادة التحليل	$ERA5$
مجموعة فرعية من البيانات للاستخدام الداخلي	$ICDC$
نموذج نظام الأرض	IFS
1978Daneshyar-Paltridge-Proctor	DPP
Adnot-Bourges-Campaa-Gicquel	$ABCG$
Berger-Duffie	BD
Kasten-czeplak	Kc
Robledo-Solar	RS

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

الإشعاع الشمسي ظاهرة من الظواهر المناخية التي لم تحظ بدراسة فعلية ودقيقة إلا في السنوات الأخيرة، وكانت هذه الدراسات لا تشمل إلا بعض خصائص الإشعاع الشمسي. ففي الوقت التي ظهرت فيه الاهتمامات الأولى بمتابعة العلاقات القائمة بين الظواهر الشمسية والظواهر الأرضية منذ عام 1850، فإن القياسات الفعلية للإشعاع الشمسي الواصل إلى قمة الغلاف الغازي تعد حديثة نسبيًا، وتعود إلى عقد السبعينات من القرن الماضي والتي تم قياسها بعد تطور طرق الرصد والاعتماد على الأقمار الصناعية في الحصول على مثل هذه القياسات إن طاقة الإشعاع الشمسي الواصل لأي بقعة على سطح الأرض تتغير بصورة واضحة حسب تغير خط العرض وفصول السنة وزاوية السقوط ومحتويات الجو قد تمكن بعض الباحثين من حساب كمية الإشعاع الشمسي باستخدام المعلومات المناخية (كدرجة الحرارة، ساعات سطوع الشمس، كمية الغيوم والرطوبة النسبية... الخ) فمعدل الإشعاع الشمسي السنوي يبلغ أقصاه عند خط الاستواء، ويبدأ في التناقص في الاتجاه نحو القطبين، ويقدر أن مقدار الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض عند خط الاستواء يبلغ أربعة أمثاله عند القطبين، تتلقى المنطقة المدارية أكبر كمية من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض طوال العام، ولا تظهر بين أجزائه فروق كبيرة مع اختلاف الفصول، بينما يصل الإشعاع الشمسي إلى ذروته في فصل الصيف في العروض الممتدة فيما بين المدارين و الدائرتين القطبيتين، ويبلغ هذا الإشعاع أدنى حد له في الشتاء في نفس العروض إما من الدائرتين القطبيتين وحتى نقطتي القطب فإنه يوجد فائض في الأشعة في فصل الصيف الذي يطول فيه النهار وينقص هذا جدا في فصل الشتاء.

تعتبر الطاقة الشمسية أهم مصادر الطاقة البديلة والصديقة للبيئة. ولتحديد المناطق المناسبة لبناء مشاريع الطاقة الشمسية ونوعية استعمالاتها وجب دراسة بيانات الإشعاع الشمسي وتباينها وزمنيا.

تناولنا في الفصل الأول الإشعاع الشمسي الكلي.

في الفصل الثاني قمنا بدراسة نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي.

في الفصل الثالث قمنا بدراسة التباين الزمني للإشعاع الشمسي الكلي.

يهدف هذا البحث بمواضيعه المختلفة لمحاولة فهم التباين الزمني في قيم الإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة فيها زمنيا في مناطق مختارة من الجزائر تختلف من حيث المناخ والتضاريس وهي على التوالي منطقة أدرار -تمنراست -غرداية -الجزائر.

لقد استعملنا في هذه الدراسة بيانات إعادة التحليل الإشعاع الشمسي الكلي للمركز الأوروبي للتنبؤات الطقسية المتوسطة المدى وذلك في الفترة الممتدة من (2011-2020).

الفصل الأول: الإشعاع الشمسي

1-1- المقدمة:

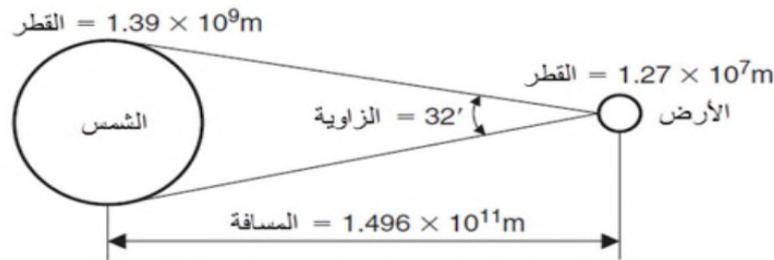
يستقبل كل موضع من سطح الأرض الإشعاع الشمسي من شروق الشمس الى غاية غروبها بزاوية ورود تتأثر بمختلف الزوايا الشمسية الناتجة عن حركة الشمس والأرض، كما تتغير شدة الإشعاع الشمسي المباشر مكانا حسب الموضع من سطح الأرض، وزمانا على مدار اليوم (من الشروق الى الغروب) وعلى مدار السنة، ولتقدير شدة الإشعاع الشمسي التي تصل سطح الأرض فإننا بحاجة في هذا الفصل الى التعرف على مختلف الزوايا الشمسية، والأنواع المكونة للإشعاع الشمسي، كما يجب التعرف الى أجهزة قياس الإشعاع الشمسي.

1-2- الإشعاع الشمسي:

الشمس هي مقر لعمليات نووية وحرارية دائمة، حيث تنتج كمية هائلة من الطاقة، حيث تسمى الطاقة المنبعثة من الشمس بالطاقة الشمسية او الإشعاع الشمسي، ففي الواقع الشمس عبارة عن مفاعل اندماجي يتحول فيه غاز الهيدروجين الى غاز الهليوم، حيث تشع باستطاعة قدرها $3.8 \times 10^{20} \text{ MW}$ ، وهو ما يوافق طاقة كثافتها قدرها 63 MW/m^2 ، وهذه الطاقة يتم اشعاعها الى خارج الشمس في جميع الاتجاهات، ولا تستقبل الأرض الا حوالي 1 KW/m^2 ، حيث تستغرق مدة قدرها 8 دقائق و 20 ثانية، و تبلغ درجة حرارة مركز الشمس حوالي 15K مليون، بينما تصل على الأطراف الى حوالي 5600K، و باعتبار الشمس جسم اسود نصف قطرها R_s ودرجة حرارتها T_s ، فإنها تشع بطاقة تدفق تعطى بقانون Stephen:

$$\Phi = \sigma T_s^4 4\pi R_s^2 \quad (1 - 1)$$

ويشكل قرص الشمس زاوية مخروطية مقدارها 32 دقيقة من الدرجة عند رصدها من على سطح الأرض، والتي من خلالها تم تحديد قطر الشمس، كما يوضح الشكل (1-1).



الشكل (1-1): ابعاد وموضع الشمس والأرض [1]

3-1-الثابت الشمسي:

هو شدة تدفق الإشعاع الواصل الى سطح الأرض على مساحة $1m^2$ ، مثبت في نهاية الغلاف الجوي الأرضي بحيث تكون عمودية على اشعة الشمس، وتقدر المسافة بين الشمس والأرض عند قيمتها المتوسطة خلال السنة 1.5×10^8 KM، والقيمة المتوسطة للثابت الشمسي [1]،

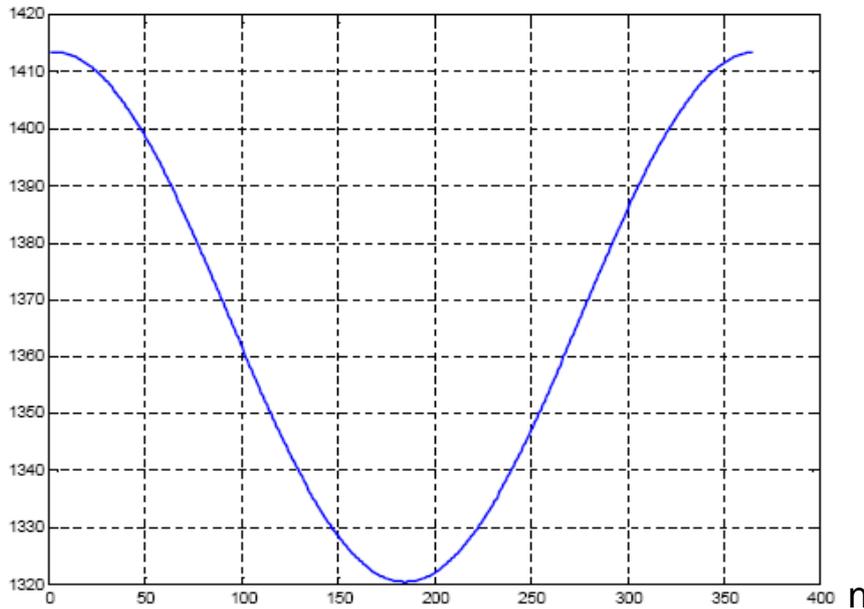
$$I_0 = 1367 \text{ W/m} \quad (2-1)$$

وتتغير قيمة الثابت الشمسي نتيجة اختلاف المسافة بين الشمس والأرض أثناء دوران الأرض حول الشمس، وخلال أيام السنة تعطى علاقة التصحيح للثابت الشمسي:

$$I = I_0 \left[1 + 0.034 \cos \left[(n - 2) \frac{360}{365} \right] \right] \quad (3 - 1)$$

حيث n يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية ($n = 1, 2, \dots, 365$). الشكل (2-1)

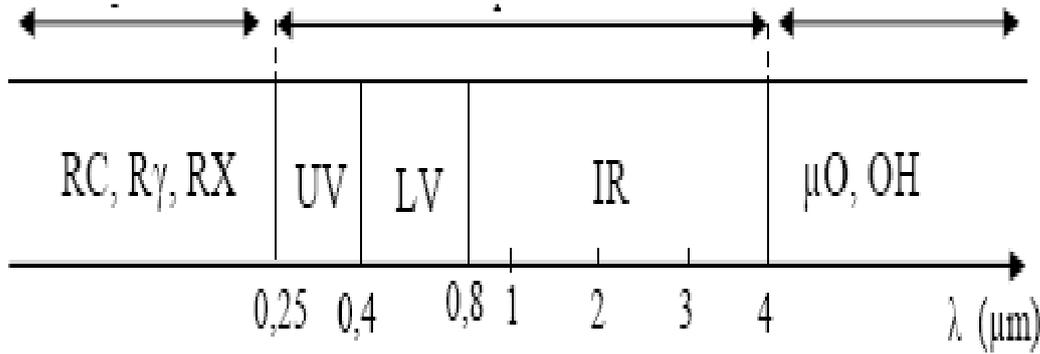
I (W/m^2)



الشكل (2-1): الثابت الشمسي I خلال السنة [2]

4-1- طيف الإشعاع الشمسي:

ان الإشعاع الشمسي الساقط على مستوى افقي ينقسم عادة الى اشعاع شمسي واشعاع مصدره الأرض الذي يشمل على اشعاع منعكس من سطح الأرض والمنبعث منه، وتعتمد خصائص الإشعاع على نوع المصدر المولد له، حيث ينبعث الإشعاع بموجات مختلفة الطول حسب درجات الحرارة وفيها يختص الإشعاع المنبعث من الشمس فهو يتضمن الأنواع الانبعاثية التالية: الشكل (3-1)



الشكل (3-1): توزيع طيف الإشعاع الشمسي [3]

الأشعة السينية: RX ، الأشعة غاما: R γ ، الأشعة الكونية: RC

أشعة الميكروويف: μO ، أشعة الراديو: OH.

4-1-1- الأشعة فوق البنفسجية:

وهي أشعة كهرومغناطيسية (لا يستطيع ان يراها الانسان بعينه المجردة)، وتمثل هذه الأشعة حوالي 9% من جملة الإشعاع الشمسي، ويتراوح طول موجاتها ما بين حوالي $(0.25-0.4) \mu\text{m}$. [4]

4-1-2- الأشعة الضوئية:

هي أشعة كهرومغناطيسية و التي تعرف بضوء النهار، وتمثل حوالي 41% من اجمالي الإشعاع الشمسي، وتتراوح أطول موجاتها ما بين $(0.4-0.8) \mu\text{m}$ ، وتصل الى اقصى حد لها في منتصف النهار وتزيد في الصيف عنها في الشتاء، [4] وتتكون هذه الأشعة من ألوان متعددة أهمها (البنفسجية – الزرقاء-الخضراء – الصفراء – الحمراء-برتقالية)، والتي ينتج عن اختلاطها مع بعضها تكون الضوء الأبيض الذي نعرفه بواسطة منشور زجاجي.

1-4-3- الأشعة تحت الحمراء:

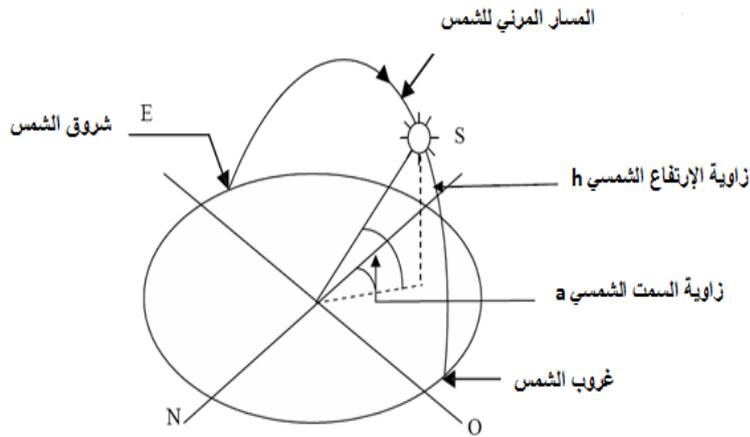
وتسمى أيضا بالأشعة الحرارية وهي أشعة كهرومغناطيسية، حيث تمثل 50% من إجمالي الإشعاع الشمسي وتتراوح أطوال موجاتها ما بين $(0.8-4) \mu\text{m}$ [4]، وهي بذلك أطول أنواع الأشعة الممثلة للإشعاع الشمسي من حيث الموجات.

1-5-1- الزوايا الشمسية:

1-5-1-1- زاوية السميت الشمسي a:

وهي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض والمتجه جنوبا وبين المسقط الأفقي للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض والشمس [5]، وتكون هذه الزاوية موجبة باتجاه الغرب وسالبة باتجاه الشرق، حيث يتراوح مجال قيمتها بين $[-180^\circ, +180^\circ]$ ae كما يوضح الشكل (1-4)، وتكتب بالعلاقة:

$$\sin a = \frac{\sin \delta \cdot \sin \omega}{\cos h} \quad (4-1)$$



الشكل (1-4): زاوية السميت الشمسي a وزاوية الارتفاع الشمسي h [3]

1-5-1-2- زاوية الارتفاع الشمسي h:

وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس والمستوي الأفقي الذي يمر في النقطة المذكورة على السطح [5]، ويتراوح مجال قيمتها بين $[-90^\circ, +90^\circ]$ he، الشكل (1-4)، وتكتب بالعلاقة التالية:

$$\text{Sin}h = \text{sin}\varphi \cdot \text{sin}\delta + \text{cos}\varphi \cdot \text{cos}\delta \cdot \text{cos}\omega \quad (5-1)$$

ω : زاوية الساعة الشمسية.

φ : زاوية العرض.

δ : زاوية ميل الشمس.

$h=0$ عند غروب وشرق الشمس.

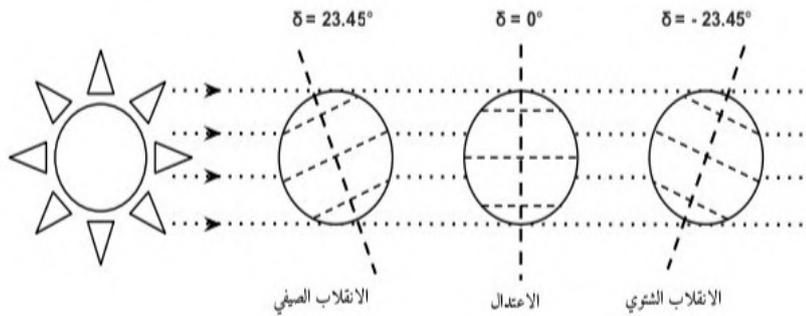
$h>0$ في النهار.

$h<0$ في الليل.

وتظهر أهمية زاوية ميل الشمس والارتفاع الشمسي في معرفة كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض، بالإضافة معرفة زاوية سقوط اشعة الشمس، وكذلك معرفة المساحات المعرضة لأشعة الشمس والمضلة في الاسطح الأخرى. [5]

1-5-3- زاوية ميل الشمس δ :

وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركزي الشمس والأرض، ومسقط هذا الخط على المستوي المار في خط الاستواء، وبسبب ميل محور دوران الأرض ودوران الأرض حول نفسها، تحدث تغيرات في طول الليل والنهار وفي كميات الإشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض وكذلك تحصل فصول السنة المختلفة [5]. حيث تنعدم هذه الزاوية في الاعتدال (الربيعي والخريفي)، بينما تكون اعظمية في الانقلاب (الصيفي والشتوي) وتنحصر هذه الزاوية بين $-23.45^\circ < \delta < +23.45^\circ$ الشكل (5-1)



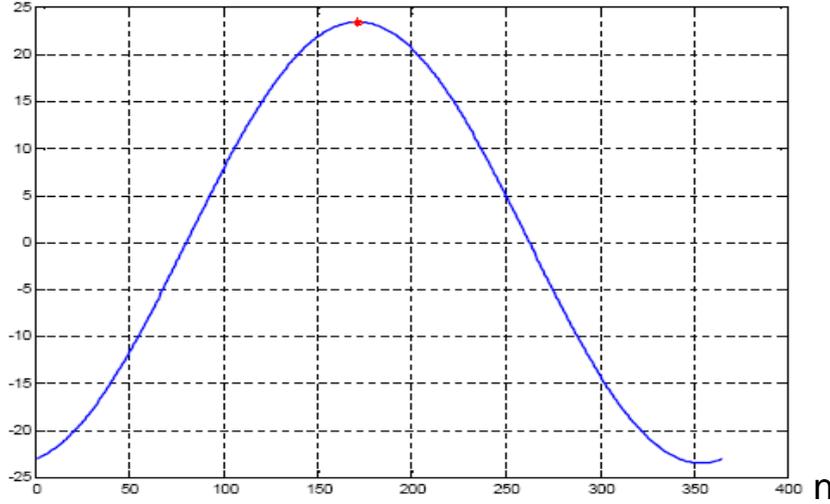
الشكل (5-1): زاوية ميل الشمس δ [6]

تحسب زاوية ميل الشمس كل يوم بالعلاقة التالية: الشكل (4-1)

$$\delta = 23.45 \sin \frac{360}{365} (284 + n) \quad (6-1)$$

حيث n: تمثل رقم اليوم من السنة الشمسية من 1 الى 365، الشكل (6-1)

δ (°)



الشكل(6-1): تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال أيام السنة [2]

4-5-1-زاوية خط الطول L:

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينتش الذي نعتبره خط الصفر، تقرا الزاوية موجبة شرقا وسالبة غربا، وتنحصر قيمتها ما بين $[-180^\circ, +180^\circ]$ L [2] الشكل(7-1).

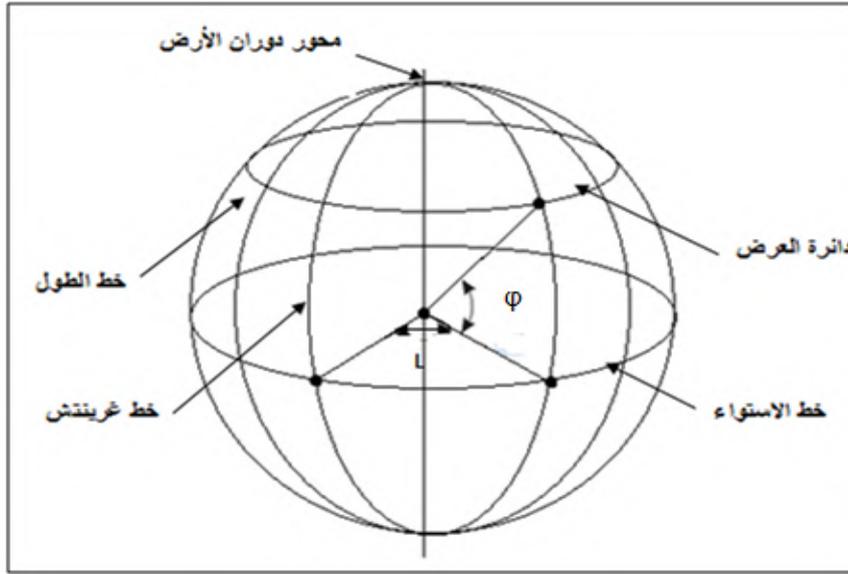
5-5-1-زاوية دائرة العرض φ :

وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقط هذا الخط على المستوي المار في خط الاستواء [5]، ويتراوح مجال قيمتها $[-90^\circ, +90^\circ]$ φ ، الشكل(7-1):

حيث:

$\varphi > 0$: شمال خط الاستواء.

$\varphi < 0$: جنوب خط الاستواء.



الشكل (7-1): زاوية دائرة العرض φ ، وزاوية خط الطول L [3]

1-5-6- زاوية الساعة الشمسية ω :

هي الزاوية المقاسة في المستوى الاستوائي للأرض ومسقط الخط الواصل بين مركز الشمس ومركز الأرض. في وقت الظهيرة تكون زاوية الساعة هي الصفر. وتعتبر زاوية الساعة عن الوقت من اليوم نسبة إلى وقت الظهيرة. ساعة واحدة من الوقت تمثل $15 = 360 \div 24$ درجة من زاوية الساعة [5]. حيث إن زاوية الساعة تكون سالبة قبل وقت الظهيرة وموجبة بعده.

$$0 \text{ heure} = 0^\circ \omega = 24 \text{ heure} = 360^\circ \text{ أو } 1 \text{ heure} = 15^\circ$$

وتتعلق زاوية الساعة الشمسية فقط بالتوقيت الشمسي لذا تعطى بالعلاقة التالية:

$$\omega = \frac{360}{24} (\text{TVS} - 12) \quad (7 - 1)$$

يمثل TVS التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتبر الزوال الشمسي ($\omega=0$) عند الساعة 12. حيث يتراوح

$$\omega \in [-90^\circ, +90^\circ]$$

$\omega=0$: عند زوال الشمس.

$\omega < 0$: صباحا قبل الزوال.

$\omega > 0$: مساء بعد الزوال.

الأوقات الشمسية المختلفة:

التوقيت الشمسي الحقيقي TVS: يرتبط مباشرة بدوران الأرض حول نفسها، والمعرفة بزاوية الساعة.

$$TVS = 12 + \frac{\omega}{15} \quad (8 - 1)$$

متوسط التوقيت الشمسي TSM: وهو الوقت الذي يوافق دوران الأرض حول الشمس. يختلف قليلا عن TVS (الفرق الأقصى ET=16nim)

$$TSM = ET + TVS \quad (9 - 1)$$

حيث تعطى معادلة الوقت (ET) بالعلاقة التالية:

$$ET = 0.072 \cos n - 0.058 \cos 2n - 0.0012 \cos 3n - 0.1229 \sin n - 0.1565 \sin 2n - 0.0014 \sin 3n \quad (10-1)$$

حيث n تمثل رقم اليوم من السنة من 1 الى 365.

توقيت شروق وغروب الشمس: يمر اليوم بلحظتين مهمتين هما شروق وغروب الشمس، تعطى معادلاتهما بالشكل التالي:

التوقيت الشمسي للشروق temps lever:

$$(TVS)_{lever} = 12 - \frac{\omega_s}{15} \quad (11 - 1)$$

التوقيت الشمسي للغروب temps coucher:

$$(TVS)_{coucher} = 12 + \frac{\omega_s}{15} \quad (12 - 1)$$

تعطى الزاوية الشمسية للشروق (-ωs) والغروب (ωs)، لما تنعدم زاوية ارتفاع الشمس h في العلاقة:

$$(h=0 \rightarrow \sin(h)=0)$$

ومنه تصبح:

$$\cos \omega_s = -\text{tg} \delta \cdot \text{tg} \varphi \rightarrow \omega_s \cos(-\text{tg} \delta \cdot \text{tg} \varphi)$$

6-1- أنواع الإشعاع الشمسي:

إن الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض يتكون عادة من ثلاثة عناصر، اشعاع مباشر، اشعاع منتشر (مبعثر) و اشعاع كلي.

1-6-1- الإشعاع الشمسي المباشر:

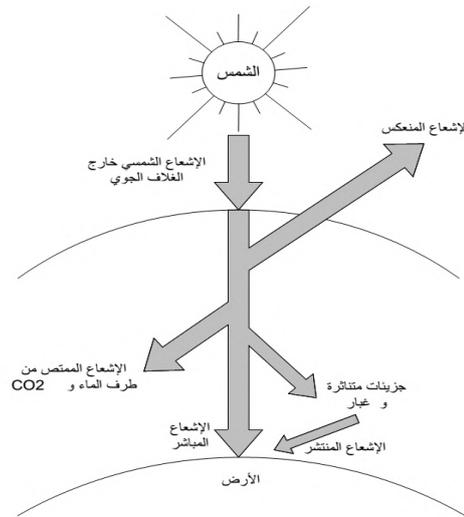
وهو عبارة عن شعاع مباشر من الشمس الى الأرض، وتمثل حوالي 27% في الأيام المشمسة، اما في الأيام الغائمة يكون الشعاع المباشر تقريبا معدوما وبالتالي يمثل الإشعاع المنتشر الأغلبية العظمى في ذلك [7].

1-6-2- الإشعاع الشمسي المنتشر والمتطاير في الجو (المبعثر):

وهو الإشعاع الذي يتم الحصول عليه من الشمس بعد تغير اتجاهه عن طريق التبعثر بواسطة الغلاف الجوي، ويمثل حوالي 10% للسماء الصافية وقد تصل الى 100% للسماء الغائمة، حيث يتبعثر هذا الإشعاع بشكل كبير في الغلاف الجوي وذلك عند الإشعاع الموجي قصير الطول. خلال الأيام الغائمة قد يصل الإشعاع الشمسي المنتشر وحده إلى الأرض. وبسبب طبيعته غير الاتجاهية، فإن الإشعاع الشمسي المنتشر يكون أكثر صعوبة في التحليل من الإشعاع الشمسي المباشر [7].

