



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

الميدان: علوم المادة



مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي

تخصص فيزياء الأرصاد الجوية

من إعداد الطالبة: بابا عربي رحاب

تحت عنوان:

الظواهر الغبارية و تأثيرها على معدلات الإشعاع الشمسي باستخدام الأقمار الصناعية و القياسات الأرضية

نوقشت يوم 22 جوان 2023 أمام اللجنة:

رئيسا

جامعة قاصدي مرباح- ورقلة

بن بلقاسم خلف الله :

مناقشا

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة

تليلي صالح:

مؤطر

جامعة قاصدي مرباح- ورقلة

فقيه عبد العالي:

مساعد

جامعة قاصدي مرباح- ورقلة

هبال بالخير:

السنة الجامعية: 2023/2022

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم:

﴿وَلَوْلَا فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ وَرَحْمَتُهُ لَهَمَّتْ طَائِفَةٌ مِّنْهُمْ أَنْ يُضِلُّوكَ وَمَا يُضِلُّونَ إِلَّا أَنْفُسَهُمْ ۗ وَمَا يَضُرُّونَكَ مِنْ شَيْءٍ ۗ وَأَنْزَلَ اللَّهُ عَلَيْكَ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَعَلَّمَكَ مَا لَمْ تَكُن تَعْلَمُ ۗ وَكَانَ فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا﴾
[113: النساء]

الفضل ينسب لله رب العالمين أولاً ، وهو من جعل الفضل متداولاً بين عباده .

أهدي هذا العمل إلى من لا يمكن للكلمات أن توفي حقهما إلى من لا يمكن للأرقام أن تحصي فضائلهما من ربنتي و أنارت دربي و أعاننتي بالصلوات و الدعاء ، إلى أعلى إنسانة أمي الغالية أمال ، إلى من عمل بكد في سبيلي و علمني معنى الكفاح و أوصلني إلى ما أنا عليه أبي الغالي محمد الطيب ، أدامهما الله لي

إلى نور قلبي أختاي أسماء و أية الرحمان و أختي محمد أنس محمد أمين رشاد رائد إلى من كانت تكتمل السعادة بوجودها جدتي رحمها الله إلى مسندي أخوالي و خالتي ، إلى أعمامي و عماتي ولكل براعم عائلتي.

إلى كل من عمل معي بكد بغية إتمام هذا العمل وبشكر خاص من ساعدتني حليلة ، إلى فرحة عمري أصدقاء حفضهم الله فتحية جهينة تركية جهاد مروة فاطمة سارة و إلى بقية الأصدقاء

و إلى كل أساتذتي الفاضلين خلال مشواري الدراسي .

شكر و تقدير

يقول النبي ﷺ: (من لا يشكر الناس لا يشكر الله)

رحلة بحث وجهد اكتملت بفضل الله سبحانه و تعالى ،كل التقدير و الشكر للأستاذ بن بلقاسم خلف الله على ترأسه اللجنة، كما يسعني أن أخص في عبارات الشكر و التقدير لأساتذتي الفاضلين فقيه عبد العالي و الأستاذ هبال بلخير على متابعتهم طوال فترة إعداد المذكرة ، متمنية الصحة الجيدة و التوفيق و سداد لهما في الحياة .

كما أشكر الأستاذ تليلي صالح على قبوله مناقشة مذكرتي فله مني أسمي عبارات الشكر و التقدير و الامتنان .

الشكر لكل من ساهموا في تكويننا في كل الأطوار التعليمية إلى كل من ساعدني في انجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد و الى من زرعوا التفاؤل .

الفهرس

I	الإهداء
II	الشكر والتقدير
III	الفهرس
VI	قائمة الجداول
VII	قائمة الاشكال
VIII	قائمة الرموز
01	مقدمة عامة

الفصل الأول : الاشعاع الشمسي

03	1-1-المقدمة
03	1-2- مميزات الطاقة الشمسية
03	1-3- الاشعاع الشمسي Solar Radiation
04	1-4- الثابت الشمسي Solar Constant
05	1-5- الطيف الشمسي Solar Spectrum
07	1-6- الزوايا الشمسية
11	1-7- الاشعاع الشمسي على سطح الأرض
11	1-7-1- الاشعاع المباشر
12	1-7-2- الاشعاع المنتشر (المبعثر)
12	1-7-3- الاشعاع الكلي
12	1-8- اجهزة قياس الاشعاع الشمسي
12	1-8-1- القياسات الارضية
12	1-8-1-1- جهاز البيرانومتر
13	1-8-1-2- جهاز البيروهليومتر
13	1-8-1-3- جهاز كامبل ستوكس
21	1-9- تقدير الإشعاع الشمسي:
21	1-9-1- تقنية الهيليوسات
22	1-9-2- نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء الصافية
22	1-9-2-1- نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي
24	1-9-2-2- نماذج بسيطة لتقدير الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الارض في يوم صافي
25	1-9-2-3- نماذج معقدة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي

الفصل الثاني: الإشعاع الشمسي و الهباء الجوي

31	II-1- مقدمة
31	II-2- الاشعاع الشمسي و علاقته بالهباء الصحراوي

32	3-II-تعريفات
32	1-3-II الهباء الجوي (Aerosols)
32	2-3-II مؤشر الهباء الجوي
32	3-3-II ظاهرة الأليبدو
33	4-3-II العاصفة الرملية / الترابية
33	5-3-II الأتربة المتصاعدة
34	6-3-II العجاج الغباري (الترابي)
34	7-3-II الدوامة الترابية (الغبارية)
34	II - 4 أنواع الهباء و الغبار الصحراوي:
34	1-4-II الكربون الأسود
35	2-4-II الغبار المعدني
35	3-4-II ملح البحر
35	4-4-II الهباء العضوي
35	5-4-II الهباء البركاني
36	6-4-II التكتيف السحابي
36	5-II الظواهر الرملية و الغبارية
36	1-5-II ظاهرة الغبار
36	1-1-5-II الغبار العالق (Suspended dust)
36	2-1-5-II الغبار الصاعد: (Rising dust)
36	3-1-5-II العاصفة الغبارية: (Dust Storm)
36	4-1-5-II الغبش: (Haze)
37	2-5-II الريح الأفقية
37	3-5-II سرعة الرياح
37	4-5-II مدى الرؤية الأفقية
38	6-II- مصادر الغبار
38	1-6-II مناطق المصدر الرئيسية على نطاق عالمي
39	2-6 II مصادر الهباء الجوي في إفريقيا
40	3-6-II مناطق المصدر في أفريقيا شمال خط الاستواء

41	7-II- طرق قياسه:
41	1-7-II الملاحظة من الأرض
45	2-7-II الملاحظة من الفضاء
48	8-II مؤشرات الهباء
48	1-8-II مؤشر الهباء (Absorbing Aerosol Index) AAI
49	2-8-II مؤشر الهباء (Infrared Difference Dust Index) IDDI
52	الفصل الثالث: نتائج و المناقشة
52	III- مقدمة
53	1-III دراسة مناخية لمنطقة الدراسة
53	2-III البيانات المناخية بمنطقة ورقلة (2013- 2022)
53	1-2-III درجة الحرارة
54	2-2-III الرطوبة النسبية
55	3-2-III الرياح
56	4-2-III كمية التساقط
56	5-2-III التبخر
57	6-2-III الشمس
58	3-III تحليل زمني لمنطقة ورقلة
59	1-3-III تغير سنوي لظاهرة الغبار
60	2-3-III التغير الشهري لظواهر الغبارية
61	4-III دراسة حالة الظواهر الغبارية في الفترة الممتدة بين 01-12 مارس 2007
61	1-4-III تأثير الظواهر الغبارية على مدة الشمس
62	2-4-III تأثير الظواهر الغبارية على الإشعاع الشمسي

الخلاصة

المراجع

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	قائمة الجداول الجدول:
07	الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض	الجدول 1-1
27	قيم الألبيدو لبعض الأسطح	الجدول 2-1

قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
04	ابعاد وموضع الشمس والارض	الشكل (1-I)
05	الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة	الشكل (2-I)
06	التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي	الشكل (3-I)
08	الزاوية ميل الشمسي δ .	الشكل (4-I)
09	زاوية كل من السمات الرأسية والسمت الشمسي	الشكل (5-I)
10	زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض ϕ وزاوية خط طول L)	الشكل (6-I)
11	مخطط يوضح وصول الإشعاع الشمسي الى سطح الارض	الشكل (7-I)
13	جهاز البيرانومتر	الشكل (8-I)
13	جهاز البيروهليومتر	الشكل (9-I)
14	جهاز كامبل ستوكس	الشكل (10-I)
19	مخطط يوضح تقنية الهيليوسات	الشكل (11-I)
24	يمثل نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية معتمدة على زاوية السمات	الشكل (12-I)
32	صورة توضح أهباء جوية غبارية	شكل (1-II)
33	جبهة عاصفة ترابية والتي تظهر على شكل حائط ترابي	شكل (2-II)
34	يمثل دوامة ترابية على شكل اسطوانة	شكل (3-II)
38	موقع المناطق الصحراوية والصحاري الرئيسية	شكل (4-II)
39	المتوسط السنوي للتركيز السطحي للتراب المعدني في عام 2018	شكل (5-II)
40	موقع 131 نقطة ساخنة من متوسط 1990-1984 لمؤشر الهباء الجوي (AI) من أرصاد الفضاء	شكل (6-II)
41	المتوسط الشهري خلال الفترة 1992-1980 من TOMS AI (x10) يوضح الرئيسي مناطق المنبع من شمال أفريقيا: (أ) بوديليه ؛ (ب) غرب أفريقيا ؛ (ج) صحراء نوبية و (د) صحراء ليبيا [25].	شكل (7-II)

قائمة الأشكال

- شكل (8-II) المتوسط السنوي لـ IDDI لـ IR - METEOSAT على IR خلال 42
الفترة 1984- الفترة 1984
- 1993 يشير إلى موقع مناطق المصدر الرئيسية للايروسولات الصحراوية
من الهباء الصحراوي في أفريقيا من الشمال
- شكل (9-II) 42 جهاز (SUN_PHITOMETRE) المستخدم في شبكة
AERONET
- شكل (10-II) 43 شبكة AERONET فوق غرب أفريقيا. الدوائر الحمراء تمثل
المواقع تم استخدامها في الملاحظة والقياس (تمنراست ،
بانيزومبو، سوروا، دجوغو ، مبور والرأس الأخضر) اما النقاط
الحمراء تمثل المواقع الغير
- الشكل (11-II) 44 جهاز TEOM 1400 A
- الشكل (12-II) 45 مقياس DF320 الرؤية لشركة Degreane-Horizons
- الشكل (13-II) 46 مكونات جهاز MODIS
- الشكل (14-II) 47 مكونات جهاز SEVIRI
- الشكل (15-II) 48 CALIPSO
- الشكل (16-II) القمر الصناعي (GOES)
- الشكل (17-II) صور القمر الصناعي مبيتوسات (1) الجيل الأول (2) الجيل الثاني (3)
الجيل الثالث
- الشكل (18-II) 49 صورة توضح المخطط الانسيابي لمؤشر الغبار IDDI
- الشكل (19-II) 50 المبدأ الفيزيائي للكشف عن الغبار في IRT
- الشكل (1-III) 53 خريطة ورقلة
- الشكل (2-III) 54 تغيرات درجة الحرارة بدلالة الأشهر لمنطقة ورقلة الفترة (2013-
2022)
- الشكل (3-III) 54 تغيرات الرطوبة النسبية بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة للفترة (2013-

قائمة الأشكال

(2022)

- 55 الشكل (III-4) وردة الرياح لمنطقة ورقلة
- 56 الشكل (III-5) تغيرات السرعة القصوى للرياح بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة الممتدة (2013-2022)
- 56 الشكل (III-6) تغير كمية التساقط بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة (2013-2022)
- 57 الشكل (III-7) تغير كمية التبخر بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة (2013-2022)
- 58 الشكل (III-8) تغير كمية الشمس بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة (2013-2022)
- 59 الشكل (III-9) التغير السنوي للظواهر الغبارية (1996-2017)
- 59 الشكل (III-10) التغير الشهري للظواهر الغبارية (1996-2017)
- 60 الشكل (III-11) تركيز الغبار يوم 2007/03/07
- 61 الشكل (III-12) تركيز الغبار يوم 2007/03/08
- 61 الشكل (III-13) تركيز الغبار يوم 2007/03/09
- 62 الشكل (III-14) مدة الشمس لأيام قبل، أثناء وبعد العاصفة الغبارية في منطقة ورقلة من 01 إلى 2007/03/12
- 63 الشكل (III-15) توزيع الإشعاع الشمسي الكلي لأيام قبل، أثناء وبعد العاصفة الغبارية في منطقة ورقلة من 01 إلى 2007/03/12
- 64 الشكل (III-16) توزيع الإشعاع الشمسي الكلي لأيام قبل، أثناء وبعد العاصفة الغبارية في منطقة ورقلة من 01 إلى 2007/03/12

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة في النظام الدولي
\varnothing	كمية الحرارة	K
σ	ثابت بولتزمان	J/K
δ	زاوية ميل الشمسي	°
$t\Delta$	التغير في درجة الحرارة اثناء عملية التخزين	K
E_0	السبك	Cm
T_A	معامل نفاذية الهباء الجوي ناتج عن الامتصاص و التشتت	/
T_M	نفاذية الكلية لجميع التأثيرات الجزئية باستثناء بخار الماء	/
T_D	تمثل درجة حرارة نقطة الندى	/
T_0	تمثل معامل النفاذية للأوزون الناتج عن الامتصاص	/
T_R	تمثل معامل النفاذية لتشتت رايلي	/
T_S	درجة حرارة السطح	K
N_j	رقم اليوم من السنة	/
M	الكتلة الهوائية	/
R	المقاومة الحرارية	/
H	زاوية الارتفاع الشمسي	°
Z	زاويت سمت الرأسى	°
C	قيمة الرقمية للبيكسل	/
C_{atm}	القيمة الرقمية الناتجة عن وجود غلاف جوي	
P	معامل الانعكاس النسبي	

قائمة الرموز

/	قيمة الصغرى لألبيدو السطح	P_{min}
/	قيمة الكبرى لألبيدو السطح	P_{max}
/	الضغط الجزئي لبخار الماء	P_V
w/m	شدة الاشعاع الشمسي مباشر	I_0
w/m ²	الاشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي	I_d
/	الاشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي والنتاج من انعكاسات متعددة بين الارض والسماء	I_G
/	ألبيدو الارض	r_g
/	ألبيدو الغلاف الجوي	r_s
w/m ²	الاشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح افقي	I_{as}
1367 w/m ²	الثابت الشمسي	I_{cs}
/	الاشعاع الاجمالي الساقط على سطح الارض في حالة السماء صافية	G_{clear}
w/m ²	الاشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي	G_{ext}
/	يمثل معامل امتصاص بخار الماء	a_w
/	الكمية الكلية للأوزون في مسار مائل	X_0
/	يمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء	U_w
/	مؤشر الصفاء	K^*T
/	يمثل إشعاع الشمس المباشر	DNI
/	يمثل إشعاع الشمس المنتشر	$Diffvse$
	معامل اضطراب الجو	β_A

مقدمة:

يقصد بالعواصف الغبارية أو الترابية غيمة من دقائق التربة المتقلبة بواسطة الهواء، تزداد فيها كثافة الأتربة بحيث يقل مدى الرؤيا عن (01 كلم)، وتتفاوت العواصف الغبارية في سرعتها وشدتها وحجمها وكثافتها، وتكون ارتفاعها بين (1 - 5500 م) [1] ، وتقطع مسافة تصل بين عشرات الكيلومترات إلى آلاف الكيلومترات .

وتخضع العواصف الغبارية في أي منطقة إلى عوامل فيزيائية بالغة التعقيد، تبدأ بطبيعة التربة في المنطقة والمناطق المحيطة بها إلى أن تصل إلى نشاطات الإنسان المختلفة عليها، وتنتهي بالعوامل الجوية المختلفة، ويساعد استواء السطح وقلة عوامل الاحتكاك وجفاف التربة وتفككها وسرعة الرياح في ازدياد معدلات هبوب العواصف الغبارية.

وللعواصف الغبارية نتائج سلبية على البيئة ومنها الإنسان ونشاطاته المختلفة، إذ تتناقض مديات الرؤيا إلى حد كبير أحيانا، فضلا عن أثرها في تقليل كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض وارتفاع نسبة حوادث النقل بكافة أنواعه، وتأثيره في الغطاء النباتي إذ تنخفض القدرة الإنتاجية للأرض، فضلا عن الآثار النفسية والعصبية في الإنسان والأمراض الجسدية وأمراض الجهاز التنفسي، وتسبب تلوث في الملابس والمنازل والشوارع والسيارات وغيرها وربما لها أثر في هجرة السكان لاسيما في المناطق التي يكثر حدوثها فيه. [1]

أما الإشعاع الشمسي فهو الطاقة التي تطلقها الشمس إلى الاتجاهات جميعها، ويتضمن الإشعاع المرئي وغير المرئي بمعنى آخر الطاقة الضوئية والحرارية على الأرض، وتعد الشمس المصدر الرئيسي للطاقة على السطح الأرض فهي المسؤولة عن أكثر من 99% من الطاقة المتاحة على الأرض تقريبا، بينما الطاقة الباقية مصدرها تحليل المواد المشعة في باطن الأرض وطاقة المد والجزر والرياح وغيرها.

الشمس آية من آيات الله في الكون، ولعظمتها تكرر ذكرها في 33 موضعا من القرآن سخرها المولى لنتحقق الحياة لكل الكائنات على وجه الأرض، فمنها يستمدون الطاقة اللازمة لحياتهم، ويحدث تعاقب الليل والنهار، [2] ولذلك امتنن الله بها على عباده في قوله تعالى:

﴿ وَسَخَّرَ لَكُمُ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَائِبِينَ وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ * وَأَتَاكُم مِّنْ كُلِّ مَآ سَأَلْتُمُوهُ وَإِن تَعُدُّوا

نِعْمَةَ اللَّهِ لَا تُحْصُوهَا إِنَّ الْإِنْسَانَ لظَلُومٌ كَفَّارٌ ﴿ إبراهيم: 33_34 ﴾

وللأهمية هذا العنصر المناخي وتأثيراته المتعددة على مظاهر البيئة كافة، ارتأينا دراسته مع العواصف الغبارية لتوضيح تأثير الأخيرة فيه من حيث انخفاض معدلات وصوله إلى منطقة الدراسة في محاولة لمعرفة الآثار الناجمة عنها كون الغبار يسهم في حجب جزء من الإشعاع الشمسي وانتشار الأشعة ولكون الإشعاع الشمسي أصبح اليوم أهم مصدر الطاقة البديلة والمتعددة، وله أثر في اختيار الموقع الصناعي لبعض الصناعات، كذلك له أثر في المناخ السياحي إذ يؤثر صفاء الجو في مدى شعور الإنسان بالراحة، ويضفي الإشعاع الشمسي خصائص جمالية وبصرية في إحساس الإنسان على المكان الذي يعيش فيه. [1]

من هنا جاءت إشكاليتنا كيف تؤثر العواصف الغبارية على معدلات الإشعاع الشمسي؟.

و ماهي الأجهزة التي يقاس بها شدة الإشعاع الشمسي و كذا العواصف الغبارية؟

سنقوم في هذا العمل بدراسة لفهم مشكلة الغبار التي تؤثر على شدة الإشعاع الشمسي، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بكثرة الزوابع الرملية، سنأخذ حالات غبارية محددة لحساب الطاقة الشمسية الضائعة بسبب الغبار خلال أيام معينة من 01-12 مارس 2007 حددت على أنها شهدت حدوث الغبار بصورة مؤكدة، الأيام المغبرة المختارة 7-8-9 مارس 2007 .

ان هذا العمل أنجز في ثلاث فصول وهي:

الفصل الأول: تطرقنا فيه لدراسة الإشعاع الشمسي مميزاته و خصائصه و أجهزة قياسه و أهميته.
الفصل الثاني: يتضمن هذا الفصل مفاهيم عن الهباء و الغبار الجوي و مدى تأثيره على معدلات الإشعاع الشمسي.
الفصل الثالث: خصص هذا الفصل لطريقة الدراسة و عرض النتائج مع تحليلها و مناقشتها.

الفصل الأول

الأشعاع الشمسي

1.I- مقدمة :

تعتبر الطاقة الواردة إلينا من الشمس من أهم أنواع الطاقات التي يمكن للإنسان استغلالها حيث ما يتم الحصول عليه من أشعة الشمس لمدة 105 دقيقة تكفي احتياجات و استهلاك العالم لمدة عام و تعود معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة على سطح الأرض الى الإشعاعات الشمسية [3]، طاقة دائمة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية ضارة للبيئة مقارنة بالمصادر الأخرى ولا تترك مخلفات على درجة من الخطورة مثل النفايات المشعة التي تنتج عن استعمال الطاقة النووية [4] ، و لتقدير شدة الإشعاع الشمسي التي تصل سطح الأرض فإننا بحاجة في هذا الفصل الى التعرف على مختلف الزوايا الشمسية ، و الأنواع المكونة للإشعاع الشمسي ، كما يجب التعرف الى أجهزة قياس الاشعاع الشمسي .

