



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية علوم الدقيقة وعلوم طبيعة وحياة
قسم علوم المادة

مذكرة ماستر

علوم المادة
فيزياء المواد
فيزياء المادة المكثفة

رقم: 01

إعداد الطالب:
مناس عبد الرزاق
يوم: 18/06/2023

أدوات وطرق المراقبة للرصد البيئي

لجنة المناقشة:

مشرف	جامعة محمد خيضر بسكرة	أستاذ	محمدي فرحات
رئيس	جامعة محمد خيضر بسكرة	أستاذ	فالق مختار
مناقش	جامعة محمد خيضر بسكرة	أستاذ محاضر	هدار مبارك

السنة الجامعية: 2022-2023

اهداء

أهدي هذا العمل الى الوالدين الكريمن وادعو الله ان يرزقهما
بوافر الصحة والعافية وأن يجعلهما ذخرا لي ويحفظهما من كل

سوء

والى الزوجة الكريمة وأبنائي: عبد المعز وملاك وأدعو الله أن

يجعلهم قرّة عين لي.

والى كل إخوتي وأخواتي الأعزاء.

شكر وعرهان

أشكر الله العلي القدير الذي وفقني لإنجاز هذا العمل
أشكر الأستاذ الفاضل "محمدي فرحات" على كل الجهد الذي
بذله معي والنصائح القيمة التي ساعدتني في مختلف مراحل
انجاز هذه المذكرة

أشكر الأستاذين القديرين "فالق مختار" و"هدار مبارك" قبولهما
مناقشة المذكرة واثرائها

فهرس المحتويات

1.....	مقدمة.....
3.....	الفصل الأول: عموميات حول المناخ.....
4.....	I-1 تعريف المناخ
4.....	I-2 مكونات النظام المناخي.....
5.....	I-2-1 الغلاف الجوي (atmosphère).....
6.....	I-2-2 الغلاف المائي (hydrosphère).....
8.....	I-2-3 الغلاف الجليدي (cryosphere).....
11.....	I-2-4 الغلاف الحيوي.....
13.....	I-2-5 مساحة الأرض (Land Surface).....
13.....	I-2-5-1 تعريف الغلاف الصخري.....
13.....	I-2-5-2 أنواع الصخور الغلاف الصخري.....
14.....	I-2-5-3 دور الغلاف الصخري في تكوين الأرض.....
14.....	I-3 فعل الاحتباس الحراري.....
14.....	I-3-1 الطاقة الشمسية.....
15.....	I-3-2 الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري.....
16.....	I-4 تغير المناخ والتدخل البشري على المستوى العالمي.....
18.....	I-5 المناخ الصحراوي.....
18.....	I-5-1 أهم المناطق الصحراوية في العالم.....
19.....	I-5-2 العواصف الغبارية والرملية في المناخ الصحراوي.....
19.....	I-5-2-1 مصادر العواصف الرملية والغبارية على مستوى شمال افريقيا.....
21.....	I-5-2-2 العوامل المؤثرة على العواصف الرملية والغبارية.....

21.....	I-5-2-2-1 الرياح
22.....	I-5-2-2-2 درجة الحرارة
22.....	I-5-2-2-3 الرطوبة النسبية
22.....	I-5-2-2-4 الأمطار
23.....	الفصل الثاني: دراسة انتشار الغبار فيزيائيا ورياضيا
24.....	II-1 الغبار
24.....	II-2 أنواع الغبار
24.....	II-2-1 الغبار العالق
24.....	II-2-2 الغبار المتصاعد
24.....	II-2-3 العاصفة الغبارية
25.....	II-2-4 العاصفة الرملية
25.....	II-3-1 طبيعة العواصف الرملية والغبارية
25.....	II-3-1 الظروف المساعدة لحدوث الغبار
26.....	II-3-2 آلية نقل جزيئات الغبار والرمل
27.....	II-3-3 عملية تطاير الرمال
28.....	II-3-3-1 الزحف (la reptation)
28.....	II-3-3-2 القفز (الوثب) (la saltation)
29.....	II-3-3-3 التعليق (la suspension)
30.....	II-3-4 آليات الترسيب
30.....	II-3-4-1 الترسيب الجاف
30.....	II-3-4-2 الترسيب الرطب
30.....	II-4-2 انتشار جزيئات الغبار

30.....	II-4-1 معادلة انتشار جزيئات الغبار
31.....	II-4-2 صياغة وحل المشكلة
34.....	II-4-3 الحل من أجل مصدر نقطي
38.....	II-4-4 مناقشة النتائج
44.....	الفصل الثالث: طرق وأدوات الرصد البيئي
45.....	III-1 رصد العواصف الرملية والغبارية
46.....	III-2 برنامج كوبرنيكوس لخدمات مراقبة الغلاف الجوي
48.....	III-1-2 القمر الاصطناعي sentinel-1
49.....	III-2-2 القمر الاصطناعي sentinel-2
50.....	III-3 التعرف على برنامج SNAP
50.....	III-3-1 تنزيل البرنامج وفتحه
52.....	III-3-2 معالجة صور sentinel-1 بواسطة SNAP
52.....	III-4 معالجة مرئيات sentinel-1 و sentinel-2 باستعمال برنامج SNAP
52.....	III-4-1 رصد العواصف الغبارية باستعمال صور sentinel-1
57.....	III-4-2 رصد العواصف الغبارية باستعمال صور sentinel-2
60.....	III-5 طرق وأدوات أخرى لرصد التلوث
60.....	III-5-1 محطات مراقبة جودة الهواء
60.....	III-5-1-1 المحطات الثابتة
60.....	III-5-1-2 المحطات المتحركة
61.....	III-5-2 الأقمار الاصطناعية
62.....	III-5-2-1 الدرون
64.....	III-5-2-2 الليدار والرادار والصودار

64.....	III - 5-2-2-1 الليدار
66.....	III - 5-2-2-2 الرادار
68.....	III - 5-2-2-3 الصودار
68.....	III - 6 الإنذار المبكر من العواصف الرملية والغبارية
69.....	III - 7 إدارة مصادر العواصف الرملية والغبارية وتخفيف الآثار
70.....	خاتمة
72.....	المصادر والمراجع

مقدمة

نظرا للأهمية الكبيرة التي تكتسبها مراقبة النظام المناخي، لمعرفة وفهم مختلف الظواهر والتطورات التي تؤدي الى نتائج عادة ما تكون سلبية، وتظهر أثارها على الانسان بصفة خاصة وعلى البيئة ككل بصفة عامة، ولأجل ذلك وجب الحرص على التعرف على المناخ ومكوناته ومختلف نماذجه، وكيفية الحفاظ عليه من مختلف الملوثات.

ان الصحراء مصدر أساسي لتلوث المناخ؛ حيث تشكل العواصف الرملية والغبارية أخطارا جوية وهيدرولوجية طبيعية، ويمكن أن تؤثر على جميع قطاعات المجتمع والبيئة تقريبا، ويقدر بأن 2000 طن من الرمل والغبار يدخل الغلاف الجوي سنويا وتتبعث الأغلبية بسبب الظروف الطبيعية، على الرغم من أن الأنشطة البشرية تساهم مساهمة كبيرة في العواصف الرملية والغبارية من خلال الإدارة غير المستدامة للأراضي واستخدام المياه.

ان دراسة تلوث المناخ لا يقتصر فقط على الجانب الوصفي بل يتعدى الي دراسة فيزيائية ورياضية وذلك بإيجاد الحلول لمعادلة انتشار جزيئات الملوثات انطلاقا من مصدر حدوثها والتي تعبر على تراكيزها في الجو، لذلك يجب استعمال مختلف الطرق التحليلية للوصول الى حلول ونتائج ومناقشتها.

بالتالي يمكن طرح التساؤلات التالية: ماهي مكونات النظام المناخي؟ وما مدى تأثيره بالعواصف الغبارية والرملية؟ وكيف تفسر ظاهرة انتشار جزيئات الغبار فيزيائيا ورياضيا؟ وما هي الطرق المعتمدة لرصد ومراقبة العواصف الغبارية والرملية؟

هذه المذكرة تهدف الى التعرف على مختلف الطرق والأدوات الحديثة المستعملة في الرصد ومراقبة البيئة، علاوة على ذلك يجب معرفة أهم مكونات النظام المناخي، والعوامل المؤثرة فيه وتوضيح التفسير الرياضي والفيزيائي لانتشار الغبار وانتقال الجزيئات وتراكيزها في الجو، لذلك تم تقسيم المذكرة إلى ثلاثة فصول وهي:

الفصل الأول: عموميات حول المناخ

في هذا الفصل نتطرق الى أهم مكونات النظام المناخي وكذلك ظاهرة الاحتباس الحراري وأهم الغازات الدفيئة المؤثرة فيها وسنرجع على المناخ الصحراوي والعوامل المؤثرة فيه.

الفصل الثاني: دراسة انتشار الغبار فيزيائيا ورياضيا

في هذا الفصل سنتعرف على العواصف الرملية والغبارية وآليات نقل جزيئات الغبار والترسيب وأهم العوامل المساعدة في هذه العمليات، كما سنتطرق الى معادلة الانتشار وحلها بالطرق الرياضية ومناقشة النتائج المتحصل عليها من أجل مصدر نقطي.

الفصل الثالث: طرق وأدوات الرصد البيئي

سنتطرق خلاله الى طرق الرصد باستعمال صور الأقمار الاصطناعية *sentinels* ومعالجتها ببرنامج *SNAP* وستأخذ كمثال القمر *sentinel-1* و *sentinel-2* ، ثم نتعرف على الطرق الأخرى للرصد مثل: الرصد بالدرسون، الليدار والرادار والصودار، وأخيرا نحدد أهمية الإنذار المبكر من العواصف الرملية والغبارية وأهم طرق إدارة مصادر العواصف الغبارية وأثارها.