1-6-3- الإشعاع الشمسي الكلي:

الإشعاع الشمسي الكلي هو الإشعاع الذي يصل الى الأرض اما مباشرة او بعد الانتشار ، ويعرف على انه مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر [8]، لاحظ الشكل (1-8)

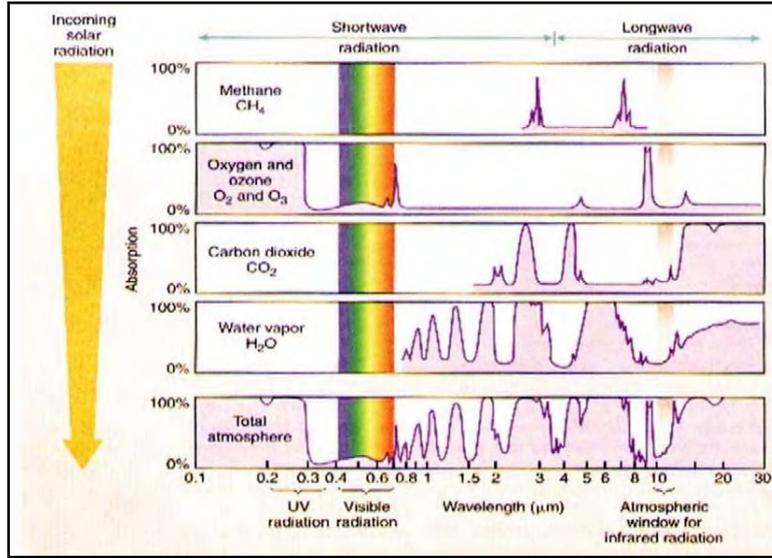


الشكل (1-8): مخطط يوضح وصول الإشعاع الشمسي الى سطح الأرض.

7-1- تدفق الإشعاع الشمسي في حالة صفاء الجو:

عندما يكون الجو صافيا فان الإشعاع الشمسي يتأثر ببعض العمليات الجوية:

الامتصاص: تعمل جزيئات الاكسجين ،وبخار الماء وغاز الأوزون وثاني أكسيد الكربون على امتصاص الإشعاع الشمسي وذلك حسب اطوال موجية معينة[2]، كما هو موضح بالشكل(9-1)



الشكل(9-1): امتصاص الإشعاع الشمسي من قبل الغازات الجوية[9]

التشتت: تعمل الجزيئات الغازية كالغبار وقطرات الماء على إعاقة مسار الإشعاع الشمسي الذي يجب الجو وتغير اتجاهه الى ناحية أخرى وهذا ما يسمى بالتشتت وهو نوعان:

تشتت Raleigh: ويتكون بواسطة جزيئات الهواء او الغازات التي احجامها صغيرة جدا مقارنة مع اطوال موجات الإشعاع.[2]

تشتت Mie: يتكون بواسطة جزيئات أكبر من طول موجة الإشعاع، مثل جزيئات الغبار التي هي أكبر من جزيئات الهواء وعندما يضم الهواء كميات كبيرة من القطرات والغبار يصبح التشتت غير انتقائي، أي انها تشتت جميع الأمواج وهكذا تصبح السماء اقل زرقة وأكثر بياضا، وبالإجمال فان حوالي 12% من الإشعاع المتوجه نحو الأرض يتشتت وان نصف الإشعاع المبعثر يعود الى الفضاء الخارجي.[2]

8-1- تدفق الإشعاع الشمسي في الجو الغائم:

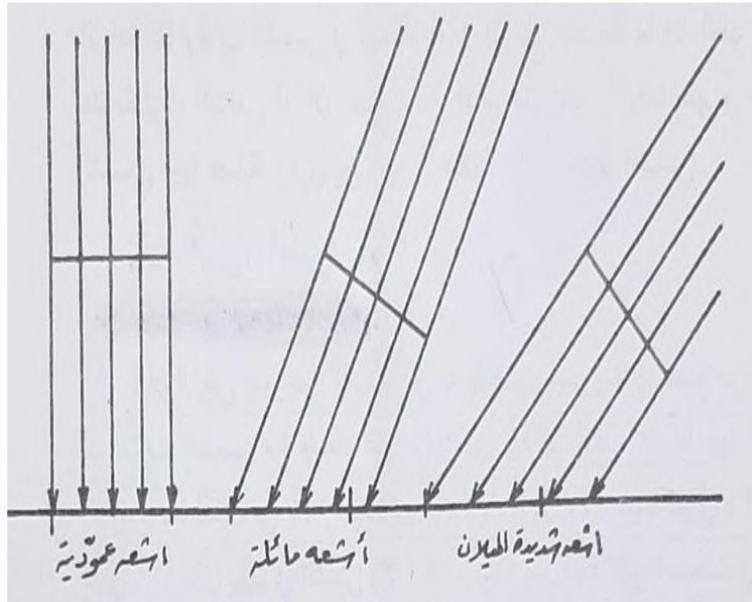
تؤثر السحب على مسار الإشعاع الشمسي، حيث أنه في حالة الجو الغائم بمقدار أكبر، فإن جزء من الإشعاع ينعكس للخارج نحو الفضاء، وجزء منه تمتصه السحب، وينبعث الجزء المتبقي للأسفل نحو الأرض على شكل إشعاع.

إن معظم أنواع السحب ذات عاكسيه جيدة وامتصاصية قليلة للإشعاع، وإن قدرة السحاب على عكس الإشعاع تعتمد على كثافة السحب وعلى حجم جزيئاتها هل هي قطرات ماء أو ثلج، وإن انعكاسية السحب قد تقل عن 50% وقد تزيد وتصل إلى 80%. [2]

9-1- العوامل المؤثرة على الإشعاع الشمسي:

9-1-1- زاوية سقوط أشعة الشمس على سطح الأرض:

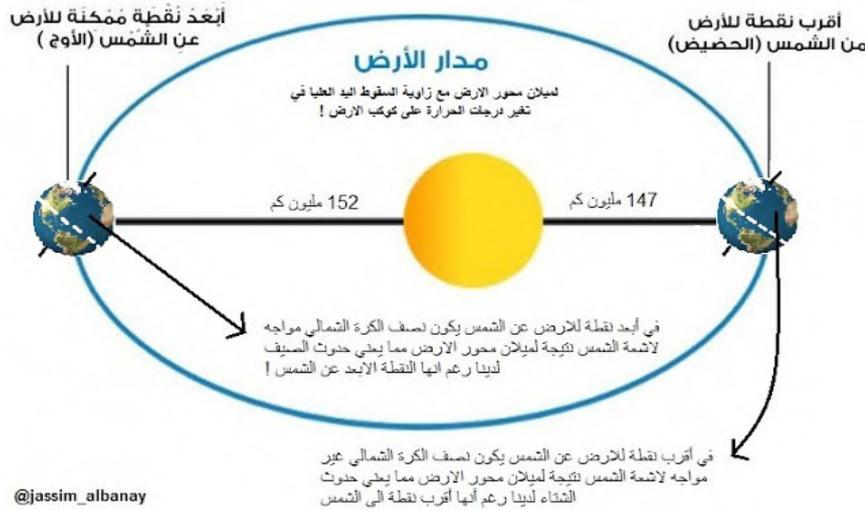
تؤثر زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض في مقدار الأشعة المستلمة من قبل سطح الأرض، ذلك لأن الأشعة المائلة تقطع مسافة أكبر في الوصول إلى سطح الأرض وتتوزع على مساحة كبيرة مما يعرضها للضياع من قبل عمليات الامتصاص والانعكاس والانتشار وبالتالي تضعف وتصبح أقل تركيزاً، على عكس الأشعة العمودية أو شبه العمودية التي تقطع مسافة أقصر من المسافة التي تقطعها الأشعة المائلة وتتوزع على مساحة أقل وبالتالي تكون قوية وأكثر تركيزاً، الشكل (10-1). [10]



الشكل (10-1): أشكال الأشعة الشمسية الساقطة على سطح للأرض [10]

1-9-2- البعد بين الأرض والشمس:

ان دوران الأرض حول الشمس في مدار بيضوي ليس بدائري يؤدي الى اقتراب الشمس مرة وابتعادها مرة أخرى و بذلك تختلف المسافة بين الشمس والأرض، حيث تصل المسافة بين الشمس والأرض في 4 جويلة الى حوالي 152 مليون كيلومتر، و هذا يعني ان الأرض أصبحت في الاوج او الذروة أي بعيدة عن الشمس، وفي 3 جانفي تصل المسافة بين الأرض و الشمس حوالي 147 مليون كيلومتر ويقال في هذا الحال ان الأرض أصبحت عند الحضيض أي اقرب ما يمكن للشمس، بحيث انه ليس لهذه الاختلافات البسيطة في المسافة بين الأرض و الشمس خلال فترة الحضيض والوج تأثيرا كبيرا في كمية ما يستلمه سطح الأرض من الاشعاع الشمسي في اليوم الواحد او في خلال سنة كاملة بقدر ما لهذا الاختلاف من أهمية تزداد هناك وليس على سطح الأرض خلال انقلاب الشتوي بمقدار 7% عنها في الانقلاب الصيفي، الشكل(1-11). [10]



الشكل(1-11): مدار الأرض حول الشمس.

1-9-3- اختلاف طول الليل والنهار:

يؤدي اختلاف طول الليل والنهار الى اختلاف كمية الإشعاع الشمسي التي تصل سطح الأرض فالنهار في المناطق المدارية لا يختلف في الصيف او الشتاء، حيث الشمس عمودية او شبه عمودية وبالتالي فان زاوية سقوط اشعة الشمس قليلة مما يجعل المدى السنوي للإشعاع الشمسي ضئيلا. اما في المناطق المعتدلة والباردة يكون الفرق بين طول الليل والنهار كلما زادت درجة العرض، فالنهار طويل في الصيف ويقصر في الشتاء يؤدي الاختلاف الكبير في زاوية سقوط الأشعة بين الصيف والشتاء في المناطق المعتدلة والباردة الى مضاعفة المدى السنوي واليومي للإشعاع الشمسي. [10]

1-9-4-اختلاف التضاريس:

للتضاريس دور كبير في تباين كمية الإشعاع الشمسي الواصل الى منطقة دون أخرى فاتجاه السفوح الجبلية وانحدارها يؤثر في معدل الإشعاع الشمسي الذي يصل الى تلك السفوح، وخاصة في المناطق المعتدلة والباردة التي تصلها اشعة الشمس بشكل مائل، اما في المناطق المدارية فان اثر هذا العامل يكون محدودا وذلك لان الاشعة الشمسية تكون عمودية وبنالي فان تلك السلاسل تستلم كميات متساوية من الاشعة الشمسية ففي المناطق المعتدلة و الباردة في النصفين الشمالي و الجنوبي تتعرض السفوح الجنوبية في النصف الشمالي والسفوح الشمالية في النصف الجنوبي الى اشعة شمسية بشكل مباشر اما السفوح الأخرى فتكون بعيدة عن الاشعة الشمسية المباشرة و يصلها منها الا الاشعة المنتشرة من السطوح المقابلة.[10]

1-9-5-الغطاء السحابي:

تؤثر الغيوم على مسار الإشعاع الشمسي عبر الغلاف الجوي، حيث تقوم بحجب قسم كبير من الاشعة الشمسية، وتقليل كمية الإشعاع النافذ خلالها بسبب ما يتعرض له من عمليات التشتت والامتصاص وانعكاس من قبل مكونات الغيمة، ان مقدار التوهين في كمية الإشعاع الشمسي النافذ يعتمد على ارتفاع وسمك وكثافة الغيمة إذا ازداد كلما قل ارتفاع قاعدة الغيمة و بزيادة كثافتها وسمكها.[9]

1-9-6-صفاء الجو وشفافية الغلاف الغازي:

ان الإشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض يتأثر بمدى شفافية الغلاف الغازي، بحيث يؤثر الغبار والجزئيات الغازية والرماد دورا كبيرا في عملية انعكاس الاشعة الشمسية وتشتتها وامتصاصها كما تعمل هذه الشوائب على ضياع الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي وعلى ذلك فان المناطق التي تكثر فيها الهواء الملوث بالأتربة تستلم كمية قليلة من الاشعة الشمسية مقارنة بالمناطق ذات الجو الشفاف ولهذا فان المناطق.[10]

1-9-7-الالبيدو:

هو نسبة ما يعكسه سطح الأرض الى الفضاء مباشرة من الإشعاع الشمسي الصافي الواصل اليه دون ان يحول أي جزء منها الى طاقة حرارية تضل في جو الأرض او نسبة ما يضيع من مقدار الإشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض بواسطة عملية الانعكاس وتختلف نسبة الالبيدو من مكان الى اخر تبعا لموقع المنطقة من دائرة العرض وكذلك وجودها وتغطية السطوح بالثلوج وطول فترة بقائها، اذ يختلف الانعكاس تبعا لاختلاف زاوية سقوط الاشعة فكلما كانت الاشعة مائلة كانت نسبة الالبيدو اكبر، لذلك فان معامل

الانعكاس في ساعات الصباح و المساء اكبر منه في ساعات النهار كما ان الالبيدو في المناطق المعتدلة او الباردة اكبر منه في المناطق المدارية.[10]

10-1- أجهزة قياس الإشعاع الشمسي:

1-10-1- جهاز البيرانومتر:

يستخدم جهاز البيرانومتر في قياس شدة الإشعاع الشمسي الكلية على سطح الأرض، وهو يتركب من مستشعر حراري مثبت داخل قبة زجاجية ينفذ خلالها الإشعاع الشمسي نحو المستشعر الذي يتركب من قاعدة مكونة من قطعتين معدنيتين احدهما سوداء اللون الأخرى بيضاء اللون، ولان القطعة السوداء تمتص كل الأشعة الواصلة اليها، يتباين تأثر كل قطعة معدنية بكمية الإشعاع الشمسي نفسها الواصلة اليهما وهو ما يعني التباين في كمية الطاقة التي تكتسبها كل منها(Kg)، وتعتمد ميكانيكية الجهاز على تحويل الفرق بين كمية الطاقة التي تكتسبها كلتا القطعتين المعدنيتين الى إشارات كهربائية تحرك مؤشر في قرص مدرج يمكن قراءته وتدوينه في جداول خاصة للتعبير عن شدة الإشعاع الشمسي وقت الرصد الشكل (12-1).[11]



الشكل(12-1): جهاز البيرانومتر[12]

1-10-2- جهاز بيروهليومتر:

جهاز الكتروني حديث يستخدم لقياس الإشعاع الشمسي المباشر، لمقياس بيروهليومتر وجهاز التتبع المطلوب مثبت عليه. يتكون بيروهليومتر من أنبوب تجميع طويل مع جهاز كشف في النهاية البعيدة. تبلغ زاوية فتحة العدسة للجهاز 5.7 درجة. يتكون الكاشف من خلية كهروحرارية متعددة الوصلات بسطح

اسوداء، الشكل (13-1).[12]



الشكل (1-13): جهاز بيرو هليومتر [13]

1-10-3-جهاز هيليوغراف كامبل ستوكس:

يستخدم جهاز كامبل ستوكس في رصد الفترة الزمنية لسطوع الشمس في موقع محطة الرصد، ويوضع الجهاز في مكان مكشوف معرض للإشعاع الشمسي، وهو يتركب من بلورة زجاجية (كرة زجاجية) يثبت خلفها حامل يثبت فوقه ورقة زرقاء مدرجة حسب عدد ساعات النهار وقت الرصد، وعندما تسطع الشمس في السماء تخترق الأشعة البلورة الزجاجية التي تجمع الأشعة الشمسية في حزمة حرارية تحرق الورقة خلال ساعات سطوع الشمس، وبعد غروب الشمس تنزع الورقة ويسجل خلفها تاريخ يوم الرصد، ويتم حساب طول فترة سطوع الشمس عن طريق حساب طول علامات احتراق الورقة على التدرج الزمني الموجود على الورقة، وتدل المسافات الزمنية غير المحترقة على الغيوم التي سادت خلال يوم الرصد

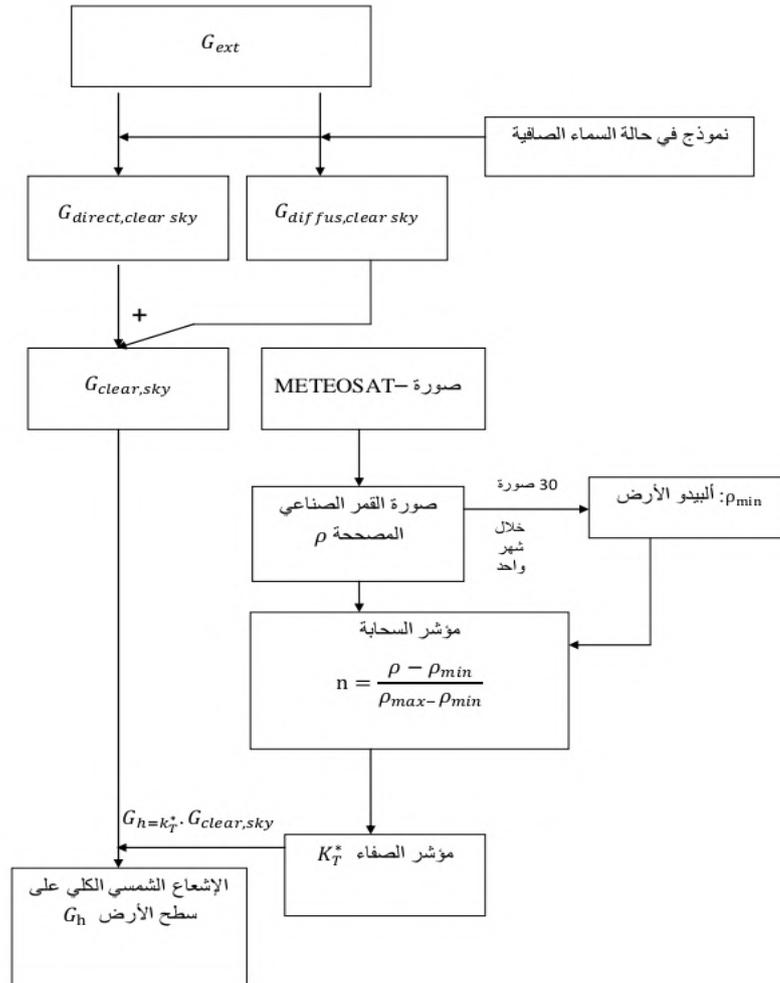
الشكل (1-14). [11].



الشكل (1-14): جهاز كامبل ستوكس

1-10-4- الأقمار الصناعية (تقنية الهيليوسات):

تعتمد الفكرة العامة لطريقة الهيليوسات على تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض بواسطة صور الأقمار الصناعية وذلك بالتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي وعن الغيوم بشكل منفصل. بحيث في مرحلة أولى يتم حساب الإشعاع الشمسي في حالة سماء صافية لموقع معين وفي وقت معين ثم في مرحلة ثانية يتم اشتقاق مؤشر السحابة من صور الأقمار الصناعية متبوسات الذي يأخذ بعين الاعتبار وجود غيوم. هذه المرحلة الأخيرة تستخدم الحقيقة بان معامل الانعكاس الذي يقيسه القمر الصناعي يكون متناسبا تقديرا مع كمية السحب المميزة من خلال مؤشر السحابة، مع العلم ان مؤشر السحابة مرتبط بمؤشر الصفاء. وبالتالي فان كمية الإشعاع الشمسي الكلي المحسوب في حالة السماء صافية تتناقص بفعل انتقال الغيوم ليتم استنتاج كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي ارضي والشكل (15-1) يعطي لمحة عامة حول تقنية الهيليوسات. [8]



الشكل (15-1): مخطط يوضح تقنية الهيليوسات

ان السحب لها أكبر تأثير على انتقالات الإشعاعات الجوية، حيث يمكن اشتقاق كمية السحب انطلاقاً من صور الأقمار الصناعية، كما يمكن حساب معامل الانعكاس النسبي:

$$\rho = \frac{C - C_{atm}}{G_{ext}} \quad (13-1)$$

حيث:

C: هي القيمة الرقمية لبيكسل المقاسة من طرف جهاز الراديو متر المثبت على مستوى القمر الصناعي

C_{mta}: هي القيمة الرقمية الناتجة عن وجود الغلاف الجوي فقط ويمكن أخذها على أنها القيمة الرقمية لبيكسل موجود على سطح البحر.

G_{ext}: الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي.

كخطوة ثانية يتم حساب مؤشر السحابة n الذي يعتبر كمقياس للغطاء السحابي، المعادلة التالية توضح ذلك:

$$n = \frac{\rho - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}} \quad (14-1)$$

حيث ρ_{min} توافق القيمة الصغرى للالبيدو السطح الذي يتم حسابه إحصائياً شهرياً لبيكسل معطى، أما ρ_{max} القيمة الكبرى للالبيدو السطح ويتم حسابها إحصائياً شهرياً لنفس البيكسل المعطى وبشكل منفصل.

اذن من خلال مؤشر السحاب n يمكننا حساب مؤشر الصفاء K^*_t والذي من خلاله يمكن أن نستنتج الإشعاع الإجمالي على سطح الأرض وذلك حسب العلاقة التالية:

$$G_h = K^*_t \cdot G_{clear} \quad (15-1)$$

حيث G_{clear} تمثل الإشعاع الإجمالي الساقط على سطح الأرض في حالة السماء صافية.

مع العلم أن معامل الصفاء يمكن حسابه باستعمال علاقة ترابط بسيطة مع مؤشر السحابة لكل موقع هذه العلاقة تعطى كما يلي:

$$K^*_t = 1.2 \quad ; \quad n \leq -0.2$$

$$K^*_t = 2.0667 - 3.6667n + 1.6667n^2 \quad ; \quad 0.8 \leq n \leq 1.1$$

$$K^*_t = 1 - n \quad ; \quad -0.2 \leq n \leq 0.8$$

الفصل الثاني:

نماذج تقدير الاشعاع الشمسي
الكلي

2-1-المقدمة:

ان الإشعاع الشمسي هو مصدر الطاقة الرئيسي بالنسبة للأرض الذي يحدد معالم الطقس والمناخ بالنسبة لبقاع العالم، حيث أن معرفة خواص الإشعاع الشمسي وتحديد قيمته مهمة في العديد من نماذج الإشعاع الشمسي المستخدمة محليا أو عالميا.

هناك عدة نماذج من اجل تقدير الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح افقي وذلك في حالة سماء صافية، منها ما هو معقد، ومنها ما هو بسيط، ومنها ما هو بسيط جدا.

2-2-نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء صافية:

يعد نموذج السماء صافية من النماذج التي تقدر بها الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض، حيث يمكن تقسيم نماذج السماء صافية إلى ثلاثة أقسام مختلفة الدقة وهي:

2-2-1-نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي:

كل هذه النماذج هي أساس ارتباطات تجريبية تعتمد على التعميم لموقع معين والمعالم الفلكية، ونظرا لهذا الارتباط يجب توخي الحذر عند تطبيق النماذج البسيطة جدا في مواقع أخرى من تلك التي تستخدم معايير أدق، حيث أن كل هذه النماذج تعتمد على زاوية سمت الشمس (a) وفيما يلي قائمة لبعض النماذج البسيطة جدا: [8]

نموذج Haurwitz (1945) :

$$G_{\text{clear}}=1098 \times \cos(a) \times \exp\left(\frac{-0,057}{\cos(a)}\right) \quad (1-2)$$

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

$$\text{DNI}= 950.2 (1-\exp (-0.075(90^0- a))) \quad (2-2)$$

$$\text{Diffuse} = 14.29 + 21.04 \left(\frac{\pi}{2} - a \frac{\pi}{180} \right) \quad (3-2)$$

$$G_{\text{clear}} = \text{DNI} \times \cos(a) + \text{Diffuse} \quad (4-2)$$

DNI: يمثل الإشعاع الشمسي المباشر.

Diffuse : يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر.

نموذج (1979) Adnot-Bourges-Campaa-Gicquel(ABCG):

$$G_{clear} = 951.39 \times (\cos(a))^{1.15} \quad (5-2)$$

نموذج (1979) Berger-Duffie(BD):

$$G_{clear} = I_{SG} 0.70 \times \cos(a) \quad (6-2)$$

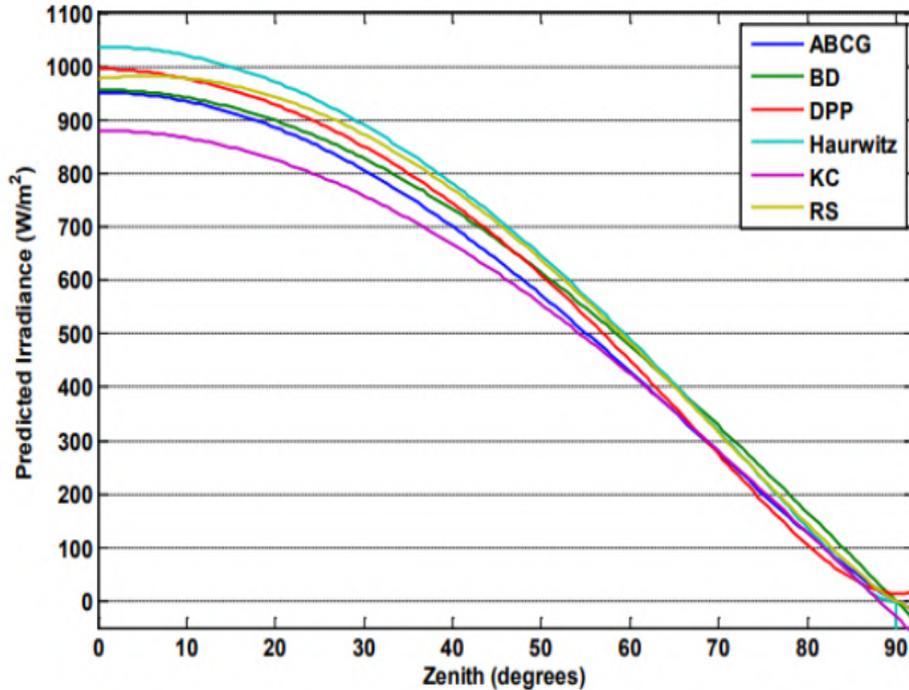
نموذج (1980) Kasten-czeplak (cK):

$$G_{clear} = 910 \times \cos(a) - 30 \quad (7-2)$$

نموذج (2000) Robledo-Solar (RS):

$$G_{clear} = 1159.24 \times (\cos(a))^{1.179} \times \exp(-0.0019 \times (90^\circ - a)) \quad (8-2)$$

الشكل (1-2) التالي يظهر نتيجة او حصيلة هذه النماذج الستة البسيطة السابقة التي نوقشت خلال السماء الصافية، لان هذه النماذج تعتمد فقط على زاوية السمات a.



الشكل (1-2): نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية بالاعتماد

على زاوية السمات الشمسي [8](a)

2-2-2- نماذج بسيطة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض في يوم صافي:

النماذج البسيطة تعد أفضل من النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية، وذلك لأنها تتضمن بالإضافة إلى زاوية السمات (a) بعض معايير حالات الغلاف الجوي مثل: الرطوبة، تبخر الضوء، درجة الحرارة، ومن بين هذه النماذج نذكر النماذج التالية: [8]

نموذج Kasten :

في هذا النموذج يؤخذ بعين الاعتبار معدل ارتفاع الغلاف الجوي، المداخلات لهذا النموذج تتمثل في الكتلة الهوائية (MA)، معامل تعكر (اضطراب) لينك (LT) وزاوية سمات الشمس (a):

$$G_{clear} = 0.84 \times I_{SG} \times \cos(a) \times \exp(-0.027 \times AM \times (F_{h1} + F_{h2} (T_L - 1))) \quad (9-2)$$

حيث:

$$F_{h1} = \exp(-h_0/8000) \quad (10-2)$$

$$F_{h2} = \exp(-h_0/1250) \quad (11-2)$$

و $-h_0$: تمثل ارتفاع المكان عن سطح البحر.