2.I- مميزات الطاقة الشمسية :

من أهم المصادر المتجددة للطاقة و التي يمكن استغلالها بدرجة كبيرة هي الطاقة الشمسية لما تتميز من :

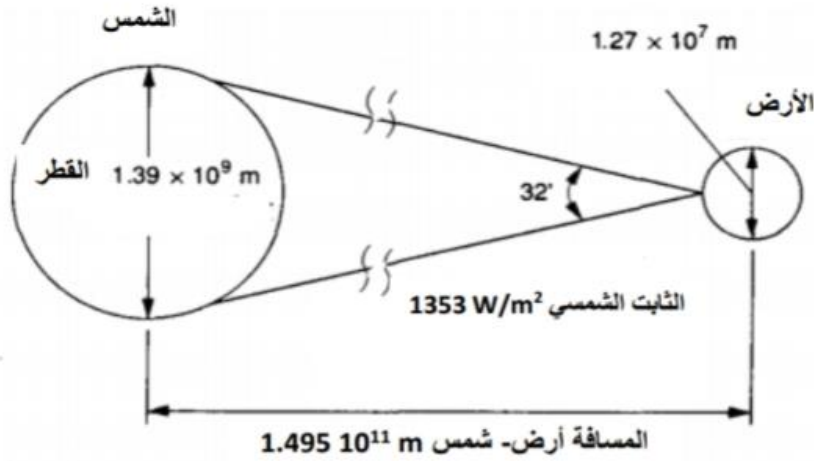
- طاقة لا تنضب متوفرة على مدار العام (تبدو أكثر ديمومة من الوقود الأحفوري أو النووي).
- طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة (لا يصدر عن استخدامها ثاني أكسيد الكربون).
- التكنولوجيا المستخدمة فيها غير معقدة و يمكن تصنيعها محليا.
- إنها هبة من الله و لا تكلف شيئا عدا أجهزة التجميع. [5]

3.I- الإشعاع الشمسي Solar Radiation :

تنتج الطاقة الشمسية عن التفاعل النووي للاندماج الحراري لأنوية الهيدروجين لتتحول الى أنوية هيليوم بنقص كتلي قدره 4 مليون طن في الثانية، وبذلك تشع استطاعة $3.8 \text{ W } 10^{26}$ والتي توافق طاقة كثافتها 63 MW/m^2 ، ويصل منها إلى سطح الأرض حوالي 1 KW/m^2 مستغرقا مدة قدرها 8 دقائق و 20 ثانية ، حيث تبلغ درجة حرارة سطحها حوالي 5000k و تتراوح درجة حرارة مركزها بين $(8 - 40 \times 10^6)$ ، و تشع الشمس (باعتبارها جسما اسودا) (نصف قطرها R_s ودرجة حرارتها T_s) هذه الطاقة بتدفق يعطى بقانون Stephen [2]:

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

ويقدر القطر الظاهري للشمس من سطح الأرض 32 دقيقة (0.53 °) كما يوضح الشكل (1-1)



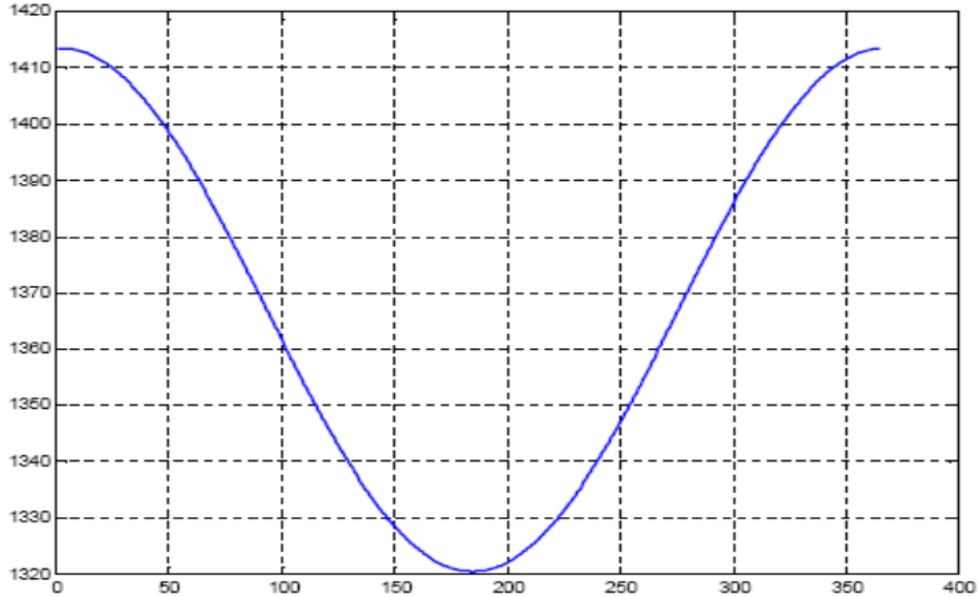
الشكل(1-I) ابعاد وموضع الشمس والارض [2]

I. 4- الثابت الشمسي Solar Constant :

هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته 1m^2 مثبت في نهاية الغلاف الجوي الأرضي في وضع يكون فيه عمودي على أشعة الشمس وذلك باعتبار المسافة بين الشمس والأرض عند قيمتها المتوسطة خلال السنة والمقدرة بـ $(1.5 \times 10^8 \text{ Km})$ وتعطى قيمة الثابت الشمسي المقاسة من طرف

Gueymard في 2004 $I_0 = 1366.1 \text{ W/m}^2$ [2]

I_0 w/m²



الشكل (2-1): الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة [6]

تتغير شدة تدفق الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي بالانحراف عن قيمة الثابت الشمسي

I_0 ب $(\pm 3.3\%)$ حسب اقتراب أو ابتعاد الشمس عن الأرض وذلك حسب اليوم من السنة ، و تعطى علاقة

التصحيح للثابت الشمسي . [6]

$$I_0 = E_0 (1 + 0.33 \cos(Nj)) \quad (2-1)$$

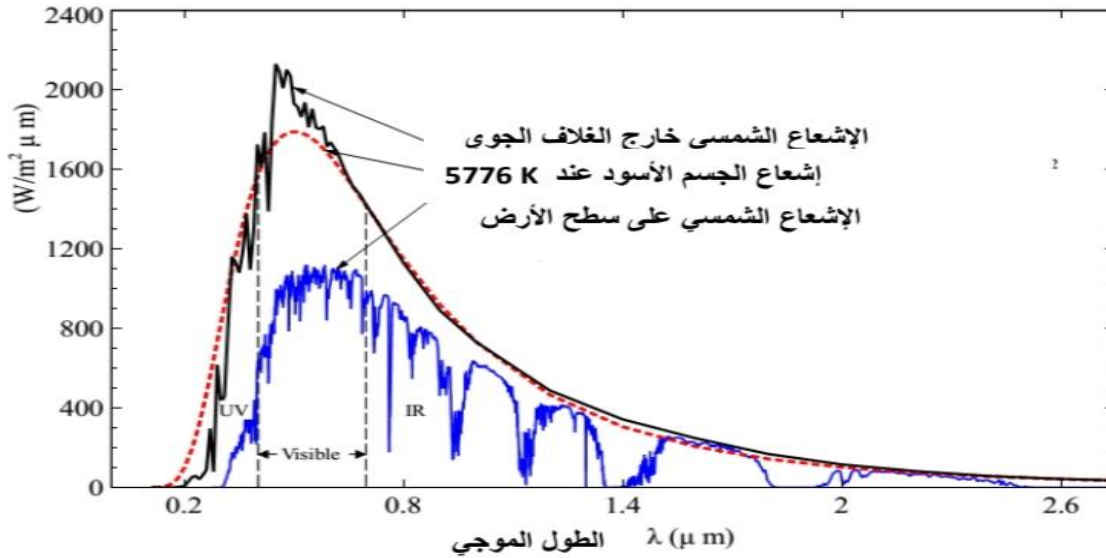
Nj : رقم اليوم من السنة ابتداء من 1 جانفي (1.....365).

I. 5- الطيف الشمسي Solar Spectrum

ان الطاقة المنبعثة من الشمس تغطي مدى واسعا من الطيف الكهرومغناطيسي إذ تمتد من الاطوال الموجية القصيرة جدا لأشعة كاما و الاشعة السينية الى الموجات الطويلة للأشعة الراديوية ، ان حوالي 99% من الاشعة الشمسية تقع اطوالها الموجية بين (0,15 - 4) μm و هي موجات قصيرة . و تصل الطاقة

الشمسية إلى الأرض على شكل إشعاع كهرومغناطيسي ذي أطوال موجية تتراوح بين (0.3_3) . تنقسم الأشعة الشمسية عادة كالآتي : [7]

الإشعاع الطيفي



الشكل (3-I) : التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي . [7]

● الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Radiation):

و هي أشعة غير مرئية (أي لا يستطيع ان يراها الانسان بعينه المجردة)، و تمثل هذه الأشعة حوالي 9% من جملة الاشعاع الشمسي ، و يتراوح طول موجتها ما بين حوالي (0.25 - 0.4) μm.

● الأشعة المرئية (Visible Radiation):

و هي التي تعرف بضوء النهار ، و تمثل حوالي 41% من اجمالي الإشعاع الشمسي ، و تتراوح أطوال موجتها ما بين (0.4 - 0.8) μm، و تصل الألى اقصى حد لها في منتصف النهار و تزيد في الصيف عنها في الشتاء ، و تتكون هذه الأشعة من ألوان متعددة أهمها (البنفسجية - الزرقاء - الخضراء - الصفراء - الحمراء - البرتقالية)، و التي ينتج عن اختلاطها مع بعضها تكون الضوء الأبيض الذي نعرفه بواسطة منشور زجاجي .

● الأشعة تحت الحمراء (Infrarouges Radiation):

و تسمى أيضا بالأشعة الحرارية و هي اشعة غير مرئية ، حيث تمثل 50% من اجمالي الإشعاع الشمسي و تتراوح اطوال موجتها ما بين $(0.8 - 4) \mu\text{m}$ ، و هي بذلك أطول أنواع الأشعة الممثلة للإشعاع الشمسي من حيث الموجات . [8]

كما يوضح الجدول (1-1):

(الجدول 1-I): الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض [8]

المجال	الطول الموجي (μm)	النسبة %	شدة الاشعاع الشمسي W/m^2
الاشعة فوق البنفسجية uv	0.4_ 0.25	9	95
الاشعة المرئية Visible	0.8_ 0.4	41	640
الاشعة تحت الحمراء IR	4_ 0.8	50	618

I. 6- الزوايا الشمسية :

ان استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال يتطلب تفصيلية للعلاقة بين الشمس و الأرض والمنطقة موضع الاهتمام على سطح الارض فعند الحديث عن استخدام الطاقة الشمسية لابد من الاخذ بعين الاعتبار حقيقة ان الشمس هي مصدر الطاقة وان المطلوب هو رفع كفاءة استخدام هذه الطاقة. ولأجل تحقيق هذا الغرض فان الامر يتطلب المعرفة التفصيلية والدقيقة للعلاقة بين المواقع المختلفة على سطح الارض و الشمس.

• زاوية ميل الشمس δ :

هي زاوية ميلان محور دوران الأرض عن المحور العمودي على مستوى مدار الأرض حول الشمس، أو هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض إلى مركز الشمس مع مستوى خط الاستواء.

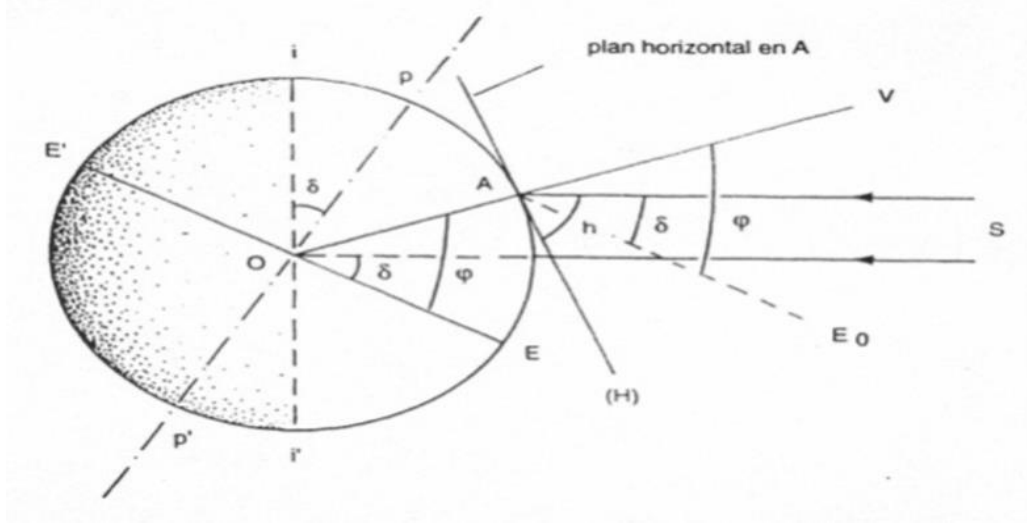
و تتغير هذه الزاوية على مدار السنة حيث تنعدم في الاعتدالين الربيعي (21 مارس) والخريفي (23 سبتمبر)، (مدار الاستواء) بينما تكون أعظمية عند الانقلاب الصيفي (22 جوان) "23.45" (مدار السرطان) والانقلاب الشتوي (22 ديسمبر) -23.45 (مدار الجدي) [6] [22]

$$+ \delta \leq 23.450 \geq -23.450 \quad (3-1)$$

نتيجة لذلك فان قيمة زاوية الانحراف لأي يوم من السنة يمكن اعتبارها ثابتة وتحسب بالعلاقة التالية . [6]

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365} (284+n)\right) \quad (4-1)$$

حيث n يمثل رقم اليوم من السنة من 1 الى 365



الشكل (4-1) : الزاوية ميل الشمسي δ . [6]

• زاوية الارتفاع الشمسي h :

هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض و مركز الشمس الأفقي الذي تمر فيه النقطة على الأرض، هذه الزاوية تساوي الصفر عند شروق و غروب الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند الزوال الشمسي هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الإشعاع الواصل الي سطح الأرض [6].

في الليل $h < 0$: في النهار . $h > 0$: عند شروق و غروب الشمس . $h = 0$:

وتكتب بالعلاقة التالية:

$$\sin (h)= \sin \phi . \sin \delta + \cos \phi . \cos \delta . \cos \omega \quad (5-1)$$

• زاوية السميت الشمسي a :

هي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض والمتجه جنوبا وبين المسقط الأفقي للخط الواصل بين النقطة والشمس هذه الزاوية تكون موجبة إذا كانت متجهة نحو الغرب

$$a \in [-180^0, +180^0] \quad (6-1)$$

$a = 0$ مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور جنوب

$0 < a$ مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الغرب .

$a < 0$ مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الشرق.

ويمكن حساب زاوية السميت بالعلاقة [23].

$$\text{Sin } a = \frac{\cos \delta_s \cdot \sin \omega}{\cosh} \quad (7-1)$$

• زاوية السميت الرأسية z :

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي وسمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع) وبذلك فهي متممة

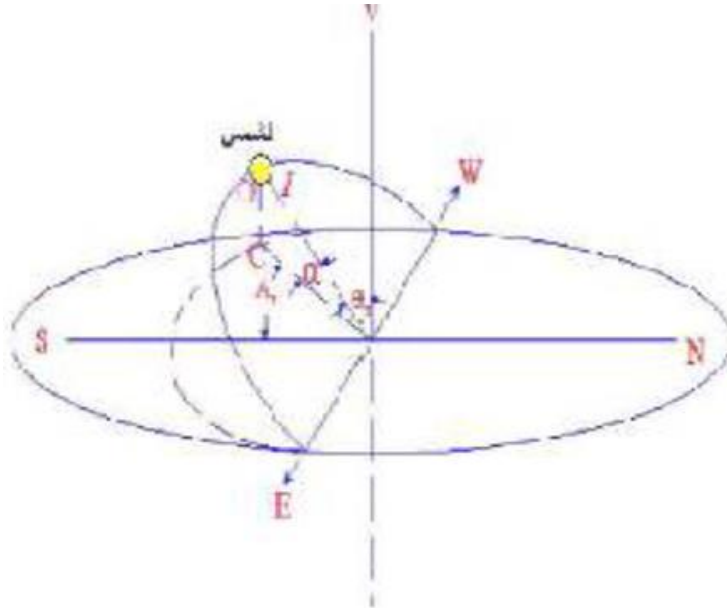
زاوية الارتفاع الشمسي

$$z = \frac{\pi}{2} - h \quad (8)$$

(8)

ويمكن حسابها بالعلاقة التالية [6]

$$\text{Cos} \theta_z = \cos \delta_s \cdot \cos L \cdot \cos \omega + \sin \delta_s \cdot \sin L \quad (9-1)$$



الشكل(5-1):زاوية كل من السمات الرأسية والسمت الشمسي [6]

• زاوية دائرة العرض ϕ :

هي زاوية تحدد موقع النقطة على سطح الأرض حيث تعرف بانها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركز الأرض وموضع النقطة على سطح الأرض مع مستوى خط الاستواء. [23]

$$\phi \in [-90^0, +90^0] \quad (10-1)$$

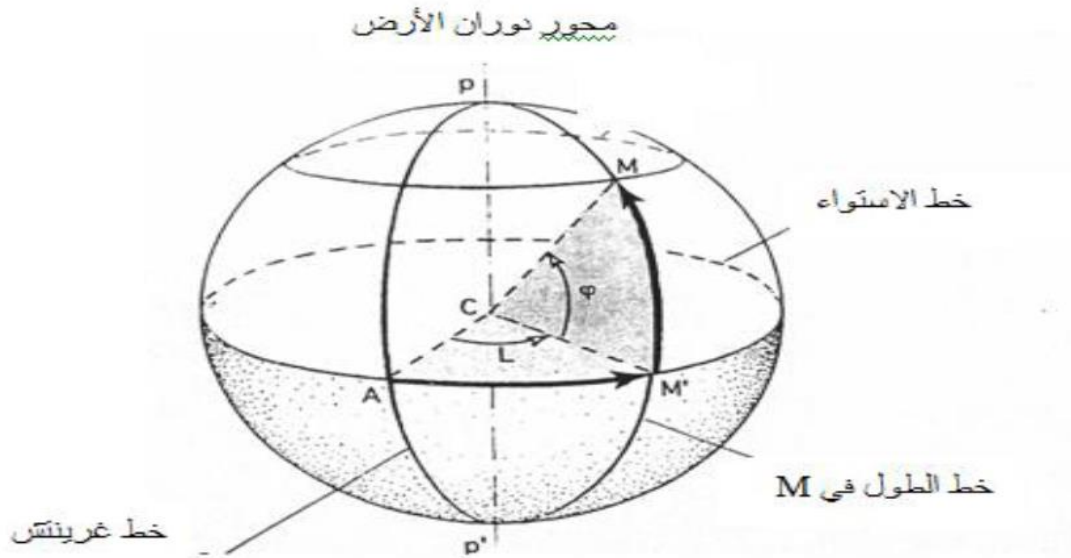
$\phi < 0$: جنوب خط الاستواء

$\phi < 0$: شمال خط الاستواء

• زاوية خط الطول L :

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينتش البريطانية - الذي نعتبره خط الصفر- وتقرأ الزاوية موجبة شرقا وسالبة غربا.

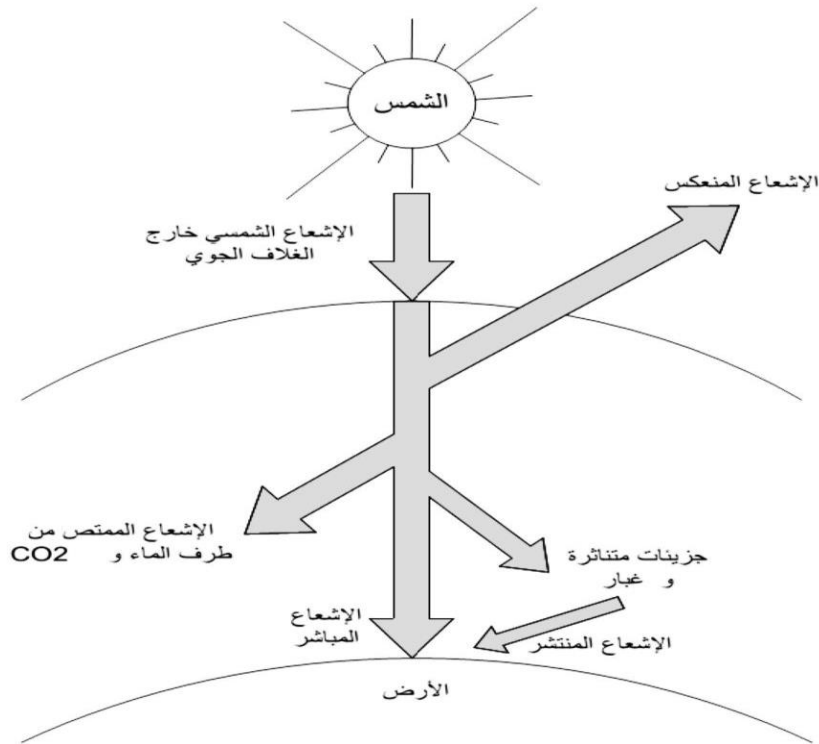
$$L \in [-180^0, +180^0] \quad (11-1)$$



الشكل (I-6) : زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض ϕ وزاوية خط طول L) [23]

I.7- الإشعاع الشمسي على سطح الأرض :

الإشعاع الشمسي الذي يستقبله سطح الأرض من بين الإشعاع المنبعث من الشمس ، يخترق الغلاف الجوي للأرض و ينعكس جزء منه إلى الفضاء الخارجي و ينفذ الباقي إلى الغلاف الجوي ، حيث يتم امتصاص جزء منه من طرف مكونات الغلاف الجوي و يتشتت جزء بفعل الانعكاسات على السحب و العوالق الصلبة (الغبار)، بينما يصل الباقي إلى سطح الارض بشكل مباشر كما يوضح الشكل (1-7) [9]



الشكل (7-I): مخطط يوضح وصول الإشعاع الشمسي الى سطح الارض. [2]

ان الإشعاع الشمسي الساقط على سطح يتكون عادة من ثلاث عناصر، اشعاع مباشر، اشعاع منتشر (مبعثر) و اشعاع كلي.

I. 1-7- الإشعاع المباشر :

وهو عبارة عن شعاع مباشر من الشمس إلى الارض على شكل حزمة بدون أي انتشار أو تبعثر داخل الغلاف الجوي لذلك يكون اتجاهه ثابتا لا يتغير [11]، و يمثل حوالي 27% في الأيام المشمسة أما في الأيام الغائمة يكون الشعاع المباشر تقريبا معدوما و بالتالي يمثل الإشعاع الأغلبية العظمى في ذلك [9]

I. 2-7- الإشعاع المنتشر (المبعثر) :

و هو الإشعاع الذي ينتشر في منتصف السماء و خارجها في حين ينعكس إشعاع آخر من البيئة الخارجية (سطح الأرض) اعتمادا على البياض المحلي (الألبينو) [24]

يتم الحصول عليه من الشمس بعد تغير اتجاهه عن طريق التبعثر بواسطة الغلاف الجوي، و يمثل حوالي 10% للسماء الصافية و قد تصل الى 100% للسماء الغائمة، حيث يتبعثر هذا الإشعاع بشكل كبير في الغلاف الجوي و ذلك عند الإشعاع الموجي قصير الطول. خلال الايام الغائمة قد يصل الإشعاع الشمسي

المنتشر وحده إلى الأرض. و بسبب طبيعته غير الاتجاهية، فإن الإشعاع الشمسي المنتشر يكون أكثر صعوبة في التحليل من الإشعاع الشمسي المباشر. [9].