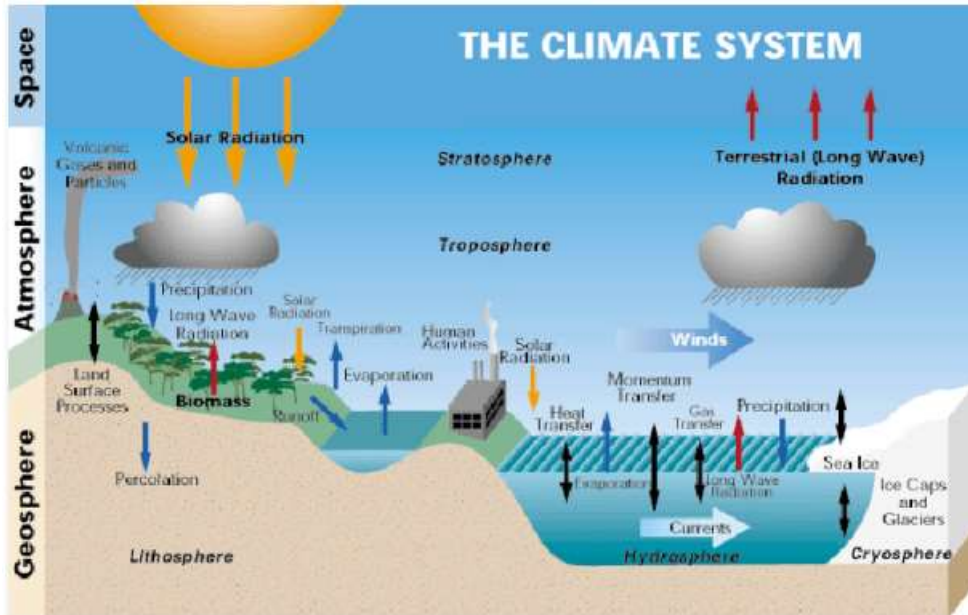
الفصل الأول: عموميات حول المناخ

1-I تعريف المناخ

المناخ هو متوسط الأحوال الجوية على المدى الطويل، وعادة ما يتم حسابه على مدى 30 عاما. بشكل أكثر صرامة، فإنه يشير الى متوسط ومتغيرات الأرصاد الجوية على مدى فترة تمتد من أشهر الى ملايين السنين، بعض متغيرات الطقس التي يتم قياسها بشكل شائع هي درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي والرياح وهطول الأمطار، بمعنى أوسع المناخ هو حالة مكونات النظام المناخي، والذي يشمل المحيط والجليد على الأرض. يتأثر مناخ مكان ما بخط العرض والارتفاع، وكذلك المسطحات المائية القريبة وتياراتها. [1,2]

يمكن تصنيف المناخات وفق تغير درجة الحرارة وهطول الأمطار. كان نظام التصنيف الأكثر استخداما هو تصنيف كوبن. يشتمل نظام thornthwaite، المستخدم منذ عام 1948 على التبخر وكذلك معلومات درجة الحرارة والتهاطل ويستخدم لدراسة التنوع البيولوجي وكيف يؤثر تغير المناخ عليه [3]. تركز أنظمة التصنيف المكاني والاجمالي بيرجيرون على أصل الكتل الهوائية التي تحدد مناخ المنطقة. علم المناخ القديم هو دراسة المناخات القديمة ونظرا لوجود عدد قليل جدا من الملاحظات المباشرة قبل القرن التاسع عشر، يتم الاستدلال على المناخ القديم باستعمال متغيرات بديلة والتي تتضمن أدلة غير حيوية مثل الرواسب الموجودة في قاع البحيرات ولب الجليد، والأدلة الحيوية مثل الحلقات والشعاب المرجانية. [4,5]

2-I مكونات النظام المناخي



الشكل 1-I رسم بياني مثالي لنظام مناخي (من مكتب الأرصاد الجوية - أستراليا)

الفصل الأول: عموميات حول المناخ

يمكن تقسيم النظام المناخي الى خمسة مكونات أساسية وهي:

I-2-1 الغلاف الجوي (atmosphère)

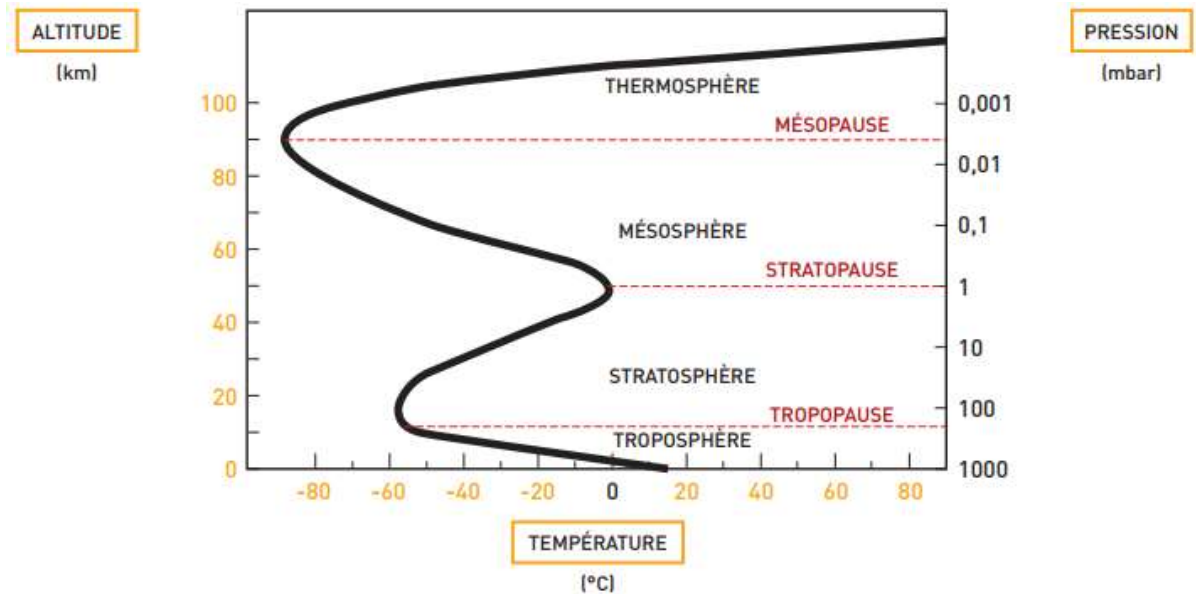
الأرض محاطة بغلاف غازي، حيث أهم الأحداث الجوية التي تؤثر على المناخ تحدث في طبقة التروبوسفير وهي الطبقة الملاصقة للمساحة حيث تكون على ارتفاع 10 كلم من سطح البحر. يلعب الستراتوسفير والذي يكون على ارتفاع قدره 50 كلم أيضا دورا في التوازن الإشعاعي في الوضع الطبيعي عن طريق امتصاص الأشعة فوق بنفسجية عن طريق الأوزون، وكذلك في وجود الكبريت في الغلاف الجوي (يتم حقنها في الستراتوسفير أثناء الانفجارات البركانية الكبرى). [5]

تتميز طبقة التروبوسفير بقوة اختلاف درجة الحرارة العمودية، بسبب حقيقة أن معظم انتقال الحرارة الذي يتلقاه يأتي من سطح الأرض الذي يرسله:

- عن طريق التوصيل الحراري ونقل المادة.
- بواسطة الأشعة تحت الحمراء التي تمتصها الى حد كبير.
- عن طريق التبادل الحراري أثناء تغيرات حالة الماء.

يتم تحريك طبقة التروبوسفير بواسطة نظام الرياح التي يكون محركها حراريا.

يتميز الغلاف الجوي بطبقتين أخريين هما: الميزوسفير والتي تقع على ارتفاع ما بين 50 و 90 كلم عن سطح البحر، وطبقة الغلاف الحراري والتي تقع أكثر من 100 كلم من سطح البحر. [6,7,8]



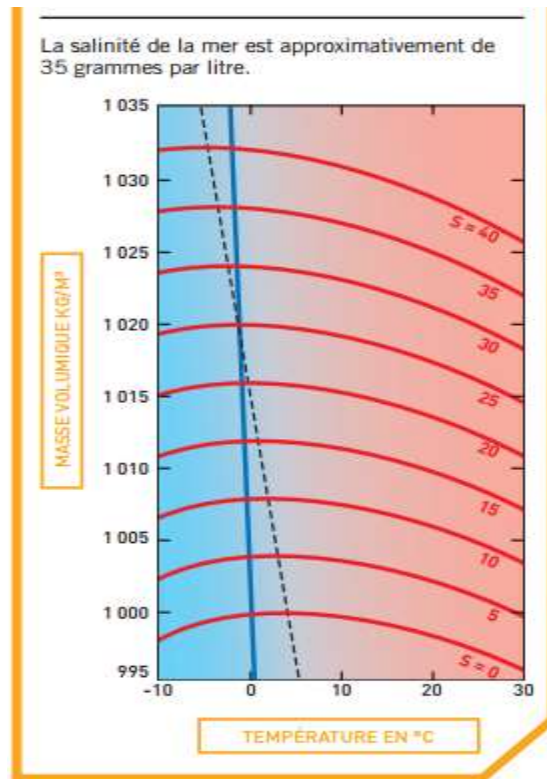
الشكل I-2 الهيكل العمودي للغلاف الجوي

2-2-I الغلاف المائي (hydrosphère)