كما قام كل من $zereP$ و $ienIcneh$ بإضافة بعض التصحيحات والتعديلات على نموذج $netsaK$ من أجل تطوير النموذج والحصول على نتائج أدق، هذه التعديلات تظهر كالآتي:

نموذج Perez و Ineichen :

$$G_{clear} = C_{g1} \times I_0 \times \cos(a) \times \exp(-C_{g2} \times AM \times (F_{h1} + F_{h2} (T_L - 1))) \exp(0.01 \times Am^{1.08}) \quad (12-2)$$

حيث:

$$C_{g1} = 5.09 \times 10^{-5} \times \beta + 0.868 \quad (13-2)$$

$$C_{g2} = 3.92 \times 10^{-5} \times \beta + 0.0387 \quad (14-2)$$

بالنسبة لمعامل اضطراب لينك يمكن حسابه باستعمال العبارة التالية:

$$T_L = 2.4 + 14.6 \beta_A + 0.4 (1 + 2\beta_A) \ln (P_v) \quad (15-2)$$

β : معامل اضطراب الجو

$\beta_A = 0.05$: في المناطق الريفية

$\beta_A = 0.1$: في المناطق المدنية.

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

P_v : يمثل الضغط الجزئي لبخار الماء.

2-2-3- نماذج معقدة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي:

النماذج المعقدة تأخذ بعين الاعتبار المعايير الجوية المعممة مثل الهباء الجوي (حبات الرمل ، الغبار ، الدخان ...) و بخار الماء هذه احدث نماذج للسماء الصافية عندما تفحص بدقة ، ولكنها تتطلب العديد من المداخلات التي لن تكون متاحة بسهولة ، فالعديد من المعايير يمكن 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 : [8]

نموذج BALL و ATWATE :

النموذج المعقد الذي نقترحه هنا تم تحقيقه من قبل BALL و ATWATER حيث ان هذا النموذج يسمح

حيث أن هذا النموذج يسمح بتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء صافية وهو يعطى كالاتي:

$$G_{clear} = I_{GS} (\cos a) (T_M - a_w) T_A / (1 - r_{GS}) \quad (16-2)$$

حيث:

I_{GS} : يمثل الثابت الشمسي الذي يمكن أن يأخذ القيمة ($1367W/m^2$)

T_M : النفاذية الكلية لجميع التأثيرات الجزئية باستثناء بخار الماء والتي تحسب كالاتي:

$$T_M = 1.021 - 0.0824 [M (949 \times 10^{-6} p + 0.051)]^{0.5} \quad (17-2)$$

a_w : يمثل معامل امتصاص بخار الماء والذي يعطى كما يلي:

$$a_w = 0.077(U_w.M)^{0.3} \quad (18-2)$$

U_w : يمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء ويمكن حسابه كالتالي

$$U_w = \exp(0.07 \times T_D - 0.075) \quad (19-2)$$

T_D : تمثل درجة حرارة نقطة الندى.

M : تمثل الكتلة الهوائية التي تحسب كالتالي:

$$M = 35 / [(1224 \cos^2 a) + 1] \quad (20-2)$$

T_A : معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت والذي يحسب كما يلي :

$$T_A = \exp(-\tau_A M') \quad (21-2)$$

يمثل السمك البصري للهباء الجوي ويمكن حسابه كالتالي:

حيث τ_A :

$$\tau_A = 0,1 + 0,05\omega \quad (22-2)$$

M' : الكتلة الهوائية المصححة بالضغط وتحسب كالتالي:

$$M' = PM / 1013 \quad (23-2)$$

r_g : يمثل البيدو الأرض.

r_s : يمثل البيدو الغلاف الجوي.

القيمة ($r_s = 0,0685$) استعملت في هذا النموذج)

والجدول التالي يبين بعض القيم للبيدو لأنواع مختلفة من الأسطح:

الجدول(1-2): قيم الالبيدو لبعض الاسطح

نوع السطح	الالبيدو $r_g(1-0)$
منطقة البحيرة	0.02-0.04
الغابة الصنوبرية	0.05-0.15
سطح البحر	0.05-0.15
التربة الداكنة	0.05-0.015
المحاصيل	0.15-0.25
رمال خفيفة وجافة	0.25-0.45
الجليد	0.30-0.40
الثلوج	0.40-0.90
المرآة	1

نموذج HAY و DAVIES:

هذا النموذج نشر من قبل HAY و DAVIES ويسمح بتقدير الإشعاع الشمسي في حالة السماء صافية (الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر وكذلك الكلي) المعادلات المستخدمة في هذا النموذج كانت جزئياً نتيجة لمقارنة عدة نماذج كانت قائمة أصلاً والمعادلة (24-2) توضح ذلك:

$$G_{clear} = I_d + I_{as} + I_G \quad (24-2)$$

I_d : الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي (m/W^2) والذي يعطى كما يلي:

$$I_d = I_{sG}(\cos a) (T_0 T_r - a_w) T_A \quad (25-2)$$

T_A : معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت.

T_0 : تمثل معامل النفاذية للأوزون الناتج عن الامتصاص ويحسب كالتالي:

$$T_0 = 1 - 0.2118X_0 / (1 + 0.042X_0 + 0.000323X_0^2) - 1.082X_0 / (1 + 138.6X_0)^{0.805} - 0.065X_0 / [1 + (103.6X_0)^3] \quad (26-2)$$

حيث:

X_0 : الكمية الكلية للأوزون في مسار مائل والتي تعطى كما يلي:

$$X_0 = U_0 M \quad (27-2)$$

T_R : تمثل معامل النفاذية لتشتت رايلي.

I_{as} : الإشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح أفقي وحدته: (m/W^2) ويمكن حسابه كالتالي:

$$I_{as} = I_{SG}(\cos a) [T_0(1 - T_R)T_A(0.5) + (T_0 T_R - a_w)(1 - T_A)W_0 B_a] \quad (28-2)$$

I_G : الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي والنتيجة من انعكاسات متعددة بين الأرض والسماء

الذي يعطى كالتالي:

$$I_G = r_g r_s (I_d + I_{as}) / (1 - r_g r_s) \quad (29-2)$$

حيث:

r_g : يمثل البيدو الأرض.

r_s : يمثل البيدو الغلاف الجوي.

نموذج WATT :

نموذج معقد آخر لحساب الإشعاع الشمسي (المباشر والمنتشر والكلي) تم إنشاؤه من طرف TTAW ويستند جزئياً على عمل nooM:

$$G_{clear} = I_d + I_s \quad (30-2)$$

I_d : يمثل الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي (m/W^2) ويحسب:

$$I_d = I_{sg}(\cos a) T_{wa} T_{as} T_0 T_{ws} T_L T_U \quad (31-2)$$

هذه المقادير تمثل النفاذات الناتجة عن طبقة الهباء الجوي العليا و طبقة

الهباء الجوي السفلية والتشتت من طرف بخار الماء والامتصاص من طرف الأوزون والتشتت والامتصاص من طرف الهواء الجاف والامتصاص من طرف بخار الماء على التوالي.

$$T_{wa} = 0.93 - 0.033 \log (U_w M_2) \quad (32-2)$$

U_w : تمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء.

$$T_{as} = 10^{-0.045[(P/P_0) M_1]^{0.7}} \quad (33-2)$$

$$T_0 = 10^{-(0.0071+0.01U_0 M_4)} \quad (34-2)$$

$$Y_{ws} = 10^{-(0.0095U_w M_2)} \quad (35-2)$$

$$T_L = 10^{\tau_L M_2^{0.7}} \quad (36-2)$$

$$T_U = 10^{\tau_U M_3} \quad (37-2)$$

I_s : يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح أفقي (m/W^2) والذي يعطى كما يلي:

$$I_s = I_{SG} [0.8 r_s (1 + r_g r_s) (1 + \cos a)^{0.5} + 0.5 \alpha_{cs} r_g r_s \cos a + 0.5 r_s \cos a] \quad (38-2)$$

علما أن:

$$\alpha_{cs} = (0.93 - 0.033 \log U_w) 10^{-[0.006P/1013+0.4(T_L+T_U)]} \quad (39-2)$$

r_g : يمثل ألبيدو الأرض.

r_s : يمثل ألبيدو الغلاف الجوي القيمة $r_s=0.0685$ استعملت في هذا النموذج.

الفصل الثالث:

**التباين الزمني للإشعاع
الشمسي الكلي**

3-1-المقدمة:

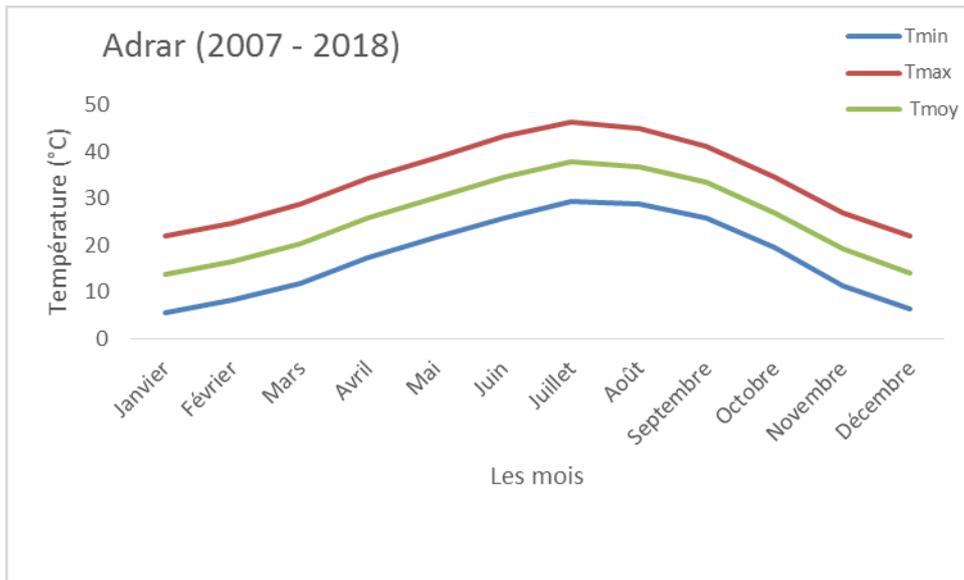
قام العديد من الباحثين بدراسة التباين الزمني للإشعاع الشمسي وذلك بالاعتماد على العديد من النماذج وبالاعتماد على صور الأقمار الصناعية، وهذا من أجل معرفة مدى تباين قيم الإشعاع الشمسي الساعية واليومية والشهرية والسنوية وذلك لعدة مناطق مختلفة، حيث ان توزيع الإشعاع يتأثر بعدة عوامل أهمها: زاوية سقوط الأشعة الشمسية، واختلاف البعد بين الأرض والشمس حسب الفصول، واختلاف طول الليل والنهار، اختلاف نسبة الالبيدو الأرضي من مكان الى اخر، فضلا عن تواجد الغيوم والعوالق.

3-2-مناطق الدراسة ومناخها:**3-2-1منطقة ادرار:**

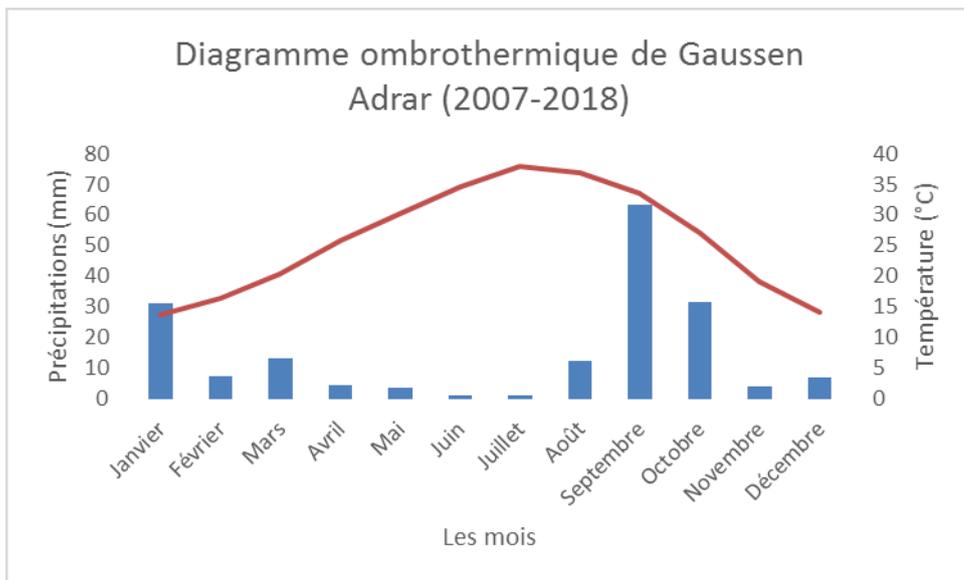
تقع منطقة ادرار في جنوب غرب الجزائر لها حدود مع منطقة البيض شمالا، ومن الشمال الشرقي منطقة غرداية، من الشمال الغربي منطقة بشار، ومن الغرب منطقة تندوف، ومن الجنوب دولة مالي، ومن الجنوب الشرقي تمنراست، ومن الجنوب الغربي الجمهورية العربية الموريتانية[14]، حيث تقع بين خط الطول ($11^{\circ}00'$) غربا، وخط عرض ($27^{\circ}49'$) شمالا، وأعلى ارتفاع بها بالنسبة لمستوى البحر قدره (816m)، اما المناخ السائد في هذه المنطقة فهو المناخ الصحراوي المعروف بارتفاع درجة الحرارة فيه صيفا وانخفاضها شتاء، وهو ما يؤدي الى اتساع المدى الحراري بالإضافة الى قلة الامطار.

من خلال تحليل المعطيات الشهرية لدرجة الحرارة لمنطقة ادرار في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث يلاحظ ان متوسط درجة الحرارة يقدر ب (25°C)، كما تبلغ درجة الحرارة القصوى في شهر جويلية والمقدرة ب (40°C)، اما بالنسبة لدرجة الحرارة الدنيا فتكون في شهري جانفي وديسمبر والمقدرة ب (10°C)، الشكل (1-3)

من خلال تحليل المعطيات الشهرية بالنسبة للتساقطات لمنطقة ادرار في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث بالنسبة للتساقط السنوي فيبلغ (16mm)، وتبلغ أكبر نسبة تساقط في شهر سبتمبر والمقدرة ب (70mm)، اما بالنسبة لأقل كمية تساقط فتكون في شهري جوان وجويلية والمقدرة ب (2mm)، الشكل (2-3).



الشكل (1-3): المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة ادرار 2007/2018



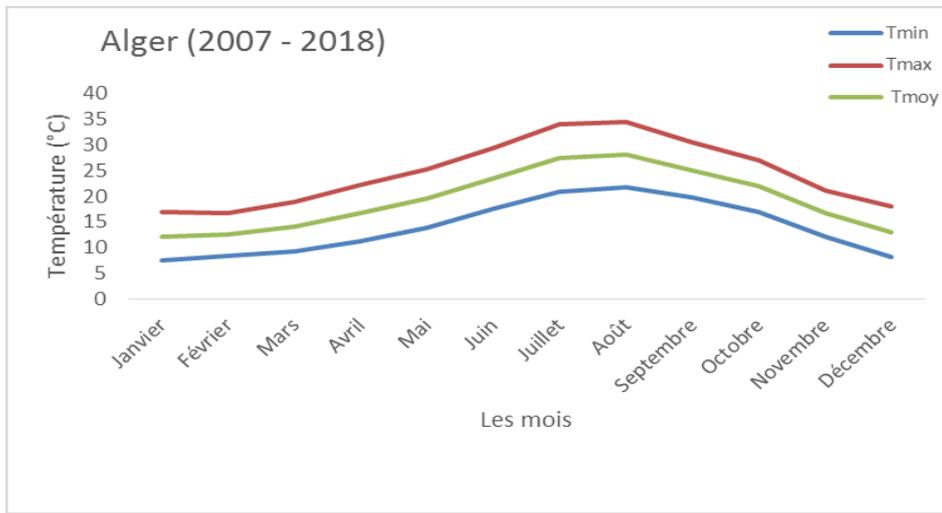
الشكل (2-3): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة ادرار 2007-2018

3-2-2-منطقة الجزائر العاصمة:

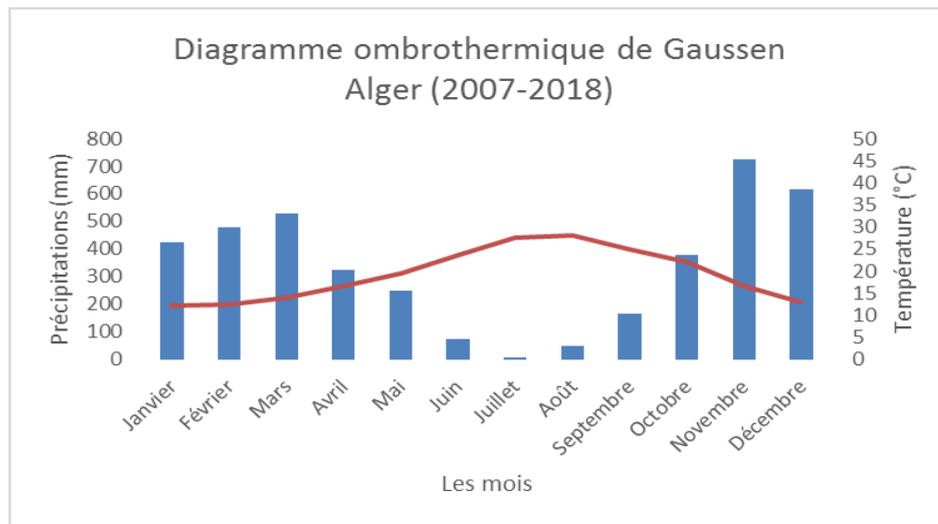
تقع منطقة الجزائر العاصمة في الشمال، يحدها شمالا البحر الأبيض المتوسط، ومن الجنوب منطقة البلدية، ومن الغرب منطقة تيبازة، ومن الشرق منطقة بومرداس، تقع بين خط الطول ($03^{\circ}15'$) شرقا، وخط عرض ($36^{\circ}43'$) شمالا، يقدر اعلى ارتفاع بها بالنسبة لمستوى البحر (25m). اما المناخ السائد في هذه المنطقة فهو مناخ متوسطي، يتميز بفصل صيف طويل حار وجاف، وشتاء معتدل ورطب.

من خلال تحليل المعطيات الشهرية لدرجة الحرارة لمنطقة الجزائر في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث يلاحظ ان متوسط درجة الحرارة يقدر ب (20°C)، كما تبلغ درجة الحرارة القصوى في شهر اوت والمقدرة ب (30°C)، اما بالنسبة لدرجة الحرارة الدنيا فتكون في شهري جانفي والمقدرة ب (10°C)، الشكل (3-3).

من خلال تحليل المعطيات الشهرية بالنسبة للتساقطات لمنطقة الجزائر في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث بالنسبة للتساقط السنوي فيبلغ (330mm)، وتبلغ أكبر نسبة تساقط في شهر نوفمبر والمقدرة ب (800mm)، اما بالنسبة لأقل كمية تساقط فتكون في شهر جويلية والمقدرة ب (10mm)، الشكل (4-3).



الشكل (3-3): المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (T_{max} , T_{moy} , T_{min}) لمنطقة الجزائر العاصمة 2007/2018



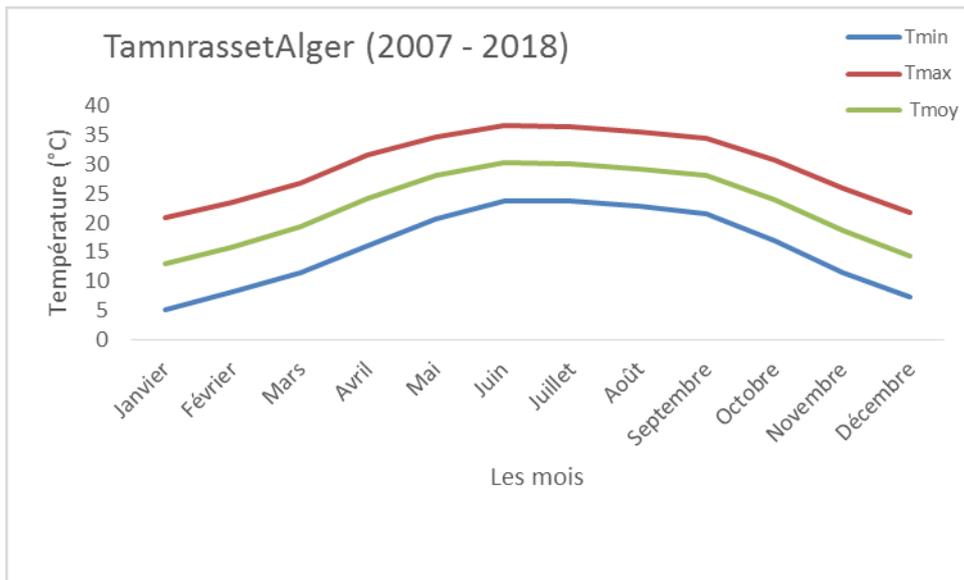
الشكل (4-3): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة الجزائر العاصمة 2007/2018

3-2-3-منطقة تمراست:

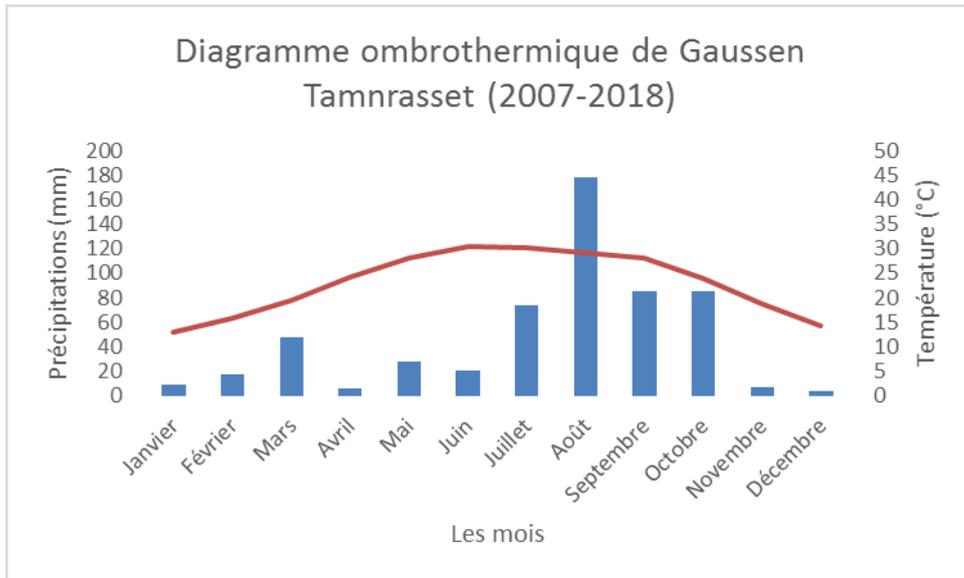
تقع منطقة تمراست في جنوب الجزائر يحدها من الشمال منطقة غرداية، ومن الشمال الشرقي منطقة ورقلة، ومن الشرق اليزي، ومن الجنوب الشرقي جمهورية مالي، ومن الجنوب الغربي النيجر، ومن الغرب منطقة ادرار [14]، تقع بين خط طول ($05^{\circ}28'$) شرقاً، وخط عرض ($22^{\circ}49'$) شمالاً، واطلى ارتفاع بها بالنسبة لمستوى البحر فيقدر ب(1377m)، تتميز بجوها المعتدل شتاءً وصيفاً، مع العلم انها تشهد كمية معتبرة من الامطار في فصل الصيف مما يسبب في سيول الوديان، ودرجة حرارتها متوسطة.

من خلال تحليل المعطيات الشهرية لدرجة الحرارة لمنطقة تمراست في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث يلاحظ ان متوسط درجة الحرارة يقدر ب (21°C)، كما تبلغ درجة الحرارة القصوى في شهر جوان والمقدرة ب (30°C)، اما بالنسبة لدرجة الحرارة الدنيا فتكون في شهر جانفي والمقدرة ب (10°C)، الشكل (3-5).

من خلال تحليل المعطيات الشهرية بالنسبة للتساقطات لمنطقة تمراست في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث بالنسبة للتساقط السنوي فيبلغ (50mm)، وتبلغ أكبر نسبة تساقط في شهر اوت والمقدرة ب (180mm)، اما بالنسبة لأقل كمية تساقط فتكون في شهر ديسمبر والمقدرة ب (5mm)، الشكل (3-6).