I. 3-7- الإشعاع الكلي :

الإشعاع الشمسي الكلي هو الإشعاع الذي يصل إلى الأرض اما مباشرة او بعد الانتشار، و يعرف على انه مجموع الإشعاع المباشر و المنتشر [10].

I. 8- اجهزة قياس الإشعاع الشمسي :

I. 1-8- القياسات الارضية :

I. 1-8-1 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 (gk)، و تعتمد ميكانيكية الجهاز على تحويل الفرق بين كمية الطاقة التي تكتسبها كلتا القطعتين المعدنيتين إلى إشارات كهربائية تحرك مؤشر في قرص مدرج يمكن قراءته و تدوينه في جداول خاصة للتعبير عن شدة الإشعاع الشمسي وقت الرصد [12].

يستخدم هذا الجهاز كما أسلفنا في قياس الإشعاع سواء المباشر أو المبعثر . ومن مزايا هذا الجهاز انه يعمل بصفة مستمرة و يسجل قراءته على شريط و بذلك يمكن معرفة مقدار الطاقة الشمسية .

الساقطة خلال اليوم و الشهر و العام [13].



الشكل (I-8) :جهاز البيرانومتر [13]

I. 1-8-2 جهاز البيروهليومتر: جهاز الكتروني حديث يستخدم لقياس الإشعاع الشمسي المباشر، لمقياس بيروهليومتر و جهاز 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 كهرو حرارية متعددة الوصلات بسطح اسود[12].



الشكل (9-I): جهاز البيروهليومتر[12].

I. 1-8-3 جهاز كامبل ستوكس : يستخدم جهاز كامبل ستوكس في رصد الفترة الزمنية لسطوع الشمس في موقع محطة الرصد، و يوضع 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، و عندما تسطع الشمس في السماء تخترق الأشعة البلورة الزجاجية التي تجمع الأشعة الشمسية في حزمة حرارية تحرق الورقة خلال ساعات سطوع الشمس، و بعد غروب الشمس تنزع الورقة و يسجل خلفها تاريخ يوم الرصد، ويتم حساب طول فترة سطوع الشمس عن طريق حساب طول علامات احتراق الورقة على التدرج الزمني الموجود على الورقة، و تدل المسافات الزمنية غير المحترقة على الغيوم التي سادت خلال يوم الرصد[12].

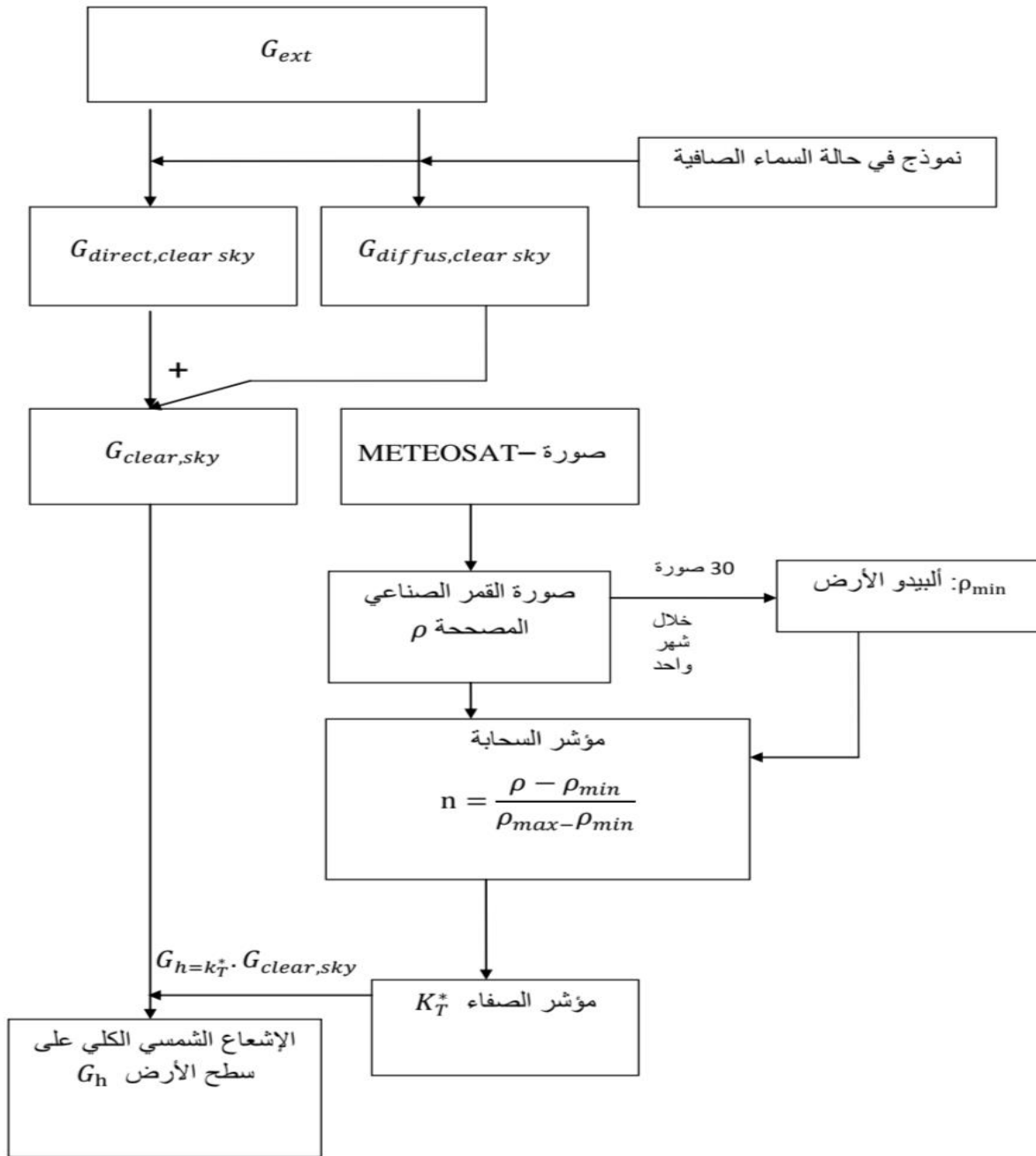


الشكل (I- 10):جهاز كامبل ستوكس [12].

I. 9- تقدير الإشعاع الشمسي:

I. 9-1 تقنية الهيليوسات:

تعتمد الفكرة العامة طريقة الهيليوسات على تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض بواسطة صور الأقمار الصناعية و ذلك بالتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي وعن الغيوم بشكل منفصل . بحيث في مرحلة اولى 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 متيوسات الذي يأخذ بعين الاعتبار وجود غيوم . هذه المرحلة الاخيرة تستخدم الحقيقة بأن 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 [12]



الشكل (11-I): مخطط يوضح تقنية الهيليوسات [14].

إن السحب لها أكبر تأثير على الانتقالات الإشعاعات الجوية، حيث يمكن اشتقاق كمية السحب انطلاقاً من صور الأقمار الصناعية، كما يمكن حساب معامل الانعكاس النسبي ρ كما يلي:

$$\rho = \frac{C - C_{atm}}{G_{ext}} \quad (12-1)$$

حيث:

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

C_{atm} : هي القيمة الرقمية الناتجة عن وجود الغلاف الجوي فقط و يمكن 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

$$n = \frac{\rho - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}} \quad (13-1)$$

حيث:

ρ_{min} : توافق القيمة الصغرى لأليبدو السطح الذي يتم حسابه إحصائيا شهريا لبيكسل معطى أما

ρ_{max} : فتوافق القيمة الكبرى لأليبدو السطح و يتم حسابها إحصائيا شهريا لنفس البيكسل المعطى و بشكل منفصل.

إذن من خلال مؤشر السحاب n يمكننا حساب مؤشر الصفاء K_T^* والذي من خلاله يمكن أن نستنتج الإشعاع الإجمالي الساقط على سطح الأرض و ذلك حسب العلاقة الآتية:

$$G_h = K_T^* \cdot G_{clear} \quad (14-1)$$

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 :

$$K_T^* = 1.2 \quad ; \quad n \leq -0.2 \quad (15-1)$$

$$0.2 \leq n \leq 0.8 \quad ; \quad K_T^* = 1 - n \quad (16-1)$$

$$K_T^* = 2.0667 - 3.6667n + 1.6667n^2 \quad ; \quad 0.8 \leq n \leq 1.1 \quad (17-1)$$

$$K_T^* = 0.05 \quad ; \quad 1.1 \leq K_T^* \quad (18-1)$$

I. 9-2 نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء الصافية :

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

I. 9-2-1 نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي :

كل هاته 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 (z) . وفيما يلي قائمة لبعض النماذج البسيطة جداً:

➤ نموذج (kasten-czeplak(kc) (1980) :

$$G_{clear} = 910 \times \cos (Z) - 30 \quad (19-1)$$

➤ نموذج Haurwitz(1945):

$$G_{clear} = 1098 \times \cos (Z) \times \exp \left(\frac{-0.0571}{\cos (z)} \right) \quad (20-1)$$

➤ نموذج Berger-Duffie(BD) (1979) :

$$G_{clear} = I_{SG} \times 0.70 \times \cos(Z) \quad (21-1)$$

➤ نموذج (2000)Robledo-Solar(RS):

$$G_{clear} = 1159.24 \times (\cos(Z))^{1.179} \times \exp(-0.0019 \times (90^\circ - z)) \quad (22-1)$$

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

$$DNI=950.2(1-\exp(-0.075(90^\circ - z))) \quad (23-1)$$

$$Diffuse=14.29+21.04\left(\frac{\pi}{2} - Z \frac{\pi}{180}\right) \quad (24-1)$$

$$DNI \times \cos(Z) + Diffuse \quad (25-1)G_{clear} =$$

DNI: يمثل الإشعاع الشمسي المباشر.

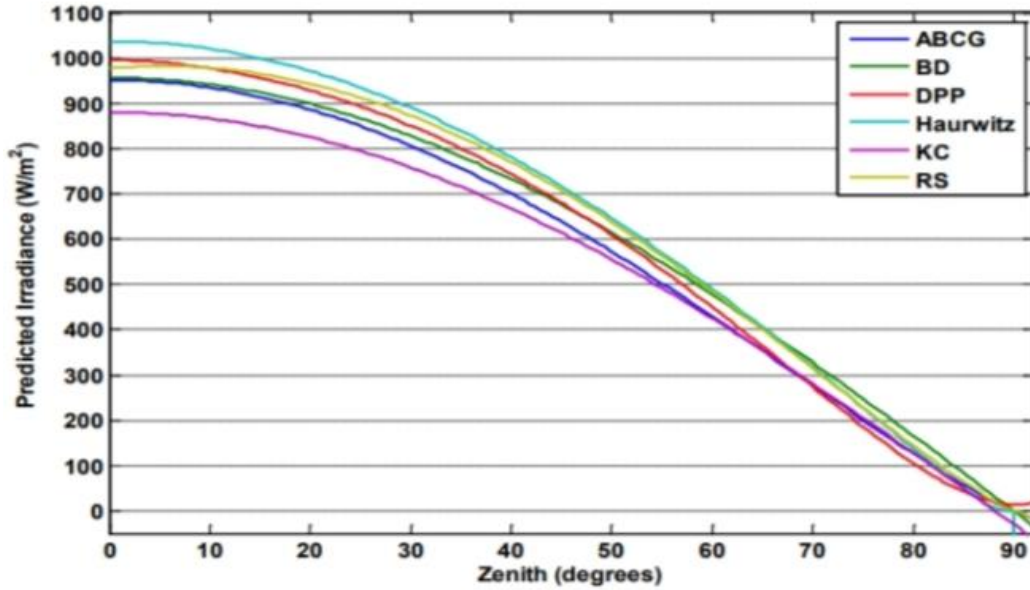
Diffuse: يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر.

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

$$= 951.39 \times (\cos(Z))^{1.15} \quad (26-1)G_{clear}$$

الشكل (12-1) يظهر نتيجة أو حصيلة هذه النماذج الستة البسيطة السابقة التي نوقشت خلال السماء

الصافية، لأن هذه النماذج تعتمد فقط على زاوية السمات.



الشكل (I-12): يمثل نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية معتمدة على زاوية السمات [14]

I. 2-2-9 نماذج بسيطة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض في

يوم صافي :

النماذج البسيطة تعد أفضل من النماذج البسيطة جدا في حالة السماء الصافية و ذلك لأنها تتضمن بالإضافة إلى زاوية السمات بعض معايير حالات الغلاف الجوي مثل الرطوبة، تبعثر الضوء درجة الحرارة، ومن بين هذه النماذج نذكر النماذج التالية :

➤ نموذج Kasten :

في هذا النموذج يأخذ بعين الاعتبار معدل ارتفاع تعكر الغلاف الجوي، المداخلات لهذا النموذج تتمثل في الكتلة الهوائية (AM)، معامل تعكر (اضطراب) لينك (TL)، وزاوية سمات الشمس (z)

$$G_{clear} = 0.48 \times I_{SG} \times \cos(z) \times \exp(-0.027 \times AM \times (f_{h1} + f_{h2}(T_L - 1))) \quad (27-1)$$

حيث :

$$f_{h1} = \exp(-h_0/8000)$$

$$f_{h2} = \exp(-h_0/1250)$$

و h_0 - تمثل ارتفاع المكان عن سطح البحر.

كما قام كل من Perez و Ineichen بإضافة بعض التصحيحات والتعديلات على نموذج kasten من أجل تطوير النموذج والحصول على نتائج أدق، هذه التعديلات تظهر كالاتي :

➤ نموذج Perez و Ineichen :

$$= C_{g1} \times I_0 \times \cos(z) \times \exp(-C_{g2} \times AM \times G_{clear} (T_L - 1)) \exp(0.01 \times AM^{1.8}) \quad (29-1)$$

$$(f_{h1} + f_{h2})$$

حيث :

$$= 5.09 \times 10^{-5} \times \beta + 0.868 C_{g1}$$

$$= 3.92 \times 10^{-5} \times \beta + 0.0387 C_{g2}$$

بالنسبة لمعامل إضراب لينك يمكن حسابه باستعمال العبارة التالية :

$$= 2.4 + 14.6\beta_A + 0.4 (1 + 2\beta_A) T_L \ln(P_V) \quad (30-1)$$

حيث :

β_A : 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 (mm Hg)

I. 3-2-9 نماذج معقدة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي :

النماذج المعقدة تأخذ بعين الاعتبار المعايير الجوية المعقدة مثل الهباء الجوي (حبات الرمل، الغبار، الدخان....)، و بخار الماء هذه أحدث 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 :

➤ نموذج BALL و ATWATER :

النموذج المعقد الذي نقترحه هنا تم تحقيقه من قبل Ball و ATWATER حيث أن هذا النموذج يسمح بتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء صافية و هو يعطى كالآتي:

$$= I_{SG} (\cos Z)(T_M - a_W) T_A G_{clear} / (1-r_g r_s) \quad (31-1)$$

حيث :

I_{SG} : يمثل الثابت الشمسي الذي يمكن أن يأخذ القيمة $(1367Wm^{-2})$.

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

$$1.021-0.0824[M(494 \times 10^{-6}P+0.051)]^{0.5} \quad (32-1) = T_M$$

a_W : يمثل معامل امتصاص بخار الماء والذي يعطى كما يلي (29-2) :

$$a_W = 0.077 (U_w \cdot M)^{0.3} \quad (33-1)$$

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

$$= \exp(0.07 \times T_D - 0.075) \quad (34-1) U_w$$

حيث :

T_D : تمثل درجة حرارة نقطة الندى.

M : تمثل الكتلة الهوائية والتي تحسب كالتالي :

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

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

$$= \exp(-\tau_A T_A M') \quad (36-1)$$

حيث τ_A يمثل السمك البصري للهباء الجوي ويمكن حسابها كالتالي :

$$\omega = 0.1 + 0.05 \tau_A \quad (37-1)$$

الكتلة الهوائية المصححة بالضغط وتحسب كالتالي

$$M' = P M / 1013 \quad (38-1)$$

حيث :

r_g : يمثل ألبيدو الأرض

r_s : يمثل ألبيدو الغلاف الجوي (القيمة $r_s = 0.0685$ أستعملت في هذا النموذج)

الجدول (1-2) يبين بعض القيم للألبيدو لأنواع مختلفة من الأسطح

. الجدول (2-I) : قيم الألبيدو لبعض الأسطح

نوع السطح	الألبيدو r_g (1-0)
منطقة البحيرة	0.02-0.04
الغابة الصنوبرية	0.05-0.15
سطح البحر	0.05-0.15
التربة الداكنة	0.05-0.15
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 و يسمح بتقدير الإشعاع الشمسي في حالة السماء صافية (الإشعاع الشمسي المباشر و المنتشر و كذلك الكلي) المعادلات المستخدمة في هذا النموذج كانت جزئياً نتيجة لمقارنة عدة نماذج كانت قائمة أصلاً و المعادلة (39-1) توضح ذلك:

$$G_{clear} = I_d + I_{as} + I_G \quad (39-1)$$

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

$$I_d = I_{SG} (\cos Z) (T_0 T_R - a_w) T_A \quad (40-1)$$

T_A : معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت.

T_0 : تمثل معامل النفاذية للأوزون الناتج عن الامتصاص و هو يحسب كالاتي:

$$T_0 = \frac{1 - 0.02118X_0}{1 + 0.042X_0 + 0.000323X_0^2} \quad (41-1)$$

$$- 0.082X_0 / (1 + 138.6X_0)^{0.805} - 0.065X_0 / [1 + (103.6X_0)^3]$$

حيث:

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

$$X_0 = U_0 \sin M \quad (41-1)$$

T_R : تمثل معامل النفاذية لتشتت رايلي.

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

$$I_{as} = I_{SG} (\cos Z) [T_0 (1 - T_R) T_A (0.5) + (T_0 T_R - a_w) (1 - T_A) W_0 B_a] \quad (42-1)$$

I_G : الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي والنتاج من انعكاسات متعددة بين الأرض والسماء الذي يعطى كالآتي:

$$= r_g r_s (I_d + I_{as}) / (1 - r_g r_s) \quad (43-1) I_G$$

حيث :

r_g : يمثل ألبيدو الأرض .

r_s : يمثل ألبيدو الغلاف الجوي .

➤ نموذج WATT :

نموذج معقد آخر لحساب الإشعاع الشمسي (المباشر و المنتشر و الكلي) تم إنشاءه من طرف

WATT و يستند جزئيا على عمل Moon

$$(44-1) G_{clear} = I_d + I_s$$

حيث:

I_d : الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي وحدته (W/m^2) و يمكن حسابه كالآتي:

$$(45-1) I_d = I_{SG} (\cos Z) T_{wa} T_{as} T_0 T_{ws} T_L T_U$$

المقادير T_{wa} ، T_{as} ، T_0 ، T_{ws} ، T_L ، T_U تمثل النفاذية الناتجة عن طبقة الهباء الجوي العليا و طبقة الهباء الجوي السفلية و التشتت من طرف بخار الماء و الامتصاص من طرف الأوزون و التشتت و الامتصاص من طرف الهواء الجاف و الامتصاص من طرف بخار الماء على التوالي [17]:

$$(46-1) T_{wa} = 0.93 - 0.033 \log(u_w M_2)$$

حيث :

u_w : تمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء .

$$(47-1) T_{as} = 10^{-0.045[(P/P_0)M_1]^{0.7}}$$

$$(48-1) T_0 = 10^{-(0.0071+0.01U_0M_4)}$$

$$(49-1) T_{ws} = 10^{-(0.0095U_wM_2)}$$

$$(50-1) T_L = 10^{\tau LM_2 0.7}$$

$$(51-1) T_U = 10^{\tau UM_3}$$

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

$$I_s = I_{SG} [0.8r_s(1 + r_g r_s)(1 + \cos z)^{0.5} 0.5\alpha_{cs} r_g r_s \cos z + 0.5r_s \cos z] \quad (52-1)$$

علما أن:

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

r_g : يمثل ألبيدو الأرض

r_s : يمثل ألبيدو الغلاف الجوي (القيمة $r_s=0.0685$ استعملت في هذا النموذج) [14]

الفصل الثاني:

الإشعاع الشمسي والهباء الجوي

II-1-1- مقدمة:

ان الظاهرة الغبارية كظاهرة مناخية لها تأثيرات سلبية كبيرة على جوانب حياتية متعددة منها : القطاع الصحي و القطاع الاقتصادي و القطاع الزراعي و القطاع البيئي ... الخ [15]

تعد العواصف الترابية واحدة من الظواهر الجوية شائعة الحدوث في المناطق ذات المناخ الجاف والصحراوي خاصة في المنطقة شبة المدارية (Subtropical latitude) وهي تسبب أضرارا بالغة في البيئة الطبيعية و حياة الإنسان لما لها من أثر مباشر على النقل البري والجوي والصحة، فالعواصف الترابية والرملية لها تأثير واضح في الطقس والمناخ، حيث يلعب الغبار الموجود بالغللاف الجوي دورا مباشرا في كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، كذلك يعمل على ارتداد الإشعاع الأرضي أثناء التبريد الليلي. ومن العوامل الجيدة التي تهيء منطقة ما لحدوث عواصف ترابية وتزيد من شدتها هي ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض وقلة الأمطار والرياح السطحية الشديدة وهي العامل الأساسي في ذلك، وقد تنتج هذه الرياح السطحية الشديدة من وجود جبهة هوائية باردة ينتج عنها تدرج حراري وضغطي كبير. وهناك سبب أولي لزيادة تواتر حالات إثارة الغبار على مستوى العالم ألا وهو زيادة التصحر، وتقع الصحراء العربية في أحد أحزمة الصحاري الخمس الرئيسية بالكرة الأرضية. [16]

II-2- الإشعاع الشمسي و علاقته بالهباء الصحراوي:

ان لظاهرة الغبار بأشكالها الثلاثة دورا كبيرا في اختلاف شفافية الهواء فعند حدوثها تنخفض شفافية الهواء بشكل كبير . اذ تكون تراكيز ذرات الغبار في الهواء كبيرة في الطبقة التي تمتد الى ارتفاع 5 كم عن مستوى سطح الارض وهذه التراكيز الموجودة ضمن حجم معين من الهواء لها دور كبير في تباين قيمة الاشعاع الشمسي وتأثره بالعمليات التي تسبب اضعافه والتقليل من قيمته، وبالتالي كلما كانت شفافية الهواء رديئة كلما كان هنالك انخفاض في قيمة الاشعاع الشمسي الكلي وتسجيل قيمة واطئة، اما اذا كانت شفافية الهواء جيدة فهذا يعني وصول كميات كبيرة من الاشعاع الشمسي . وبحسب ذلك فان كمية الاشعاع الشمسي وما يرافقها من انتاج للطاقة تتناسب طردياً مع درجة شفافية الغلاف الجوي [15].