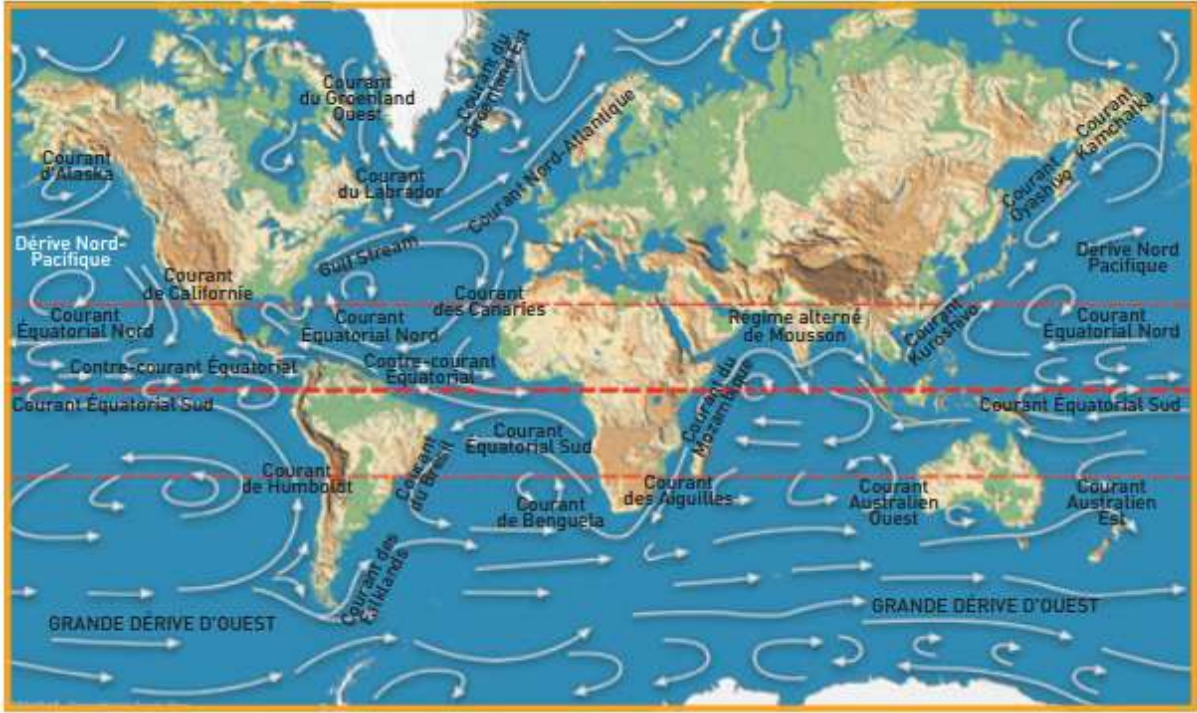
كل أشكال المياه المتواجدة فوق وتحت سطح الأرض. يشمل المحيطات التي تشكل خزان كبير للمياه المالحة حيث تغطي أكثر من 70 % من سطح الأرض، وبمتوسط العمق يصل الى 3.7 كلم. تختلف الملوحة ودرجة حرارة الماء من منطقة الى أخرى. تدور الكتل المائية في محيطات العالم عن طريق الاختلاط القليل جدا بينها لذلك، تتغير ملوحة ودرجة حرارة الماء ببطء ويستخدمها علماء المحيطات لتتبع أصل هذه الكتل المائية. [5]

مياه المحيطات موصولة بشكل كبير بالتيارات التي تجلب طاقة حركية كبيرة، جوهر هذا تم العثور على الطاقة في التيارات السطحية (عادة أقل من كيلومتر واحد). في كل حوض كبير من المحيطات يوجد تيار دوار بسبب قوة كوريوليس على طول محيطها: في اتجاه عقارب الساعة يظهر في نصف الكرة الشمالي، والعكس في النصف الجنوبي. [8]

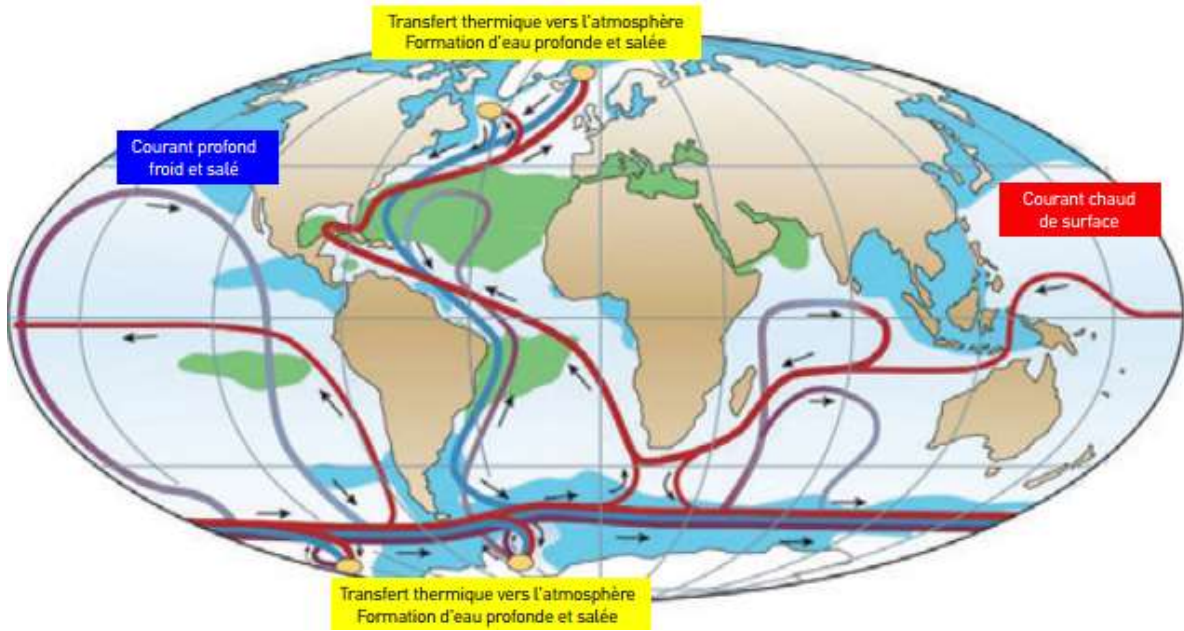
الملوحة ودرجة حرارة الماء متغيرة، مما أدى الى اختلافات في الكثافة من جسم مائي الى آخر. هذا الاختلاف بسبب تيار آخر في العمق يسمى الدورة الحرارية. جزء من الماء يتجمد (حوالي -1.8 درجة مئوية) ليتشكل الجليد وبذلك يطرد جزء من ملحها، مما يزيد من درجة ملوحة الماء السائل فيصبح شديد الملوحة وباردا جدا، كثافة عالية، لذلك يغوص الى قاع البحر. [8]



الشكل 3-I تبين الكتلة الحجمية للماء مع درجة الحرارة والملوحة



الشكل I-4 التيارات السطحية للمحيطات



الشكل I-5 الدورة الحرارية (تقرير الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ 2001)

I - 2 - 3 الغلاف الجليدي (cryosphere)

في حالة الماء السائل فإنه يمتص كل الشعاع الشمسي الساقط، أما في حالته الصلبة فهو عاكس جيد جدا يرسل الاشعاع الى الفضاء. بالإضافة الى تبلور مياه البحر يرافقه طرد جزء من الملح الذي يحتوي عليه. تكوين جليد البحر هي العملية الأساسية المسؤولة عن حلقة الدوران الحرارية الملحية الكبيرة في المحيط. بسبب ارتفاع درجة الحرارة المستمر للتربة الصقيعية فهي معرضة للذوبان مما يؤدي الى تحرر كميات كبيرة من الميثان في الهواء. [8]

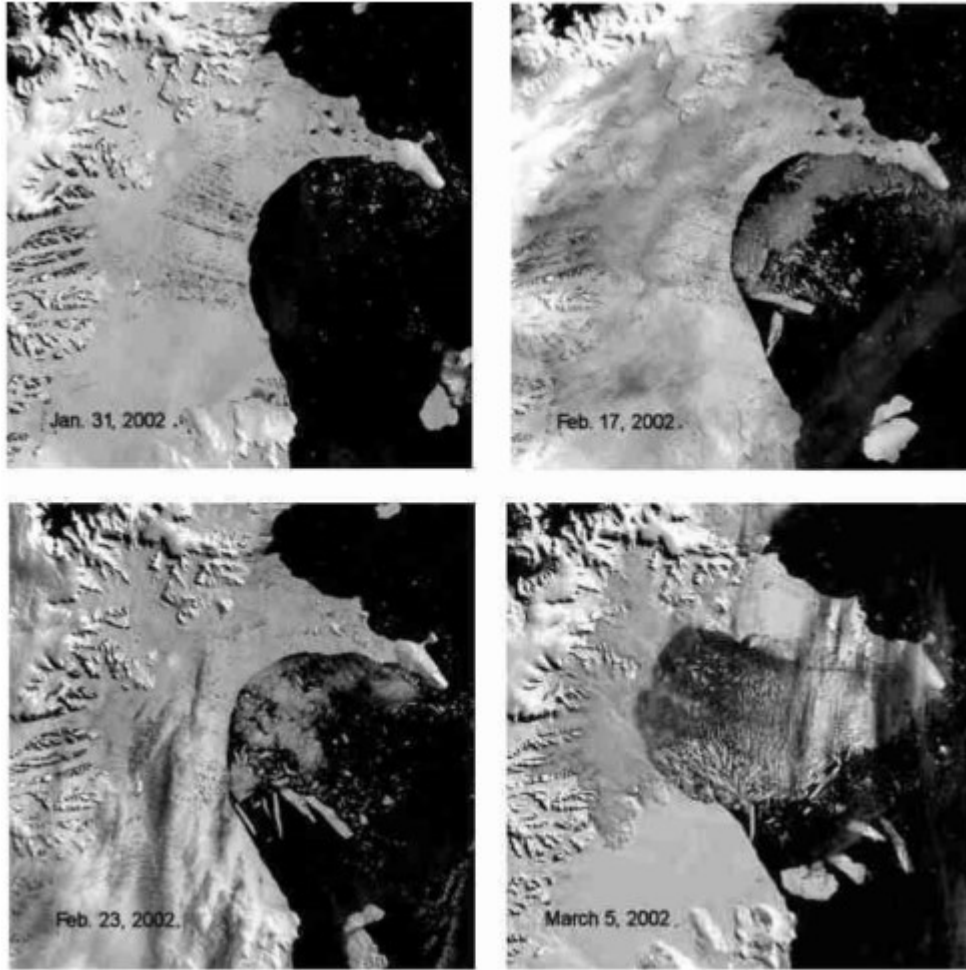
الغلاف الجليدي هو جزء من نظام مناخ الأرض والذي يشمل هطول الأمطار الصلبة والثلج والجليد البحري وجليد الأنهار والجبال الجليدية والصفائح الجليدية والتربة الصقيعية والأرض المتجمدة موسمياً. قبل ظهور الأقمار الاصطناعية، افترض أن توازن كتلة الغطاء الجليدي في القارة القطبية الجنوبية وغريلاندا مضبوط بالفرق بين معدلات ذوبان الجليد وتراكمه، وافترض ثبات معدل تصريف الجليد في المحيط، فأظهرت صور القمر الاصطناعي RADARSAT ما يلي:

- سرعة تدفق الغطاء الجليدي متغيرة بدرجة كبيرة؛
- هناك شبكات معقدة من الانسيابات الجليدية؛
- ازدادت سرعة تدفق الانسياب الجليدي نحو البحر زيادة ملموسة بفعل تغير المناخ.

يجري حالياً جرد كامل للأنهار الجليدية العالمية لتتبع امتدادها الحالي فضلاً عن معدلات التغير في الأنهار الجليدية في العالم. وتستخدم قياسات الجليد الأرضي العالمي من مشروع بيانات مستقاة من أجهزة الاستشعار على متن القمرين ASTER و Landsat لجرد حوالي 160000 نهر جليدي في جميع أنحاء العالم. وتعد القياسات وتحاليل الاتجاهات الناشئة مؤشرات هامة لتغير المناخ ومثالا على قيمة وأهمية مجموعات البيانات على المدى الطويل لفهم النظام المناخي المعقد. [8,9]

وتسهل مراقبة الصفائح الجليدية بالأجهزة المحمولة في الفضاء، الفاعلة منها والمنفصلة. فقد رصدت حالات تحطم الصفائح الجليدية الكبرى (مثل الجرف الجليدي لارسن باء) في القطب الجنوبي من الفضاء. وإن لم يكن هذا التحطم يعزى الى ظاهرة الاحتباس الحراري، فقد تسارعت وتيرته من جرائها. ولم يتسنى تصوير انهيار الجرف الجليدي لارسن باء في القارة القطبية الجنوبية في عام 2002 إلا بفضل التغطية المتكررة من صور الأقمار الاصطناعية، وقد بينت الصور بوضوح كبير ديناميكيات الصفائح الجليدية في مقاييس زمنية مذهشة بقصرها (الشكل I-6). وتحمل هذه الكشوف الجديدة مضامين ذات ثقل مفادها أن الانتقال السريع للجليد من الصفائح الجليدية القارية إلى البحر يمكن أن تؤدي الى ارتفاع كبير في مستوى البحر.

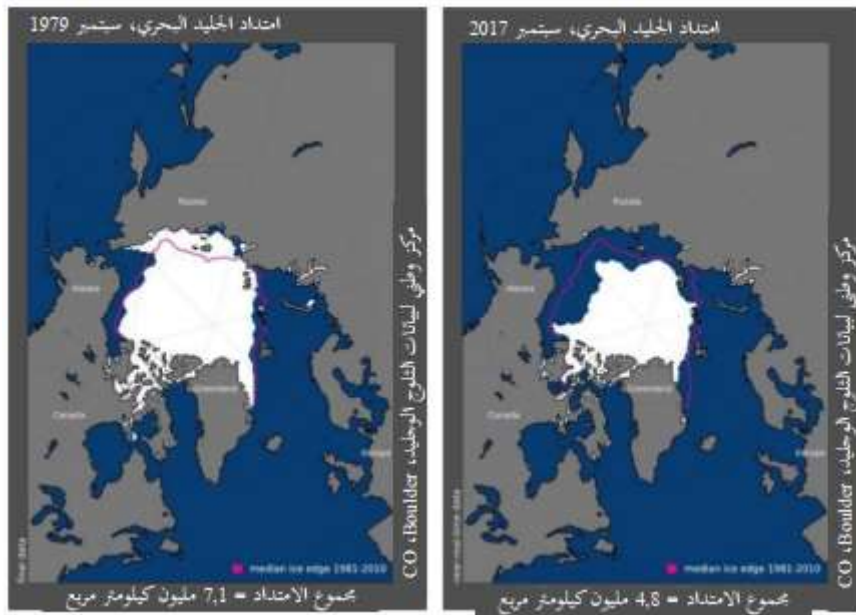
ويمكن أيضا رصد الشقوق الكبيرة في الطبقات الجليدية في القطب الجنوبي من الفضاء . وقد أثبتت الراصدات الصيفية الروتينية في منطقة القطب الجنوبي، من خلال التوليف بين الصور البصرية التي يلتقطها النظام copernicus sentinel-2 ومخرجات الرادار sentinel-1، قيمتها في رصد التغير البيئي السريع وتوفير المعلومات حاسمة الأهمية لاتخاذ القرارات المستنيرة بشأن مسائل السلامة والأمن في المنطقة القطبية الجنوبية. [8,9]



الشكل I-6 انهيار الجرف الجليدي لارسن باء في غرب المنطقة القطبية الجنوبية

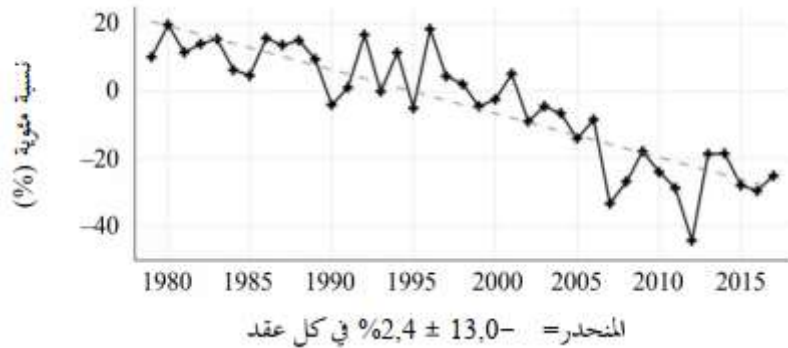
تفكك 2000 كلم مربع من الجرف الجليدي في مجرد يومين إلى أجزاء صغيرة من الجليد ويتشكل الجليد البحري من تجمد مياه المحيط، سواء على طول السواحل أو نحو قاع البحر (جليد سريع) أو يطفو على السطح (انسياق جليدي) أو يتراص (جليد متراص)، وأكبر الجليد المتراص هي كتل الجليد المتراصة القطبية. ونظرا للكميات الهائلة من المياه التي تضاف إلى المحيطات والغلاف الجوي يكون لسلوك الكتل الجليدية القطبية أثر كبير على التغيرات العالمية في المناخ.

منذ عام 2000، رصدت كميات قياسية دنيا من الجليد خلال الصيف في منطقة القطب الشمالي (الشكل I-7). وعلاوة على ذلك، تبين المؤشرات الأخيرة أن امتداد الجليد في فصل الشتاء أخذ بالانحسار بمعدل أسرع، ربما نتيجة لارتفاع درجة حرارة المحيطات المرتبطة بغطاء جليدي أرق وأقل اتساعا، كما هو مبين في الشكل I-7. ويبلغ معدل الانخفاض الخطي لشهر فيبرابر 46900 كيلومتر مربع سنويا، أو 3% لعقد من السنين. وتؤثر ظاهرة ذوبان الجليد وتجمده أيضا على ملوحة المحيط والتي ترتبط أساسا بالتغير في مستوى سطح البحر على الصعيد الإقليمي. [9]



الشكل I-7 امتداد الجليد البحري في القطب الشمالي في سبتمبر 1979 و 2017

يبين الخط الأحمر متوسط امتداد الجليد لشهر سبتمبر من 1981 الى 2010



الشكل I-8 تناقص امتداد الجليد البحري في سبتمبر، من 1979 الى 2017

خلص تقييم المناخ القطبي (ACIA2005) إلى أن الانحسار المستمر في جليد البحر القطبي الشمالي قد يؤدي قريبا إلى قطب شمالي خال من الجليد موسميا، وزيادة حركة النقل البحري لأن طرق الشحن عبر المحيط المتجمد الشمالي أقصر بكثير من الطرق عبر قناة بنما أو قناة السويس.