الشكل (3-5): المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة تمراست 2007/2018



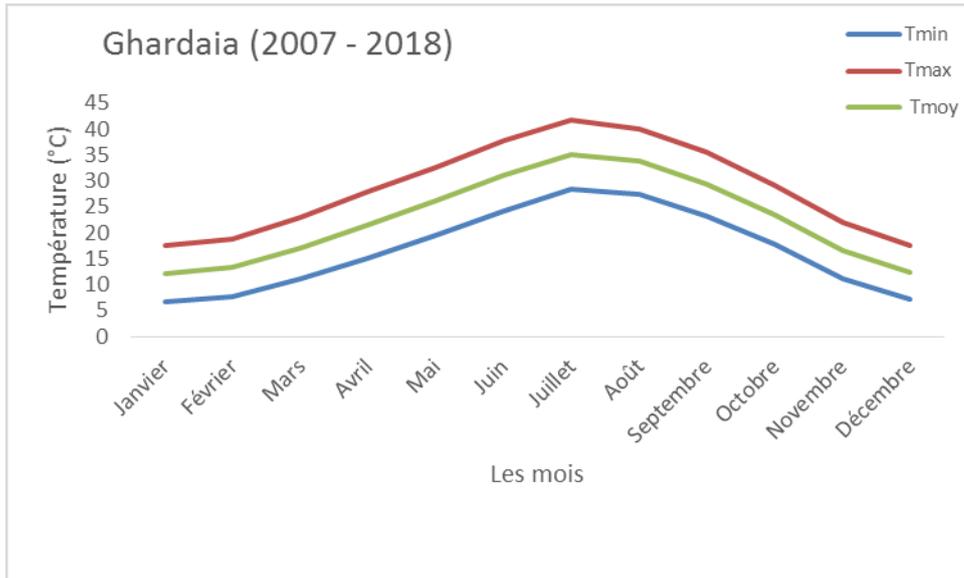
الشكل (3-6): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة تمراست 2007-2018

3-2-4 منطقة غرداية:

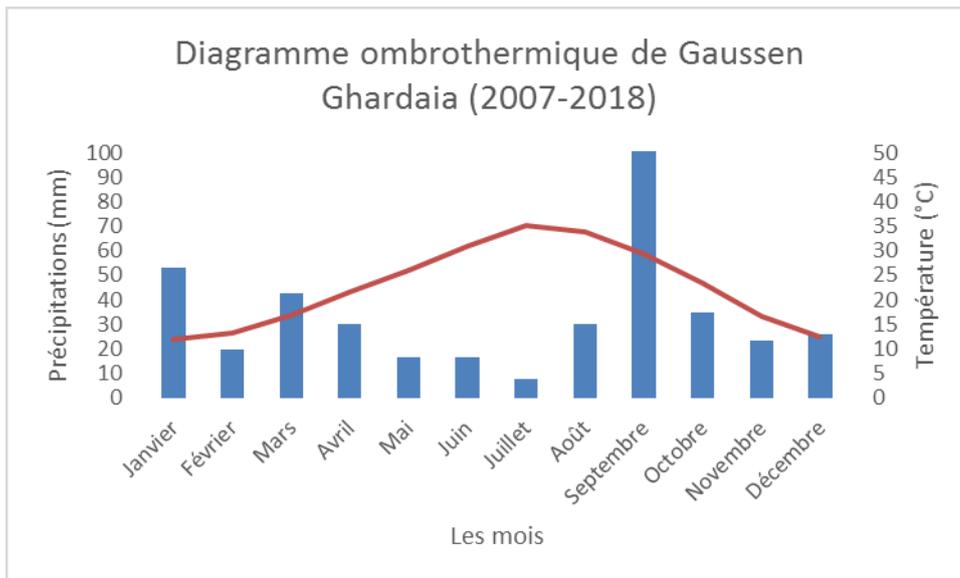
تقع منطقة غرداية شمال صحراء الجزائر لها حدود مع منطقتي الجلفة والأغواط شمالا، وتحدها منطقتي البيض وادرار غربا، منطقتي ورقلة وتمراست جنوبا [14]، تقع بين خط الطول ($03^{\circ}49'$) شرقا، وخط عرض ($32^{\circ}23'$) شمالا، يقدر اعلى ارتفاع بها بالنسبة لمستوى البحر (450m). اما المناخ السائد في هذه المنطقة فهو مناخ صحراوي جاف، المدى الحراري واسع بين الليل والنهار وبين الشتاء والصيف، يعتدل الجو في فصلي الربيع والخريف وتصفو السماء في غالب أيام السنة.

من خلال تحليل المعطيات الشهرية لدرجة الحرارة لمنطقة غرداية في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث يلاحظ ان متوسط درجة الحرارة يقدر ب (25°C)، كما تبلغ درجة الحرارة القصوى في شهر جوان والمقدرة ب (35°C)، اما بالنسبة لدرجة الحرارة الدنيا فتكون في شهر جانفي والمقدرة ب (10°C)، الشكل (3-7).

من خلال تحليل المعطيات الشهرية بالنسبة للتساقطات لمنطقة غرداية في الفترة الممتدة من (2007/2018)، حيث بالنسبة للتساقط السنوي فيبلغ (35mm)، وتبلغ أكبر نسبة تساقط في شهر سبتمبر والمقدرة ب (100mm)، اما بالنسبة لأقل كمية تساقط فتكون في شهر جويلية والمقدرة ب (10mm)، الشكل (3-8).



الشكل (3-7): المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة (Tmax ,Tmoy,Tmin) لمنطقة غرداية 2007/2018



الشكل (3-8): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة والتساقط لمنطقة غرداية 2007-2018

3-3- معطيات إعادة التحليل للمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF):

للتغلب على مشاكل التباين الزمني في قياسات الأرصاد الجوية والمناخية، لجأ العلماء إلى إعادة تحليل البيانات. تتوفر هذه البيانات في نقاط الشبكة على مستوى المراكز العالمية الرئيسية مثل ECMWF (المركز الأوروبي للتنبؤ بالطقس المتوسط)، NCAR (المركز الوطني للتنبؤ البيئي)، NCEP (أبحاث الغلاف الجوي).

هذه البيانات المعاد تحليلها هي نتائج حسابات لنموذج ارساد جوية رقمي حديث للتنبؤ بالطقس على البيانات السابقة، والتي تمت اضافتها الى بيانات الرصد من عدة مصادر وأدوات مختلفة موزعة بشكل غير متجانس في المنطقة والوقت وفي مساحة واحدة. من بين بيانات المراقبة المدمجة في النموذج: بيانات من المحطات، ومسابير الراديو، والعوامات البحرية، والأقمار الصناعية، والرادارات، والسفن.....

يتم تطبيق الأساليب الإحصائية الناتجة عن النموذج لجعلها قريبة من البيانات الحقيقية. هذه التقنية تسمى استعاب البيانات، وهو بديل الاستيفاء التقليدي المختلفة المستخدمة في علم الأرصاد الجوية.^[15]

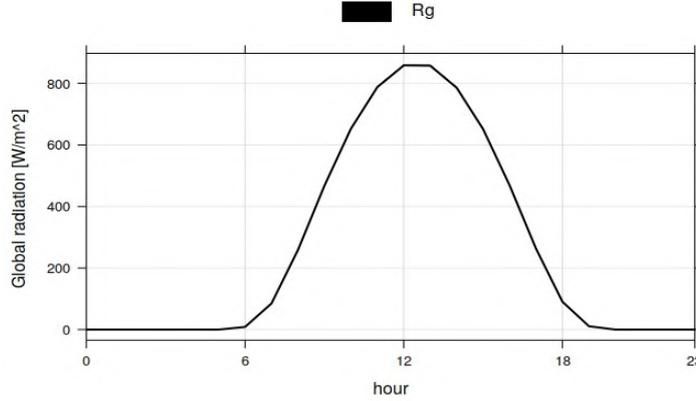
4-3- معطيات ERA5:

هو تحليل عالمي للغلاف الجوي تم تطويره بواسطة خدمة كوبرنيكوس لتغير المناخ(C35) وتم انتاجه في المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى ECMWF وهو يحل محل عمليات إعادة التحليل الأربعة ERA-40, ERA15, FGGE, ERA والمؤقت. تقدم ICDC مجموعة فرعية من البيانات للاستخدام الداخلي، تم استخدام نموذج ECMWF نموذج نظام الأرض IFS، الدورة 41r2 لمعالجة البيانات، يستخدم هذا النوع للتنبؤ بالطقس ويتم تطويره باستمرار بمرور الوقت، الاستخدام المستمر لنموذج مجموعة بيانات إعادة التحليل ينتج عنه قاعدة بيانات متجانسة، بالإضافة الى القياسات الروتينية، يتم تضمين المزيد من بيانات مراقبة الجودة المؤكدة (استيعابها) في الحساب مع النموذج، والتي لم يتم تضمينها في التنبؤ الروتيني. تأتي بيانات الرصد المستوعب هذه من مجموعة متنوعة من المصادر، مثل محطات الطقس، صعود المسبار اللاسلكي، وقياسات السفن، وقياسات الأقمار الصناعية منذ السبعينيات. إعادة التحليل عبارة عن بيانات نموذجية تستند الى قياسات حقيقية ذات دقة مكانية وزمنية جيدة جدا وتستخدم في مجموعة متنوعة من التحليلات العلمية.

تبدأ فترة إعادة تحليل ERA-5 حالياً في عام 1979 ويتم تحديثها باستمرار بحيث تتوفر أحدث البيانات من حوالي ثلاثة أشهر قبل اليوم من ECMWF. يستخدم ERA-5 نفس مستويات الضغط البالغ عددها 37 مثل ERA المؤقت. دقة الوقت من 1 الى 3 ساعات حسب المعلم. لا يتم حساب عمليات إعادة التحليل على شبكة ديكارتيه، ولكن على شبكة مخفضة بدقة تصل الى N320.^[16]

5-3- النتائج المتحصل عليها ومناقشتها:

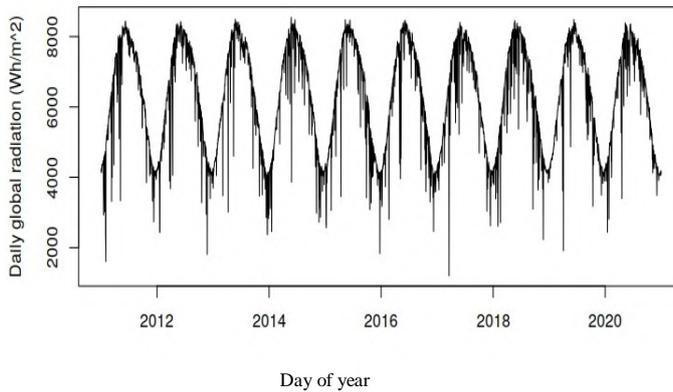
5-3-1- التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020):



الشكل (9-3): التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (9-3) الى التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، حيث يتبين من خلال الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي تكون معدومة في الفترة الليلية ($0W/m^2$)، الى غاية شروق الشمس لتبدأ بالتزايد حتى تصل اقصى حد لها عند 12h، بقيمة تفوق ($800W/m^2$)، ثم تعود لتتناقص تدريجيا الى ان تنعدم بداية غروب الشمس (18h).

5-3-2- التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020):

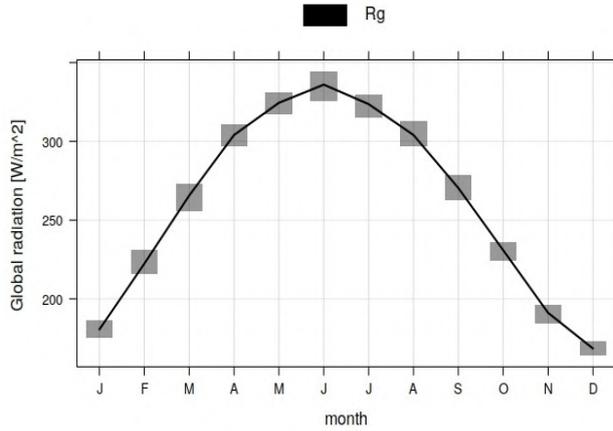


الشكل (10-3): التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (10-3) الى التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة الممتدة من (2011-2020). يتبين من خلال الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي تتغير بانتظام خلال فترة الدراسة

(10 سنوات) بمتوسط يومي قدره $(6.24\text{KW}/\text{m}^2)$ ، حيث يبلغ اقصاه خلال فصل الصيف فيصل لأعلى قيمة قدرها $(8.5\text{KW}/\text{m}^2)$ ، ويتناقص في فصل الشتاء ليصل لأدنى قيمة قدرها $(2.1\text{KW}/\text{m}^2)$ وذلك بسبب وجود الغطاء السحابي والغبار والعوالق وبسبب زاوية ميلان الشمس.

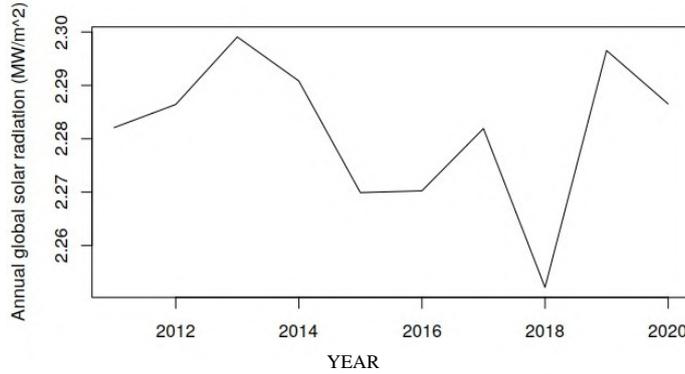
3-5-3- التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار في الفترة (2011-2020):



الشكل (11-3): التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (11-3) الى المتوسط الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تأخذ اقل قيمة ساعية في فصل الشتاء لتصل لأدناها في شهر ديسمبر بقيمة قدرها $(100\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ ، ثم تبدأ بالتزايد لتبلغ اقصى قيمة بشهر جوان والمقدرة بحوالي $(300\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ وذلك يعود لتغير الزوايا الشمسية بين شهري ديسمبر وجوان، وكذلك لاختلاف المسافة بين الارض والشمس، ووجود الغطاء الغيمي.

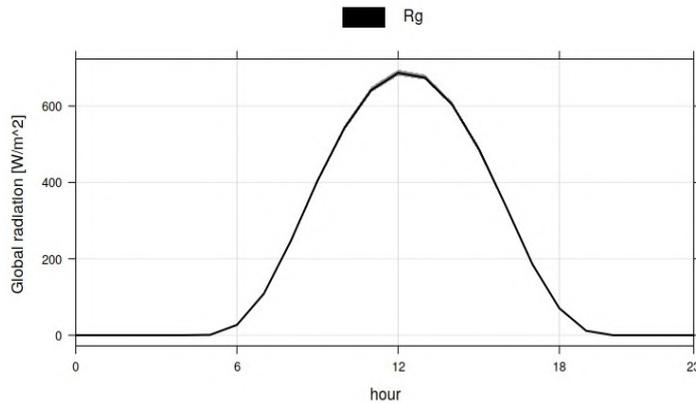
3-5-4- التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لولاية ادرار في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-12): التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-12) الى التباين السنوي لمجموع الاشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي السنوي تتغير بانتظام، بمتوسط قدرت قيمته ب (2.28MW/m^2)، حيث سجلت أدنى قيمة قدرها (2.25MW/m^2) في سنة 2018 وبلغ الاشعاع الشمسي السنوي اقصاه سنة 2013 بقيمة قدرها (2.29MW/m^2).

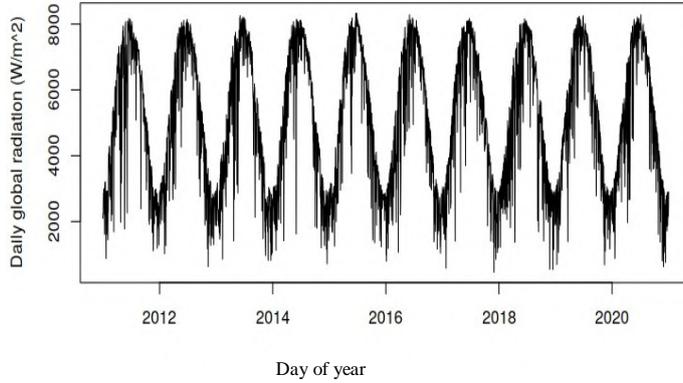
3-5-5- التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-13): التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-13) الى التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، حيث يتبين من خلال الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي تكون معدومة في الفترة الليلية (0W/m^2)، الى غاية شروق الشمس لتبدأ بالتزايد حتى تصل اقصى حد لها عند 12h، بقيمة تفوق (700W/m^2)، ثم تعود لتتناقص تدريجيا الى ان تنعدم بداية غروب الشمس (18h).

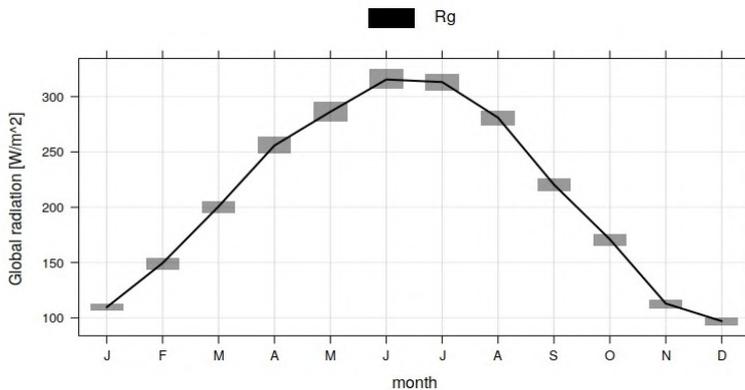
3-5-6- التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لولاية الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-14): التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-14) الى التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يتبين من خلال الشكل ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تتغير بانتظام خلال فترة الدراسة (10 سنوات) بمتوسط يومي قدره $(5KW/m^2)$ ، حيث يبلغ اقصاه في فصل الصيف فيصل لأعلى قيمة قدرها $(8.3KW/m^2)$ ، ويتناقص في فصل الشتاء ليصل لأدنى قيمة قدرها $(0.45KW/m^2)$ وذلك بسبب وجود الغطاء السحابي والغبار والعوالق وبسبب زاوية ميلان الشمس.

3-5-7- التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011-2020):

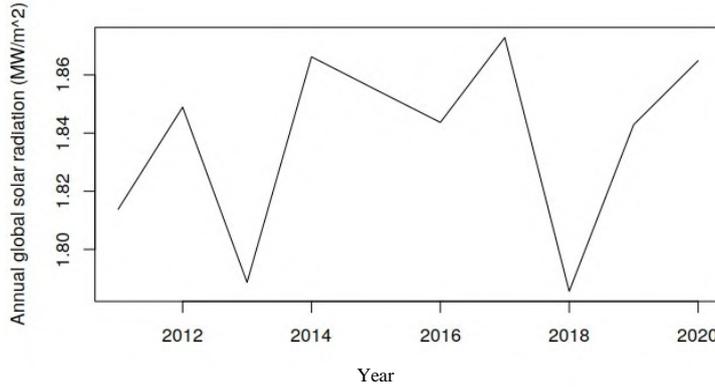


الشكل (3-15): التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020)

يشير الشكل (3-15) الى المتوسط الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تأخذ اقل قيمة ساعية في

فصل الشتاء لتصل لأدناها في شهر ديسمبر بقيمة قدرها $(100\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ ، ثم تبدأ بالتزايد لتبلغ اقصى قيمة بشهر جوان والتي تفوق $(300\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ وذلك يعود لتغير الزوايا الشمسية بين شهري ديسمبر وجوان، وكذلك لاختلاف المسافة بين الارض والشمس، ووجود الغطاء الغيمي.

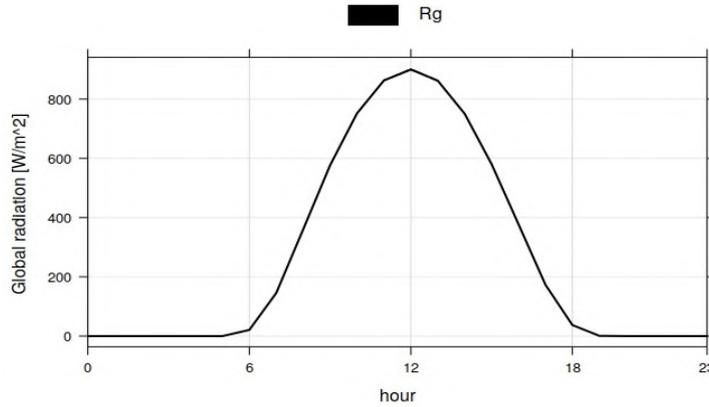
3-5-8- التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة في الفترة (2011/2020):



الشكل (3-16): التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لولاية الجزائر العاصمة خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-16) الى التباين السنوي لمجموع الاشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي السنوي تتغير بانتظام، بمتوسط قدرت قيمته ب $(1.83\text{MW}/\text{m}^2)$ ، حيث سجلت أدنى قيمة قدرها $(1.78\text{MW}/\text{m}^2)$ في سنة 2018 وبلغ الاشعاع الشمسي السنوي اقصاه سنة 2017 بقيمة قدرها $(1.87\text{MW}/\text{m}^2)$.

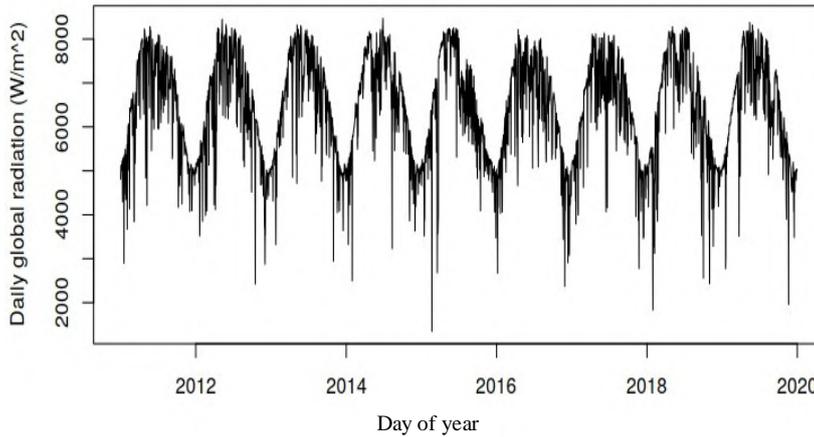
3-5-9- التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراسات في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-17): التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراسات خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-17) الى التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراسات خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، حيث يتبين من خلال الشكل ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تكون معدومة في الفترة الليلية (0W/m^2)، الى غاية شروق الشمس لتبدأ بالتزايد حتى تصل اقصى حد لها عند 12h، بقيمة تفوق (800W/m^2)، ثم تعود لتتناقص تدريجيا الى ان تنعدم بداية غروب الشمس (18h).

3-5-10- التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراسات في الفترة (2011-2020):

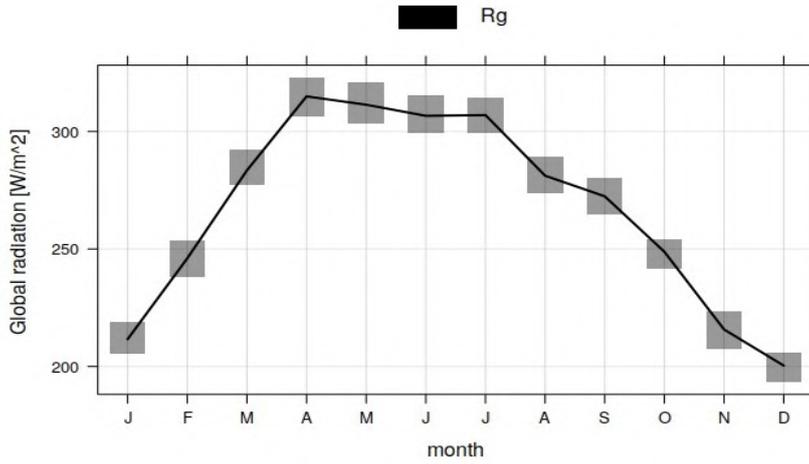


الشكل (3-18): التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراسات خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-18) الى التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لولاية تمراسات خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يتبين من خلال المنحنى ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تتغير بانتظام خلال فترة

الدراسة (10 سنوات) بمتوسط يومي قدره $(6.4\text{KW}/\text{m}^2)$ ، حيث يبلغ اقصاه في فصل الصيف فيصل لأعلى قيمة قدرها $(8.4\text{KW}/\text{m}^2)$ ، ويتناقص في فصل الشتاء ليصل لأدنى قيمة قدرها $(1.3\text{KW}/\text{m}^2)$ وذلك بسبب وجود الغطاء السحابي والغبار والعوالق وبسبب زاوية ميلان الشمس.

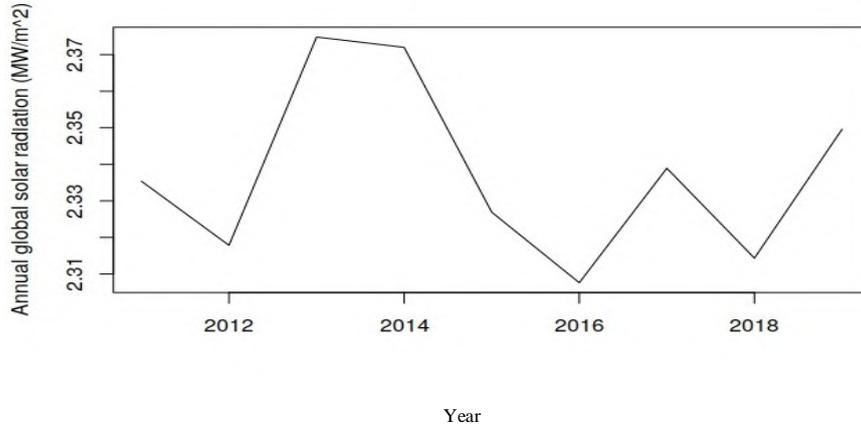
3-5-11- التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمناست في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-19): التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمناست خلال الفترة (2011-2020)

يشير الشكل (3-19) الى المتوسط الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمناست خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تأخذ اقل قيمة ساعية في فصل الشتاء لتصل لأدناها في شهر ديسمبر بقيمة قدرها $(200\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ ، ثم تبدأ بالتزايد لتبلغ اقصى قيمة بشهر افريل والتي تفوق $(300\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ وذلك يعود لتغير الزوايا الشمسية بين شهري ديسمبر وافريل، وكذلك لاختلاف المسافة بين الارض والشمس، ووجود الغطاء الغيمي.

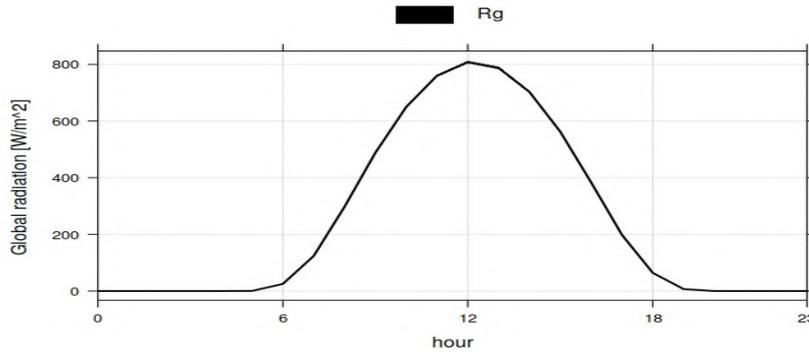
3-5-12- التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراست في الفترة (2011-2020):



الشكل (20-3): التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراست خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (20-3) الى التباين السنوي لمجموع الاشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمراست خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي السنوي تتغير بانتظام، بمتوسط قدرت قيمته ب (2.33MW/m²)، حيث سجلت أدنى قيمة قدرها (2.31MW/m²) في سنة 2016 وبلغ الاشعاع الشمسي السنوي اقصاه سنة 2013 بقيمة قدرها (2.37MW/m²).