تؤثر شفافية الغلاف الغازي في مدى قوة الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض اذ يلعب الغبار والرماد والسحب وبخار الماء دورا كبيرا في عملية انعكاس الاشعة الشمسية وتشتتها وامتصاصها كما تعمل هذه الشوائب على حفظ الاشعاع الارضي في الضياع خارج الغلاف الجوي وعلى ذلك فان المناطق التي تكثر فيها السحب والهواء الملوث بالأتربة تستلم كمية قليلة من الاشعة الشمسي مقارنة بالمناطق ذات الجو الشفاف ولهذا فان المناطق التي يكثر في اجوائها الدخان كالمدن الصناعية الكبرى مثل لندن ونيويورك وطوكيو لا يصلها الا القليل من الاشعاع الشمسي خاصة وان كثرة تغطية السماء بالسحب في المناطق الاستوائية هي التي [17].

II-3- تعريفات:

II-3-1 الهباء الجوي (Aerosols)

جسيمات صلبة ممثلة جزيئات الغبار والرمل والدخان والرماد والمواد العضوية والأملاح الكيميائية العالقة في الهواء [18].

نظرياً، يتكون الهباء الجوي من جسيمات ذات أحجام صغيرة جداً (قطرها بضعة نانومتر أو أقل) وجزيئات كبيرة ذات (أقطرها عشرات ميكرومتر). تختلف تركيزات من عدد أو كتلة اعتماداً على المسافة إلى المصدر. [19]



شكل (II-1): صورة توضح أهباء جوية غبارية [19]

II-3-2 مؤشر الهباء الجوي:

هو قياس للهباء الجوي يعتمد على قياس الإشعاع المسترجع على طول الموجة المعروف وعلى قيمة الإشعاع المحسوب على طول الموجة باستخدام النموذج الجوي الذي يفترض الحالة الغازية الخاصة للغلاف الجوي.

II-3-3 ظاهرة الألبيدو:

نسبة انعكاس اشعة الشمس الى الفضاء الخارجي بعد اصطدامها بالمواد المعاكسة، وتختلف هذه النسبة حسب الوان المادة التي سقطت عليها الشمس و حسب درجة الانعكاس [18]

II-3-4 العاصفة الرملية / الترابية:

هي ظاهرة من الظواهر الجوية عبارة عن تجمعات من جسيمات الغبار أو التراب رفعتها رياح قوية مضطربة (22 عقد أو أكبر) إلى ارتفاعات عالية لتؤثر على الرؤية تأثيرا شديدا وعلى الأخص الرؤية الأفقية لتصل إلى أقل من 1 كم، وغالبا ما تتولد هذه العواصف فوق الاراضي المغطاة بالغبار/ رمل غير المتماسك كما أنها قد تظهر فوق الاراضي الغير مغطاة بالغبار/ رمل نتيجة تحرك العاصفة من مناطق تولدها إلى هذه المناطق، وقد تأخذ مقدمة العاصفة شكل حائط عالي من الغبار/ الرمال متسع العرض وسريع الحركة إلى حد ما والذي يعرف بالحائط الغباري (شكل II-2) ، وقد يصاحب هذا الحائط سحب من نوع الركامي المزني كما قد لا يقترن الحائط بأي سحب على امتداد مقدمة الجبهة الباردة. و ذلك عندما تكون سرعة الرياح أقل (Drifting dust) وتسمى هذه الظاهرة أيضا بالغبار المنساق

من 22 عقدة أو الرؤية الأفقية أكبر من 1 كم.

II-3-5 الأتربة المتصاعدة:

هي ظاهرة من الظواهر الجوية وهي عبارة عن تجمعات من جسيمات التراب رفعتها رياح قوية مضطربة (7-20 عقدة) إلى ارتفاعات عالية فتؤثر نسبيا على الرؤية الأفقية لتصل إلى ما دون 2 كم كما تؤثر بشكل أكبر على الرؤية الرأسية [16].



شكل (II-2): جبهة عاصفة ترابية والتي تظهر على شكل حائط ترابي [16]

II-3-6 العجاج الغباري (الترابي):

ظاهرة جوية تحدث على اليابسة نتيجة لجسيمات الغبار الدقيقة العالقة في الهواء ، رفعتها الرياح من الأرض غلى الأعلى أو هي ظاهرة لبقايا جزيئات غبار الناتجة عن عاصفة غبارية سبق حدوثها بالقرب من مكان رصد هذه الظاهرة.

II-3-7 الدوامة الترابية (الغبارية):

الدوامة الغبارية ظاهرة تحدث في المناطق الصحراوية وخاصة في الأيام الصافية و الحارة، و ترفع الغبار أو الرمل أو اي شيء مفكك من سطح الأرض، و تدور فيها سحابة الغبار بسرعة كبيرة في صورة أسطوانة دوامية صغيرة القطر في اتجاه عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة (شكل) وتستمر لفترة قصيرة وفي بعض الأحيان تستمر لعدة ساعات و يتراوح قطرها ما بين عدة أمتار الى عشرات الأمتار أما الإرتفاع فيتراوح ما بين 1000 متر إلى 2000 متر [16]



شكل (II-3):يمثل دوامة ترابية على شكل اسطوانة [16]

II-4 أنواع الهباء و الغبار الصحراوي:

تختلف أنواع الهباء الجوي في الشكل و الحجم، و تركيب الكيميائي و هناك أكثر من نوع في غلاف الأرض نذكر منها:

II-4-1 الكربون الأسود:

يقوم الكربون الأسود بدوره في الإشعاع الشمسي حيث يعمل على امتصاص الأشعة الواردة التي تعمل على تدفئة طبقة التروبوسفير التي تحيط بغلاف الأرض، ويمكن أن تظل الجسيمات في الفضاء أو تترسب على الجليد و الثلج في الأماكن الباردة.

II-4-2 الغبار المعدني:

من ضمن أنواع جسيمات الهباء الجوي هو الغبار المعدني، يقوم بامتصاص الإشعاع الشمسي الوارد من الشمس أو تشتيت هذا الإشعاع بشكل عشوائي، فهو يقوم بعدة أدوار ولكن التشتت هو الدور الغالب في جسيمات الغبار المعدني.

و يؤثر على طبقة التروبوسفير تأثير قوي بالتبريد، حيث أنه عندما ينفجر الغبار فوق المسطحات المائية، و البحار و المحيطات فإن الأشعة تنتشت بشكل سطحي على المحيط.

II-4-3 ملح البحر:

تأثير هذه الجسيمات يتم إدخالها إلى طبقة الغلاف الموجودة حول الأرض، وذلك عن طريق التحكم في فقاعات الهواء وتكسيروها الى جزيئات صغيرة تشبه رذاذ البحر تؤدي الى تآكل في جزيئات الملح التي تترسب بفعل الرياح، وذلك يؤثر أيضا على طبقة التروبوسفير بشكل خاص.

II-4-4 الهباء العضوي:

جسيمات الهباء العضوي هي عبارة عن خليط من المركبات الكيميائية المختلفة التي تنتج من حرق الوقود الحيوي أو الوقود الأحفوري، بالإضافة إلى الانبعاثات التي تصدر من الطبيعة الحيوية و النظام البيئي. تنبعث جسيمات الهباء العضوي في شكل جزيئات أولية تتشكل في ظاهرة الضباب التي تتكون من تكثيف الغازات، وتكون منخفضة التطاير أو شبه متطايرة. وعلى الرغم من أن جسيمات الهباء الجوي جسيمات ضعيفة إلا أنها تؤثر على طبقة الأوزون بشكل كبير فهي تعتبر إحدى الغازات التي تسبب الاحتباس الحراري.

II-4-5 الهباء البركاني:

هذا النوع من الهباء الجوي هو عبارة عن جزيئات مختلفة نتيجة الامتصاص والتشتت للأشعة التي تسقط بسرعة كبيرة، وتعتبر هذه الجسيمات مكونة بشكل كبير للكبريتات وتؤثر على طبقة وتؤثر على طبقة التروبوسفير تأثير بارداً، فهي تؤدي إلى تكون ظاهرة البراكين عن تكاثف السحب.

II-4-6 التكتيف السحابي:

تنشأ هذه الجسيمات على نقاط تكتيف نتيجة بخار الماء وهذا يؤدي إلى كثافة كمية كبيرة من الماء وتشكل قطرات كبيرة وقطرات صغيرة، هذه القطرات تؤثر على طبقة التروبوسفير بالتبريد [20].

II-5 الظواهر الرملية و الغبارية:

II-5-1 ظاهرة الغبار:

مكون جزئي من الهباء الجوي، تتواجد الظاهرة بتواجد أحد عناصرها الأربع على الأقل: الغبار العالق، الغبار الصاعد، والعاصفة الغبارية والغيش .

II-5-1-1 الغبار العالق: (Suspended dust)

حببيات صغيرة جداً (تقل أقطارها عن 63 مايكرومتر) و جافة تؤدي الى خفض مدى الرؤية الأفقية إلى حدود قد تصل إلى 4 كم وتبقى عالقة في الجو لفترة زمنية طويلة لخفة وزنها.

II-5-1-2 الغبار الصاعد: (Rising dust)

يحدث نتيجة للحالة غير المستقرة للجو بسبب ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، وعندما تتراوح سرعة الرياح ما بين 25 - 75 كم / ساعة، وقد يصل ارتفاع الغبار في هذه الحالة إلى 75 متراً فوق سطح الأرض وأحياناً إلى ارتفاع 7 كم حسب سرعة الرياح.

II-5-1-3 العاصفة الغبارية: (Dust Storm)

يحدث هذا النوع من الغبار نتيجة الرياح شديدة السرعة 37 - 60 كم/ ساعة ويرتفع الغبار إلى عدة كيلومترات فوق سطح الأرض، وعندما يصل مدى الرؤية الأفقية إلى أقل من 1 كم.

II-5-1-4 الغيش: (Haze)

هو عبارة عن سحابة من الغبار تتكون نتيجة ظروف مناخية معينة في غالبيتها من وجود عوالق غبارية تعيق الرؤية، حيث ينخفض مدى الرؤية الأفقية إلى حدود قد تصل إلى 4 كم، ويبقى الغبار والعوالق الترابية في الجو لفترة زمنية طويلة لخفة وزنها [16]

II-5-2 الريح الأفقية:

انتقال الكتل الهوائية في الاتجاه الأفقي، و تتحرك الرياح نتيجة فروق الضغط الجوي، فالرياح تتحرك حركة تسارعية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، يحدث انحراف في حركة الرياح نتيجة دوران الكوكب.

وتعرف العلاقة بين الرياح و ضغط الجوي بتأثير كوريوليس، إلا عند خط الاستواء حيث تعرف هذه العلاقة باسم المعادلة الجيوستروفية للرياح وبتوصيل خطوط بين نقط تساوي الضغط، يتم الحصول على صورة سريعة للرياح. وتسمى هذه الخطوط بخطوط تساوي الضغط، فإذا كانت متقاربة كان ذلك دلالة على شدة الرياح، ويدل تباعده على انخفاض الشدة، ويتناسب اتجاه الرياح مع مواضع الضغط المرتفع والمنخفض. وتهب الرياح في نصف الكرة الأرضي الشمالي في اتجاه دوران عقارب الساعة، حول مناطق الضغط المرتفع، وفي اتجاه معاكس لاتجاه دوران عقارب الساعة حول مناطق الضغط المنخفض [19]

II-5-3 سرعة الرياح:

قد تبدو أنواع ظاهرة الغبار غير كاملة المفهوم لأنها لا تصف مؤشر مناخي هام وهو سرعة الرياح. يعرف مراقبو الطقس تقريبا في أي مدى لسرعة الرياح يمكن أن تؤدي إلى صعود الغبار أو العواصف الرملية. يحاول الشخص للوهلة الأولى استخدام معيار سرعة الرياح للفصل في نوع ظاهرة الغبار الحاصلة، ولكن كما أوضحت منظمة جيد فيما يتعلق بظاهرة الرمل، تعتمد معطيات الرياح (السرعة والاضطراب) اللازمة لحدوث نوع من (OMM) أنواع ظاهرة الرمال على طبيعة التربة و حالة سطحها و درجة الجفاف فيها.

لا يكون للرياح التي لها نفس السرعة نفس قدرة نقل الجسيمات من مكان إلى آخر نسبة إلى حجم الجسيمات التي يتعين تعبئتها، فتأثير الرياح يعتمد على ظروف سطح مختلفة من هذه التربة وهي نسبة الرطوبة على سطح الأرض، كثافة غطاء التربة بالنباتات، حجم النباتات التي تغطي التربة، تأثير الجفاف على التربة، اتجاه الرياح... الخ [27]

II-5-4 مدى الرؤية الأفقية:

في عالم الأرصاد الجوية يشير مدى الرؤية إلى شفافية الغلاف الجوي بالنسبة لرؤية الإنسان ويعبر عنها أنها مسافة معينة، وللملائمة تشير قيمة معينة مدى الرؤية إلى نفس ظروف الغلاف الجوي سواء بالليل أو النهار.

ويعرف مدى الرؤية في الأرصاد الجوية أنها أكبر مسافة يمكن عندها رؤية وتمييز جسم أسود ذو أبعد مناسبة وذلك بالنسبة لأفق السماء كخلفية للجسم ويجب أن يصنع الجسم زاوية عند عين الراصد قدرها نصف درجة على الأقل أفقياً ورأسياً في نفس الوقت. ويجب ألا يكون الجسم كبيراً في الاتجاه الأفقي إلى حد أنه يصنع زاوية أكبر من 5 درجات.

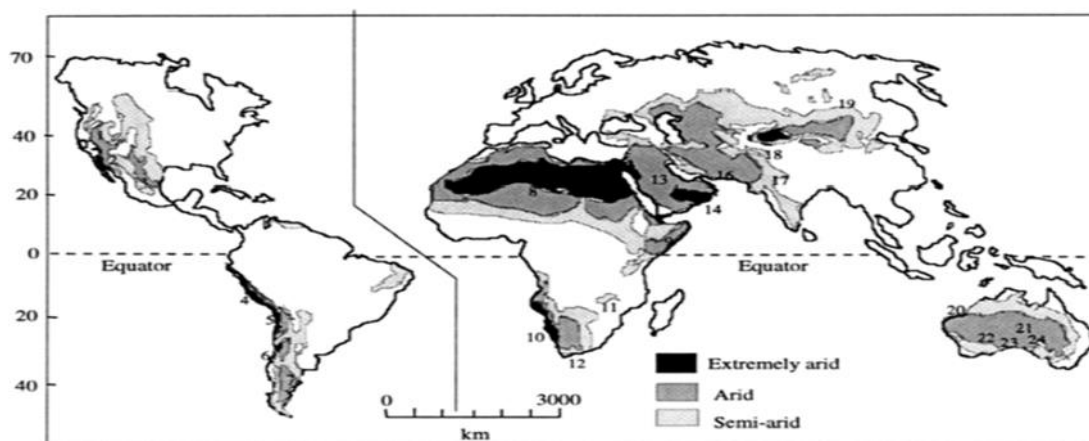
يعرف مدى الرؤية الأفقية بأنه أقصى مدى يمكن لراصد عادي عند النظر أن يراه في الظروف العادية وبالعين المجردة. تتأثر مدى الرؤية الأفقية ببعض العوامل منها : مطر - رذاذ - الثلج - الضباب - الشبورة (الضباب في الصباح) - العواصف الرملية و الترابية - العجاج - الدخان - أملاح البحر - هبوب الرياح الشديدة والتي تسبب تطاير الرذاذ من ماء البحر ... الخ. [19]

II-6- مصادر الغبار:

II-6-1 مناطق المصدر الرئيسية على نطاق عالمي:

يأتي الهباء المعدني من المناطق القاحلة وشبه القاحلة من الكرة الأرضية التي يكون سطحها أقل حماية من التعرية بفعل الرياح بغطاء نباتي غير موجود تقريباً ورطوبة التربة المنخفضة جداً ، ومن هنا جاء الاسم البديل للهباء الجوي. الصحراء. في الواقع ، الجفاف يتوافق مع حالة نقص الموارد المائية الدائمة في الهواء وفي التربة ويتم تحديده من خلال عجز توازن الماء في التربة ويعتمد على العوامل المناخية ونوع التربة . بشكل عام ، يتم تحديد المناطق شبه القاحلة والجافة وفقاً لكمية هطول الأمطار التي تتلقاها. وبالتالي ، تتميز المناطق القاحلة أو الصحراوية بمعدل هطول سنوي أقل من 200 ملم.

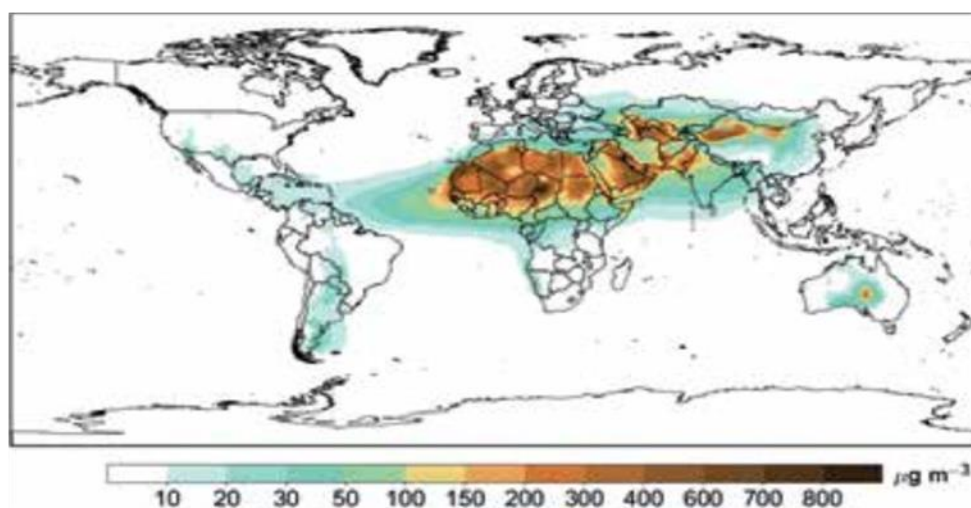
تقع المناطق القاحلة وشبه القاحلة عموماً على جانبي خط الاستواء كما هو موضح في الشكل I-2. وبالتالي ، تقع غالبية هذه المناطق في شمال وغرب إفريقيا. تم العثور على البعض الآخر في آسيا الوسطى والجزيرة العربية وأستراليا ، وكذلك أجزاء من غرب الولايات المتحدة وأمريكا الجنوبية. [26]



شكل(II-4): موقع المناطق الصحراوية والصحاري الرئيسية. [26]

تمثل الأرقام الموضحة في الشكل-I-2 ما يلي : حوض العظيم، 2-سونورا، 3-الشواوية، 4-بيرو 5-أتاكاما 6-مونتني 7- باتاغونيا 8-الصحراء الكبرى 9-الصومالية-شبلي 10-ناميب 11-كلاهاري 12-كارو 13-العربية 14-الربع الخالي 15-تركستان 16-إيران 17-ثار 18-تكلمكان 19-جوبي 20-صحراء الرمل الكبرى 21-سيمبسون - 22جيبسون 23 -صحراء فيكتوريا الكبرى 24-ستورث ستوني

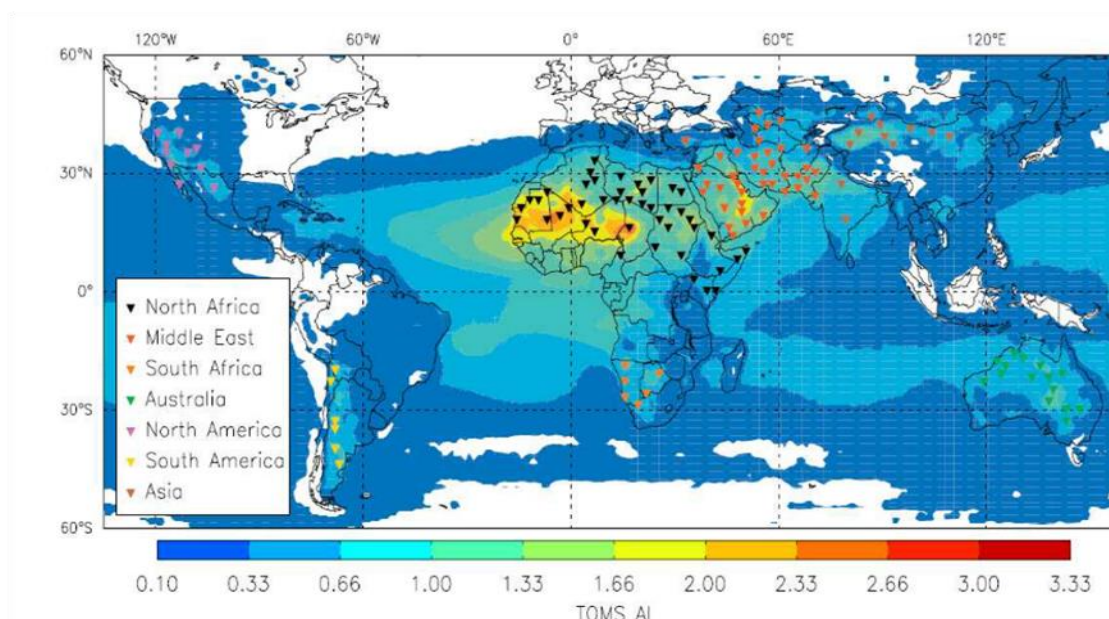
● قامت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية سنة 2018، برصد حزام ترابي واسع في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، والذي يتألف من مصادر رئيسية للهباء الجوي في شمال ووسط أفريقيا، وشبه الجزيرة العربية، وشمال الهند، ووسط آسيا، والصحاري في شمال غرب وشمال الصين..كما هو موضح في الشكل I-3، حيث نلاحظ المناطق التي تحتوي على تراكيز مرتفعة للهباء الجوي في بعض مناطق شبه الجزيرة العربية، ووسط آسيا، وشمال غرب الصين مع وجود تراكيز كتلية تتراوح من 400 إلى 600 ميكروغرام تقريباً في المتر المكعب وصولاً إلى الذروة في بعض مناطق تشاد بوسط أفريقيا والتي تتراوح من 900 إلى 1000 ميكروغرام في لمتر المكعب الواحد . وينتقل التراب، من هذه المصادر إلى المناطق المجاورة، من قبل المنطقة المدارية الشمالية من المحيط الأطلسي الواقعة بين غرب أفريقيا والبحر الكاريبي، وأمريكا الجنوبية، وحوض البحر الكاريبي، والبحر الأبيض المتوسط، وبحر العرب، وشمال الهند أو وسط شرق الصين، وكوريا، واليابان. [26]