ويعتبر فهم التغيرات الطارئة على الصفائح الجليدية والجليد البحري والغطاء الجليدي والمثلجات هاما لفهم تغير المناخ العالمي والتنبؤ بآثاره. [9]

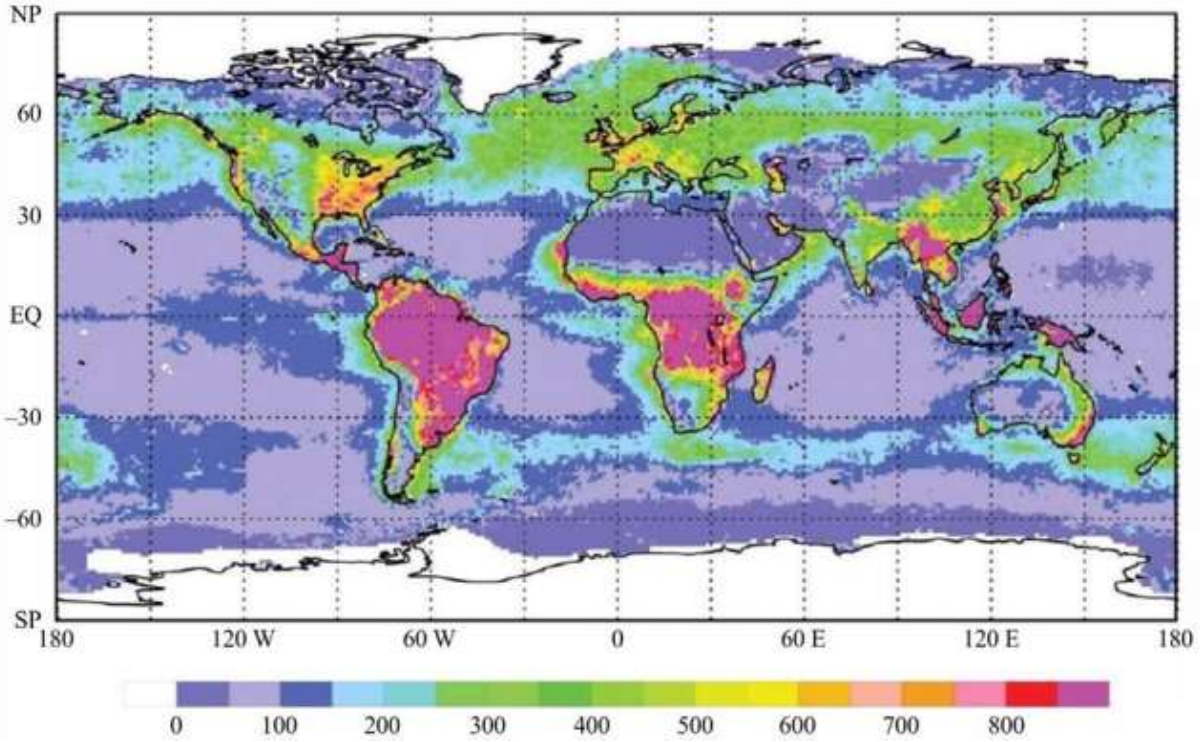
I-2-4 الغلاف الحيوي

الغطاء العضوي للكتل الأرضية (الغطاء النباتي والتربة) والكائنات البحرية. يحدد تبادلات الكربون بين الخزانات المختلفة، وبالتالي تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وكذلك أرصدة العديد من الغازات الأخرى، وبالتالي توازن الإشعاع الذي ينظم نقل بخار الماء من التربة إلى الغلاف الجوي، ومن خلال خشونته تبادل النبضات بين الغلاف الجوي والتربة. [8,9]

الجيولوجيون يعرفون أحيانا المحيط الحيوي ليشمل فقط الحياة نفسها - البكتيريا والطحالب والنباتات والحيوانات، بما في ذلك البشر.

ساهمت دراسات التغير المناخي في بحوث الأقمار الاصطناعية في دورة الكربون وتقلبات الطاقة في الأرض.

وتعرف الإنتاجية الأولية الصافية (NPP) على أنها صافي تدفق الكربون في الجو إلى النباتات الخضراء في وحدة الزمن. ويقدم رصد القمر الاصطناعي للإنتاجية الصافية مساهمات قيمة للفهم الأساسي لآثار تغير المناخ على الغلاف الجوي. وتتأثر الإنتاجية الأولية الصافية بضوابط مناخية وحيوية تتفاعل مع بعضها البعض. وتكاد تتساوى مساهمة الأرض والمحيطات في الإنتاجية الأولية الصافية (الشكل I-9)، ولكن هناك تفاوتا لافتا في هذه الإنتاجية على المستوى المحلي. ونظرا لأن دورات حياة العوالق النباتية أقصر بكثير من أعمار النباتات البرية (أيام مقابل سنوات أو عقود)، فإن العوالق النباتية قد تستجيب لتأثيرات المناخ على الدوران والاختلاط وتوريد المواد الغذائية والضوء في المحيطات بسرعة أكبر من النباتات في الأنظمة البيئية الأرضية. ومن ثم، فإن المكون المحيطي للدورة الكربونية (النصف تقريبا) يتوقع أن يستجيب بسرعة أكبر لتغيرات المناخ. [10,11,12]



الشكل I-9 الإنتاجية الأولية الصافية (NPP) العالمية السنوية (بوحدة غرامات الكربون في المتر المربع سنويا) للغلاف الحيوي، محسوبة من نموذج الإنتاج المعمم رأسيا (CASA-VGPM) وبيانات الدخل للون المحيط من جهاز استشعار الماسحة اللونية للمناطق الساحلية (CZCS) هي متوسط القيم بين العامين 1978 و 1983. مؤشر الغطاء النباتي للأرض من أجهزة استشعار المقاس الراديوي المتقدم ذي الاستبانة العالية جدا (AVHRR) هو متوسط القيمة بين العامين 1982 و 1990. [9]

من دواعي القلق الكبرى تأثير تغير المناخ على الزراعة. فمع ارتفاع درجة حرارة المناخ، يطول موسم الزراعة وتصبح المناطق الشمالية أكثر إنتاجية بينما تقل إنتاجية المناطق الجنوبية التي تواجه القيط. وقد روقبت الإنتاجية الزراعية من الفضاء منذ عقود.

إن الدورة السنوية جعلت من النبات مستهلك لـ CO_2 في المرحلة النشطة (التركيب الضوئي)، ومرسل لـ CO_2 بواسطة التنفس في مرحلة الإسترخاء النباتي. حاليا، إمتصاص الـ CO_2 تحت تأثير الاحتباس الحراري، دوره كبنترينم فيه تحليل المواد العضوية الميتة. بالإضافة لذلك، قدرة النبات على امتصاص CO_2 تتخفض في ظروف مناخية ساخنة وجافة كما في أوروبا سنة 2003. أخيرا، النبات يلعب أيضا دورا في دورة الأزوت حيث الأوكسيدات هي غازات الاحتباس الحراري، وفي انبعاث مختلف المركبات التفاعلية وغازات الاحتباس الحراري. [8]

I-2-5 مساحة الأرض (Land Surface)

الأرض الصلبة موضع القارات كعامل محدد للمناطق المناخية والتيارات المحيطية، والتغيرات في مستوى سطح البحر، وتحول الموجات القصيرة إلى موجات طويلة، وانعكاسية سطح الأرض، وصندوق الغبار، ونقل الزخم والطاقة.

تستخدم نماذج سطح الأرض (LSM) طرقاً كمية لمحاكاة تبادل المياه وتدفقات الطاقة عند السطح البيئي للغلاف الجوي للأرض. [8,10,11]

I-2-5-1 تعريف الغلاف الصخري

يعرف الغلاف الصخري بأنه الغطاء الأرضي الصلب الذي يشكل القارات وأعماق المحيطات ويسمى بالقشرة الأرضية ويبلغ سمكها من 45 إلى 60 كلم تحت الجبال العالية، وتتكون من طبقتين علوية وسفلية ويوجد أسفلها الطبقة الفاصلة بين القشرة الخارجية ونواة الأرض المسماة المانتل وتأتي بعدها طبقة تسمى جوف الأرض. [9]

تتكون القشرة الأرضية كيميائياً من 95 عنصر معظمها نادرة، وتتركز العناصر الأكثر انتشاراً في 9 عناصر، وهي تكون 98% من وزن القشرة الأرضية حيث تمثل نسبة الأوكسجين نصف هذه النسبة، يليه عنصر السيليكون ممثلاً ربع هذه النسبة، أما العناصر النادرة فمنها الذهب والفضة والبلاتين والنحاس والكبريت. تشكل عند اندماجها المعادن المسببة عند اتحادها الصخور.

I-2-5-2 أنواع الصخور الغلاف الصخري

تنقسم الصخور إلى ثلاثة أقسام وهي:

- الصخور النارية : والتي كانت منصهرة في بداية تكوينها ثم تصلبت تحت تأثير عوامل البرودة وتعتبر الأصل الذي تكون منه باقي الصخور، وتنقسم إلى ثلاثة أنواع : الصخور النارية الجوفية، الصخور المتداخلة والصخور البركانية.
- الصخور الرسوبية : وهي الصخور التي تشكلت على سطح الأرض عن طريق تراكم وتصريف المواد المترسبة، وتنتج عن طريق تجوية الصخور الموجودة سابقاً والمواد الناتجة عن هذه العملية. [8,9]

- الصخور المتحولة : هي صخور تشكلت نتيجة التحول الذي طرأ على الصخور الموجودة سابق بسبب تغيرات الظروف البيئية كدرجة الحرارة والضغط والاجهاد الميكانيكي والتغير الكيميائي في مكونات الصخر الأصلي. [8,9]