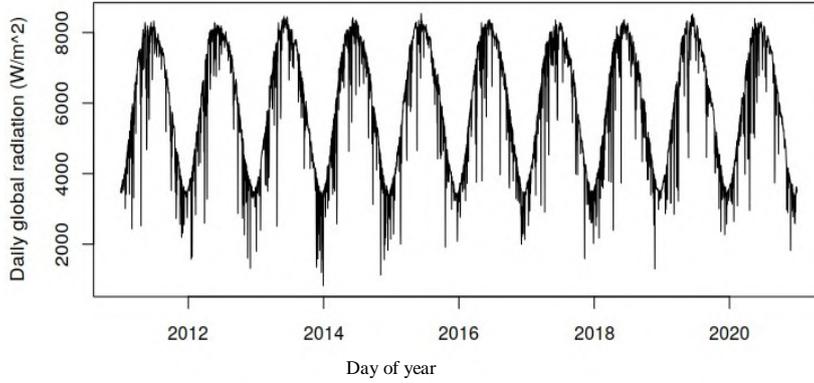
3-5-13- التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020):



الشكل (21-3): التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (21-3) الى التباين الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، حيث يتبين من خلال الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي تكون معدومة في الفترة الليلية (0W/m²)، الى غاية شروق الشمس لتبدأ بالتزايد حتى تصل اقصى حد لها عند 12h، بقيمة قدرها حوالي (800W/m²)، ثم تعود لتتناقص تدريجيا الى ان تنعدم بداية غروب الشمس (18h).

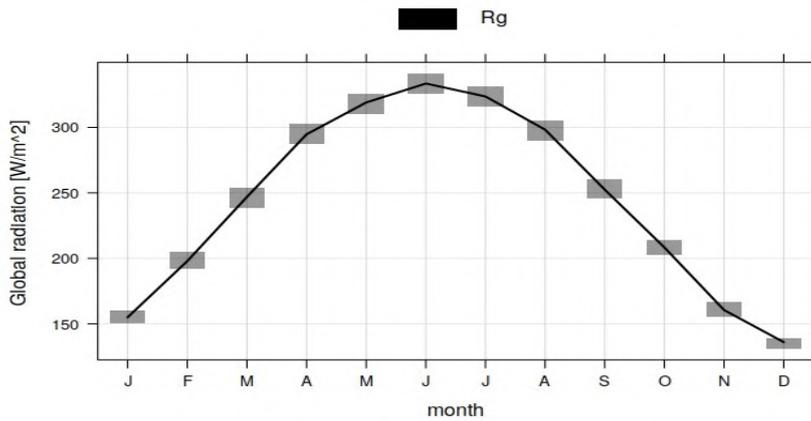
3-5-14- التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-22): التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020)

يشير الشكل (3-22) الى التباين اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يتبين من خلال الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي تتغير بانتظام خلال فترة الدراسة (10 سنوات) بمتوسط يومي قدره (5.85KW/m^2) ، حيث يبلغ اقصاه في فصل الصيف فيصل لأعلى قيمة قدرها (8.5KW/m^2) ، ويتناقص في فصل الشتاء ليصل لأدنى قيمة قدرها (0.82KW/m^2) وذلك بسبب وجود الغطاء السحابي والغبار والعوالق وبسبب زاوية ميلان الشمس.

3-5-15- التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020):

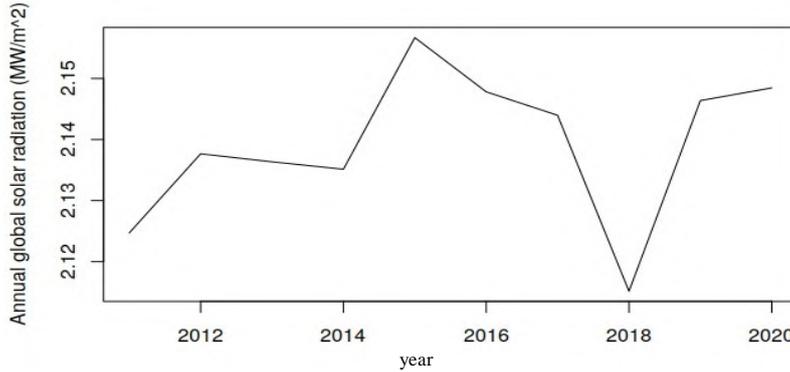


الشكل (3-23): التباين الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-23) الى المتوسط الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الاشعاع الشمسي الكلي تأخذ اقل قيمة ساعية في فصل

الشتاء فتصل لأدناها بشهر ديسمبر بقيمة قدرها $(100\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ ، ثم تبدأ بالتزايد لتبلغ أقصى قيمة بشهر جوان والتي تفوق $(300\text{W}/\text{m}^2/\text{h})$ وذلك يعود لتغير الزوايا الشمسية بين شهري ديسمبر وجوان، وكذلك لاختلاف المسافة بين الأرض والشمس، ووجود الغطاء الغيمي.

3-5-16- التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية في الفترة (2011-2020):



الشكل (3-24): التباين السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية خلال الفترة (2011-2020).

يشير الشكل (3-24) الى التباين السنوي لمجموع الإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار خلال الفترة الممتدة من (2011-2020)، يبين الشكل ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي السنوي تتغير بانتظام، بمتوسط قدرت قيمته ب $(2.14\text{MW}/\text{m}^2)$ ، حيث سجلت أدنى قيمة قدرها $(2.11\text{MW}/\text{m}^2)$ في سنة 2018 وبلغ الإشعاع الشمسي السنوي اقصاه سنة 2015 بقيمة قدرها $(2.15\text{MW}/\text{m}^2)$.

3-5-17- مقارنة التغيرات الساعية للإشعاع الشمسي الكلي في مناطق (ادرار-الجزائر العاصمة -

تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)

من خلال تحليل المنحنيات الساعية (3-9)، (3-13)، (3-17) و(3-21) تبين ان قيم الإشعاع الكلي الساعية لمنطقة (ادرار-الجزائر العاصمة-تمنراست-غرداية) خلال الفترة 2011-2020 تكون معدومة ليلا ثم تتزايد تدريجيا من شروق الشمس الى غاية منتصف النهار (12h) لتبلغ أقصى قيمة لها، ثم تعود للتناقص مرة ثانية عند بداية غروب الشمس، حيث بلغت أقصى قيمة بولاية تمنراست وذلك بقيمة تفوق عن $(800\text{W}/\text{m}^2)$. حيث ان الأشعة الشمسية المارة خلال الغلاف الجوي تعبره بأقصر طريق لها في حين يكون طريقها أطول ما يمكن في ساعات الشروق والغروب مما يعرضها للضياع بسبب مكونات الغلاف الجوي، كما ان زاوية ميل الشمس التي لها تأثير فعال وكبير على مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض، كما ان للغيوم والغبار وعوالق تأثير على كمية الإشعاع الشمسي.

3-5-18- مقارنة التغيرات اليومية للإشعاع الشمسي الكلي في مناطق (ادرار-الجزائر العاصمة - تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)

من خلال تحليل المنحنيات اليومية (3-10)، (3-14)، (3-18)، (3-22) يتبين ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تتغير بانتظام خلال كامل الفترة المدروسة (2011-2020) لكل محطة من محطات الدراسة، لكن بمتوسطات يومية مختلفة فيما بينهم. حيث بلغت اعلى قيمة يومية للإشعاع الشمسي الكلي في منطقتي ادرار وغرداية ($8.5KW/m^2$). اما أدنى القيم فسجلت بمنطقة الجزائر العاصمة حيث ان الأشعة الشمسية المارة خلال الغلاف الجوي تعبره بأقصر طريق لها في حين يكون طريقها أطول ما يمكن في ساعات الشروق والغروب مما يعرضها للضياح بسبب مكونات الغلاف الجوي، كما ان زاوية ميل الشمس التي لها تأثير فعال وكبير على مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض، كما ان للغيوم والغبار وعوالق تأثير على كمية الإشعاع الشمسي.

3-5-19- مقارنة التغيرات الساعية الشهرية للإشعاع الشمسي الكلي في مناطق (ادرار-الجزائر العاصمة-تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)

من خلال المنحنيات الساعية الشهرية (3-11)، (3-15)، (3-19)، (3-23) يتبين ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي تبلغ اقصاها خلال أشهر الشتاء وخاصة شهري ديسمبر وجانفي، وهذا في كل محطات الدراسة. كما تأخذ أدنى القيم خلال أشهر الصيف (خاصة شهر جوان). كما سجلت اعلى معدلات الإشعاع الشمسي الكلي بولاية تمنراست وغرداية حيث زادت عن ($300W/m^2/h$). اما اقل القيم فكانت في ولاية الجزائر العاصمة حيث قدرت بحوالي ($100W/m^2/h$). حيث ان الأشعة الشمسية المارة خلال الغلاف الجوي تعبره بأقصر طريق لها في حين يكون طريقها أطول ما يمكن في ساعات الشروق والغروب مما يعرضها للضياح بسبب مكونات الغلاف الجوي، كما ان زاوية ميل الشمس التي لها تأثير فعال وكبير على مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض، كما ان للغيوم والغبار وعوالق تأثير على كمية الإشعاع الشمسي.

3-5-20- مقارنة التغيرات السنوية للإشعاع الشمسي الكلي في مناطق (ادرار-الجزائر العاصمة - تمنراست-غرداية) خلال الفترة (2011-2020)

من خلال المنحنيات السنوية يتبين ان شدة الإشعاع الشمسي الكلي منتظمة تقريبا خلال كامل الفترة الزمنية المدروسة (2011-2020) لكل منطقة من مناطق الدراسة. حيث تتراوح قيم الإشعاع الشمسي السنوي ما بين ($1.78MW/m^2$) كأدنى قيمة بمنطقة الجزائر العاصمة، و ($2.37MW/m^2$) كأقصى قيمة بمنطقة

تمنراست. حيث ان الاشعة الشمسية المارة خلال الغلاف الجوي تعبره بأقصر طريق لها في حين يكون طريقها أطول ما يمكن في ساعات الشروق والغروب مما يعرضها للضياع بسبب مكونات الغلاف الجوي، كما ان زاوية ميل الشمس التي لها تأثير فعال وكبير على مقدار الاشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض، كما ان للغيوم والغبار وعوالق تأثير على كمية الإشعاع الشمسي.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

قمنا في هذا الفصل بدراسة التباين الزمني للإشعاع الشمسي الكلي لأربع مناطق مختلفة في الجزائر (ادرار- الجزائر-غرداية-تمنراست). حيث تم إيجاد مخططات التباين الساعية واليومية والشهرية والسنوية لكل منطقة وذلك بالاعتماد على بيانات (ERA5) للمركز الأوروبي للتنبؤات الطقسية المتوسطة المدى (ECMWF).

يؤثر الغلاف الجوي في طاقة الإشعاع الشمسي بالنسبة للكرة الأرضية، فهو يعمل على تقليل هذه الطاقة وان جملة ما تكسبه الأرض من هذه الطاقة في السنة لا بد أن يتعادل مع جملة ما يرتد منها إلى الفضاء ، وان هذا التعادل ما يجعل للأرض ميزانية حرارية ثابتة من سنة لأخرى ، ولكن ليس معنى هذا التوازن أن تكون كل أجزاء سطح الأرض أو في كل أيام السنة متعادلة في مكسبها أو خسارتها للإشعاع الشمسي، لان توزيع هذا الإشعاع يختلف من مكان لآخر ومن فصل إلى آخر وذلك ما يسمى بالتباين الزمني للإشعاع الشمسي نتيجة لتأثره بعدة عوامل أهمها ما يلي:

-اختلاف الالبيدو الأرضي من مكان إلى آخر ومن وقت لآخر.

-اختلاف البعد بين الأرض والشمس على حسب الفصول خاصة في الصيف عنه في الشتاء.

-اختلاف طول الليل والنهار في العروض المختلفة وفي الفصول المختلفة.

-اختلاف الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض.

ولقد تبين لنا من خلال الدراسة المتعلقة بالتباين الزمني للإشعاع الشمسي الكلي للمحطات الاربعة المختارة في عموم الجزائر والمتمثلة في ادرار، الجزائر العاصمة، تمنراست وغرداية ان الدراسة الساعية، اليومية، الشهرية والسنوية خلال الفترة الزمنية (2011-2020) اوضحت ما يلي:

منطقة ادرار:

يبلغ المجموع الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار قيمة تفوق ($800W/m^2$).

يبلغ المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار قيمة قدرها ($6.24KW/m^2$) حيث سجلت اعلى قيمة ($5.8KW/m^2$) وأدنى قيمة كانت تبلغ ($2.1KW/m^2$).

اما عن التحليل الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار ان اعلى قيمة كانت أكثر من ($300/m^2/h$). كما سجلت ($100W/m^2/h$) كأدنى قيمة.

يبلغ المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة ادرار (2.28MW/m^2) مع اعلى قيمة (2.29MW/m^2) وأدنى قيمة (2.25MW/m^2).

منطقة الجزائر العاصمة:

يبلغ المجموع الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة قيمة تفوق (700W/m^2). يبلغ المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة قيمة قدرها (5KW/m^2) كما سجلت اعلى قيمة (8.33KW/m^2) وادنى قيمة كانت تبلغ (0.45KW/m^2).

اما عن التحليل الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة ان اعلى قيمة كانت تفوق ($300\text{W/m}^2/\text{h}$). كما سجلت ($100\text{W/m}^2/\text{h}$) كأدنى قيمة.

يبلغ المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الجزائر العاصمة (1.83MW/m^2) مع اعلى قيمة (1.87MW/m^2) وأدنى قيمة (1.78MW/m^2).

منطقة تمنراست:

يبلغ المجموع الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست قيمة تفوق (800W/m^2).

يبلغ المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة قيمة قدرها تمنراست (6.4KW/m^2) كما سجلت اعلى قيمة (8.4KW/m^2) وادنى قيمة كانت تبلغ (1.3KW/m^2).

اما عن التحليل الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست ان اعلى قيمة كانت تفوق ($300\text{W/m}^2/\text{h}$). كما سجلت ($200\text{W/m}^2/\text{h}$) كأدنى قيمة.

يبلغ المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة تمنراست (2.33MW/m^2) مع اعلى قيمة (2.37MW/m^2) وأدنى قيمة (2.31MW/m^2).

منطقة غرداية:

يبلغ المجموع الساعي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية قيمة حوالي (800W/m^2).

يبلغ المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية قيمة قدرها (5.85KW/m^2) كما سجلت اعلى قيمة (8.5KW/m^2) وأدنى قيمة كانت تبلغ (0.82KW/m^2).

اما عن التحليل الساعي الشهري للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية ان اعلى قيمة تفوق (300W/m²/h) كما سجلت (100W/m²/h) كأدنى قيمة.

يبلغ المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة غرداية (2.14MW/m²) مع اعلى قيمة (2.15MW/m²) وأدنى قيمة (2.11MW/m²).

المصادر و المراجع

المراجع باللغة العربية:

- [1] سوداني محمد البر، "تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي"، مذكرة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2018.
- [2] أولاد سالم حليلة، "تقدير الاشعاع الشمسي في منطقة ورقلة وتأثير طرق التتبع الشمسي و زوايا توجيه اللاقط على شدة الاشعاع"، 2016.
- [3] الزهرة حمادي-خليفة صبرينة، "دراسة كفاءة ليزر بواسطة الضخ الجانبي ل: dN:GAY"، مذكرة ماستر، جامعة حمى لخضر الوادي، 2018.
- [4] الدكتور احمد احمد، "الاشعاع الشمسي اجهزته وانواعه"، 21 افريل 2010.
- [5] الدكتور سعود يوسف عياش، "كتاب تكنولوجيا الطاقة البديلة"، عالم المعرفة، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الاداب، الكويت، 1978.
- [6] الدكتور خلف الله عمر قاسم، "نظرية الاشعاع الشمسي".
- [7] دكتور مهندس-كاميليا يوسف محمد، "كتاب الطاقة الكهروشمسية".
- [8] بن ناجي عبيد، "تقدير الاشعاع الشمسي الكلي باستخدام الأقمار الصناعية"، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2017.
- [9] مصطفى احمد محمد مجيد، "العلاقة المتداخلة بين الاشعاع الشمسي والغيوم في مدينة الموصل" مذكرة ماجستير، جامعة الموصل، 2008.
- [10] الدكتور حميد رجب عبد الحكيم عبد الله الجنابي، "العوامل المؤثرة على توزيع الاشعاع الشمسي على سطح الأرض، محاضرة علمية، جامعة الانبار، المعرفة الجغرافية.
- [11] "الاشعاع الشمسي وطرق القياس" المعرفة الجغرافية، 2017.
- [12] فرانك شومان، "كتاب الطاقة الشمسية" المفاهيم والتطبيقات.

المراجع باللغة الأجنبية:

[13] OULIMAR IBRAHIM . "ETUDE ET MODELISATION DU RAYONNEMENT GLOBALE HORIZONTAL EN FONCTION DE LA DUREE D'INSOLATION", MEMOIRE MASTER, ADRAR ,2018

[15] BARKA IBTISSAM-BARKA DALAL, " ETUDE COMPARATION DES DONNEES DU VENT OBSERVEES ET LES DONNEES REANALYSEES ECMWF A HASSI RMEL ET GHARDAIA , "MEMOIR MASTER, 2017.

مواقع الانترنت:

[14] "https://www.marefa.org/index.php?"

[16] https :icdc.cen.uni.hamburg.de/en/era5.html

**ملحق: تقارير تحليل معطيات
الاشعاع الشمسي الكلي في
مناطق الدراسة**

الملحق 1: ادرار

Report Properties

Report Created: 10 /06/2021 21:35 using Windographer 4.0.28
 Filter Settings: < Unflagged data >
 Description: Global solar radiation

Monthly Statistics

#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	Jan	31	31	100.00	4,122.1	4,357.9	2,111.6	4,729.0	664.8
2	2011	Feb	28	28	100.00	5,310.9	5,460.2	1,609.5	5,929.1	792.5
3	2011	Mar	31	31	100.00	6,165.6	6,310.4	3,315.8	7,089.1	900.2
4	2011	Apr	30	30	100.00	7,289.0	7,449.1	5,098.7	8,002.5	607.0
5	2011	May	31	31	100.00	7,718.1	7,975.0	3,337.3	8,294.3	903.4
6	2011	Jun	30	30	100.00	8,157.2	8,160.9	7,771.6	8,439.0	149.4
7	2011	Jul	31	31	100.00	7,842.3	7,848.1	7,423.0	8,140.3	168.0
8	2011	Aug	31	31	100.00	7,418.2	7,464.5	6,915.7	7,769.8	180.0
9	2011	Sep	30	30	100.00	6,579.2	6,700.9	5,403.9	7,196.9	480.4
10	2011	Oct	31	31	100.00	5,688.2	5,873.8	3,850.3	6,231.6	533.0
11	2011	Nov	30	30	100.00	4,694.9	4,663.8	4,046.9	5,172.0	340.3
12	2011	Dec	31	31	100.00	4,006.1	4,123.1	2,735.7	4,304.0	332.8
13	2012	Jan	31	31	100.00	4,285.6	4,395.6	2,436.0	4,977.2	552.4
14	2012	Feb	29	29	100.00	5,416.9	5,323.2	4,786.8	6,052.3	365.5
15	2012	Mar	31	31	100.00	6,154.5	6,329.7	3,676.8	7,125.5	758.6
16	2012	Apr	30	30	100.00	7,155.2	7,352.0	4,058.1	7,970.0	905.3
17	2012	May	31	31	100.00	8,106.1	8,138.0	7,393.1	8,362.8	210.2
18	2012	Jun	30	30	100.00	8,046.0	8,122.9	7,242.8	8,424.4	278.4
19	2012	Jul	31	31	100.00	7,743.5	7,808.8	7,038.9	8,111.0	284.8
20	2012	Aug	31	31	100.00	7,404.5	7,383.8	6,746.9	7,736.3	235.9
21	2012	Sep	30	30	100.00	6,560.9	6,767.0	4,883.1	7,215.7	485.9
22	2012	Oct	31	31	100.00	5,426.0	5,602.1	3,280.6	6,113.0	613.3
23	2012	Nov	30	30	100.00	4,516.2	4,698.6	1,808.4	5,025.5	660.9
24	2012	Dec	31	31	100.00	4,137.5	4,138.2	3,397.4	4,388.0	178.2
25	2013	Jan	31	31	100.00	4,484.4	4,485.4	3,690.4	4,992.0	293.8
26	2013	Feb	28	28	100.00	5,528.2	5,579.7	5,046.7	6,029.4	294.2

27	2013	Mar	31	31	100.00	6,449.1	6,406.4	3,477.2	7,089.5	668.5
28	2013	Apr	30	30	100.00	7,288.2	7,521.3	3,011.1	8,111.6	975.6
29	2013	May	31	31	100.00	7,925.6	8,109.7	4,604.2	8,493.3	739.6
30	2013	Jun	30	30	100.00	8,140.6	8,199.9	7,340.1	8,412.8	244.0
31	2013	Jul	31	31	100.00	7,714.4	7,754.0	7,245.4	8,092.8	192.8
32	2013	Aug	31	31	100.00	7,482.5	7,529.0	6,796.5	7,863.6	278.3
33	2013	Sep	30	30	100.00	6,509.2	6,487.9	4,256.9	7,259.4	558.1
34	2013	Oct	31	31	100.00	5,610.2	5,662.6	3,467.5	6,307.5	504.3
35	2013	Nov	30	30	100.00	4,635.8	4,718.2	3,501.5	5,163.1	372.3
36	2013	Dec	31	31	100.00	3,787.7	4,081.1	2,368.8	4,313.6	580.4
37	2014	Jan	31	31	100.00	4,267.5	4,323.0	2,457.5	4,875.3	491.1
38	2014	Feb	28	28	100.00	5,458.3	5,419.4	4,787.2	5,967.6	335.9
39	2014	Mar	31	31	100.00	6,531.7	6,518.5	4,952.6	7,306.8	490.3
40	2014	Apr	30	30	100.00	7,505.3	7,525.4	6,344.6	7,937.8	368.0
41	2014	May	31	31	100.00	7,682.4	7,955.9	3,865.3	8,547.2	912.5
42	2014	Jun	30	30	100.00	8,072.7	8,182.8	6,397.0	8,476.0	414.6
43	2014	Jul	31	31	100.00	7,754.5	7,796.2	6,721.1	8,139.9	328.1
44	2014	Aug	31	31	100.00	7,257.4	7,260.2	6,054.1	7,840.3	375.8
45	2014	Sep	30	30	100.00	6,593.1	6,721.8	5,228.2	7,148.3	457.9
46	2014	Oct	31	31	100.00	5,655.3	5,735.8	4,304.0	6,300.0	418.5
47	2014	Nov	30	30	100.00	4,406.1	4,615.9	2,721.4	5,202.8	643.0
48	2014	Dec	31	31	100.00	4,098.9	4,168.6	2,869.0	4,308.2	267.7
49	2015	Jan	31	31	100.00	4,312.5	4,395.2	2,566.5	4,937.5	584.2
50	2015	Feb	28	28	100.00	5,242.0	5,355.2	3,060.0	5,924.8	583.3
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
51	2015	Mar	31	31	100.00	6,445.7	6,544.6	4,600.9	7,049.8	527.3
52	2015	Apr	30	30	100.00	7,337.7	7,438.4	3,452.0	8,107.2	863.0
53	2015	May	31	31	100.00	8,064.2	8,151.2	6,497.4	8,478.0	426.4
54	2015	Jun	30	30	100.00	8,153.0	8,183.6	7,749.5	8,467.4	147.2
55	2015	Jul	31	31	100.00	7,824.3	7,854.0	7,341.1	8,208.1	208.8
56	2015	Aug	31	31	100.00	7,155.6	7,241.8	5,424.3	7,749.0	441.7
57	2015	Sep	30	30	100.00	6,248.9	6,694.0	3,416.4	7,086.5	799.3
58	2015	Oct	31	31	100.00	5,191.5	5,387.0	3,082.1	6,315.0	891.5
59	2015	Nov	30	30	100.00	4,595.3	4,591.0	3,996.4	5,112.9	252.9
60	2015	Dec	31	31	100.00	4,009.1	4,135.8	1,836.3	4,384.6	462.0
61	2016	Jan	31	31	100.00	4,297.1	4,348.9	3,174.6	4,892.5	436.3

62	2016	Feb	29	29	100.00	5,246.4	5,309.7	2,806.0	6,163.6	688.2
63	2016	Mar	31	31	100.00	6,578.6	6,601.0	5,738.7	7,175.0	386.5
64	2016	Apr	30	30	100.00	7,420.2	7,593.6	6,140.1	7,860.3	389.0
65	2016	May	31	31	100.00	7,264.8	8,096.2	3,959.3	8,378.1	1,400.1
66	2016	Jun	30	30	100.00	8,201.3	8,209.6	7,805.4	8,462.1	155.8
67	2016	Jul	31	31	100.00	7,768.0	7,796.0	6,820.2	8,201.4	256.1
68	2016	Aug	31	31	100.00	7,308.0	7,328.4	6,462.5	7,775.5	309.4
69	2016	Sep	30	30	100.00	6,442.4	6,577.5	4,215.0	7,242.4	641.8
70	2016	Oct	31	31	100.00	5,453.0	5,565.3	3,594.7	6,266.1	665.2
71	2016	Nov	30	30	100.00	4,512.9	4,539.6	3,299.9	5,161.9	450.4
72	2016	Dec	31	31	100.00	3,936.9	4,069.2	2,461.5	4,269.6	358.9
73	2017	Jan	31	31	100.00	4,456.9	4,502.6	3,643.2	4,885.4	309.8
74	2017	Feb	28	28	100.00	5,331.5	5,358.0	4,328.7	5,998.4	409.9
75	2017	Mar	31	31	100.00	6,177.5	6,406.7	1,201.9	7,332.6	1,124.6
76	2017	Apr	30	30	100.00	7,306.8	7,407.6	5,552.7	7,887.0	490.6
77	2017	May	31	31	100.00	7,664.6	7,909.6	5,224.4	8,407.5	742.6
78	2017	Jun	30	30	100.00	7,839.9	7,932.1	6,112.8	8,304.5	461.3
79	2017	Jul	31	31	100.00	7,797.3	7,849.0	6,978.6	8,185.7	270.6
80	2017	Aug	31	31	100.00	7,404.5	7,323.8	6,765.8	7,769.3	238.9
81	2017	Sep	30	30	100.00	6,666.2	6,757.8	6,126.0	7,057.6	303.8
82	2017	Oct	31	31	100.00	5,671.4	5,638.3	4,691.8	6,130.6	332.7
83	2017	Nov	30	30	100.00	4,620.0	4,730.7	3,039.6	5,272.4	475.3
84	2017	Dec	31	31	100.00	4,042.4	4,145.7	2,621.6	4,427.5	367.8
85	2018	Jan	31	31	100.00	4,316.3	4,323.4	3,390.5	4,825.0	357.6
86	2018	Feb	28	28	100.00	5,026.4	5,237.0	2,610.1	5,953.5	824.9
87	2018	Mar	31	31	100.00	6,430.2	6,488.8	5,467.9	7,107.0	426.2
88	2018	Apr	30	30	100.00	7,252.0	7,560.0	5,265.8	7,921.8	710.9
89	2018	May	31	31	100.00	7,858.2	8,039.5	6,231.1	8,457.1	530.0
90	2018	Jun	30	30	100.00	7,923.8	8,127.2	5,373.5	8,382.0	624.3
91	2018	Jul	31	31	100.00	7,743.5	7,847.4	6,648.2	8,106.2	342.2
92	2018	Aug	31	31	100.00	7,005.2	7,165.2	5,589.1	7,635.2	497.4
93	2018	Sep	30	30	100.00	6,222.1	6,388.0	3,094.7	7,064.3	834.1
94	2018	Oct	31	31	100.00	5,418.5	5,582.5	3,638.1	6,306.2	776.9
95	2018	Nov	30	30	100.00	4,589.9	4,704.4	2,230.5	5,275.7	605.4
96	2018	Dec	31	31	100.00	4,189.4	4,184.7	3,851.9	4,388.8	91.5
97	2019	Jan	31	31	100.00	4,494.8	4,502.5	3,966.2	4,897.9	225.3
98	2019	Feb	28	28	100.00	5,473.5	5,489.4	4,915.5	6,016.0	333.8