شكل (II-5): المتوسط السنوي للتركيز السطحي للتراب المعدني في عام 2018 [26]

II-6-2 مصادر الهباء الجوي في إفريقيا:

على الرغم من أن المنطقة التي تغطي الساحل والصحراء تعتبر المصدر الرئيسي للانبعاثات الهباء الجوي الصحراوي في إفريقيا وفي العالم، العملية ليست متجانسة على الإطلاق هذا الامتداد من الفضاء. أظهرت ملاحظات الأقمار الصناعية أن الانبعاثات محلية في مناطق نشطة بشكل خاص تسمى "النقاط الساخنة". في عام 2006 أظهر أن غالبية "النقاط الساخنة" على كوكب الأرض تقع في أفريقيا شمال خط الاستواء. يظهر هذا في الشكل I-4 الذي يعرض التوزيع من 131 "بقعة ساخنة" من ملاحظات (TO MS) [26]



شكل (II-6): موقع 131 نقطة ساخنة من متوسط 1990-1984 لمؤشر الهباء الجوي (AI) من أرصاد

الفضاء [26]

علاوة على ذلك ، هناك العديد من الدراسات مثل تلك التي أجريت من الأشعة تحت الحمراء فهرس الغبار (IDDI) من مصور METEOSAT بالأشعة تحت الحمراء ، بناءً على مؤشر TOMS

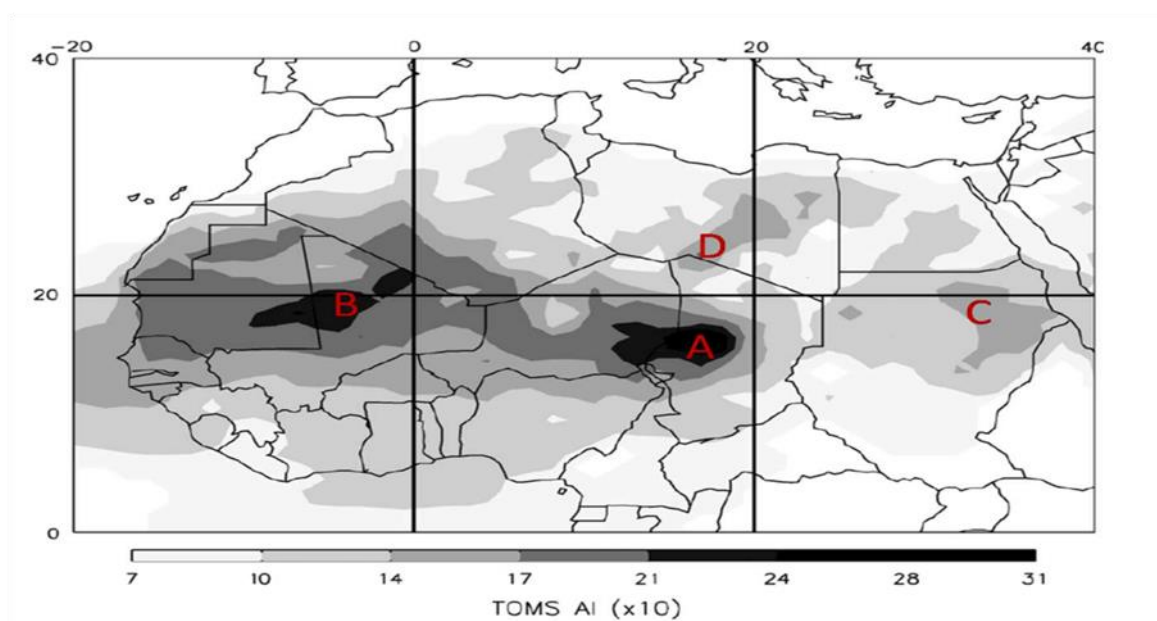
تحديد 4 مناطق مصادر رئيسية للانبعاث في أفريقيا وهي:

A. منطقة منخفض بوديلي

B. منطقة غرب إفريقيا وتغطي شمال موريتانيا ومالي وجنوب الجزائر

C. الصحراء النوبية بين شمال السودان وجنوب مصر ،

D. الصحراء الليبية بين شمال النيجر وجنوب ليبيا [26]



شكل (II-7): المتوسط الشهري خلال الفترة 1992-1980 من TAMS AI (x10) يوضح الرئيسي مناطق

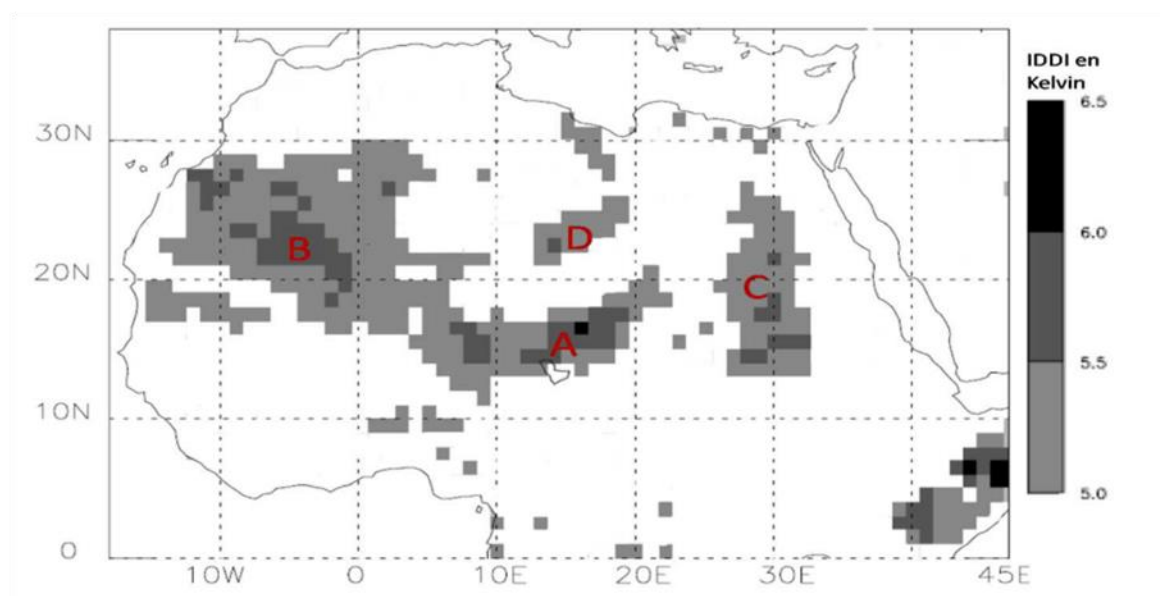
المنبع من شمال أفريقيا: (أ) بوديليه ؛ (ب) غرب أفريقيا ؛ (ج) صحراء نوبية و (د) صحراء ليبيا [26].

II-6-3 مناطق المصدر في أفريقيا شمال خط الاستواء :

تمثل منطقة الصحراء والساحل في شمال إفريقيا أكبر مصدر في العالم للغبار الصحراوي بإنتاج سنوي للهباء الجوي يقدر بـ 400-700 طن متري . تغطي الصحراء ، أكبر صحراء على وجه الأرض ، 8.5 مليون كيلومتر مربع، يحدها من الغرب المحيط الأطلسي ومن الشرق البحر الأحمر ومن الشمال البحر الأبيض المتوسط ومن الجنوب منطقة الساحل شبه القاحلة التي تتميز بظهور نباتات السهوب .

تقع مناطق المصدر الرئيسية للصحراء الساحلية بالقرب من المناطق الجبلية وخاصة عند سفح الجبال أو "سفوح الجبال" . هذا ناتج عن عاملين رئيسيين: الوجود الغزير للرواسب في هذه المناطق تحت تأثير التعرية النهرية ، وتكرار حدوث رياح سطحية قوية مرتبطة بوجود نفثات منخفضة المستوى يتعزز تواترها وشدها بوجودها.

تقع أربع مناطق مصدر رئيسية في شمال إفريقيا من مؤشر غبار الفرق بالأشعة تحت الحمراء (IDDI) المشتق من مصور METEOSAT بالأشعة تحت الحمراء في (A) تشاد ، والشيش التي تقع في شمال موريتانيا ومالي وجنوب الجزائر (B) ، (C) في منطقة تقع في شمال السودان وجنوب مصر و (D) في شمال النيجر وجنوب ليبيا [26]



شكل (II-8): المتوسط السنوي لـ IDDI لـ IR - METEOSAT على IR خلال الفترة 1984- الفترة 1984

1993 يشير إلى موقع مناطق المصدر الرئيسية للايروسولات الصحراوية من الهباء الصحراوي في أفريقيا من الشمال. [27]

II-7- طرق قياسه:

II-7-1 الملاحظة من الأرض :

➤ شبكة AERONET/PHOTONS:

يتم قياس التوهين من الإشعاع الشمسي بواسطة الهباء الجوي عن طريق مقياس الضوء photomètre وهو راديو متر، حيث يقيس السمك الضوئي و تراكيز الغازات العالقة في الهواء (شكل II-9) [24]



شكل (II-9): جهاز (SUN_PHITOMETRE) المستخدم في شبكة AERONET. [16]

بالإضافة إلى ذلك توجد شبكة AERONET وهو اتحاد من شبكات الهباء الجوي للاستشعار عن بعد من الأرض التي أنشأتها وكالة NASA و (CNRS)LOA-PHOTONS. حيث توفر الشبكة قاعدة بيانات طويلة المدى و مستمرة ويسهل الوصول إليها حيث تكون عامة للخصائص البصرية (شكل II-10)، الفيزيائية الدقيقة و الإشعاعية للهباء الجوي من أجل البحث و وصف الهباء الجوي و التحقق من منتجات الهباء الجوي الساتلي و الاتحاد مع قواعد البيانات الأخرى. تتطلب الشبكة توحيد الأجهزة، و المعالجة والتوزيع. [20]



شكل(II-10): شبكة AERONET فوق غرب افريقيا. الدوائر الحمراء تمثل المواقع تم استخدامها في الملاحظة والقياس (تمراست ، بانيزومبو، سوروا، دجوغو ، مبور والرأس الأخضر) اما النقاط الحمراء تمثل المواقع الغير [20]

➤ **R&P TEOM 1400 :**

هناك جهاز آخر، تم نشره كجزء من مشروع AMMA ، يقيس تركيز المواد العالقة في الهواء، يتعلق بمحلل كتلة الغبار R&P TEOM 1400 A [20].

(Tapered Element Oscillating Microbalance Rupperecht & Pataschnick)



شكل(II-11): جهاز TEOM 1400 A [20]

يعتمد هذا الجهاز على وزن الجسيمات التي اخذ عينات منها باستخدام ميزان صغير يتكون من عنصر مخروطي متدبب. يسمح هذا الجهاز بقياس تراكيز جزيئات الغبار العالق في الهواء التي يقل قطرها على 10 ميكرومتر .

➤ الرؤية الأفقية :

إن مفهوم الرؤية الأفقية (visibilité Horizontal) يعبر عن مدى إمكانية الانسان من رؤية الظواهر الطبيعية و البشرية على مستوى أفقي في منطقة ما على مستوى سطح الأرض ، فكلما كان الهواء أكثر شفافية (أكثر نقاء من الشوائب) كانت الرؤية أكبر و يعرف مدى الرؤية في الأرصاد الجوية أنها أكبر مسافة يمكن عندها رؤية و تمييز جسم أسود ذو أبعاد مناسبة وذلك بالنسبة لأفق السماء كخلفية للجسم و يجب أن يصنع الجسم زاوية عند عين الراصد قدرها نصف درجة على الأقل أفقيا و رأسيا في نفس الوقت . [21]



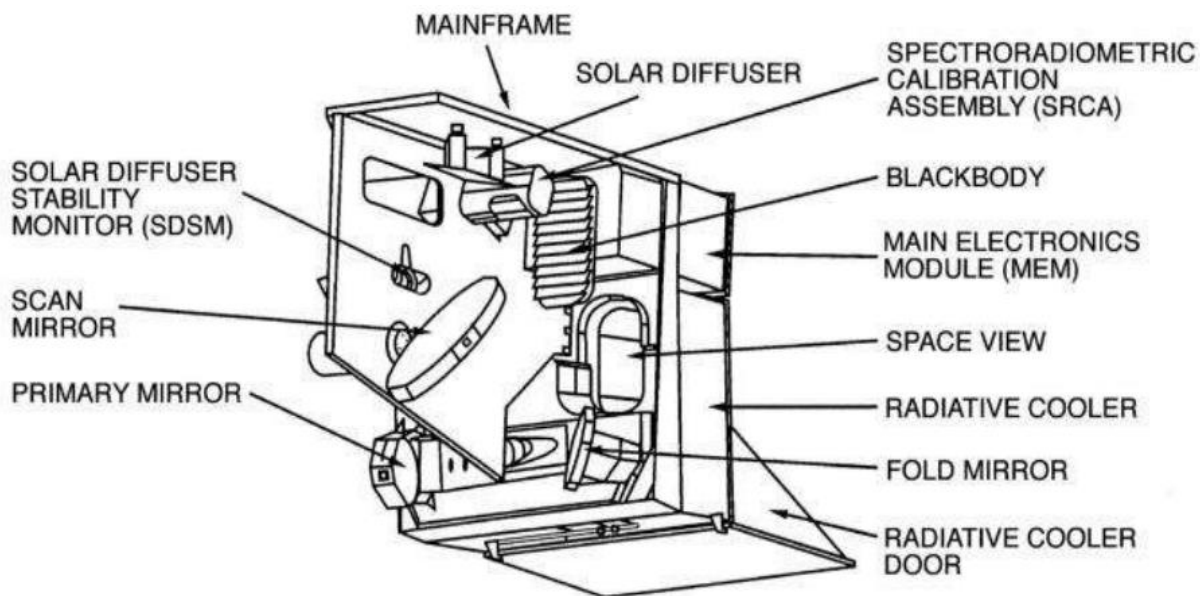
(شكل II-12): مقياس DF320 الرؤية لشركة Degreane-Horizons [20]

II-7-2 الملاحظة من الفضاء:

➤ (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)MODIS:

تم تزويد جهاز MODIS (مقياس طيف التصوير ذي الدقة المتوسطة) في عام 1999 على متن قمرين صناعيين تيرا و أكوا (أول قمر صناعي لقطار أكوا)، يعمل في عدة أطوال موجية والتي تتراوح من المرئي إلى الحراري

(36 نطاقا طيفيا) يمر بالقرب من الأشعة تحت الحمراء. البعد المكاني 1 كم، تدور الأقمار الصناعية تيرا و أكوا من الشمال إلى الجنوب حول الأرض، مرورا بخط الاستواء في الصباح وبعد الظهر على التوالي، مما يسمح بالتغطية الكاملة للكرة الأرضية فوق المحيطات، يمكن ل MODIS ملاحظة السمك الضوئي للهباء في وضعين (صغير/ كبير) الذي يميز الهباء الجوي الصغير عن الأكبر (شكل II-13). عبر المحيطات تستخدم قنوات مختلفة والتي تكتشف السمك الضوئي هذه المرة في وضع واحد، والسماح بالوصول إلى نسبة حجم الهباء الجوي (صغير على كبير). [20]

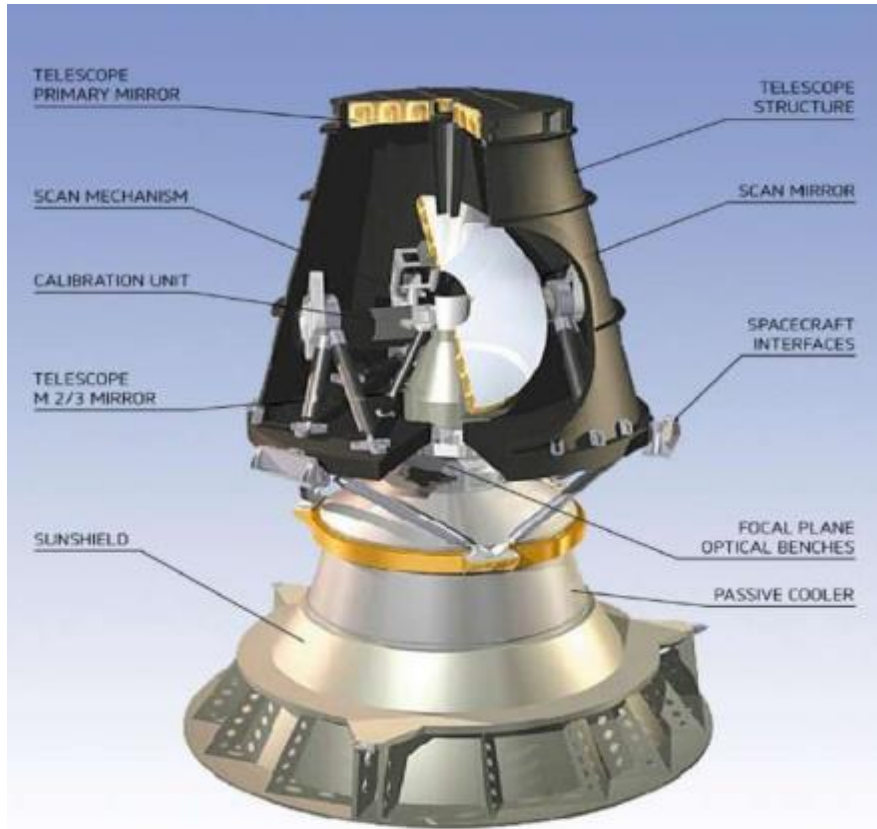


شكل (II-13): مكونات جهاز MODIS [20]

➤ جهاز SEVIRI:

SEVIRI (التصوير المرئي المعزز بالأشعة تحت الحمراء والدوران). هو جهاز جديد متاحة منذ 2002، يتواجد على متن القمر الصناعي الثابت بالنسبة للأرض من الجيل الثاني (MSG1 et 2) (شكل II-14). وتوجد به 12 قناة مقسمة بين الأطوال الموجية المرئية والأشعة تحت الحمراء. يوفر بعد مكاني 1 كيلو متر وتردد زمني لصورة واحدة كل 15 دقيقة. يتم استخدام درجات حرارة السطوح من قنوات SEVIRI 8.7 و 10.8 و 12 ميكرومتر. بالإضافة درجات حرارة السطوح لمقياس إشعاع التصوير بالأشعة تحت الحمراء (IIR) من أجل الحصول على وصف للهباء الصحراوي بالأشعة تحت الحمراء باستخدام الاختلافات في درجة حرارة السطوح بين القنوات

المختلفة. تم الكشف عن الهباء الصحراوي بواسطة MSG- SEVIRI ليلا و نهارا. توفر هذه الملاحظات ميزة جيدة للتغطية المكانية على إفريقيا ودقة زمنية جيدة للغاية . [20]



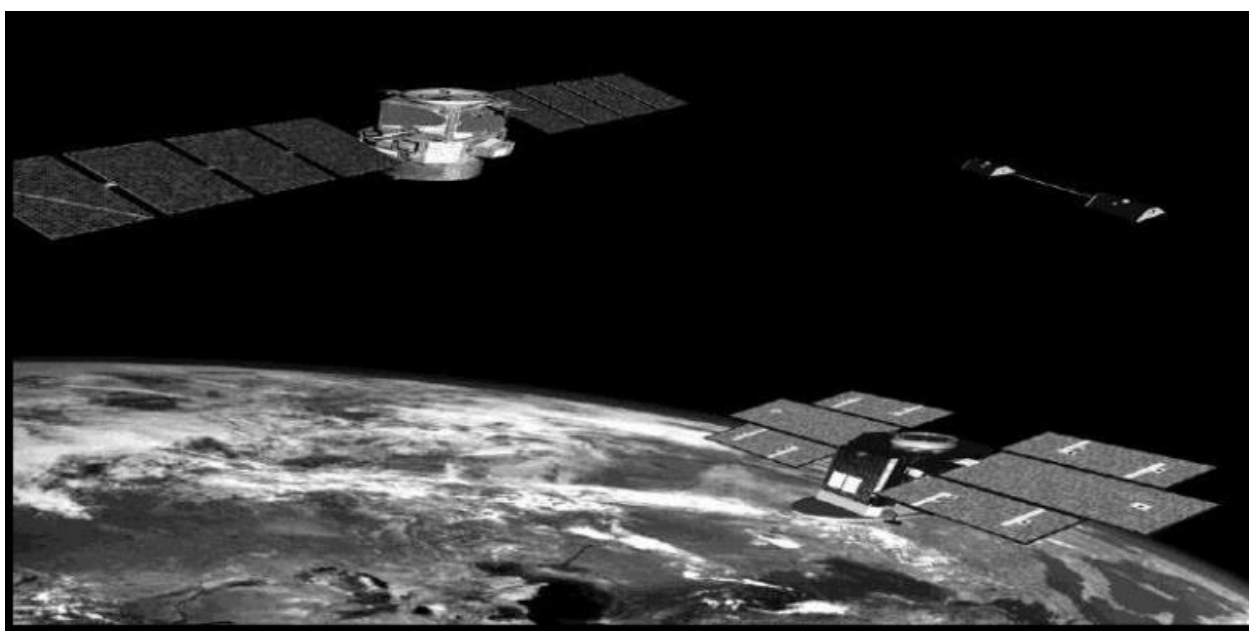
شكل(II-14): مكونات جهاز SEVIRI [20]

➤ CALIPSO:

اليوم لدينا منتجات أقمار صناعية جديدة ، مما يتيح الوصول إلى التوزيع الرأسي للهباء الجوي من الفضاء. هذا هو منتج ليدار كاليوب (ليدار الهباء الجوي السحابي مع الاستقطاب المتعامد) على متن القمر الصناعي CALIPSO ، تم تصميم CALIOP للحصول على مقاطع جانبية عمودية ، بدقة 30 م ، للمكونين المتعامدين اللذان ينتجان عن إزالة الاستقطاب لإشارة ليزر مبعثرة عند 532 نانومتر وملفات عمودية لإجمالي إشارة ليزر عند 1064 نانومتر مبعثرة في الحضيض. كل قراءة للليدار تجعل من الممكن الحصول على ملف تعريف بعرض 90 مترا. من خلال جمع الصور الملتقطة خلال المدار نحصل على "شريحة" من الغلاف الجوي. تغطي ملفات CALIOP عند 532 نانومتر طبقة الغلاف الجوي الواقعة بين ارتفاع 2 كم و 40 كم ، وتغطي تلك الموجودة عند 1064 نانومتر تغطية شريحة الغلاف الجوي الواقعة بين 2 كم و 30 كم. تختلف الدقة الرأسية باختلاف الارتفاع. وهكذا بالنسبة للطبقات السفلى من الغلاف الجوي (0.5 إلى 8.2 كم) ، بشكل عام أين يوجد الهباء الجوي والسحب

ولديها تباين مكاني

أكبر، الدقة الرأسية 30م والدقة الأفقية 0.33كم. بين 8.2كلم و20.2كم، تزيد الدقة إلى 60 متراً رأسياً و 1كيلومتر أفقياً. وللاارتفاعات بين 20.2كم و 30.1كم، وتبلغ الدقة 180متراً رأسياً و 1.66كيلومتراً أفقياً. بعد 30.1كم، يتم تقليل الدقة في الوضع الرأسي إلى 300متر وفي الأفقي عند 5كيلومترات. [20]



شكل(II-15): CALIPSO [28]

➤ أقمار GOES:

عبارة عن سلسلة من الأقمار الصناعية الأمريكية تستخدم في الرصد البيئي المستمر من خلال:

- ❖ التنبؤ بالأحوال الجوية و العواصف الشديدة و الفيضانات و العواصف الثلجية و تقدير هطول الأمطار.
- ❖ رسم خرائط الكتل المتجمدة في البحار و المحيطات.
- ❖ تعتمد دائرة الأرصاد الجوية الأمريكية على مجسات القمر الصناعي (GOES) لرصد الأحوال الجوية و المحيط الهادئ و كندا.