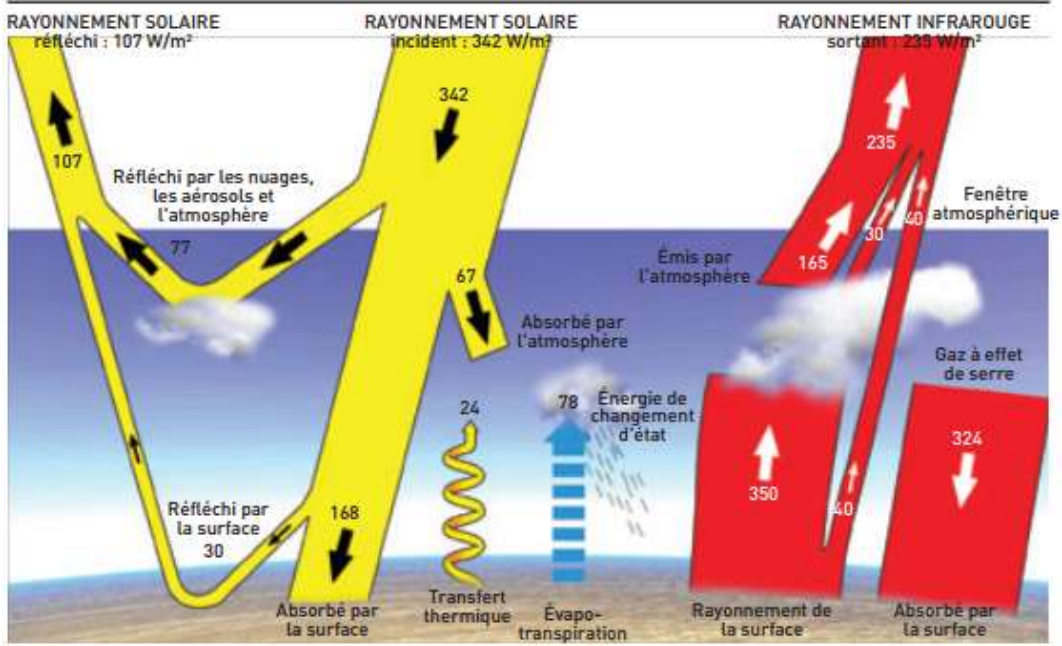
I - 2 - 5 - 3 دور الغلاف الصخري في تكوين الأرض

تتشكل بيئة الأرض من تفاعل عدة أغلفة مع بعضها البعض حيث يعتبر الغلاف الصخري والحيوي والمائي والجليدي والجوي من أهم الأسباب للتنوع البيولوجي، حيث يعمل الغلاف الجوي والمائي على تعرية الصخور عن طريق الرياح والأمطار، فاختلاط الصخور المتآكلة مع المكونات العضوية للغلاف الحيوي يؤدي إلى تكون التربة الخصبة ، كما يؤدي تفاعل الصخور مع الماء والجليد مع الجو إلى وجود تفاوت في درجات الحرارة على كوكب الأرض لذلك تنخفض في المرتفعات والجبال وترتفع في الأودية. [11]

I - 3 - فعل الاحتباس الحراري

I - 3 - I الطاقة الشمسية

التوازن المناخي (الحالة مستقرة) يتم الحصول عليه عندما تكون الطاقة الكلية محفوظة حيث: كمية الطاقة الآتية من الشمس تساوي كمية الطاقة المنبعثة نحو الفضاء. حالياً، تقدر بحوالي $1368w/m^2$ (الجزء العلوي من الغلاف الجوي)، وهذا ما يتوافق مع متوسط كلي قدره $342w/m^2$ على سطح الأرض. بالنظر إلى بياض الأرض بنسبة 30% تقريباً، يمكننا حساب ذلك في غياب الظواهر الأخرى فهي $235w/m^2$ يتم امتصاصه. الأرض تتصرف كجسم أسود يشع الطاقة تحته بشكل كهرو مغناطيسي بشدة مع درجة الحرارة (قانون ستيفان بولتزمان). ليشع $235w/m^2$ ، يجب أن يكون لسطح الأرض متوسط درجة حرارة عالمية - 18 درجة مئوية، وهذا لا يؤدي إلى تنمية الحياة كما يجب. درجة الحرارة الفعلية على السطح +15 درجة مئوية، مما يوفر دليلاً تجريبياً على وجود تأثير الاحتباس الحراري الطبيعي. إلى 15 درجة مئوية تنبعث من سطح الأرض أشعة تحت الحمراء شدتها القصوى تقع على طول موجة 10 مايكرومتر. في مدى الطول الموجي لهاذ الأشعاع توجد عدد من الغازات بكميات ضئيلة في الغلاف الجوي والتي يقوم بامتصاصها. الغلاف الجوي الذي يتسم بالشفافية لكل الإشعاع الشمسي الحاصل تقريباً، يتصرف مثل الممتص الذي يحبس جزءاً كبيراً من إشعاع تيلوريك. هكذا تسخين، يتصرف أيضاً كجسم أسود الذي سوف تشع منه الطاقة في شكل الأشعة تحت الحمراء. بسبب ذلك درجة حرارة أكثر برودة، الغلاف الجوي يشع طاقة أقل من سطح الأرض. وكل تلك الأشعة تكون في كل الاتجاهات، ويعاد بعث نصفها إلى سطح الأرض. لذلك سوف تكون الطاقة محصورة بين سطح الأرض والغلاف الجوي وبالتالي ارتفاع درجة حرارة السطح. [8,13]



الشكل I-10 تدفق الطاقة لنظام مناخي

I-3-2 الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري

تكوين الغلاف الجوي السفلي متغير قليلا حسب الموقع كما هو موضح في الجدول أدناه:

COMPOSITION DE L'ATMOSPHÈRE AU VOISINAGE DE LA SURFACE TERRESTRE (0 À 25 KM). Les valeurs correspondent à une atmosphère sèche. (En bleu, les gaz à effet de serre - chiffres 2013)		
GAZ	FORMULE CHIMIQUE	ABONDANCE (en volume)
Diazote	N ₂	78,084 %
Dioxygène	O ₂	20,946 %
Argon	Ar	0,934 %
Dioxyde de carbone	CO ₂	0,0395 %
Néon	Ne	0,001818 %
Hélium	He	0,000524 %
Méthane	CH ₄	0,0001745 %
Krypton	Kr	0,000114 %
Dihydrogène	H ₂	0,000055 %
Monoxyde d'azote	NO	0,00005 %
Oxyde nitreux	N ₂ O	0,00003 %
Xénon	Xe	0,000009 %
Ozone	O ₃	0,000004 %
Eau (vapeur)	H ₂ O	0 à 4 %

الجدول I-1 يوضح الغازات المسببة للإحتباس الحراري

في الطبيعة الغازات الدفيئة الرئيسية هي بخار الماء وهو المسؤول المباشر في حوالي 60% من تأثير الإحتباس الحراري الطبيعي، الباقي يأتي من السحب والغازات الأخرى، ومن أهمها غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 بالرغم من وجوده بكميات صغيرة والأوزون O_3 وهو من الغازات الدفيئة نشط للغاية فيساهم بنسبة 8% من الإحتباس الحراري العالمي. [8]

من عام 1750 إلى عام 2011، من خلال استخدام الوقود الأحفوري وإنتاج الاسمنت وإزالة الغابات وتعديل إستخدامات الأراضي. قام الإنسان بضح 545 مليار طن من الكربون في الطبيعة، خزنت في الطبيعة منذ مئات السنوات. 240 مليار طن متراكمة في الغلاف الجوي والباقي استولت عليها المحيطات والنظم البيئية والمواد الطبيعية الأرضية. لذلك خلال هذه الفترة زاد تركيز CO_2 بمقدار 40%.

المساهمون الآخرون في الإحتباس الحار هم غاز الميثان CH_4 وأوكسيد النيترو N_2O .

تأثير غازات الإحتباس الحراري على المناخ لايعتمد فقط على انبعاث الأشعة تحت الحمراء، ولكن أيضا على الزمن الذي تبقى خلاله في الغلاف الجوي قبل استبعادها سواء بتفاعل كيميائي أو بامتصاصها من طرف جسم آخر من المحيط. [8,9]

I-4 تغير المناخ والتدخل البشري على المستوى العالمي

لا يحدث تغير المناخ بشكل متجانس-أي أن كوكب الأرض ككل لا يسخن بشكل منتظم. إذ يحدث تغير المناخ عادة على المستوى العالمي حيث ترتفع حرارة بعض المناطق أكثر من غيرها، وقد تظهر بعض المناطق قدرا من التبريد على المدى القصير.

وتتعرض بيئة كوكب الأرض للإجهاد بسبب الزيادة في عدد السكان. ويؤثر العديد من الإجراءات المتخذة لدعم هذه الزيادة على المناخ، محليا وعالميا على السواء، ويمكن رصدها بواسطة الأجهزة المحمولة على الأقمار الاصطناعية.

ومن أمثلة ذلك ما حدث عندما تم تحويل نهرآمو داريا في الستينات لري حقول القطن والقمح. وبعد عقود من الزمن، كاد بحر آرال، الذي كان في وقت سابق رابع أكبر بحيرة في العالم بمساحة 68000 كيلو متر مربع، أن يجف تماما (الشكل I-12). ولدى انحسار السواحل بضعة كيلومترات عن البلدات، تعرض من تبقى من السكان إلى العواصف الترابية السامة. وأصبح انكماش بحر آرال يعرف بأنه واحد من أسوأ الكوارث البيئية على الكوكب. [9]



1977 (Landsat-2)

2014 (MODIS on TERRA)

الشكل I-11 المساحة التاريخية لبحر آرال

وتعمل الأحراج بمثابة مرشحات للهواء، حيث تزيل ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتزودنا بالأكسجين والماء، حيث تم رصد بواسطة الأقمار الاصطناعية صحة الغابات وامتداد رقعتها. وقد تم تحديد كذلك المناطق التي أزيلت الغابات فيها (الشكل I-12). [9]



الشكل I-12 إزالة الغابات في الأمازون

I-5 المناخ الصحراوي

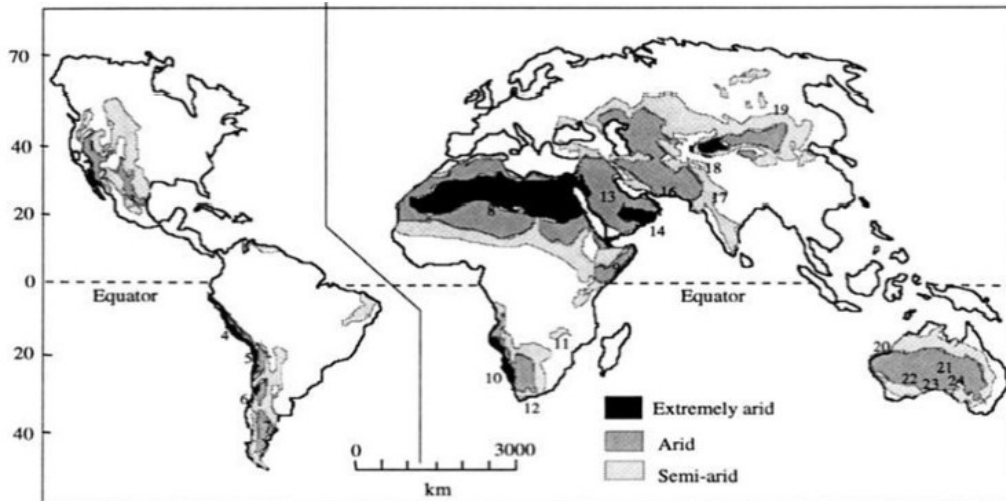
الصحراء منطقة قاحلة جدا حيث كمية الأمطار قليلة جدا، وبالتالي ظروف الطقس معادية للحياة النباتية والحيوانية. وإن انعدام الغطاء النباتي في الصحراء يعرض سطحها للتعرية، حوالي ثلث سطح اليابسة في العالم قاحل أو شبه قاحل وتصنف الصحاري على حسب كمية الأمطار التي تسقط فيها أو درجة الحرارة التي تسودها.