99	2019	Mar	31	31	100.00	6,266.6	6,356.9	3,614.9	6,891.3	612.4
100	2019	Apr	30	30	100.00	7,335.5	7,701.7	1,915.4	7,973.7	1,103.3
101	2019	May	31	31	100.00	7,761.8	8,062.8	4,869.8	8,238.9	730.5
102	2019	Jun	30	30	100.00	8,188.2	8,230.9	7,832.0	8,484.5	159.3
103	2019	Jul	31	31	100.00	7,796.1	7,827.0	7,172.1	8,058.3	226.2
104	2019	Aug	31	31	100.00	7,268.9	7,444.8	5,554.0	7,748.3	469.6
105	2019	Sep	30	30	100.00	6,455.4	6,565.9	5,065.5	7,106.7	486.2
106	2019	Oct	31	31	100.00	5,570.4	5,577.3	3,178.0	6,401.1	681.6
107	2019	Nov	30	30	100.00	4,737.7	4,786.8	4,038.6	5,177.7	294.9
108	2019	Dec	31	31	100.00	4,124.2	4,142.2	3,490.8	4,365.6	171.2
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
109	2020	Jan	31	31	100.00	4,311.8	4,371.2	2,439.9	4,978.0	533.8
110	2020	Feb	29	29	100.00	5,327.6	5,326.1	3,996.8	6,045.5	504.2
111	2020	Mar	31	31	100.00	6,542.6	6,500.2	6,032.7	7,067.3	329.7
112	2020	Apr	30	30	100.00	7,075.8	7,289.6	3,400.6	7,946.6	973.4
113	2020	May	31	31	100.00	7,828.3	8,043.5	6,027.0	8,395.0	575.4
114	2020	Jun	30	30	100.00	7,917.4	8,094.8	6,613.0	8,357.8	424.7
115	2020	Jul	31	31	100.00	7,685.1	7,755.2	6,732.0	8,078.9	298.3
116	2020	Aug	31	31	100.00	7,256.0	7,298.0	5,785.2	7,941.8	424.1
117	2020	Sep	30	30	100.00	6,607.8	6,639.5	5,736.7	7,169.5	282.7
118	2020	Oct	31	31	100.00	5,721.7	5,714.9	5,063.9	6,293.4	359.0
119	2020	Nov	30	30	100.00	4,565.9	4,560.2	4,125.8	5,235.9	240.0
120	2020	Dec	31	31	100.00	4,106.7	4,097.1	3,485.6	4,298.6	153.0
All Data			3,653	3,653	100.00	6,245.8	6,429.7	1,201.9	8,547.2	1,487.8
Mean of monthly means						6,245.9				

Monthly Flag Statistics

#	Year	Month	Time Steps Flagged As < Unflagged data >
1	2011	Jan	31
2	2011	Feb	28
3	2011	Mar	31
4	2011	Apr	30
5	2011	May	31
6	2011	Jun	30
7	2011	Jul	31
8	2011	Aug	31
9	2011	Sep	30
10	2011	Oct	31
11	2011	Nov	30
12	2011	Dec	31

13	2012	Jan	31
14	2012	Feb	29
15	2012	Mar	31
16	2012	Apr	30
17	2012	May	31
18	2012	Jun	30
19	2012	Jul	31
20	2012	Aug	31
21	2012	Sep	30
22	2012	Oct	31
23	2012	Nov	30
24	2012	Dec	31
25	2013	Jan	31
26	2013	Feb	28
27	2013	Mar	31
28	2013	Apr	30
29	2013	May	31
30	2013	Jun	30
31	2013	Jul	31
32	2013	Aug	31
33	2013	Sep	30
34	2013	Oct	31
35	2013	Nov	30
36	2013	Dec	31
37	2014	Jan	31
38	2014	Feb	28
39	2014	Mar	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
40	2014	Apr	30
41	2014	May	31
42	2014	Jun	30
43	2014	Jul	31
44	2014	Aug	31
45	2014	Sep	30
46	2014	Oct	31
47	2014	Nov	30
48	2014	Dec	31
49	2015	Jan	31
50	2015	Feb	28
51	2015	Mar	31
52	2015	Apr	30
53	2015	May	31
54	2015	Jun	30
55	2015	Jul	31
56	2015	Aug	31
57	2015	Sep	30
58	2015	Oct	31
59	2015	Nov	30
60	2015	Dec	31
61	2016	Jan	31

62	2016	Feb	29
63	2016	Mar	31
64	2016	Apr	30
65	2016	May	31
66	2016	Jun	30
67	2016	Jul	31
68	2016	Aug	31
69	2016	Sep	30
70	2016	Oct	31
71	2016	Nov	30
72	2016	Dec	31
73	2017	Jan	31
74	2017	Feb	28
75	2017	Mar	31
76	2017	Apr	30
77	2017	May	31
78	2017	Jun	30
79	2017	Jul	31
80	2017	Aug	31
81	2017	Sep	30
82	2017	Oct	31
83	2017	Nov	30
84	2017	Dec	31
85	2018	Jan	31
86	2018	Feb	28
87	2018	Mar	31
88	2018	Apr	30
89	2018	May	31
90	2018	Jun	30
91	2018	Jul	31
92	2018	Aug	31
93	2018	Sep	30
94	2018	Oct	31
95	2018	Nov	30
96	2018	Dec	31
97	2019	Jan	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
98	2019	Feb	28
99	2019	Mar	31
100	2019	Apr	30
101	2019	May	31
102	2019	Jun	30
103	2019	Jul	31
104	2019	Aug	31
105	2019	Sep	30
106	2019	Oct	31
107	2019	Nov	30
108	2019	Dec	31
109	2020	Jan	31
110	2020	Feb	29

111	2020	Mar	31
112	2020	Apr	30
113	2020	May	31
114	2020	Jun	30
115	2020	Jul	31
116	2020	Aug	31
117	2020	Sep	30
118	2020	Oct	31
119	2020	Nov	30
120	2020	Dec	31
All data	3,653		

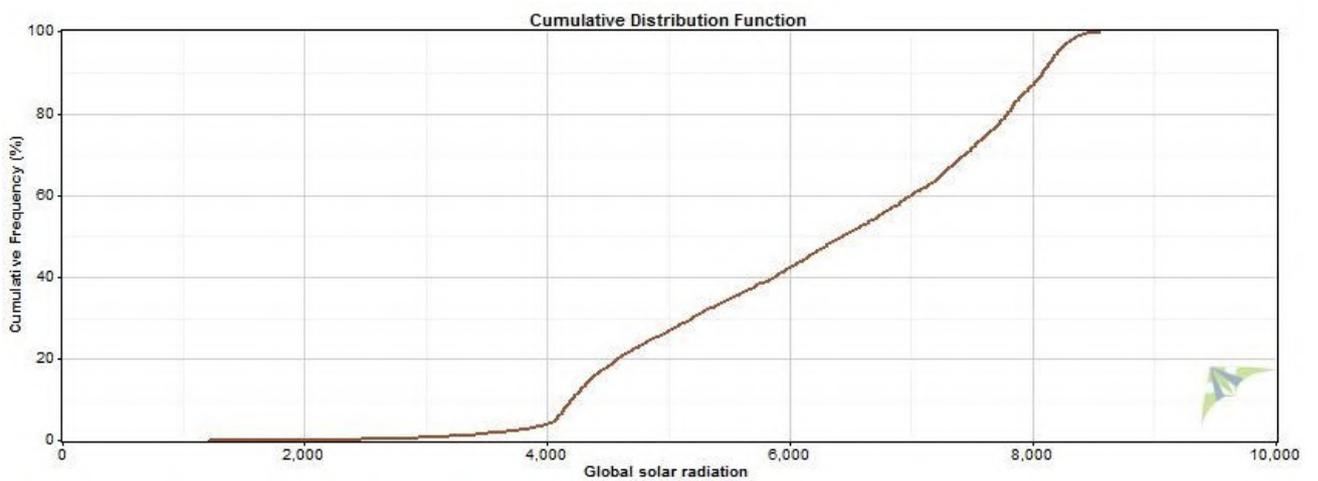
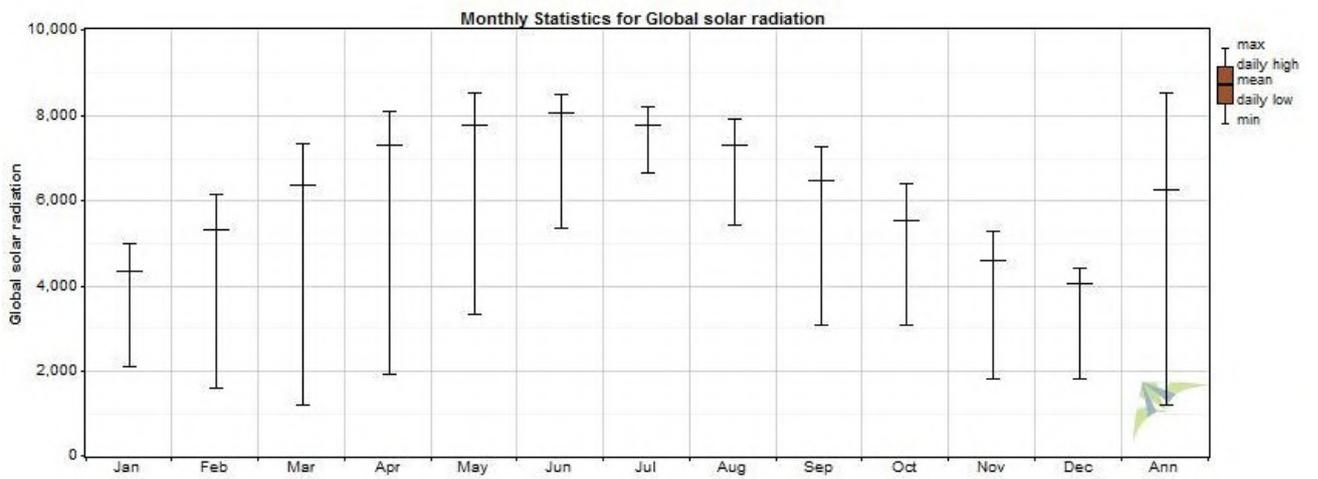
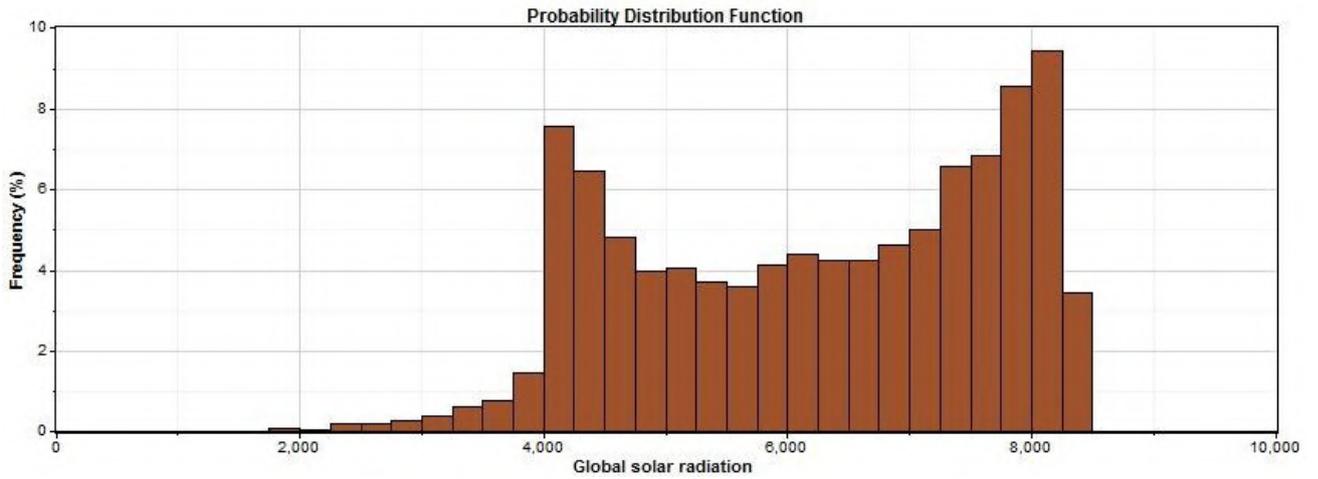
Annual Statistics

#	Year	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	365	365	100.00	6,252.3	6,454.5	1,609.5	8,439.0	1,528.3
2	2012	366	366	100.00	6,247.1	6,401.4	1,808.4	8,424.4	1,502.9
3	2013	365	365	100.00	6,298.8	6,439.0	2,368.8	8,493.3	1,510.8
4	2014	365	365	100.00	6,276.2	6,461.9	2,457.5	8,547.2	1,480.7
5	2015	365	365	100.00	6,218.9	6,437.3	1,836.3	8,478.0	1,554.7
6	2016	366	366	100.00	6,202.9	6,410.7	2,461.5	8,462.1	1,524.0
7	2017	365	365	100.00	6,251.8	6,501.9	1,201.9	8,407.5	1,437.6
8	2018	365	365	100.00	6,170.3	6,308.9	2,230.5	8,457.1	1,478.4
9	2019	365	365	100.00	6,291.9	6,365.7	1,915.4	8,484.5	1,446.3
10	2020	366	366	100.00	6,247.3	6,510.9	2,439.9	8,395.0	1,422.2
All Data		3,653	3,653	100.00	6,245.8	6,429.7	1,201.9	8,547.2	1,487.8
Mean of monthly means					6,245.9				

Annual Flag Statistics

#	Year	Time Steps Flagged As < Unflagged data >
1	2011	365
2	2012	366
3	2013	365
4	2014	365
5	2015	365
6	2016	366
7	2017	365
8	2018	365
9	2019	365
10	2020	366
All data	3,653	

Additional Graphs



الملحق 2: الجزائر العاصمة

Report Properties

Report Created: 15 /06/2021 11:55 using Windographer 4.0.28
 Filter: Global solar radiation
 Settings:Description:

Monthly Statistics

#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	Jan	31	31	100.00	2,513.8	2,697.4	876.0	3,203.6	554.4
2	2011	Feb	28	28	100.00	3,321.1	3,515.9	1,443.7	4,714.2	869.5
3	2011	Mar	31	31	100.00	4,939.7	5,019.0	1,689.2	6,279.4	996.0
4	2011	Apr	30	30	100.00	6,146.4	6,710.9	1,977.4	7,358.6	1,389.1
5	2011	May	31	31	100.00	6,445.8	7,212.9	1,777.1	8,065.1	1,563.1
6	2011	Jun	30	30	100.00	7,161.6	7,739.9	2,258.7	8,169.2	1,333.5
7	2011	Jul	31	31	100.00	7,387.2	7,384.6	6,467.2	8,073.0	379.9
8	2011	Aug	31	31	100.00	6,908.6	7,131.1	5,086.7	7,591.3	542.7
9	2011	Sep	30	30	100.00	5,554.1	5,728.9	2,386.2	6,586.7	877.5
10	2011	Oct	31	31	100.00	4,102.1	4,275.3	1,912.1	5,180.3	946.2
11	2011	Nov	30	30	100.00	2,683.3	2,775.5	1,111.7	3,864.1	709.7
12	2011	Dec	31	31	100.00	2,363.2	2,425.1	1,187.4	2,983.2	468.8
13	2012	Jan	31	31	100.00	2,850.3	2,908.4	1,929.8	3,400.1	410.0
14	2012	Feb	29	29	100.00	3,535.9	3,609.6	1,022.9	5,099.6	1,088.6
15	2012	Mar	31	31	100.00	4,894.5	4,917.0	2,628.4	6,304.1	1,017.7
16	2012	Apr	30	30	100.00	5,997.2	6,659.4	2,988.4	7,703.8	1,333.8
17	2012	May	31	31	100.00	7,173.3	7,527.2	4,263.8	8,047.5	984.6
18	2012	Jun	30	30	100.00	7,565.9	7,708.5	6,283.8	8,140.2	521.6
19	2012	Jul	31	31	100.00	7,540.6	7,568.0	6,437.0	8,038.9	356.5
20	2012	Aug	31	31	100.00	6,823.1	7,042.3	4,016.1	7,411.1	645.7
21	2012	Sep	30	30	100.00	5,187.1	5,624.5	2,760.6	6,443.6	975.7
22	2012	Oct	31	31	100.00	4,102.3	4,294.9	1,896.2	5,336.9	869.9
23	2012	Nov	30	30	100.00	2,531.7	2,837.1	627.9	3,609.9	816.1
24	2012	Dec	31	31	100.00	2,355.7	2,463.6	1,296.7	2,926.7	440.3
25	2013	Jan	31	31	100.00	2,509.2	2,355.5	1,468.2	3,799.7	669.2
26	2013	Feb	28	28	100.00	3,390.1	3,572.1	857.3	4,436.4	791.6
27	2013	Mar	31	31	100.00	4,609.9	4,917.7	2,455.6	6,208.4	1,042.3

28	2013	Apr	30	30	100.00	5,969.5	6,268.6	1,409.1	7,632.7	1,432.4
29	2013	May	31	31	100.00	6,239.6	6,745.1	2,865.9	7,810.8	1,459.1
30	2013	Jun	30	30	100.00	7,834.4	8,016.8	6,735.0	8,256.8	382.5
31	2013	Jul	31	31	100.00	7,433.0	7,422.2	6,389.5	8,145.4	398.6
32	2013	Aug	31	31	100.00	6,747.6	6,951.1	4,020.3	7,766.8	832.2
33	2013	Sep	30	30	100.00	5,120.5	5,343.8	2,130.7	6,179.1	844.5
34	2013	Oct	31	31	100.00	4,050.7	4,244.0	1,479.4	5,122.9	818.2
35	2013	Nov	30	30	100.00	2,563.7	2,492.3	963.9	3,958.5	810.0
36	2013	Dec	31	31	100.00	2,251.8	2,430.2	816.6	3,033.0	681.8
37	2014	Jan	31	31	100.00	2,544.8	2,624.2	1,124.1	3,354.7	521.4
38	2014	Feb	28	28	100.00	3,667.2	3,730.8	1,949.3	4,881.1	853.5
39	2014	Mar	31	31	100.00	4,779.8	4,686.1	1,412.7	6,569.1	1,067.6
40	2014	Apr	30	30	100.00	6,588.3	6,821.7	4,900.8	7,592.9	808.1
41	2014	May	31	31	100.00	7,271.1	7,536.6	4,502.4	8,072.4	841.0
42	2014	Jun	30	30	100.00	7,360.8	7,821.6	1,621.0	8,145.2	1,467.1
43	2014	Jul	31	31	100.00	7,589.3	7,681.3	6,499.4	8,111.0	369.5
44	2014	Aug	31	31	100.00	6,981.3	7,037.1	6,138.7	7,596.2	341.6
45	2014	Sep	30	30	100.00	5,431.9	5,742.7	3,554.7	6,577.8	876.7
46	2014	Oct	31	31	100.00	4,151.2	4,395.9	1,799.6	5,000.9	816.3
47	2014	Nov	30	30	100.00	2,790.5	2,809.6	1,202.7	3,940.4	690.4
48	2014	Dec	31	31	100.00	2,114.5	2,159.0	715.4	2,942.8	571.4
49	2015	Jan	31	31	100.00	2,557.4	2,629.9	1,668.8	3,161.5	488.6
50	2015	Feb	28	28	100.00	3,154.3	3,352.3	1,250.1	4,638.5	733.2
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
51	2015	Mar	31	31	100.00	4,976.6	5,052.6	2,956.3	6,463.3	934.7
52	2015	Apr	30	30	100.00	6,708.9	6,682.3	5,438.6	7,518.7	483.7
53	2015	May	31	31	100.00	7,078.9	7,612.3	3,464.4	8,179.1	1,196.4
54	2015	Jun	30	30	100.00	7,658.6	7,783.6	6,511.2	8,326.6	506.8
55	2015	Jul	31	31	100.00	7,601.2	7,661.8	4,985.9	8,134.0	649.7
56	2015	Aug	31	31	100.00	6,651.8	6,755.1	5,401.8	7,366.3	467.4
57	2015	Sep	30	30	100.00	5,035.9	5,433.2	2,405.0	6,299.6	997.8
58	2015	Oct	31	31	100.00	3,814.0	4,025.3	1,358.9	5,295.6	1,002.8
59	2015	Nov	30	30	100.00	2,978.9	3,104.3	1,418.7	3,711.9	632.4
60	2015	Dec	31	31	100.00	2,646.6	2,758.4	1,230.2	3,104.3	342.9
61	2016	Jan	31	31	100.00	2,684.1	2,859.2	793.8	3,590.6	719.0
62	2016	Feb	29	29	100.00	3,511.9	3,579.6	1,895.4	4,891.0	735.4

63	2016	Mar	31	31	100.00	4,746.1	4,968.5	1,065.6	6,679.0	1,358.2
64	2016	Apr	30	30	100.00	5,969.0	6,843.4	2,203.3	7,544.5	1,537.5
65	2016	May	31	31	100.00	6,873.5	7,361.6	4,342.4	8,119.4	1,175.5
66	2016	Jun	30	30	100.00	7,593.2	7,949.4	4,945.9	8,281.7	762.9
67	2016	Jul	31	31	100.00	7,554.4	7,688.5	6,521.8	8,105.1	381.2
68	2016	Aug	31	31	100.00	6,889.0	6,913.1	5,994.7	7,641.1	418.0
69	2016	Sep	30	30	100.00	5,533.4	5,753.6	3,495.0	6,669.8	801.3
70	2016	Oct	31	31	100.00	4,182.9	4,114.6	2,960.3	5,151.7	633.6
71	2016	Nov	30	30	100.00	2,676.4	2,780.1	1,161.1	3,978.9	674.9
72	2016	Dec	31	31	100.00	2,188.3	2,243.6	1,039.5	2,871.2	480.4
73	2017	Jan	31	31	100.00	2,483.8	2,460.4	582.6	3,712.3	678.9
74	2017	Feb	28	28	100.00	3,645.2	3,732.5	2,237.3	4,919.9	692.1
75	2017	Mar	31	31	100.00	5,208.0	5,483.4	1,404.8	6,742.9	1,135.9
76	2017	Apr	30	30	100.00	6,422.0	6,572.9	2,888.5	7,470.7	953.1
77	2017	May	31	31	100.00	7,143.4	7,492.4	3,700.4	7,925.3	952.5
78	2017	Jun	30	30	100.00	7,577.6	7,896.3	5,588.3	8,166.7	732.2
79	2017	Jul	31	31	100.00	7,512.8	7,638.5	5,993.1	8,079.4	516.9
80	2017	Aug	31	31	100.00	6,511.4	6,740.6	4,446.7	7,188.6	671.7
81	2017	Sep	30	30	100.00	5,619.0	5,787.2	4,140.7	6,567.0	617.7
82	2017	Oct	31	31	100.00	4,335.9	4,363.2	1,869.6	5,142.8	745.5
83	2017	Nov	30	30	100.00	2,806.4	3,084.3	458.3	4,006.2	858.5
84	2017	Dec	31	31	100.00	2,224.8	2,228.9	854.9	3,015.6	606.6
85	2018	Jan	31	31	100.00	2,918.8	2,914.8	1,220.8	3,782.9	562.3
86	2018	Feb	28	28	100.00	3,484.0	3,606.4	2,060.1	5,060.0	827.5
87	2018	Mar	31	31	100.00	4,413.6	4,642.2	1,815.0	6,426.8	1,141.1
88	2018	Apr	30	30	100.00	5,864.6	6,350.7	1,371.5	7,433.6	1,434.5
89	2018	May	31	31	100.00	6,232.8	6,309.1	3,574.9	7,998.6	1,310.9
90	2018	Jun	30	30	100.00	7,518.2	7,816.8	5,014.9	8,159.1	824.4
91	2018	Jul	31	31	100.00	7,477.1	7,656.3	4,867.3	7,978.3	603.7
92	2018	Aug	31	31	100.00	6,680.0	6,687.4	5,532.0	7,689.2	430.7
93	2018	Sep	30	30	100.00	4,903.1	5,386.4	1,690.7	6,327.2	1,254.9
94	2018	Oct	31	31	100.00	3,847.9	4,134.5	1,407.6	5,171.2	962.9
95	2018	Nov	30	30	100.00	2,781.9	2,865.7	551.1	3,835.0	672.9
96	2018	Dec	31	31	100.00	2,494.7	2,661.6	544.2	2,958.1	550.5
97	2019	Jan	31	31	100.00	2,514.6	2,582.1	692.3	3,487.2	678.1
98	2019	Feb	28	28	100.00	4,041.7	4,355.9	2,139.8	5,128.9	773.8
99	2019	Mar	31	31	100.00	4,808.9	4,920.5	1,391.1	6,190.2	1,004.3