❖ يعتمد الباحثون على مرئيات القمر من أجل فهم الأرض و الغلاف الجوي و المحيطات و التفاعلات المناخية.

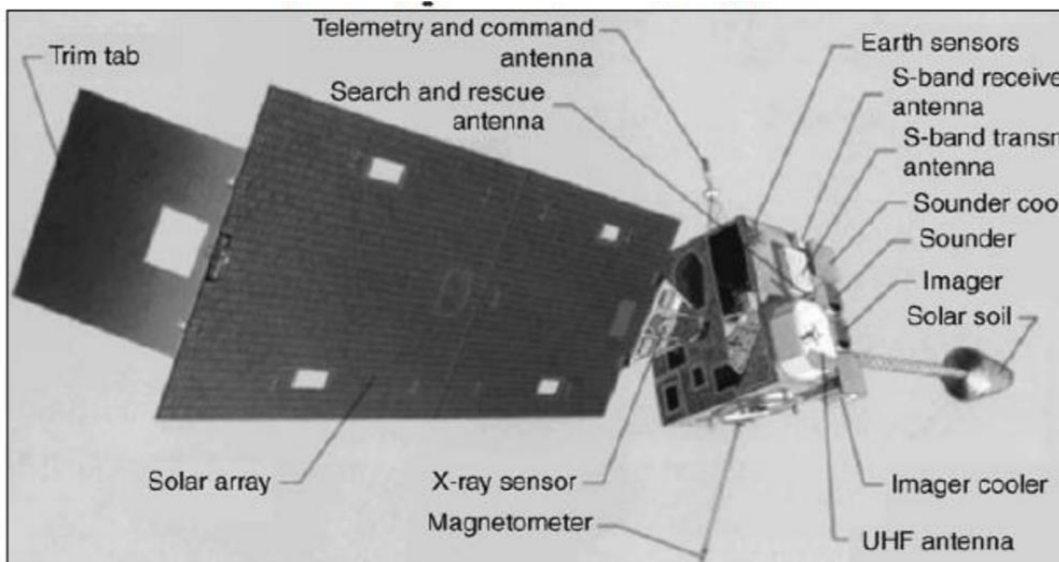
❖ يدور القمر في مدار متزامن مع الأرض مواجه لخط الاستواء بسرعة تعادل سرعة دوران الأرض على ارتفاع (35,000km).

❖ بدأ إطلاق أول قمر صناعي من سلسلة (GOES) في أكتوبر 1976 ، و آخر قمر هو (15-60ES) في مارس 2010م.

❖ يحمل القمر الصناعي (GOES) مجسين:

الأول: يستخدم في إنتاج مرئيات فضائية بمساحة تغطية قدرها (3000km×3000km) و عدد القنوات التي تحملها المرئية خمس قنوات.

الثاني: هو مجس صوتي يحمل جهاز الراديو متر وهو مقياس كثافة الطاقة الاشعاعية و ينتج مرئية بنفس المساحة و تضم 19 قناة [14].



الشكل (16-II) القمر الصناعي (GOES) [14].

➤ مجموعة أقمار ميتيوسات METEOSAT:

وهي أقمار أوروبية، تدور في المدار نفسه وقد بدأ إطلاقها عام 1977 ، وتغطي أوروبا و أفريقيا والشرق الأوسط . وتتعدد الاطلاقات في حالة تعطل بعض وظائف القمر، أو لاستبداله بعد انتهاء عمره الافتراضي .

حاليا هناك خمسة متيوسات من الجيل الأول و اثنين من مركبات فضاء من الجيل الثاني متيوسات-9(msg2) ، متيوسات -8(MSG1) وثلاث مركبات فضاء الجيل الثالث متيوسات -7(MTP1)، متيوسات-6(MOP 3)، متيوسات-5(mop2).

الجيل القديم يبدأ من متيوسات 1 الى متيوسات 7 وقد كان يقدم ملاحظات جيدة عن الأرصاد الجوي، بالإضافة الى تقديم صور عن الأرض و غلافه الجوي كل نصف ساعة في ثلاث قنوات (المرئية و الحمراء وتحت الحمراء). و الاقمار الصناعية تم تصنيعها من قبل كونسورتيوم كسموس مع ايروسباسيال، وهي 2,5متر وقطرها 3,195متر كتلتها الاولية في المدار 282كلغ ويدور القمر 100 دورة في الدقيقة حول محورها الرئيسي.

الجيل الجديد استقرت فوائد الأقمار الصناعية الجديدة خلال الجيل السابق ولكن مع ادخال تحسينات كثيرة عل التصميم أصبحت البيانات أكثر تواترا و شمولا، جمعت متيوسات أيضا مساعدات للأرصاد الجوية في التعرف السريع وتوقع الظواهر الجوية الخطرة مثل العواصف الرعدية و ضباب [25] .



الشكل (II-17): صور القمر الصناعي متيوسات (1) الجيل الأول (2) الجيل الثاني (3) الجيل الثالث [25].

II-8 مؤشرات الهباء:

II-8-1 مؤشر الهباء AAI (Absorbing Aerosol Index) :

➤ التعريف:

مؤشر الهباء الجوي AI هو مقياس لتقدير العوالق الترببية و الغبارية في الغلاف الجوي . و يعتمد هذا المؤشر على الصور الرقمية المأخوذة من الاقمار الاصطناعية لمؤشر الغبار (NIMBUS/TOMAS) في مجال الاشعة فوق البنفسجية ، و التي لها قدرة كبيرة في رصد العوالق الترببية و الغبارية على اليابسة و المحيطات .

➤ الشرح:

لحساب مؤشر الغبار نستعمل الأشعة فوق البنفسجية المسترجعة المقاسة في الأمواج الطويلة 340 و 380 نانومتر حيث درجة امتصاص الغازات ضعيفة (O3,H2O...) كالتالي:

$$AI = -100 \log_{10} \left[\left(\frac{I_{340}}{I_{380}} \right) MEAS - \left(\frac{I_{340}}{I_{380}} \right) CAL \right] \quad (1-2)$$

I_{MEAS} : الشعاع المسترجع على طول الموجة المقاسة.

I_{CAL} : الشعاع المسترجع على طول الموجة المحسوبة.

وذلك باستخدام نموذج الجوي (Modèle d'air) [19]

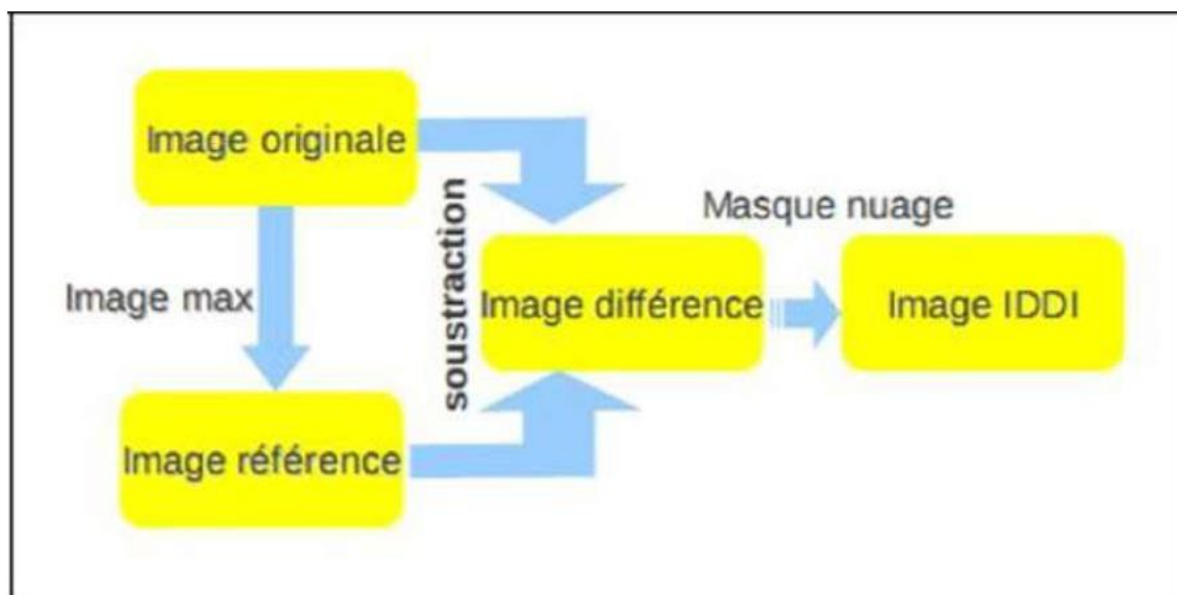
II-8-2 مؤشر الهباء IDDI (Infrared Difference Dust Index):

مكننت قناة (METEOSAT IRT) من تطوير مؤشر للكشف عن الغبار من على سطح الأرض وهو مؤشر IDDI، ينتج عن تأثير الإشعاع للغبار في النافذة [12.5 – 10.5] ميكرون من قناة (METEOSAT IRT) .

يتم الحصول عليها باختلاف لمعان الأشعة تحت الحمراء IR بين درجة حرارة السطوع القصوى التي تمت ملاحظتها على مدار خمسة عشر يوما في تمام الساعة 12:00 ظهرا (صورة مرجعية)، ودرجة حرارة السطوع (الإضاءة) في نفس الوقت من اليوم .

من الناحية المثالية تتكون الصورة المرجعية بلمعان واضحة (بدون سحب) ونظيفة (بدون غبار)، كما يعتبر السحاب و الغبار المتغيرات الجوية الوحيدة التي تؤثر على الإضاءة أو السطوع في الغلاف الجوي.

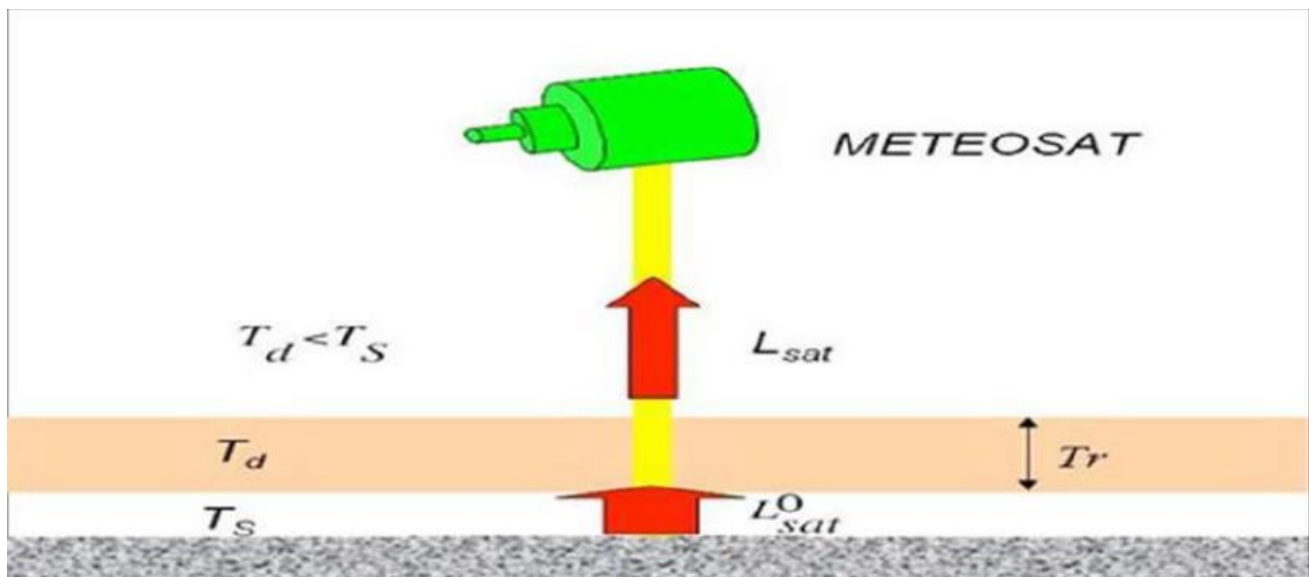
يوضح الشكل (II-16) المخطط الانسيابي لمبدأ عمل المؤشر IDDI: [27]



شكل(II-18): صورة توضح المخطط الانسيابي لمؤشر الغبار IDDI [27]

يمتص سطح الأرض الإشعاع الشمسي بحيث يكون أكثر دفئاً من الغلاف الجوي المتراكم، وإذا كان الجو به غبار أو تراب، فيمكن اكتشافه لأنه أكثر برودة من السطح.

المصدر الرئيسي في IRT هو إشعاع السطح الساخن الذي ينبعث من الإشعاع إلى الفضاء، في حالة وجود الغبار يؤدي هذا إلى تغيير في نصوص الأشعة تحت الحمراء المنبعثة إلى الفضاء في اليوم، يكون غبار درجة الحرارة (Td) أكثر برودة من سطح درجة الحرارة (Ts) مثل (Ts > Td)، والإضاءة المنبعثة إلى الفضاء أقل من الإضاءة المنبعثة من السطح ($L_{SAT}^0 > L_{SAT}$)



شكل (II-19): المبدأ الفيزيائي للكشف عن الغبار في IRT [19]

إذا قمنا بالافتراضات التالية:

ف: 1: الغلاف الجوي يحتوي على غازات ممتصة (بخار الماء)

ف: 2: نفرض أن الجسم الأسود ($\epsilon_s = 1$) درجة حرارة السطح T_s .

ف: 3: يكون الغبار غير منتشر ومتساوي في درجة الحرارة T_d مع نفاذية Tr في IRT.

ف: 4: نهمل تأثير الغبار على درجة حرارة السطح (الاحتباس الحراري و الغازات الدفيئة)

يكون لمعان السطح (الأسود الذي افترضناه) المنبعث نحو الفضاء في جو صاف خالي من السحاب على حالتين:

كفي غياب الغبار:

$$= B(T_s) \quad (2-2) \quad L_{SAT}^0$$

كفي وجود الغبار:

$$= Tr \cdot B(T_s) + (1 - Tr) \cdot B(T_d) \quad (3-2) \quad L_{SAT}$$

يعطى التأثير الإشعاعي لطبقة الغبار في الأشعة تحت الحمراء الحرارية أو التباين

الحراري، بالعلاقة التالية:

$$\Delta L_{SAT} = L_{SAT} - L_{SAT}^0 = (1 - Tr) \cdot [B(T_d) - B(T_s)] \quad (4-2)$$

حيث يعبر عن النفاذية ب:

$$Tr = \exp(-\delta d) \quad (5-2)$$

عندما تكون $(Tr = 0)$ (نصل للحد الأقصى للتأثير (طبقة الغبار شديدة الكثافة) وتعطى معادلة

التباين الحراري بالمعادلة التالية:

$$\Delta L_{sat}^{max} = B(Td) - B(Ts) \quad (6-2)$$

التأثير الإشعاعي ΔL_{SAT} هو مؤشر الغبار IDDI في درجة حرارة اللمعان أو السطوع [19][29]

الفصل الثالث

مناقشة النتائج

III- مقدمة:

للظواهر الغبارية تأثير على كمية الإشعاع الشمسي عندما ينتج عنها كل من التشتت والامتصاص. في هذا الفصل تمت مناقشة حالة من الحالات المتكررة من العواصف الغبارية على منطقة ورقلة للفترة الممتدة من 01 إلى 12 مارس 2007.

حيث قمنا بدراسة مناخية و تحليل الزماني لمنطقة ورقلة و دراسة حالة الظواهر الغبارية في الفترة الممتدة بين 1 إلى 12 مارس 2007 ، لنلاحظ تأثير الظواهر الغبارية على مدة الإشعاع و كذا شدة الإشعاع الشمسي الكلي في الأيام 7،8،9 و هيا الأيام المغبرة.

III-1 دراسة مناخية لمنطقة الدراسة:

تقع مدينة ورقلة في الجزء الجنوبي من جمهورية الجزائر، على خط عرض 31° شمالاً، وخط طول 5° شرقاً، وترتفع ورقلة عن سطح البحر حوالي 144م. تحدّ مدينة ورقلة من الجهة الشمالية ولايتي الجلفة والوادي وتقرت، ومن الجهة الشرقية جمهورية تونس ، ومن الجهة الجنوبية ولايتي تمنراست وإيزي، وأخيراً تحدّها من الجهة الغربية ولاية غرداية.

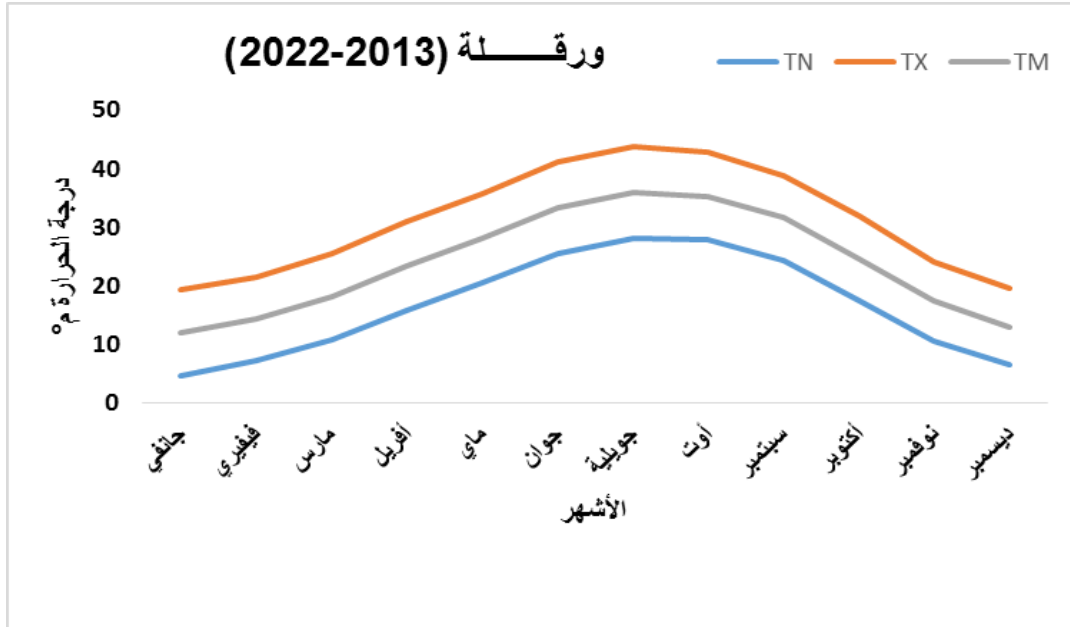


الشكل (III-1) :خريطة ورقلة

III-2 البيانات المناخية بمنطقة ورقلة (2013 - 2022):**III-2-1 درجة الحرارة:**

يسود هذه المنطقة مناخا صحراويا جافا بشكل عام إذ يبلغ متوسط درجة الحرارة القصوى 44° في شهر جويلية حيث يعتبر من الأشهر الأكثر سخونة في هذه المنطقة و تسجل أدنى درجات الحرارة