الشكل I-13 صورة لفضاء صحراوي

I-5-1 أهم المناطق الصحراوية في العالم

تمثل الأرقام الموضحة في الشكل I-14 أهم المناطق الصحراوية في العالم وهي كالتالي:
 1- الحوض العظيم 2- سونورا 3- الشيواوية 4- بيروا 5- أتاكاما 6- مونتي 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
 الرمال الكبرى 21- سيمبسون 22- جيبسون 23- صحراء فيكتوريا الكبرى 24- ستورت ستوني.



الشكل I-14 الصورة توضح أهم المناطق الصحراوية في العالم [14]

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت المراقبة الفضائية إلى أن معظم انبعاثات الهباء الجوي من المناطق الصحراوية الكبرى، لا تحدث بصورة متجانسة داخل هذه المناطق، بل هي مناطق شديدة النشاط تسمى المناطق الساخنة كما هو موضح في الشكل I-14. يوضح هذا التوزيع الجغرافي للنقاط الساخنة في جميع أنحاء العالم أن معظمها تتركز في شمال أفريقيا. [14]

I-5-2 العواصف الغبارية والرملية في المناخ الصحراوي

I-5-2-1 مصادر العواصف الرملية والغبارية على مستوى شمال إفريقيا

تعد منطقة صحراء الساحل في شمال إفريقيا المصدر الرئيسي للغبار الصحراوي في العالم حيث يبلغ إنتاجها السنوي من الهباء الجوي ما بين 400 و700 طن. وتعد الصحراء الكبرى من أكبر صحراء في العالم بمساحة 8.5 مليون كيلومتر مربع. يحدها من الغرب المحيط الأطلسي، ومن الشرق البحر الأحمر، ومن الشمال البحر الأبيض المتوسط، ومن الجنوب منطقة الساحل الشبه قاحلة التي تتميز بظهور بعض الغطاء النباتي.

تقع مناطق المصدر الرئيسية لصحراء الساحل بالقرب من المناطق الجبلية وخاصة عند سفوح الجبال وهذا ناتج عن عاملين أساسيين: الوجود الوفير للرواسب في هذه المناطق بسبب التآكل والانجراف، ووجود رياح سطحية قوية التي يتم تعزيز ترددها وشدتها من خلال وجود تضاريس جبلية.

حدد أربعة مناطق مصدر رئيسي في شمال إفريقيا من مؤشر غبار IDDI المصور (METEOSAT)

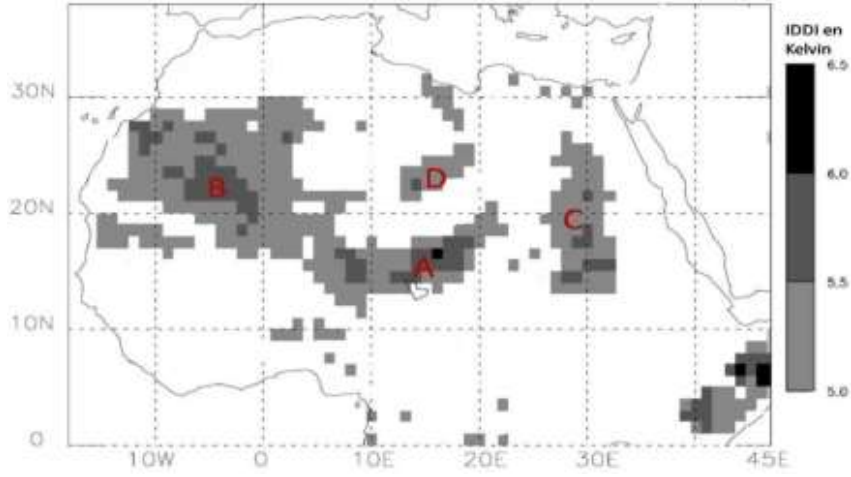
كما هو موضح في الشكل وهي: [14,15]

A- بيئة BILMA الممتدة من شمال النيجر إلى غرب التشاد

B- عرق أكيدي وعرق شاش تقع في شمال موريتانيا ومالي وجنوب الجزائر

C- الصحراء الواقعة شمال السودان وجنوب مصر

D- الصحراء الواقعة في شمال النيجر وجنوب ليبيا



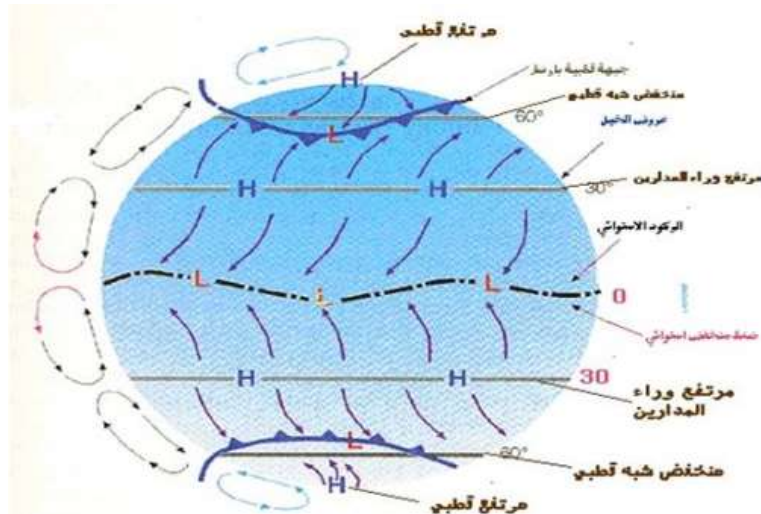
الشكل I-15 صورة توضح أماكن الغبار في شمال إفريقيا [15]

I-5-2-2 العوامل المؤثرة على العواصف الرملية والغبارية

أهم العوامل المؤثرة بشكل مباشر على العواصف الرملية والغبارية هي: الرياح، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، والأمطار.

I-5-2-2-1 الرياح

الرياح هي حركة الهواء الأفقية سواء قرب سطح الأرض أو في طبقات الجو العليا، وللرياح دور كبير في حياة الانسان فهي تؤثر على البيئة المحيطة به. ويعتمد تأثير الرياح على الإنسان في 3 عناصر أساسية وهي: سرعة الرياح واتجاهها وما تجلبه من مؤثرات طقسية مثل السحب والرطوبة والعواصف الرملية والغبارية. [16]



الشكل I-16 صورة توضح الحركة العامة للرياح

تهب الرياح حول توزيعات الضغط الجوي المختلفة حسب قانون بايز من المرتفع الجوي الى المنخفض الجوي، ونتيجة لذلك تتكون خلايا أساسية للهواء فكلا منتصف الكرة الجنوبي، ويمكن التفريق بين مناطق عدم الاستقرار عند نطاق دائرة الاستواء وعند دائرة عرض 60° شمالا. وعند دائرة عرض 60° جنوبا ومناطق استقرار عند القطب الشمالي والقطب الجنوبي عند دائرة عرض 30° شمالا وعند دائرة عرض 30° جنوبا. ان للرياح ثلاثة أنواع وهي : الدائمة والموسمية والمحلية . [16]

إن تعبئة الغبار عن طريق الرياح هي ظاهرة مقيدة بشكل طبيعي بخصائص السطح (الغطاء النباتي، خشونة التربة، الرطوبة...)، وسرعة الرياح بالقرب من السطح يجب أن تكون قوية بما يكفي لرفع الغبار، حيث يحدد الحد الأدنى للسرعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ب $6m/s$.

عتبة سرعة الرياح (m/s)	المحيط
5 إلى 8	كثبان رملية تقترب إلى المتوسط
10	المناطق الرملية والمناطق الحجرية الصغيرة
9 إلى 11	مصادر الملح الصحراوي، مواد منتهية
20	صحراء الحصى

الجدول 2-I سرعة عتبات رفع الغبار لمختلف البيئات الصحراوية

يوضح الجدول 2-I سرعات الرياح المطلوبة لرفع الجزيئات في بيئات من مصادر مختلفة. أول جزيئات الغبار والرمل المحمولة هي تلك التي يتراوح قدرها بين 0.008 و 1 ملم، وهذا يتطلب سرعات رياح بين 5 و $13m/s$.

يتم وصف إتجاه الرياح باستخدام الإتجاه الذي جاءت منه الرياح. مثلا، الرياح الجنوبية ستكون قادمة من الجنوب إلى الشمال. ويتم قياس اتجاه الرياح بعدة طرق بما في ذلك دورات الرياح.