100	2019	Apr	30	30	100.00	6,104.8	6,127.1	3,978.5	7,719.3	1,062.9
101	2019	May	31	31	100.00	7,055.3	7,600.2	3,926.8	8,182.6	1,085.2
102	2019	Jun	30	30	100.00	7,761.7	7,859.8	6,763.3	8,251.0	368.7
103	2019	Jul	31	31	100.00	7,438.5	7,614.4	5,713.8	8,012.5	497.3
104	2019	Aug	31	31	100.00	6,418.0	6,812.9	4,087.3	7,412.6	880.0
105	2019	Sep	30	30	100.00	5,255.5	5,479.8	2,780.7	6,539.6	837.5
106	2019	Oct	31	31	100.00	4,152.3	4,277.2	2,629.7	5,362.4	765.5
107	2019	Nov	30	30	100.00	2,589.2	2,701.0	685.0	3,796.1	691.2
108	2019	Dec	31	31	100.00	2,398.8	2,528.7	1,167.7	2,953.7	508.9
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
109	2020	Jan	31	31	100.00	2,738.0	2,906.6	879.8	3,532.3	700.6
110	2020	Feb	29	29	100.00	4,126.9	4,105.4	2,933.2	5,011.1	598.5
111	2020	Mar	31	31	100.00	4,791.6	4,957.0	2,595.5	6,211.6	772.2
112	2020	Apr	30	30	100.00	5,622.2	6,126.2	1,968.2	7,458.1	1,531.1
113	2020	May	31	31	100.00	7,195.5	7,562.9	4,461.5	8,141.3	1,015.0
114	2020	Jun	30	30	100.00	7,672.8	7,892.9	6,155.7	8,205.3	530.5
115	2020	Jul	31	31	100.00	7,621.0	7,654.4	6,897.7	8,280.1	324.8
116	2020	Aug	31	31	100.00	6,816.1	6,849.3	3,596.8	7,624.2	717.9
117	2020	Sep	30	30	100.00	5,263.4	5,498.1	3,517.6	6,696.1	849.4
118	2020	Oct	31	31	100.00	4,294.8	4,473.1	1,610.0	5,360.8	758.6
119	2020	Nov	30	30	100.00	2,709.2	2,925.4	626.8	3,988.6	882.0
120	2020	Dec	31	31	100.00	2,258.9	2,339.6	755.1	2,925.4	593.9
All Data			3,653	3,653	100.00	5,032.1	5,009.7	458.3	8,326.6	2,057.7
Mean of monthly means						5,032.4				

Monthly Flag Statistics

#	Year	Month	Time Steps Flagged As < Unflagged data >
1	2011	Jan	31
2	2011	Feb	28
3	2011	Mar	31
4	2011	Apr	30
5	2011	May	31
6	2011	Jun	30
7	2011	Jul	31
8	2011	Aug	31
9	2011	Sep	30
10	2011	Oct	31
11	2011	Nov	30
12	2011	Dec	31
13	2012	Jan	31

14	2012	Feb	29
15	2012	Mar	31
16	2012	Apr	30
17	2012	May	31
18	2012	Jun	30
19	2012	Jul	31
20	2012	Aug	31
21	2012	Sep	30
22	2012	Oct	31
23	2012	Nov	30
24	2012	Dec	31
25	2013	Jan	31
26	2013	Feb	28
27	2013	Mar	31
28	2013	Apr	30
29	2013	May	31
30	2013	Jun	30
31	2013	Jul	31
32	2013	Aug	31
33	2013	Sep	30
34	2013	Oct	31
35	2013	Nov	30
36	2013	Dec	31
37	2014	Jan	31
38	2014	Feb	28
39	2014	Mar	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
40	2014	Apr	30
41	2014	May	31
42	2014	Jun	30
43	2014	Jul	31
44	2014	Aug	31
45	2014	Sep	30
46	2014	Oct	31
47	2014	Nov	30
48	2014	Dec	31
49	2015	Jan	31
50	2015	Feb	28
51	2015	Mar	31
52	2015	Apr	30
53	2015	May	31
54	2015	Jun	30
55	2015	Jul	31
56	2015	Aug	31
57	2015	Sep	30
58	2015	Oct	31
59	2015	Nov	30
60	2015	Dec	31
61	2016	Jan	31
62	2016	Feb	29

63	2016	Mar	31
64	2016	Apr	30
65	2016	May	31
66	2016	Jun	30
67	2016	Jul	31
68	2016	Aug	31
69	2016	Sep	30
70	2016	Oct	31
71	2016	Nov	30
72	2016	Dec	31
73	2017	Jan	31
74	2017	Feb	28
75	2017	Mar	31
76	2017	Apr	30
77	2017	May	31
78	2017	Jun	30
79	2017	Jul	31
80	2017	Aug	31
81	2017	Sep	30
82	2017	Oct	31
83	2017	Nov	30
84	2017	Dec	31
85	2018	Jan	31
86	2018	Feb	28
87	2018	Mar	31
88	2018	Apr	30
89	2018	May	31
90	2018	Jun	30
91	2018	Jul	31
92	2018	Aug	31
93	2018	Sep	30
94	2018	Oct	31
95	2018	Nov	30
96	2018	Dec	31
97	2019	Jan	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
98	2019	Feb	28
99	2019	Mar	31
100	2019	Apr	30
101	2019	May	31
102	2019	Jun	30
103	2019	Jul	31
104	2019	Aug	31
105	2019	Sep	30
106	2019	Oct	31
107	2019	Nov	30
108	2019	Dec	31
109	2020	Jan	31
110	2020	Feb	29
111	2020	Mar	31

112	2020	Apr	30
113	2020	May	31
114	2020	Jun	30
115	2020	Jul	31
116	2020	Aug	31
117	2020	Sep	30
118	2020	Oct	31
119	2020	Nov	30
120	2020	Dec	31
All data	3,653		

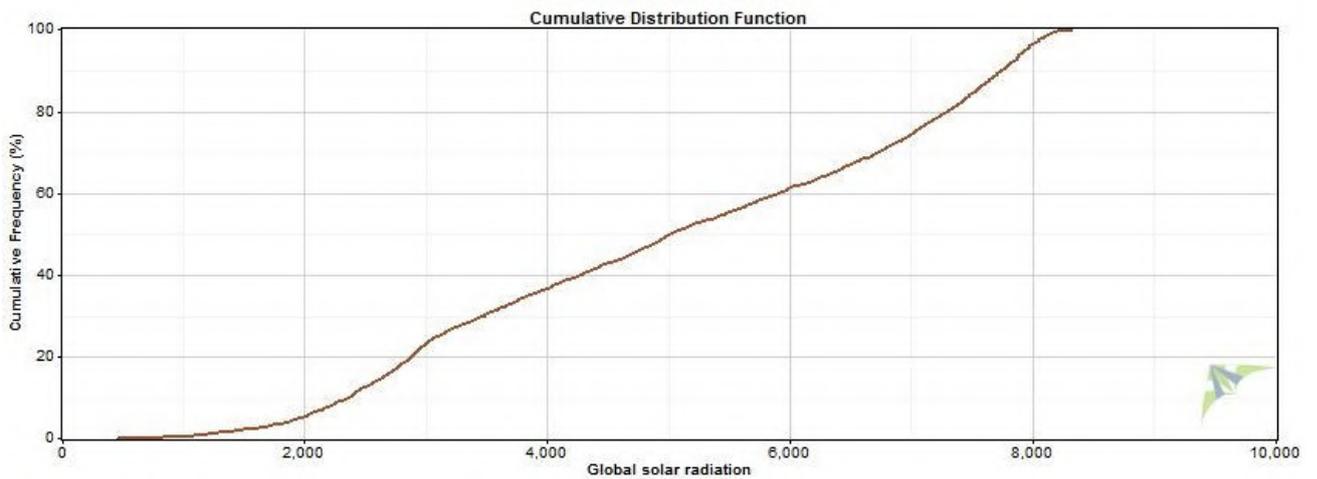
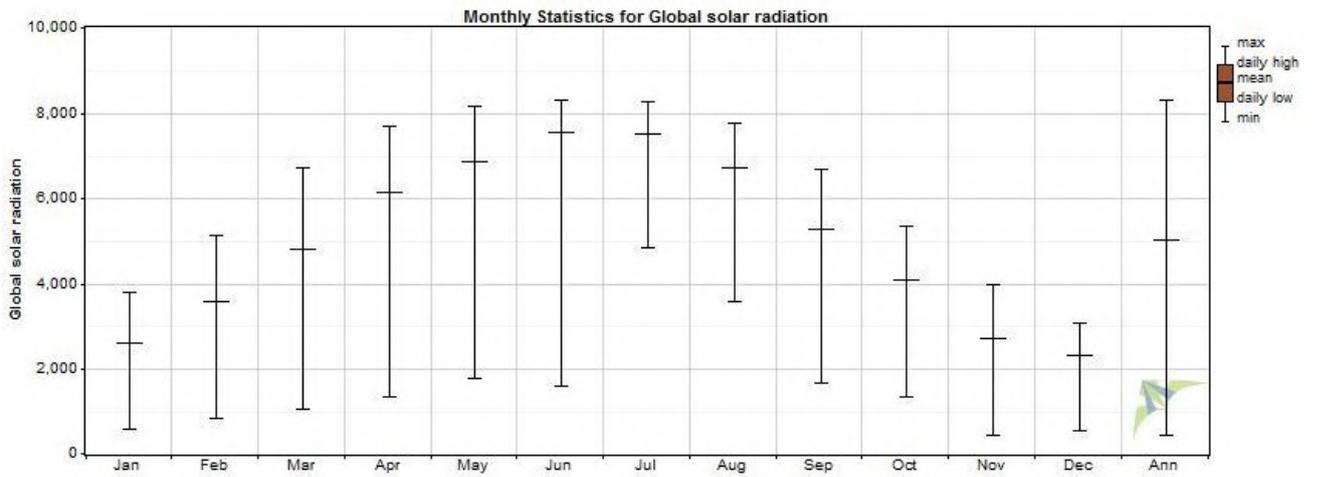
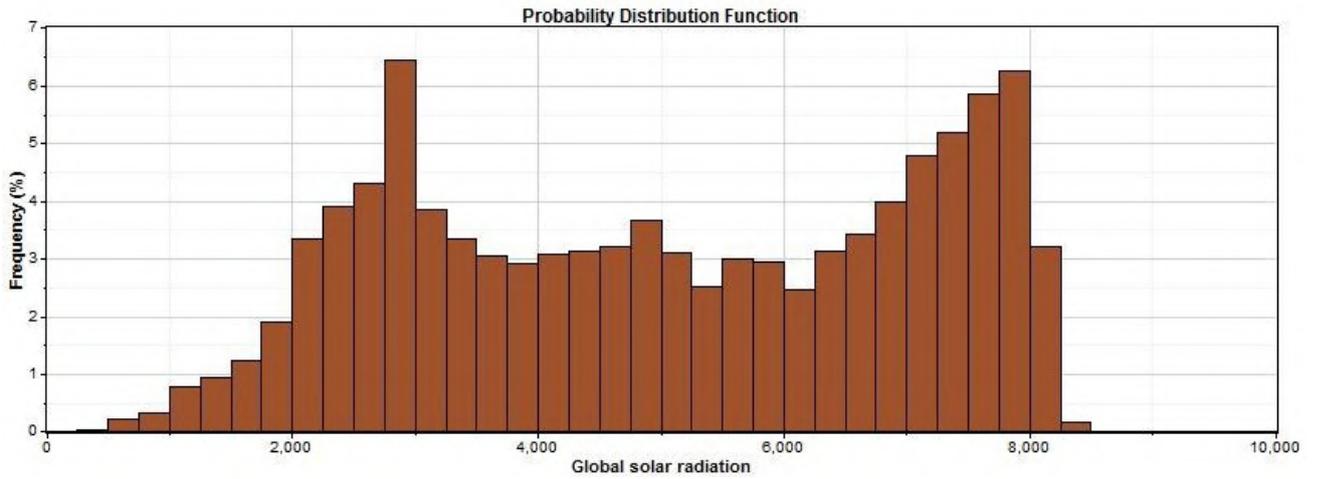
Annual Statistics

#	Year	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	365	365	100.00	4,969.4	5,077.3	876.0	8,169.2	2,056.1
2	2012	366	366	100.00	5,051.7	5,059.2	627.9	8,140.2	2,065.3
3	2013	365	365	100.00	4,900.4	4,855.3	816.6	8,256.8	2,091.0
4	2014	365	365	100.00	5,113.0	4,963.4	715.4	8,145.2	2,120.2
5	2015	365	365	100.00	5,081.9	5,052.6	1,230.2	8,326.6	2,058.4
6	2016	366	366	100.00	5,037.4	4,956.8	793.8	8,281.7	2,089.2
7	2017	365	365	100.00	5,131.1	5,390.5	458.3	8,166.7	2,054.4
8	2018	365	365	100.00	4,892.0	4,753.4	544.2	8,159.1	1,986.4
9	2019	365	365	100.00	5,049.0	5,085.8	685.0	8,251.0	2,024.1
10	2020	366	366	100.00	5,095.4	4,988.2	626.8	8,280.1	2,038.5
	All Data	3,653	3,653	100.00	5,032.1	5,009.7	458.3	8,326.6	2,057.7
	Mean of monthly means				5,032.4				

Annual Flag Statistics

#	Year	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >		
1	2011	365
2	2012	366
3	2013	365
4	2014	365
5	2015	365
6	2016	366
7	2017	365
8	2018	365
9	2019	365
10	2020	366
All data	3,653	

Additional Graphs



الملحق 3: تمناست

Report Properties

Report Created: 15 /06/2021 12:00 using Windographer 4.0.28

Filter: Global solar radiation

Settings:Description:

Monthly Statistics

#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	Jan	31	31	100.00	4,985.5	5,144.6	2,897.7	5,486.2	503.5
2	2011	Feb	28	28	100.00	5,966.4	6,344.8	3,669.0	6,642.4	727.2
3	2011	Mar	31	31	100.00	6,451.1	6,624.2	3,842.4	7,668.3	988.5
4	2011	Apr	30	30	100.00	7,592.5	7,795.2	6,180.9	8,228.4	565.3
5	2011	May	31	31	100.00	7,354.6	7,715.4	4,214.1	8,280.2	1,024.2
6	2011	Jun	30	30	100.00	7,345.0	7,476.9	5,952.2	7,996.1	506.2
7	2011	Jul	31	31	100.00	7,121.3	7,034.6	5,956.0	8,093.5	651.7
8	2011	Aug	31	31	100.00	7,135.8	7,078.1	6,085.5	7,828.2	425.7
9	2011	Sep	30	30	100.00	6,884.2	6,996.4	5,278.2	7,604.0	554.9
10	2011	Oct	31	31	100.00	5,637.0	5,790.5	4,169.9	6,736.3	680.9
11	2011	Nov	30	30	100.00	5,400.9	5,424.3	4,463.6	6,032.1	354.7
12	2011	Dec	31	31	100.00	4,916.0	4,998.8	4,075.4	5,150.0	259.4
13	2012	Jan	31	31	100.00	5,152.0	5,239.1	3,520.1	5,684.5	446.6
14	2012	Feb	29	29	100.00	5,604.7	5,731.8	3,850.9	6,696.4	783.0
15	2012	Mar	31	31	100.00	6,680.5	6,939.5	4,229.9	7,377.7	687.1
16	2012	Apr	30	30	100.00	7,037.4	7,497.7	4,117.8	8,251.3	1,209.2
17	2012	May	31	31	100.00	7,724.0	8,004.3	6,207.1	8,448.2	591.7
18	2012	Jun	30	30	100.00	7,366.5	7,411.8	6,186.3	8,249.3	547.3
19	2012	Jul	31	31	100.00	7,487.3	7,821.2	5,999.9	8,223.0	732.2
20	2012	Aug	31	31	100.00	6,718.2	6,874.3	5,092.0	8,070.7	823.2
21	2012	Sep	30	30	100.00	6,323.2	6,340.6	4,515.3	7,263.1	560.7
22	2012	Oct	31	31	100.00	5,999.5	6,130.0	2,425.0	6,844.9	852.9
23	2012	Nov	30	30	100.00	5,188.8	5,363.6	3,687.4	5,711.3	516.1
24	2012	Dec	31	31	100.00	4,684.1	4,919.3	2,873.1	5,050.2	525.0
25	2013	Jan	31	31	100.00	5,137.9	5,241.6	3,321.8	5,859.6	521.5
26	2013	Feb	28	28	100.00	6,150.6	6,061.2	5,535.0	6,820.0	363.5
27	2013	Mar	31	31	100.00	7,070.2	7,047.6	6,393.2	7,769.8	397.9
28	2013	Apr	30	30	100.00	7,613.3	7,810.7	4,853.4	8,140.2	650.3

29	2013	May	31	31	100.00	7,493.2	7,935.8	4,716.1	8,319.6	901.2
30	2013	Jun	30	30	100.00	7,569.9	7,803.4	6,578.2	8,201.9	517.1
31	2013	Jul	31	31	100.00	7,523.3	7,473.0	6,586.1	8,086.7	402.3
32	2013	Aug	31	31	100.00	6,758.0	6,823.5	5,395.2	7,828.3	631.9
33	2013	Sep	30	30	100.00	6,520.7	6,876.5	4,765.5	7,353.4	730.3
34	2013	Oct	31	31	100.00	6,112.5	6,258.9	2,941.4	6,838.0	701.5
35	2013	Nov	30	30	100.00	5,230.8	5,418.9	4,048.2	5,794.9	507.3
36	2013	Dec	31	31	100.00	4,890.6	4,939.6	3,640.5	5,156.1	282.1
37	2014	Jan	31	31	100.00	5,009.8	5,040.9	2,495.8	5,778.4	658.5
38	2014	Feb	28	28	100.00	6,131.7	6,139.8	5,494.0	6,538.4	318.7
39	2014	Mar	31	31	100.00	7,057.2	6,994.2	6,647.3	7,790.4	311.1
40	2014	Apr	30	30	100.00	7,873.6	7,958.1	7,535.5	8,164.6	188.6
41	2014	May	31	31	100.00	6,998.9	7,132.4	5,235.1	8,141.9	758.1
42	2014	Jun	30	30	100.00	7,524.4	7,515.1	6,271.6	8,470.8	616.9
43	2014	Jul	31	31	100.00	7,731.6	7,871.9	6,851.0	8,099.5	330.9
44	2014	Aug	31	31	100.00	6,690.6	6,783.5	3,229.4	7,827.3	908.2
45	2014	Sep	30	30	100.00	6,712.6	6,814.1	5,881.7	7,256.1	401.7
46	2014	Oct	31	31	100.00	6,202.6	6,227.8	5,377.6	6,819.9	402.2
47	2014	Nov	30	30	100.00	5,192.5	5,235.8	3,861.7	5,921.2	519.5
48	2014	Dec	31	31	100.00	4,864.6	4,980.2	3,632.2	5,147.5	331.0
49	2015	Jan	31	31	100.00	5,140.5	5,176.4	3,518.0	5,767.2	505.8
50	2015	Feb	28	28	100.00	5,781.5	5,911.7	1,348.4	6,784.2	1,008.9
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
51	2015	Mar	31	31	100.00	6,331.4	6,789.3	2,679.4	7,649.3	1,385.5
52	2015	Apr	30	30	100.00	7,835.7	7,874.5	6,996.3	8,163.0	259.0
53	2015	May	31	31	100.00	7,877.3	8,048.7	6,617.6	8,238.8	431.5
54	2015	Jun	30	30	100.00	7,828.8	8,084.7	5,311.9	8,253.6	605.0
55	2015	Jul	31	31	100.00	6,810.4	6,881.3	5,802.0	8,018.1	515.2
56	2015	Aug	31	31	100.00	6,719.6	6,734.8	5,665.2	7,527.5	512.0
57	2015	Sep	30	30	100.00	6,236.8	6,300.1	4,825.8	7,305.2	639.0
58	2015	Oct	31	31	100.00	5,780.4	5,953.5	4,090.1	6,255.6	447.0
59	2015	Nov	30	30	100.00	5,275.6	5,317.6	4,788.0	5,807.2	238.6
60	2015	Dec	31	31	100.00	4,879.7	4,952.1	3,474.6	5,257.7	380.0
61	2016	Jan	31	31	100.00	4,930.6	5,121.3	2,670.7	5,637.0	590.0
62	2016	Feb	29	29	100.00	5,959.1	6,013.2	4,965.7	6,704.5	458.9
63	2016	Mar	31	31	100.00	6,984.1	7,156.2	5,333.0	7,541.2	540.4

64	2016	Apr	30	30	100.00	7,152.0	7,673.5	4,663.4	8,213.1	912.5
65	2016	May	31	31	100.00	7,286.5	7,402.8	5,646.2	8,075.1	664.5
66	2016	Jun	30	30	100.00	7,088.7	7,229.4	5,059.0	7,823.2	584.6
67	2016	Jul	31	31	100.00	7,172.1	7,312.1	5,088.2	7,973.2	753.5
68	2016	Aug	31	31	100.00	6,745.1	6,771.2	5,200.2	8,008.7	757.9
69	2016	Sep	30	30	100.00	6,606.7	6,639.8	5,262.0	7,592.3	599.1
70	2016	Oct	31	31	100.00	6,194.0	6,115.5	5,277.2	6,774.3	415.1
71	2016	Nov	30	30	100.00	5,000.5	5,278.6	2,368.9	6,001.0	808.3
72	2016	Dec	31	31	100.00	4,537.5	4,878.1	2,907.7	5,087.9	606.0
73	2017	Jan	31	31	100.00	5,181.9	5,214.1	3,791.3	5,700.8	434.7
74	2017	Feb	28	28	100.00	5,959.0	6,111.4	3,990.9	6,835.9	556.8
75	2017	Mar	31	31	100.00	6,940.1	6,986.9	5,085.1	7,524.4	426.2
76	2017	Apr	30	30	100.00	7,575.2	7,811.5	6,104.6	8,114.5	560.1
77	2017	May	31	31	100.00	7,264.6	7,503.6	5,925.4	8,029.3	621.9
78	2017	Jun	30	30	100.00	6,856.0	6,950.4	4,067.1	8,130.9	962.2
79	2017	Jul	31	31	100.00	7,399.9	7,649.9	6,485.7	8,080.4	541.5
80	2017	Aug	31	31	100.00	6,832.4	6,944.2	5,457.7	7,826.6	668.5
81	2017	Sep	30	30	100.00	6,696.7	6,853.2	5,365.2	7,580.0	654.0
82	2017	Oct	31	31	100.00	6,235.7	6,237.4	5,566.4	6,663.4	271.6
83	2017	Nov	30	30	100.00	5,191.9	5,555.5	2,776.9	5,953.4	716.2
84	2017	Dec	31	31	100.00	4,741.4	4,945.1	3,460.8	5,147.8	450.0
85	2018	Jan	31	31	100.00	5,008.5	5,183.7	1,833.5	5,535.5	792.8
86	2018	Feb	28	28	100.00	5,327.0	5,772.6	3,124.0	6,786.1	1,129.4
87	2018	Mar	31	31	100.00	7,127.6	7,048.8	5,890.4	7,714.0	410.1
88	2018	Apr	30	30	100.00	7,720.9	7,882.0	5,854.2	8,172.4	483.6
89	2018	May	31	31	100.00	7,614.5	7,801.9	5,959.5	8,277.1	557.0
90	2018	Jun	30	30	100.00	7,398.0	7,483.5	6,338.0	8,199.3	526.5
91	2018	Jul	31	31	100.00	7,740.7	7,993.0	6,760.1	8,265.8	501.3
92	2018	Aug	31	31	100.00	6,322.3	6,224.9	5,274.5	7,687.0	581.3
93	2018	Sep	30	30	100.00	6,158.5	6,340.3	3,529.1	7,385.1	909.2
94	2018	Oct	31	31	100.00	5,649.0	5,850.7	2,557.1	6,682.9	907.4
95	2018	Nov	30	30	100.00	4,991.5	5,162.1	2,432.0	5,761.1	765.0
96	2018	Dec	31	31	100.00	4,959.6	5,017.7	4,190.3	5,121.0	189.8
97	2019	Jan	31	31	100.00	5,161.5	5,278.2	2,773.2	5,768.3	651.0
98	2019	Feb	28	28	100.00	6,268.2	6,294.8	5,816.5	6,678.7	268.6
99	2019	Mar	31	31	100.00	6,582.3	6,852.7	3,512.2	7,243.6	780.5
100	2019	Apr	30	30	100.00	7,629.4	7,846.6	6,307.2	8,184.6	515.2

101	2019	May	31	31	100.00	7,648.2	7,916.4	6,490.1	8,376.8	602.4
102	2019	Jun	30	30	100.00	7,265.0	7,266.5	6,163.8	8,220.9	546.4
103	2019	Jul	31	31	100.00	7,324.0	7,381.1	6,148.4	8,137.3	572.2
104	2019	Aug	31	31	100.00	6,814.8	6,764.2	4,916.1	7,995.5	741.3
105	2019	Sep	30	30	100.00	6,701.1	6,816.9	5,268.2	7,293.9	523.0
106	2019	Oct	31	31	100.00	5,931.9	5,928.6	4,797.2	6,838.5	536.2
107	2019	Nov	30	30	100.00	5,129.6	5,329.0	1,958.7	5,877.3	749.1
108	2019	Dec	31	31	100.00	4,805.5	4,946.0	3,486.1	5,192.9	336.7
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
	All Data		3,287	3,287	100.00	6,400.2	6,517.7	1,348.4	8,470.8	1,159.7
	Mean of monthly means					6,400.1				

Monthly Flag Statistics

#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
1	2011	Jan	31
2	2011	Feb	28
3	2011	Mar	31
4	2011	Apr	30
5	2011	May	31
6	2011	Jun	30
7	2011	Jul	31
8	2011	Aug	31
9	2011	Sep	30
10	2011	Oct	31
11	2011	Nov	30
12	2011	Dec	31
13	2012	Jan	31
14	2012	Feb	29
15	2012	Mar	31
16	2012	Apr	30
17	2012	May	31
18	2012	Jun	30
19	2012	Jul	31
20	2012	Aug	31
21	2012	Sep	30
22	2012	Oct	31
23	2012	Nov	30
24	2012	Dec	31
25	2013	Jan	31
26	2013	Feb	28
27	2013	Mar	31
28	2013	Apr	30
29	2013	May	31
30	2013	Jun	30
31	2013	Jul	31

32	2013	Aug	31
33	2013	Sep	30
34	2013	Oct	31
35	2013	Nov	30
36	2013	Dec	31
37	2014	Jan	31
38	2014	Feb	28
39	2014	Mar	31
40	2014	Apr	30
41	2014	May	31
42	2014	Jun	30
43	2014	Jul	31
44	2014	Aug	31
45	2014	Sep	30
46	2014	Oct	31
47	2014	Nov	30
48	2014	Dec	31
49	2015	Jan	31
50	2015	Feb	28
51	2015	Mar	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
52	2015	Apr	30
53	2015	May	31
54	2015	Jun	30
55	2015	Jul	31
56	2015	Aug	31
57	2015	Sep	30
58	2015	Oct	31
59	2015	Nov	30
60	2015	Dec	31
61	2016	Jan	31
62	2016	Feb	29
63	2016	Mar	31
64	2016	Apr	30
65	2016	May	31
66	2016	Jun	30
67	2016	Jul	31
68	2016	Aug	31
69	2016	Sep	30
70	2016	Oct	31
71	2016	Nov	30
72	2016	Dec	31
73	2017	Jan	31
74	2017	Feb	28
75	2017	Mar	31
76	2017	Apr	30
77	2017	May	31
78	2017	Jun	30
79	2017	Jul	31
80	2017	Aug	31