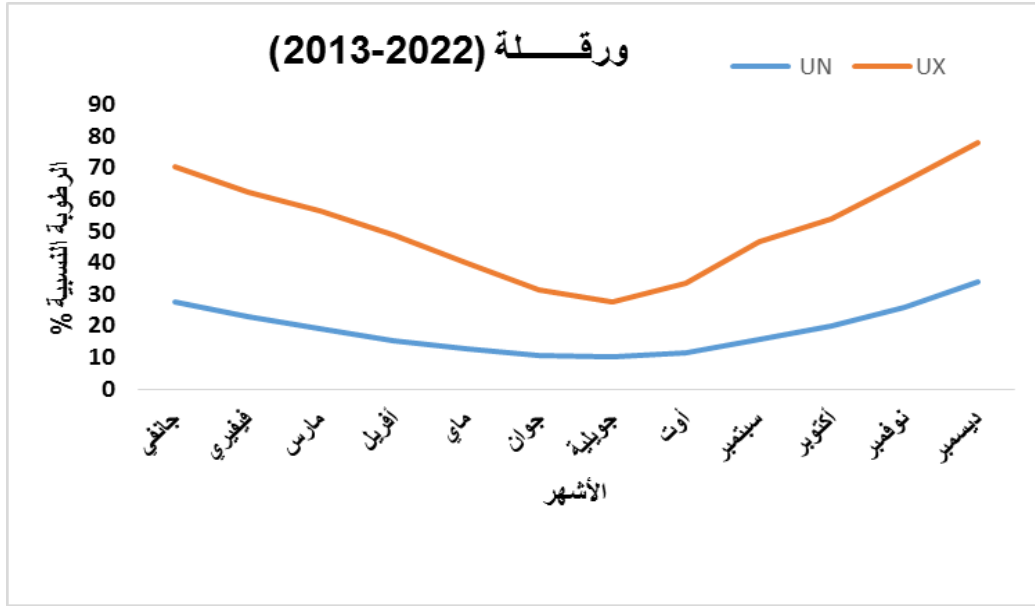
في كل من شهر جانفي و ديسمبر وتبلغ 5° وتعتبر هذه الأشهر الأكثر برودة في الفترة الممتدة من (2013-2022) انظر الشكل (III-2)



الشكل (III-2) تغيرات درجة الحرارة بدلالة الأشهر لمنطقة ورقلة الفترة (2013-2022)

III-2-2 الرطوبة النسبية:

كما نسجل أكبر نسب لرطوبة في فصل الشتاء في شهر جانفي و ديسمبر حيث تبلغ نسبة الرطوبة بين 71° - 80% و تتناقص حتى تصل إلى نسبة 30% في فصل الصيف سجلت هذه القيمة لشهر جويلية ، نلاحظ انخفاض نسبة الرطوبة خلال فصل الصيف و هذا يرجع إلى زيادة درجة الحرارة و شح البخار و الأمطار الشكل (III-3)

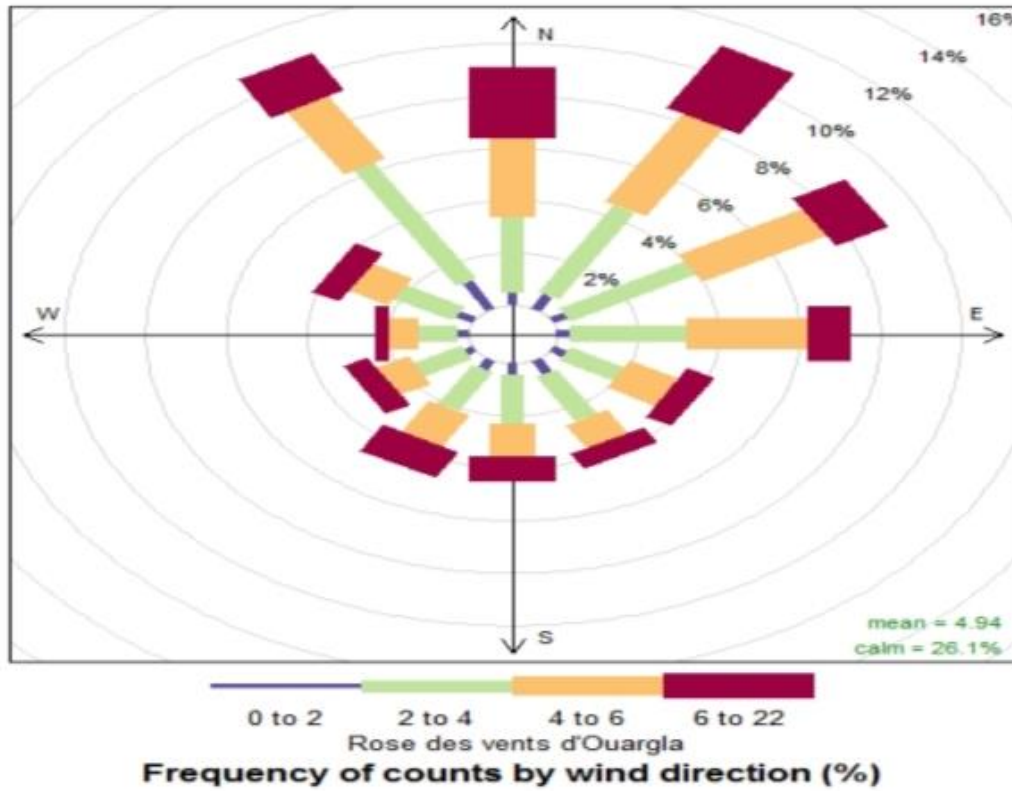


الشكل (III-3) تغيرات الرطوبة النسبية بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة للفترة (2013- 2022)

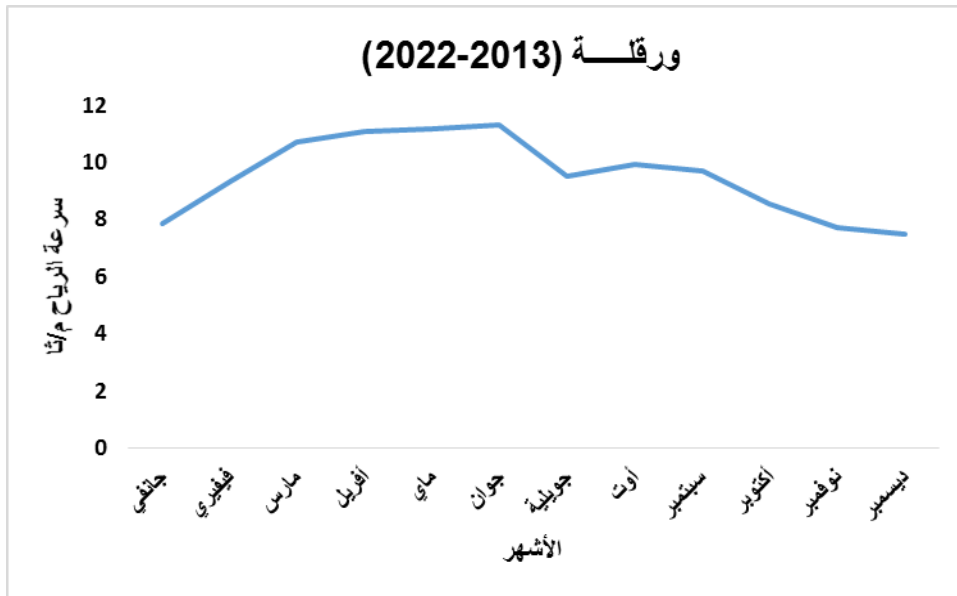
III-2-3 الرياح:

يتبين في هذه المنطقة هبوب رياح تكون شمالية شرقية في فصل الصيف حيث يبلغ متوسط السرعة 5م/ث كما هو مبين في الشكل (III-4)

كما تكون هذه الرياح نشطة في الفترة الممتدة من شهر فيفري حتى شهر جويلية ، وتبلغ السرعة القصوى للرياح 11م/ث في شهر ماي كما هو مبين في الشكل(III-5)



الشكل (III-4): وردة الرياح لمنطقة ورقلة

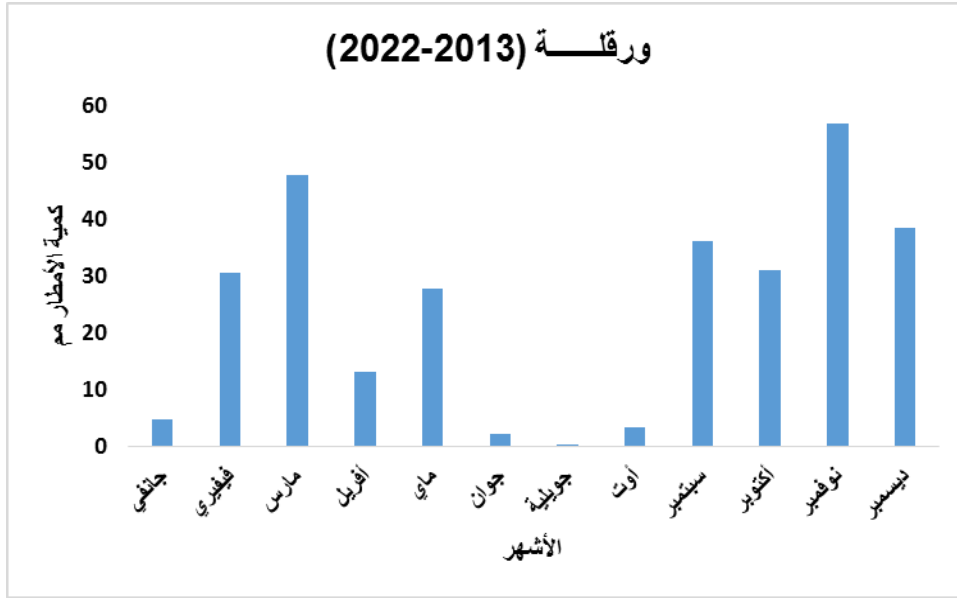


الشكل (III-5): تغيرات السرعة القصوى للرياح بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة الممتدة

(2022 - 2013)

4-2-III كمية التساقط:

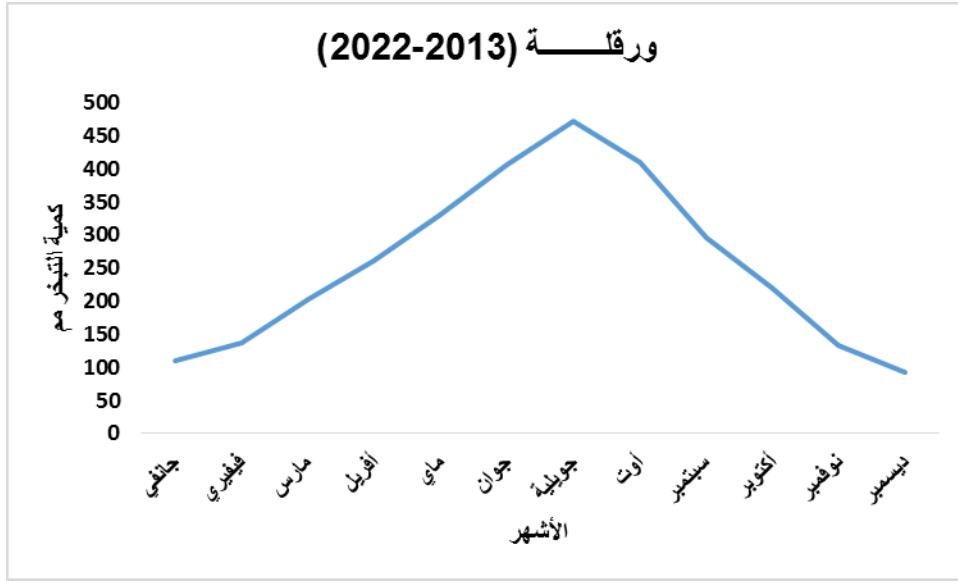
تشهد المنطقة شح في الأمطار حيث يبلغ المعدل السنوي للتساقط 35.38 ملم أكبر نسبة للتساقط في شهر فيفري و سبتمبر تقريبا 6 ملم كما يكون التساقط في شهر جويلية منعدم. شهدت هذه المنطقة فترة ممطرة في فيفري مارس ماي متزامنة مع فصل الربيع و من سبتمبر إلى ديسمبر متزامنة مع فصل الخريف كما يشهد شهر جانفي و أبريل جوان جويلية أوت حالة من الجفاف و تقدر نسبة التساقط لهذه الأشهر أقل من 1 ملم الشكل (III-6)



الشكل (III-6): تغير كمية التساقط بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة (2013- 2022)

III-2-5 التبخر:

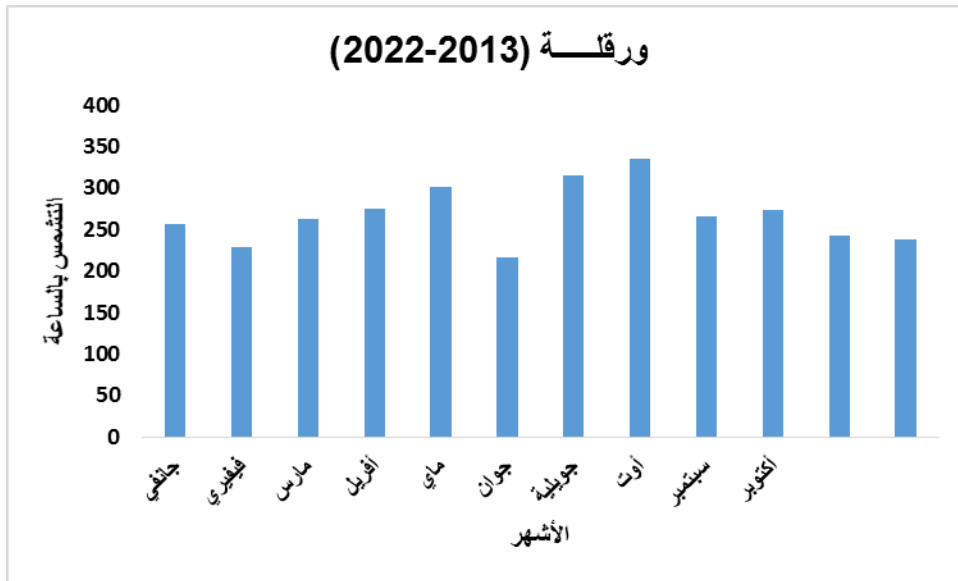
يزداد التبخر بازدياد درجة الحرارة ففي فصل الصيف ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة التبخر خاصة على مستوى البحيرات والشطوط والعكس في الشتاء حيث يرافق انخفاض درجة الحرارة شتاءا زيادة في الرطوبة وبالتالي تزداد الحاجة إلى المياه. تتميز منطقة الدراسة بتذبذب في كمية التبخر حيث ادنى قيمة تقدر 240 ملم وأكبر قيمة التي تقدر 340 ملم . أكبر قيمة للتبخر تسجل خلال فترة الصيف في شهر أوت وتبلغ 340 ملم و ادنى قيمة تسجل في شهر ديسمبر وتقدر ب 245 ملم الشكل (III-7)



الشكل (III-7): تغير كمية التبخر بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة (2013- 2022)

III-2-6 الشمس:

تعتمد مدة الشمس على الفترة (2013-2022) التي يمكن أن تشرق خلالها الشمس، ويظل هذا الشمس فعالاً عندما تكون السماء صافية من السحب. في منطقة دراستنا، تتلقى منطقة ورقلة مدة سطوع قوية نسبياً، وهي المدة القصوى التي تم الوصول إليها في شهر أوت لمدة 335 ساعة والحد الأدنى في ديسمبر لمدة 237 ساعة. وتصل مدة الشمس إلى أكثر من 3200 ساعة في السنة أي بمعدل أكثر من 9 ساعات يومياً.



الشكل (III-8): تغير كمية الشمس بدلالة الأشهر بمنطقة ورقلة في الفترة (2013- 2022)

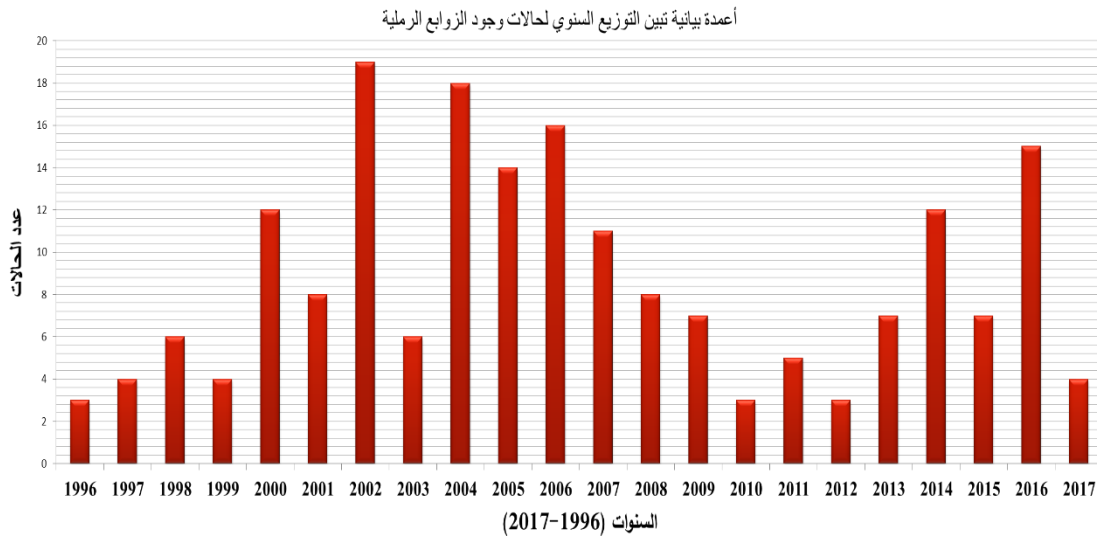
III-3 المعطيات الجغرافية لمنطقة الدراسة (ورقلة):

يسود مدينة ورقلة مناخاً صحراوياً جافاً بشكل عام، إذ يبلغ متوسط درجات الحرارة صيفاً حوالي 45 درجة مئوية، بينما تنخفض شتاءً ولاسيما أثناء الليل ، كما تعاني المدينة من ندرة الأمطار (49 مم) في المتوسط وبالتالي شحّ الغطاء النباتي، بينما يعدّ مناخها ملائماً لنموّ واحات النخيل.

تهب على ورقلة عواصف رملية موسمية بين شهري (فبراير وأفريل)، و تبلغ ذروتها في شهر مارس، وغالبا ما تتسبب في خسائر فادحة تصيب الزرع والماشية، ويبدأ الجو في التحسن ابتداءً من شهر سبتمبر عندما يتغير اتجاه الرياح، لتصبح شمالية شرقية، وهي معروفة محليا باسم (البحري)، وهي غالبا ما تكون محملة بشيء من الرطوبة فتعمل على تلطيف الجو ولاسيما ليلا.

III-3-1 التغير السنوي للظواهر الغبارية:

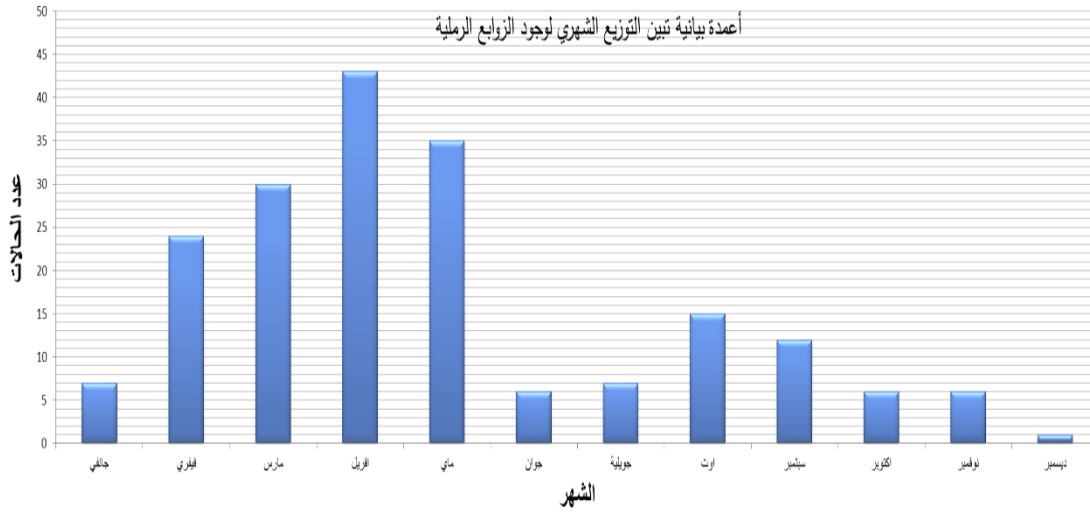
يظهر الشكل 9 التكرار السنوي للظواهر الغبارية في منطقة ورقلة حيث نلاحظ أعلى تردد للظواهر الغبارية في سنوات 2002 و 2004 و 2006 و 2016 .



الشكل (III-9) : التغير السنوي للظواهر الغبارية (2017-1996)

III-3-2 التغير الشهري للظواهر الغبارية:

بينما تشمل الشكل 10 التكرار الشهري للظواهر الغبارية حيث نلاحظ توأجدها بكثرة في شهر مارس و أفريل و ماي.



الشكل (III-10) : التغير الشهري للظواهر الغبارية (1996-2017)

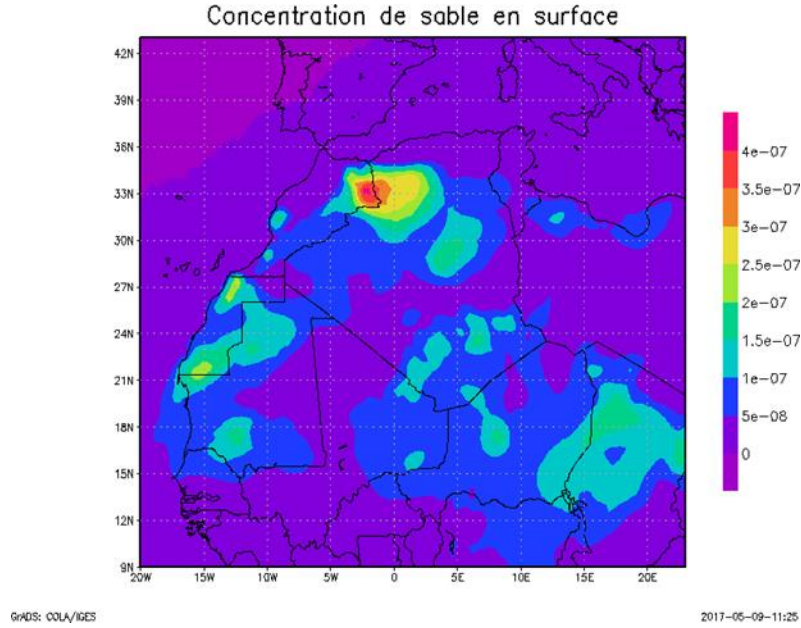
III-4 دراسة حالة الظواهر الغبارية في الفترة الممتدة بين 01 و 12 مارس 2007:

شهدت منطقة الجنوب الجزائري في الفترة الممتدة بين 07 إلى 09 مارس 2007 منخفض جوي صاحبه نشوب زوابع رملية لمدة ثلاثة أيام متواصلة.