81	2017	Sep	30
82	2017	Oct	31
83	2017	Nov	30
84	2017	Dec	31
85	2018	Jan	31
86	2018	Feb	28
87	2018	Mar	31
88	2018	Apr	30
89	2018	May	31
90	2018	Jun	30
91	2018	Jul	31
92	2018	Aug	31
93	2018	Sep	30
94	2018	Oct	31
95	2018	Nov	30
96	2018	Dec	31
97	2019	Jan	31
98	2019	Feb	28
99	2019	Mar	31
100	2019	Apr	30
101	2019	May	31
102	2019	Jun	30
103	2019	Jul	31
104	2019	Aug	31
105	2019	Sep	30
106	2019	Oct	31
107	2019	Nov	30
108	2019	Dec	31
All data	3,287		

Annual Statistics

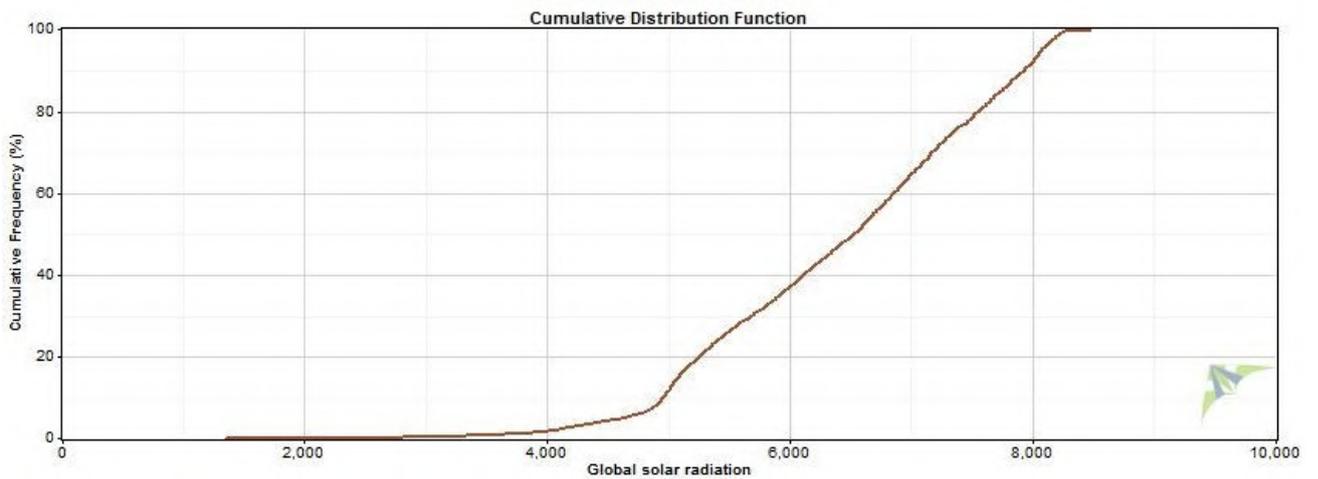
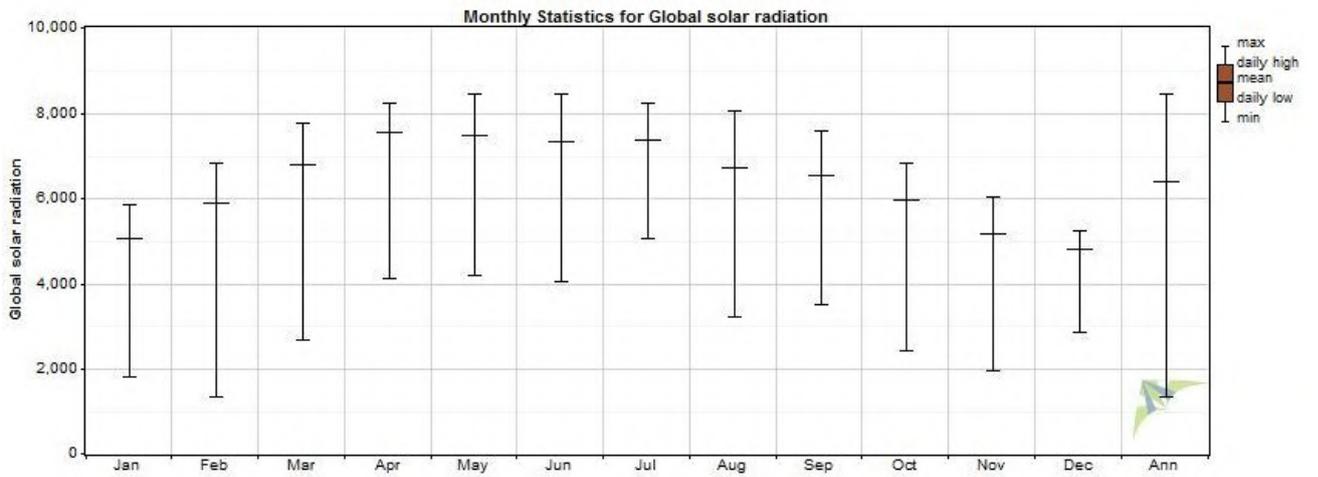
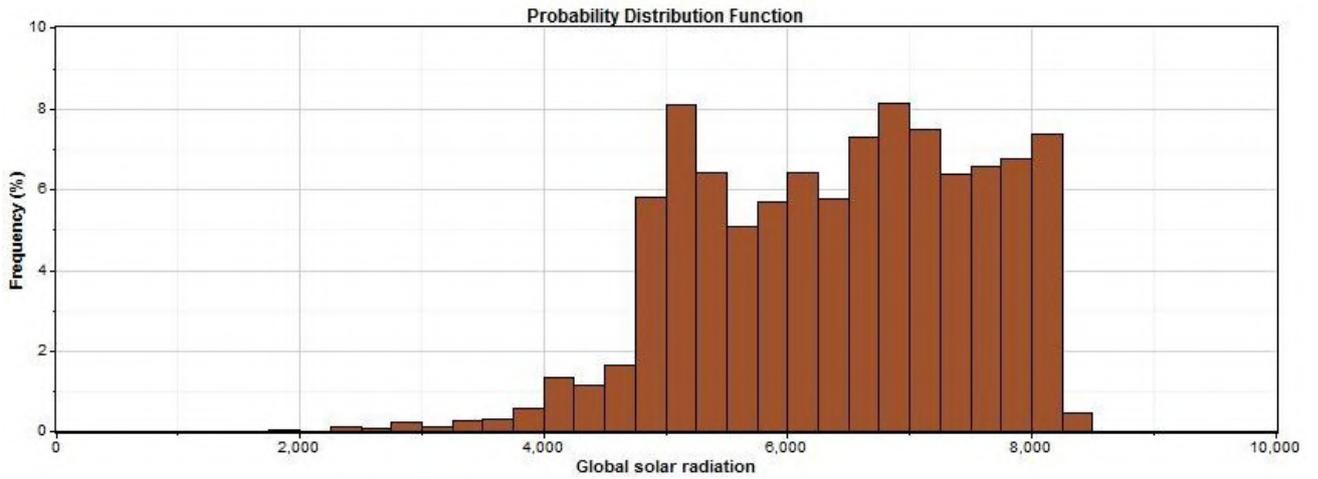
#	Year	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	365	365	100.00	6,398.3	6,545.4	2,897.7	8,280.2	1,133.1
2	2012	366	366	100.00	6,332.9	6,340.6	2,425.0	8,448.2	1,198.7
3	2013	365	365	100.00	6,506.3	6,614.8	2,941.4	8,319.6	1,122.6
4	2014	365	365	100.00	6,498.6	6,649.4	2,495.8	8,470.8	1,125.6
5	2015	365	365	100.00	6,375.1	6,335.5	1,348.4	8,253.6	1,208.7
6	2016	366	366	100.00	6,304.9	6,520.3	2,368.9	8,213.1	1,145.2
7	2017	365	365	100.00	6,408.0	6,551.9	2,776.9	8,130.9	1,081.1
8	2018	365	365	100.00	6,340.6	6,424.4	1,833.5	8,277.1	1,285.1
9	2019	365	365	100.00	6,437.2	6,525.0	1,958.7	8,376.8	1,119.2
	All Data	3,287	3,287	100.00	6,400.2	6,517.7	1,348.4	8,470.8	1,159.7
	Mean of monthly means				6,400.1				

Annual Flag Statistics

#	Year	Time Steps Flagged As
---	------	-----------------------

< Unflagged data >		
1	2011	365
2	2012	366
3	2013	365
4	2014	365
5	2015	365
6	2016	366
7	2017	365
8	2018	365
9	2019	365
All data	3,287	

Additional Graphs



الملحق 4: غرداية

Report Properties

Report Created: 15 /06/2021 11:58 using Windographer 4.0.28

Filter: Global solar radiation

Settings:Description:

Monthly Statistics

#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	Jan	31	31	100.00	3,733.6	3,732.3	3,013.2	4,169.4	254.4
2	2011	Feb	28	28	100.00	4,741.9	4,710.3	3,419.8	5,722.8	490.3
3	2011	Mar	31	31	100.00	5,843.7	5,984.5	2,438.2	6,968.6	1,026.8
4	2011	Apr	30	30	100.00	7,002.5	7,296.5	2,520.1	7,864.5	961.0
5	2011	May	31	31	100.00	7,439.2	7,903.5	4,682.9	8,285.4	978.0
6	2011	Jun	30	30	100.00	7,842.3	8,068.3	5,539.8	8,324.6	573.5
7	2011	Jul	31	31	100.00	7,765.9	7,764.0	7,317.5	8,146.8	205.4
8	2011	Aug	31	31	100.00	7,294.7	7,383.2	6,710.6	7,672.9	260.0
9	2011	Sep	30	30	100.00	6,174.7	6,304.9	4,677.4	6,946.4	592.9
10	2011	Oct	31	31	100.00	4,748.2	4,998.6	2,733.5	5,739.2	788.6
11	2011	Nov	30	30	100.00	3,904.9	3,954.6	2,196.2	4,613.3	565.3
12	2011	Dec	31	31	100.00	3,310.0	3,455.4	2,317.0	3,625.1	385.9
13	2012	Jan	31	31	100.00	3,597.6	3,737.0	1,576.3	4,465.7	689.2
14	2012	Feb	29	29	100.00	4,792.5	4,860.9	2,835.6	5,686.9	650.6
15	2012	Mar	31	31	100.00	5,746.2	5,925.6	2,597.9	6,645.5	855.5
16	2012	Apr	30	30	100.00	7,037.0	7,344.7	3,281.5	8,070.2	974.4
17	2012	May	31	31	100.00	7,786.4	7,963.6	6,756.6	8,278.3	448.1
18	2012	Jun	30	30	100.00	7,914.2	8,017.5	6,943.9	8,204.5	309.0
19	2012	Jul	31	31	100.00	7,803.7	7,814.2	7,471.7	8,025.0	118.1
20	2012	Aug	31	31	100.00	7,285.4	7,336.9	5,936.1	7,735.4	340.8
21	2012	Sep	30	30	100.00	6,116.2	6,267.8	2,874.3	6,863.4	701.8
22	2012	Oct	31	31	100.00	4,815.9	5,162.9	2,264.2	5,883.1	894.9
23	2012	Nov	30	30	100.00	3,765.4	3,794.3	1,606.1	4,406.5	529.7
24	2012	Dec	31	31	100.00	3,406.3	3,473.2	1,318.2	3,709.6	410.9
25	2013	Jan	31	31	100.00	3,688.6	3,771.6	1,799.4	4,531.2	567.6
26	2013	Feb	28	28	100.00	4,843.2	4,856.2	3,658.6	5,478.3	428.8
27	2013	Mar	31	31	100.00	5,894.5	6,065.1	3,502.7	6,866.4	850.3
28	2013	Apr	30	30	100.00	6,997.6	7,346.9	2,511.5	8,092.4	1,112.5

29	2013	May	31	31	100.00	7,895.7	8,055.1	5,564.6	8,396.3	620.6
30	2013	Jun	30	30	100.00	8,164.5	8,215.1	6,656.9	8,457.0	318.5
31	2013	Jul	31	31	100.00	7,682.9	7,691.2	6,985.4	8,093.8	259.9
32	2013	Aug	31	31	100.00	7,225.6	7,340.8	6,033.9	7,798.5	499.7
33	2013	Sep	30	30	100.00	5,985.9	6,025.2	4,146.4	6,819.5	575.9
34	2013	Oct	31	31	100.00	5,084.9	5,177.8	4,145.8	5,768.4	408.3
35	2013	Nov	30	30	100.00	3,861.9	4,039.7	1,350.8	4,572.6	747.4
36	2013	Dec	31	31	100.00	2,864.5	3,284.1	823.5	3,656.9	812.2
37	2014	Jan	31	31	100.00	3,693.1	3,615.5	2,769.3	4,251.6	386.6
38	2014	Feb	28	28	100.00	4,745.2	4,791.7	3,416.7	5,690.1	554.6
39	2014	Mar	31	31	100.00	5,872.6	6,150.4	2,576.3	7,167.4	1,114.3
40	2014	Apr	30	30	100.00	7,331.7	7,396.7	6,372.3	7,964.7	445.9
41	2014	May	31	31	100.00	7,695.3	7,939.5	4,634.1	8,163.1	705.6
42	2014	Jun	30	30	100.00	7,953.0	8,160.1	5,461.1	8,421.4	631.2
43	2014	Jul	31	31	100.00	7,676.2	7,753.8	6,477.9	8,202.6	372.4
44	2014	Aug	31	31	100.00	7,152.8	7,265.3	5,012.8	7,780.0	504.7
45	2014	Sep	30	30	100.00	6,029.9	6,291.3	3,128.2	7,006.3	812.2
46	2014	Oct	31	31	100.00	5,150.4	5,213.1	4,102.5	5,857.8	424.3
47	2014	Nov	30	30	100.00	3,591.2	3,856.2	1,129.1	4,591.8	859.2
48	2014	Dec	31	31	100.00	3,246.4	3,396.4	1,830.9	3,664.1	475.3
49	2015	Jan	31	31	100.00	3,740.2	3,773.3	2,290.3	4,351.1	451.6
50	2015	Feb	28	28	100.00	4,609.3	4,647.7	2,005.8	5,494.7	758.7
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
51	2015	Mar	31	31	100.00	6,109.8	6,195.8	4,377.0	6,915.9	548.4
52	2015	Apr	30	30	100.00	7,283.3	7,490.6	5,769.8	7,892.9	580.0
53	2015	May	31	31	100.00	7,972.8	8,136.2	4,656.1	8,342.5	633.2
54	2015	Jun	30	30	100.00	8,018.6	8,162.4	6,707.4	8,538.1	381.5
55	2015	Jul	31	31	100.00	7,912.0	7,885.5	7,564.6	8,220.5	158.5
56	2015	Aug	31	31	100.00	7,002.6	6,951.1	5,961.8	7,801.3	410.3
57	2015	Sep	30	30	100.00	5,959.3	6,359.9	4,420.8	6,821.0	729.0
58	2015	Oct	31	31	100.00	4,875.7	5,039.0	1,914.9	5,907.2	827.7
59	2015	Nov	30	30	100.00	3,986.3	4,043.4	2,991.0	4,505.9	290.6
60	2015	Dec	31	31	100.00	3,361.4	3,428.5	2,085.8	3,780.1	321.8
61	2016	Jan	31	31	100.00	3,761.8	3,732.9	2,761.8	4,356.4	362.0
62	2016	Feb	29	29	100.00	4,782.3	4,682.3	3,230.3	5,723.1	595.0
63	2016	Mar	31	31	100.00	6,265.6	6,363.6	5,052.0	7,080.4	539.4

64	2016	Apr	30	30	100.00	7,097.4	7,517.6	3,758.0	7,899.0	952.6
65	2016	May	31	31	100.00	7,568.3	7,966.1	3,794.0	8,277.8	962.0
66	2016	Jun	30	30	100.00	8,115.4	8,225.0	6,474.3	8,367.3	354.4
67	2016	Jul	31	31	100.00	7,857.3	7,852.7	7,535.5	8,146.5	119.8
68	2016	Aug	31	31	100.00	7,070.7	7,175.7	3,967.3	7,740.8	659.0
69	2016	Sep	30	30	100.00	5,936.0	6,219.7	3,596.7	6,839.1	879.9
70	2016	Oct	31	31	100.00	5,009.5	5,123.7	3,792.3	5,812.5	444.6
71	2016	Nov	30	30	100.00	3,914.3	3,899.8	3,175.6	4,533.0	380.5
72	2016	Dec	31	31	100.00	3,022.5	3,223.3	2,000.9	3,587.8	505.9
73	2017	Jan	31	31	100.00	3,769.0	3,750.3	2,533.8	4,301.6	385.6
74	2017	Feb	28	28	100.00	4,740.5	4,594.5	3,390.3	5,631.4	514.9
75	2017	Mar	31	31	100.00	5,985.0	6,007.2	3,103.6	7,125.5	799.5
76	2017	Apr	30	30	100.00	7,031.3	7,261.5	2,909.1	7,745.7	958.6
77	2017	May	31	31	100.00	7,575.2	7,705.7	4,532.8	8,176.2	649.6
78	2017	Jun	30	30	100.00	7,706.0	8,052.7	5,518.6	8,357.4	793.0
79	2017	Jul	31	31	100.00	7,811.9	7,794.4	6,589.2	8,262.4	380.0
80	2017	Aug	31	31	100.00	7,329.6	7,333.6	6,459.7	7,850.7	291.7
81	2017	Sep	30	30	100.00	6,226.3	6,421.6	3,991.3	6,932.8	638.1
82	2017	Oct	31	31	100.00	5,087.2	5,040.1	3,967.9	5,679.3	389.5
83	2017	Nov	30	30	100.00	3,934.3	4,116.3	1,593.8	4,680.7	615.1
84	2017	Dec	31	31	100.00	3,225.8	3,354.9	2,025.9	3,763.6	424.2
85	2018	Jan	31	31	100.00	3,690.1	3,866.7	2,176.1	4,347.8	512.9
86	2018	Feb	28	28	100.00	4,508.6	4,728.1	3,300.6	5,652.8	674.3
87	2018	Mar	31	31	100.00	6,011.6	6,079.8	3,787.5	7,047.3	666.6
88	2018	Apr	30	30	100.00	6,880.3	7,379.8	2,401.0	7,804.3	1,230.1
89	2018	May	31	31	100.00	7,565.5	7,872.3	3,737.2	8,246.0	837.6
90	2018	Jun	30	30	100.00	8,145.0	8,188.6	7,800.0	8,367.1	140.1
91	2018	Jul	31	31	100.00	7,617.6	7,646.9	6,755.4	8,191.2	363.2
92	2018	Aug	31	31	100.00	6,843.8	6,964.0	4,981.5	7,739.5	594.2
93	2018	Sep	30	30	100.00	5,999.5	6,040.0	4,337.8	6,854.3	637.0
94	2018	Oct	31	31	100.00	4,871.3	4,948.2	3,827.4	5,803.7	527.9
95	2018	Nov	30	30	100.00	3,849.8	3,967.0	1,302.5	4,571.9	654.2
96	2018	Dec	31	31	100.00	3,486.3	3,521.8	2,985.1	3,604.9	127.5
97	2019	Jan	31	31	100.00	3,732.7	3,762.9	2,868.3	4,262.5	331.6
98	2019	Feb	28	28	100.00	4,833.5	4,911.9	3,166.0	5,662.3	559.6
99	2019	Mar	31	31	100.00	5,588.4	5,864.9	2,850.4	6,602.6	1,034.8
100	2019	Apr	30	30	100.00	7,280.2	7,424.2	5,149.4	7,924.2	591.5

101	2019	May	31	31	100.00	7,498.2	7,967.5	4,452.0	8,331.2	946.9
102	2019	Jun	30	30	100.00	8,191.2	8,265.3	7,222.8	8,522.4	254.8
103	2019	Jul	31	31	100.00	7,789.0	7,785.3	6,852.5	8,196.0	277.3
104	2019	Aug	31	31	100.00	7,058.4	7,212.5	4,463.0	7,624.6	612.3
105	2019	Sep	30	30	100.00	6,168.5	6,161.0	5,618.6	6,696.4	261.5
106	2019	Oct	31	31	100.00	5,078.5	5,024.8	4,016.7	5,998.1	605.6
107	2019	Nov	30	30	100.00	3,924.3	3,958.2	2,363.6	4,547.5	467.5
108	2019	Dec	31	31	100.00	3,387.9	3,465.1	2,272.4	3,655.8	290.0
#	Year	Month	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
109	2020	Jan	31	31	100.00	3,785.5	3,728.2	2,647.0	4,418.8	378.7
110	2020	Feb	29	29	100.00	4,882.2	4,930.4	3,089.4	5,655.9	534.6
111	2020	Mar	31	31	100.00	5,930.2	5,992.1	3,985.3	6,968.3	636.3
112	2020	Apr	30	30	100.00	6,791.1	7,098.2	2,961.2	7,844.3	1,194.4
113	2020	May	31	31	100.00	7,570.2	7,940.1	5,012.5	8,400.4	870.7
114	2020	Jun	30	30	100.00	7,989.2	8,149.0	6,779.3	8,298.2	396.6
115	2020	Jul	31	31	100.00	7,747.7	7,816.9	6,324.7	8,180.5	397.6
116	2020	Aug	31	31	100.00	7,320.8	7,417.6	6,337.1	7,725.1	314.1
117	2020	Sep	30	30	100.00	5,995.3	6,201.8	3,739.6	6,785.9	702.8
118	2020	Oct	31	31	100.00	5,275.0	5,302.0	4,726.7	5,765.0	348.7
119	2020	Nov	30	30	100.00	3,794.1	3,925.5	1,824.7	4,621.0	528.3
120	2020	Dec	31	31	100.00	3,331.6	3,416.5	2,584.9	3,710.7	319.3
All Data			3,653	3,653	100.00	5,856.1	6,011.4	823.5	8,538.1	1,751.0
Mean of monthly means						5,856.3				

Monthly Flag Statistics

#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
1	2011	Jan	31
2	2011	Feb	28
3	2011	Mar	31
4	2011	Apr	30
5	2011	May	31
6	2011	Jun	30
7	2011	Jul	31
8	2011	Aug	31
9	2011	Sep	30
10	2011	Oct	31
11	2011	Nov	30
12	2011	Dec	31
13	2012	Jan	31
14	2012	Feb	29

15	2012	Mar	31
16	2012	Apr	30
17	2012	May	31
18	2012	Jun	30
19	2012	Jul	31
20	2012	Aug	31
21	2012	Sep	30
22	2012	Oct	31
23	2012	Nov	30
24	2012	Dec	31
25	2013	Jan	31
26	2013	Feb	28
27	2013	Mar	31
28	2013	Apr	30
29	2013	May	31
30	2013	Jun	30
31	2013	Jul	31
32	2013	Aug	31
33	2013	Sep	30
34	2013	Oct	31
35	2013	Nov	30
36	2013	Dec	31
37	2014	Jan	31
38	2014	Feb	28
39	2014	Mar	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
40	2014	Apr	30
41	2014	May	31
42	2014	Jun	30
43	2014	Jul	31
44	2014	Aug	31
45	2014	Sep	30
46	2014	Oct	31
47	2014	Nov	30
48	2014	Dec	31
49	2015	Jan	31
50	2015	Feb	28
51	2015	Mar	31
52	2015	Apr	30
53	2015	May	31
54	2015	Jun	30
55	2015	Jul	31
56	2015	Aug	31
57	2015	Sep	30
58	2015	Oct	31
59	2015	Nov	30
60	2015	Dec	31
61	2016	Jan	31
62	2016	Feb	29
63	2016	Mar	31

64	2016	Apr	30
65	2016	May	31
66	2016	Jun	30
67	2016	Jul	31
68	2016	Aug	31
69	2016	Sep	30
70	2016	Oct	31
71	2016	Nov	30
72	2016	Dec	31
73	2017	Jan	31
74	2017	Feb	28
75	2017	Mar	31
76	2017	Apr	30
77	2017	May	31
78	2017	Jun	30
79	2017	Jul	31
80	2017	Aug	31
81	2017	Sep	30
82	2017	Oct	31
83	2017	Nov	30
84	2017	Dec	31
85	2018	Jan	31
86	2018	Feb	28
87	2018	Mar	31
88	2018	Apr	30
89	2018	May	31
90	2018	Jun	30
91	2018	Jul	31
92	2018	Aug	31
93	2018	Sep	30
94	2018	Oct	31
95	2018	Nov	30
96	2018	Dec	31
97	2019	Jan	31
#	Year	Month	Time Steps Flagged As
< Unflagged data >			
98	2019	Feb	28
99	2019	Mar	31
100	2019	Apr	30
101	2019	May	31
102	2019	Jun	30
103	2019	Jul	31
104	2019	Aug	31
105	2019	Sep	30
106	2019	Oct	31
107	2019	Nov	30
108	2019	Dec	31
109	2020	Jan	31
110	2020	Feb	29
111	2020	Mar	31
112	2020	Apr	30

113	2020	May	31
114	2020	Jun	30
115	2020	Jul	31
116	2020	Aug	31
117	2020	Sep	30
118	2020	Oct	31
119	2020	Nov	30
120	2020	Dec	31
All data	3,653		

Annual Statistics

#	Year	Possible Data Points	Valid Data Points	Recovery Rate (%)	Mean	Median	Min	Max	Std. Dev.
1	2011	365	365	100.00	5,821.1	5,984.5	2,196.2	8,324.6	1,733.6
2	2012	366	366	100.00	5,840.6	5,990.1	1,318.2	8,278.3	1,774.3
3	2013	365	365	100.00	5,853.0	5,888.2	823.5	8,457.0	1,835.6
4	2014	365	365	100.00	5,849.7	6,128.9	1,129.1	8,421.4	1,788.8
5	2015	365	365	100.00	5,908.8	6,061.8	1,914.9	8,538.1	1,759.8
6	2016	366	366	100.00	5,868.3	6,110.4	2,000.9	8,367.3	1,777.4
7	2017	365	365	100.00	5,873.9	6,132.1	1,593.8	8,357.4	1,712.6
8	2018	365	365	100.00	5,794.9	5,852.2	1,302.5	8,367.1	1,717.2
9	2019	365	365	100.00	5,880.5	6,014.1	2,272.4	8,522.4	1,722.8
10	2020	366	366	100.00	5,870.1	5,971.2	1,824.7	8,400.4	1,702.4
	All Data	3,653	3,653	100.00	5,856.1	6,011.4	823.5	8,538.1	1,751.0
	Mean of monthly means				5,856.3				

Annual Flag Statistics

#	Year	Time Steps Flagged As < Unflagged data >
1	2011	365
2	2012	366
3	2013	365
4	2014	365
5	2015	365
6	2016	366
7	2017	365
8	2018	365
9	2019	365
10	2020	366
All data	3,653	

Additional Graphs