تم تحليل خرائط تركيز الرمال التي تمت محاكاتها بواسطة نموذج (*Eta - Dream*)

-يوم 2007/03/07

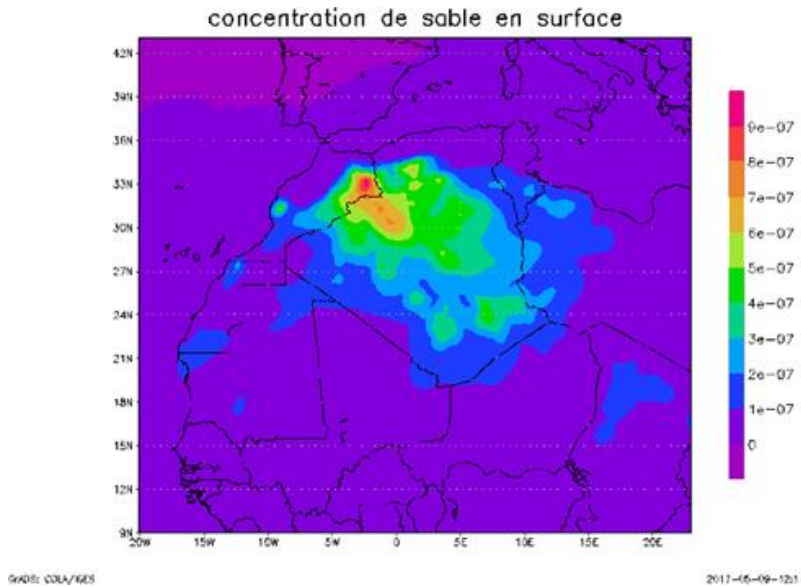
المنخفض الجوي المتمركز في البحر الأبيض المتوسط يولد تدفقاً من شمال إلى الجنوب الغربي، مما أدى إلى تطاير الرمال حيث يلاحظ تركيز الرمال يتعدى $3 \times 10^{-7} Kg/m^3$ في منطقة ورقلة (الشكل (III-11)). حيث انخفض الإشعاع الشمسي الكلي الأقصى إلى $772 W/m^2$.



الشكل (III-11). تركيز الغبار يوم 2007/03/07

-يوم 2007/03/08

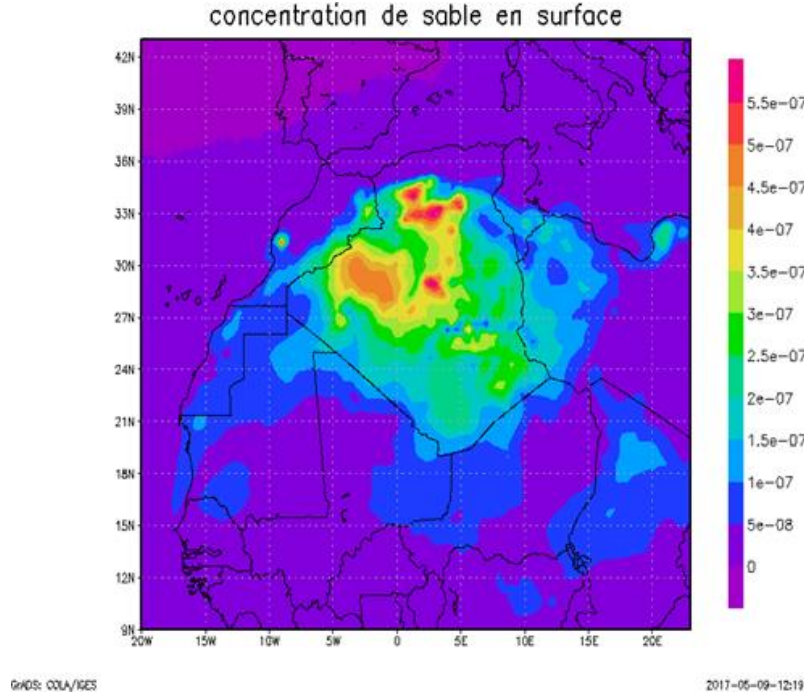
امتد المنخفض الجوي نحو وسط الصحراء والجنوب الشرقي في شكل زوابع رملية حيث يلاحظ أن تركيز الرمال تعدى $4 \times 10^{-7} \text{Kg/m}^3$ في منطقة ورقلة (الشكل (III-12)). حيث انخفض الإشعاع الشمسي الكلي الأقصى إلى 743W/m^2 .



الشكل (III-12). تركيز الغبار يوم 2007/03/08

-يوم 2007/03/09

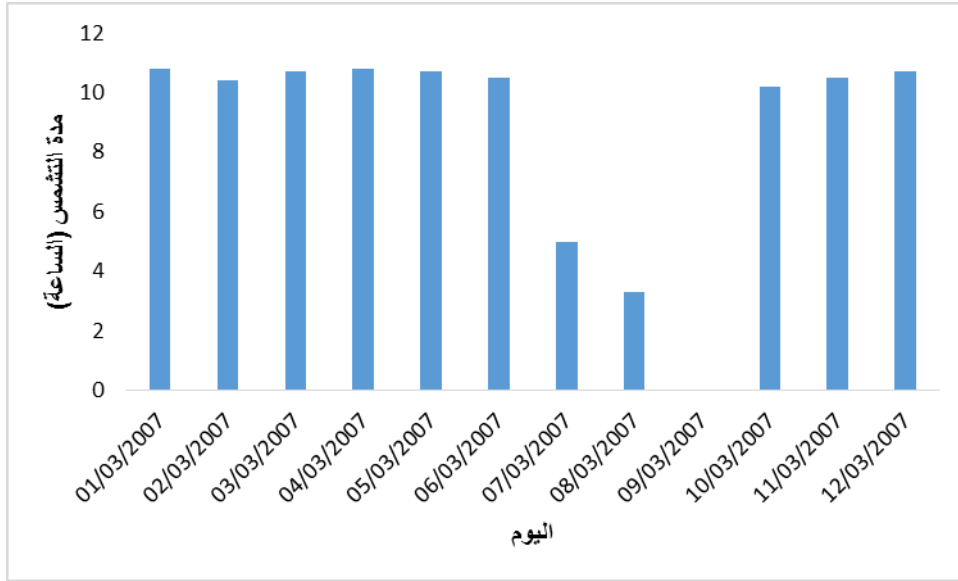
وصلت الظواهر الغبارية أقصاها باشتداد سرعة الرياح على كامل الجنوب الجزائري ووصل إلى حدود تونس وليبيا شرقا، (الشكل (III-13)). حيث انخفض الإشعاع الشمسي الكلي إلى أقل قيمة ($0.433 W/m^2$)



الشكل (III-13). تركيز الغبار يوم 2007/03/09

III-4-1 تأثير الظواهر الغبارية على مدة الشمس:

من خلال دراسة تأثير الزوابع الرملية على مدة الشمس نلاحظ من الشكل (III-14). أن مدة الشمس قد قلت بشكل واضح أيام 07 و08 و09 مارس 2007 وهي الأيام التي شهدت تكرار الظواهر الغبارية حيث سجلنا يوم 09 مارس 2007 عاصفة غبارية انعدمت فيه الرؤية العمودية طوال اليوم أدى إلى انعدام مدة الشمس، وهذا ما يفسر عدم اختراق الأشعة الشمسية للغلاف الجوي.

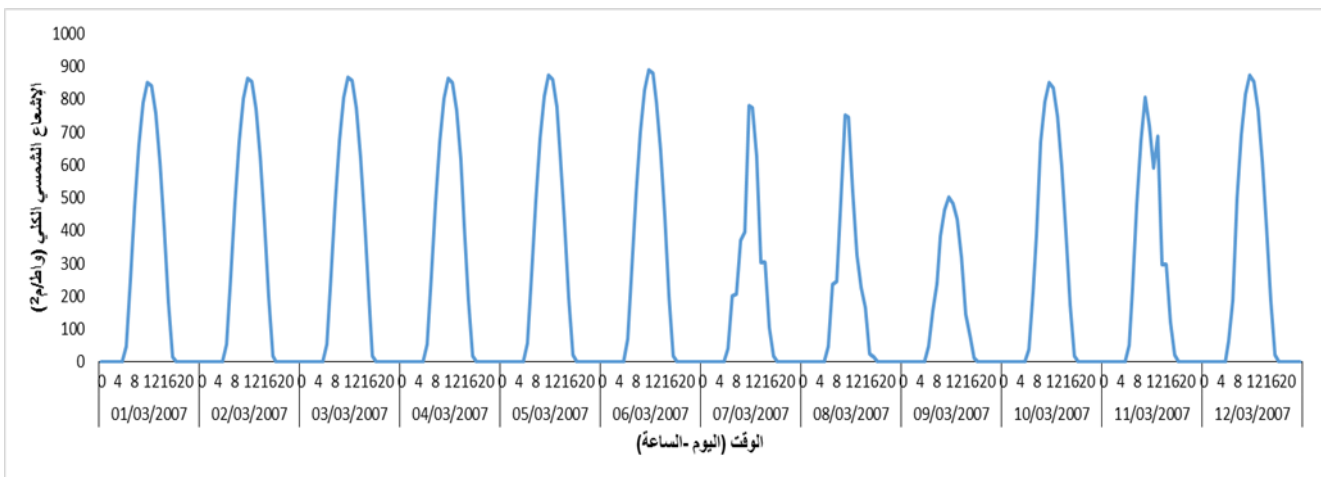


الشكل (III-14). مدة الشمس لأيام قبل، أثناء وبعد العاصفة الغبارية في منطقة ورقلة من

01 إلى 2007/03/12

III-4-2 تأثير الظواهر الغبارية على الإشعاع الشمسي الكلي:

يوضح الشكل (III-15) توزيع الإشعاع الشمسي الكلي قبل أثناء وبعد ظاهرة العاصفة الغبارية, ويظهر جليا تأثير تواجد الغبار في الجو على شدة الإشعاع الشمسي الوردية إلى سطح الأرض. حيث لم يتعدى 435 W/m^2 يوم 2007/03/09 والذي يصادف اليوم الأكثر تطائرا للرمال.

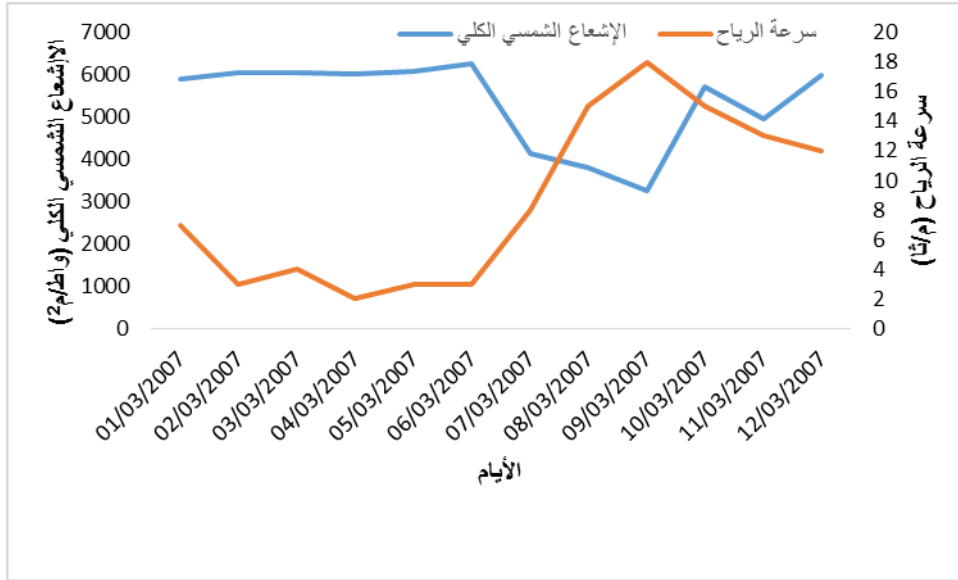


الشكل (III-15). توزيع الإشعاع الشمسي الكلي لأيام قبل، أثناء وبعد العاصفة الغبارية في

منطقة ورقلة من 01 إلى 2007/03/12

III-4-3 تأثير سرعة الرياح على الإشعاع الشمسي الكلي:

يوضح الشكل (III-16) العلاقة الارتباطية بين سرعة الرياح والإشعاع الشمسي الكلي قبل أثناء وبعد ظاهرة العاصفة الغبارية، حيث نلاحظ أن هناك ارتباط عكسي قوي ($R = -0.8$) أي كلما زادت سرعة الرياح إنخفضت شدة الإشعاع الشمسي ويمكن تفسير ذلك لكون أن الرياح تساعد على تطاير الرمال التي تحجب جزءا من الإشعاع الشمسي وتمنعه من الوصول إلى الأرض.



الشكل (III-16). العلاقة بين سرعة الرياح على الإشعاع الشمسي الكلي قبل، أثناء وبعد العاصفة الغبارية في منطقة ورقلة من 01 إلى 12/03/2007

الخلاصة العامة

قمنا في هذا العمل بالتعرف على الاشعاع الشمسي وأجهزة قياسه الارضية والعلوية وكذلك تقدير الاشعاع الشمسي الكي باستخدام صور الاقمار الصناعية حيث قدمنا طريقة الهيليوسات التي تتعامل مع توهين الاشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي وعن الغيوم بشكل منفصل، وتطرقنا ايضا الى نماذج تقدير الاشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء صافية حيث تم تقسيمها الى ثلاثة اقسام و هي : نماذج بسيطة جدا و هي تعتمد على زاوية سمت الشمس فقط ، نماذج بسيطة و هي تعتمد إضافة الى زاوية السمت بعض المعايير الأخرى مثل حالات الغلاف الجوي و مكوناته ، و نماذج معقدة و هي تعتمد على معايير كثيرة و من بينها كمية الهباء الجوي و المحتوى الجوي من بخار الماء فهو بذلك يعتبر من أدق النماذج في الحساب.

من خلال هذا البحث تم المساهمة في دراسة وفهم مشكلة الغبار التي تواجه شدة الاشعاع الشمسي، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بكثرة الزوابع الرملية، حيث أخذت حالات غبارية محددة لحساب الطاقة الشمسية الضائعة بسبب الغبار خلال أيام معينة من 01-12 مارس 2007 حددت على أنها شهدت حدوث الغبار بصورة مؤكدة ، الأيام المغبرة المختارة 7-8-9 مارس 2007 .

من خلال النتائج المتحصل عليها عند المقارنة بين شدة الاشعاع الشمسي وعدد حالات الزوابع الرملية أن الغبار يؤثر بشكل كبير على شدة الاشعاع الشمسي حيث بزيادة كثافة الغبار يقل الاشعاع الشمسي. بالرغم من الصعوبة الشديدة في مكافحة الغبار و العواصف الرملية الا أن هناك بعض الإجراءات التي قد تحد نوعا ما من انتشارها :

- إعادة تأهيل المناطق المتدهورة من خلال تطبيق البرامج المناسبة (التشجير، تثبيت الكثبان الرملية).
- منع الحراثة و زراعة الحبوب بالمناطق الهشة .
- استعمال المواد الكيميائية لتثبيت التربة.
- استخدام المثبتات الميكانيكية العديدة كالأسوار و الخنادق بأنواعها، نظرا لكلفتها المادية و عمرها الافتراضي حيث تتراكم عليها الرواسب و تغطيها بالكامل في بضع عواصف رملية.

قائمة المراجع :
مراجع عربية:

- [1]- د. اورايس غني عبد الحسين ، " اثر العواصف الغبارية في الاشعاع الشمسي الكلي
الواصل الى منطقتين الوسطى والجنوبية من العراق "، مجلة الآداب ، العدد 131 كانون الاول
2019 م .
- [2] -سوداني محمد البار، تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة
مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في العلوم جامعة ورقلة 2018.
- [3]- سماحي سهيلة ،فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الإشعاع
الشمسي والعوامل المناخية عليها ،مذكرة ماستر أكاديمي جامعة ورقلة 2016.
- [4]- د. سعود يوسف عياش، "تكنولوجيا الطاقة البديلة"، المجلس الوطني للثقافة والعلوم ،
الكويت 1990.
- [5]- حنونة حليلة ،غنوم مجدة ,تخزين الطاقة الشمسية الحرارية بواسطة مواد متغيرة
الطور PCM في منطقة ورقلة 2020.
- [6]- الطاقة الشمسية واستخداماتها - محمد أحمد سيد خليل - دار الكتب العلمية للنشر وتوزيع
القاهرة.
- [7]- مصطفى احمد محمد مجيد ,العلاقة المتداخلة بين الاشعاع الشمسي والغيوم في مدينة
الموصل، رسالة ماجستير الفيزياء 2008 م .

- [8]- الدكتور أحمد احمد ,الاشعاع الشمسي واجهزته وانواعه , 21افريل 2010.
- configurations:areview,"Opt.Eng.57(12), 120902 (2018), doi:
10.1117/1.OE.57.12.120902.
- [9]- دكتور مهندس "كامليا يوسف محمد كتاب طاقة كهرو شمسية"، مجلة الكهرباء . العربية
،العدد 99 -يناير 2010
- [10]- بن ناجي عبيير "تقدير الاشعاع الشمسي الكلي باستخدام صور الاقمار الصناعية 2018
- [11]- نبيل شهيد "حساب الاشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب "2006.
- [12]-الاشعاع الشمسي وطرق القياس "المعرفة الجغرافية 2017".
- [13]- العاتي مختار , المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية 2011 .
- [14]- المحاضرة الثامنة - مجسات الاستشعار عن بعد السالبة - د. كامل ابو ظاهر من كتاب
"اسس الاستشعار عن بعد "د. احمد محمد مياس .
- [15]- تقدير الطاقة الشمسية الضائعة بسبب الغبار لمدينة بغداد لحالات غبارية مختارة "المجلة
العراقية للعلوم والتكنولوجيا "
- [16]- مصادر الغبار المؤثرة على دولة الامارات العربية المتحدة , اعداد المركز الوطني للأرصاد
الجوية والزلازل

[17]- كلية الآداب (قسم الجغرافيا أ.م. د حميد رجب الجنابي) .

[18]- ظاهرة الغبار د. علي محمد الدوسري معهد الكويت للأبحاث العلمية مركز علوم البيئة و

العلوم الحياتية الطبعة الاولى 2018

[19]-الزوابع الرملية و الترابية في الجزائر الخصائص ، المصادر و التوزيع "أسامة طمل، عبد

الرزاق سويقات"

[20]-دراسة الخصائص الفزيائية و البصرية للهباء الصحراوي بواسطة تقنية ليدار " غوكالي سيد

علي، حمداوي احمد"

[21]- أ.د عبد الملك قسم عبد الحميد خصائص الرؤية لأفقية لمدينة الرياض المملكة العربية

- [22]–Said Mehellou , Ferhat Rehouma, Nouredine Hamrouni, Leila Bouras ,“Thermal loading effects on Nd : YAG solar –laser performance in end–pumping and side–pumping
- [23] -HELITHERMIQUO le gisement solaire méthodes et calculs – pierre Henri COMMUN.
- [24] – Benbouza Naima "Etude du rayonnement solaire dans la région de Batna "Algérie 2008.
- [25]– Bilal BOUAITA,2020, "Extraction de connaissances à partir de données multi–spectrales :cas des images MSG"Thèse Doctort en science , université –Farhat Abbas –Sétif1 .
- [26]– mécanismes sur le vent d’aérosols de désertiques en Afrique de l’Ouest Diana Bou Karam p 300
- [27]– Belkhir Hebbal – Nadjib Talbi , Eude spatio –temporelle des écrèment de poussière et de sable sur le sud algérien . validation avec l’indice de poussière IDDI

[28]–NASA science mission directorat CALIPSO CLOUDSAT GRACE
national aeronautics and space administration 2005

[29]Ali Amlar ,télédétection dans le domaine de l'infrarouge
(application dans la détection des pannes par les méthodes satellitaires),Mémoire magistère– université kadi merbah d'Ouargla

ملخص:

من خلال هذا العمل تم المساهمة في دراسة وفهم مشكلة الغبار التي تؤثر شدة الاشعاع الشمسي، خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بكثرة الزوابع الرملية، حيث أخذت حالات غبارية محددة لحساب الطاقة الشمسية الضائعة بسبب الغبار خلال أيام معينة من 01-12 مارس 2007 حددت على أنها شهدت حدوث الغبار بصورة مؤكدة، الأيام المغيرة المختارة 7-8-9 مارس 2007 .

من خلال النتائج المتحصل عليها عند المقارنة بين شدة الاشعاع الشمسي وعدد حالات الزوابع الرملية أن الغبار يؤثر بشكل كبير على شدة الاشعاع الشمسي حيث بزيادة كثافة الغبار يقل الاشعاع الشمسي. الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي، الزوابع الرملية، المناطق الصحراوية، الغبار ، أقمار صناعية .

Résumé:

A travers ce travail, une contribution a été apportée pour étudier et comprendre le problème de la poussière qui affecte l'intensité du rayonnement solaire, en particulier dans les régions désertiques qui sont caractérisées par un grand nombre de tempête de sable. Des cas de poussière spécifiques ont été pris pour calculer l'énergie solaire perdue à cause de la poussière pendant certains jours du 01 au 12 mars 2007. Les jours poussiéreux sélectionnés sont 7-8-9 mars 2007.

Grâce aux résultats obtenus en comparant l'intensité du rayonnement solaire avec le nombre de cas de tempêtes de sable, la poussière affecte grandement l'intensité du rayonnement solaire, car l'augmentation de la densité de la poussière diminue le rayonnement solaire.

Mots clés : Rayonnement solaire, Tempêtes de sable, Régions désertiques, la poussière , satellites.

Abstract:

Through this work, a contribution has been made to study and understand the problem of dust that affects the intensity of solar radiation, especially in desert areas that are characterized by a large number of sandstorms. Specific dust cases were taken to calculate the solar energy lost due to dust on certain days from March 01-12, 2007. The selected dusty days are March 7-8-9, 2007.

According to the results obtained by comparing the intensity of solar radiation with the number of cases of sandstorms, dust greatly affects the intensity of solar radiation, because the increase in the density of dust decreases solar radiation.

Keywords: Solar radiation, Sandstorms, Desert regions, the dust, satellite.