يتم قياس سرعة الرياح ب(الميل في الساعة) أو ب(كيلومتر في الساعة). والعلماء في العادة يستخدمون أداة تسمى (أنيمومتر - المرياح) وهو مقياس يقيس سرعة الرياح.

I-5-2-2-2 درجة الحرارة

تعد درجة الحرارة من أهم عناصر المناخ وذلك من حيث تأثيرها المباشر في حالات الضغط الجوي وبالتالي على حركة الرياح. إن ارتباط درجة الحرارة بظاهرة العواصف الغبارية يأتي بما تسببه درجة الحرارة من عدم استقرارية الهواء وبالتالي عدم استقرارية الظواهر الجوية الأخرى حيث تكتسب الطبقة الهوائية الملامسة لسطح الأرض الإشعاع الشمسي المستمر والمستلم من قبل السطح والذي يؤدي إلى حدوث دوامات حرارية تعمل على رفع الغبار إلى ارتفاع يعتمد مقداره على شدة الحالة. [17]

I-5-2-2-3 الرطوبة النسبية

المقصود بالرطوبة النسبية بأنها النسبة المؤوية لما موجود فعلا من بخار الماء في الهواء إلى أكبر كمية من الرطوبة يستطيع الماء حملها تحت درجة الحرارة نفسها والضغط الجوي.

إن ارتباط الرطوبة النسبية بظاهرة العواصف الغبارية يأتي بوجود علاقة عكسية بين الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة مما يؤدي إلى احتفاظ التربة بكمية من الرطوبة بسبب انخفاض درجات الحرارة، مما يجعلها أكثر تماسكا وبالتالي انخفاض معدلات العواصف الغبارية شتاء. [17]

I-5-2-2-4 الأمطار

هي عبارة عن قطيرات مائية تحصل نتيجة تكاثف بخار الماء في الهواء الجوي وتتراوح اقطارها بين (0.5-8 ملم) وتتشر قطراتها الكبيرة أثناء نزولها إلى عدة قطرات أصغر منها.

تعد الأمطار من أكثر عناصر المناخ تأثيرا في حصر وتقليل أثر العواصف الغبارية، حيث يؤدي هطولها إلى تماسك جزيئات الغبار مع بعضها البعض أو يساعد على نمو النباتات. [18]

الفصل الثاني: دراسة انتشار الغبار فيزيائيا ورياضيا

II-1 الغبار:

يحتوي الغبار الجوي على كميات ضخمة من ذرات الغبار الدقيقة جداً، والذي يعرف على أنه عبارة عن حبيبات غبارية غير متماسكة تتراوح أقطارها بين (0.05-100) مايكرو متر والدقائق الصغيرة التي تقل أقطارها عن (1) مايكرومتر تبقى عالقة في الجو لفترات تصل الى عدة أيام، وترتفع مئات الأمتار عن سطح الأرض وتقل أقطار الدقائق المكونة للغبار كلما ارتفعت إلى الأعلى. [8,9]



الشكل II-1 صورة توضح الغبار

II-2 أنواع الغبار

يقسم الغبار إلى عدة أنواع على حسب مدى الرؤية وسرعة الرياح. [8,9]

II-2-1 الغبار العالق

هي دقائق صغيرة خفيفة الوزن تكون أقطارها أقل من (1) مايكرومتر تبقى عالقة في الجو لعدة ساعات أو لعدة أيام مع رياح هادئة، ويظهر هذا النوع من الغبار بعد حصول العواصف الغبارية والغبار المتصاعد.

II-2-2 الغبار المتصاعد

عبارة عن دقائق صغيرة الحجم أقطارها تتراوح ما بين (1-10) مايكرومتر ترتفع إلى الأعلى نتيجة لعدم استقراره الجو بسبب التغيرات المفاجئة في انحدار الضغط وارتفاع درجة حرارة سطح الأرض.

II-2-3 العاصفة الغبارية

هي عبارة عن حبيبات صغيرة الحجم لا تتجاوز أقطارها (100) مايكرومتر تنشأ مع رياح شديدة سرعتها أكثر من (8) متر/ثانية وتكون محملة بالأتربة المنقولة من الأتربة السطحية المفككة في المناطق الجافة حيث تعمل الرياح على رفع الغبار الى ارتفاعات عالية تبلغ عدة آلاف من الأمتار وتؤدي الى خفض مدى الرؤية.

II-2-4 العاصفة الرملية

هي دقائق كبيرة الحجم تتراوح أقطارها بين (100-250) مايكرومتر تكون الرمال مادتها الأساسية، تمتاز بأن سرعة الرياح اللازمة لحدوثها يجب أن تكون كبيرة وذلك لكبر حجم دقائق الرمل.

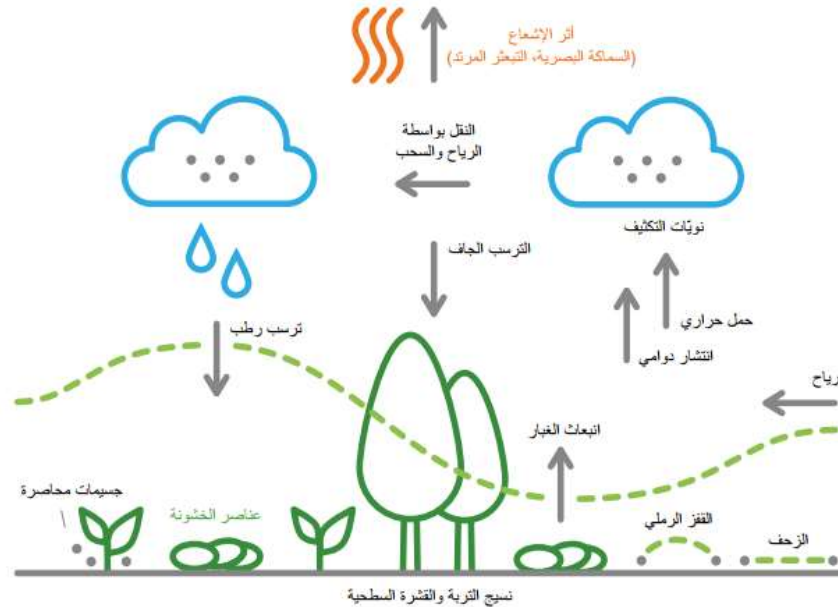
II-3 طبيعة العواصف الرملية والغبارية

تتألف العواصف الرملية والغبارية من الغبار المعدني المنتقل من سطح الأرض إلى الجو من خلال عملية ميكانيكية تدخل فيها الرياح. وينظر إلى الغبار المعدني، في معظم الحالات على أنه طبيعي عند إنتاجه في مناطق قاحلة أو شبه قاحلة تنسم بنباتات متفرقة، كما يعد بشري المنشأ عندما تؤدي الأنشطة البشرية إلى انبعاث الغبار.

تتأثر إمكانية انتقال الرمال أو الغبار إلى الغلاف الجوي برطوبة التربة، وتركيبها، والقشرة السطحية، وعناصر الخشونة، والغطاء النباتي، وسرعة الرياح. ويمكن أن تتغير الظروف التي تؤدي إلى انبعاث الغبار في أحد المواقع من جزء من السنة إلى آخر ويمكن أن تختلف اختلافا كبيرا بين السنوات.

تتطوي العواصف الرملية والغبارية على انبعاث الغبار ونقله وترسيبه على نطاق واسع من النطاقات

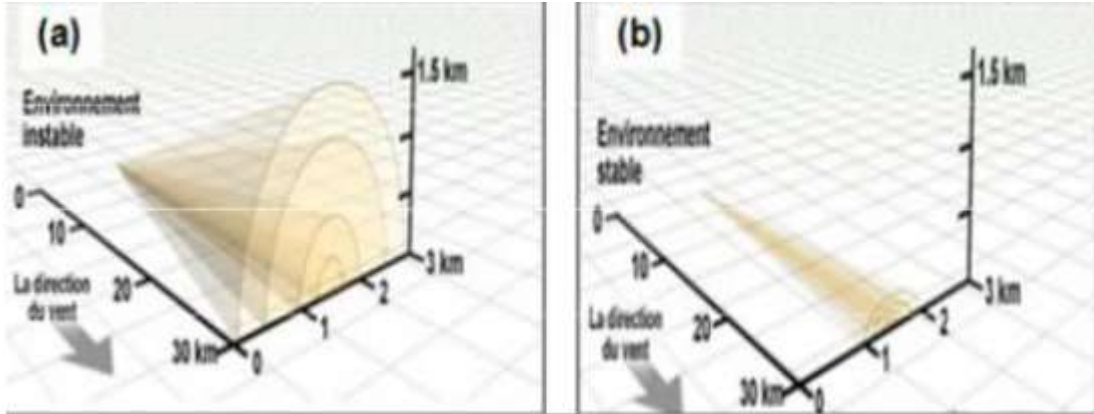
المكانية والزمنية (الشكل II-2) [19]



الشكل II-2 موجز العواصف الرملية والغبارية

II-3-1 الظروف المساعدة لحدوث الغبار

لحدوث الغبار لا بد من ظروف وهي زيادة سرعة الرياح السطحية وتوفر السطوح الجافة المغطاة بالرمال فضلا عن عدم استقرارية الجو وهي خاصية تساعد على نشاطات التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة وتؤدي بذلك إلى انتشار الأتربة والرمال في الغلاف الجوي. [20]



الشكل II-3 صورة تمثل الظروف المساعدة على تصاعد الغبار

II-3-2 آلية نقل جزيئات الغبار والرمال

إن عملية رفع الغبار الصحراوي الطي قد يضل معلقا في الجو، على الرغم من أن الرياح السطحية قد تنخفض عن القيمة الدنيا اللازمة لرفعها.

في الواقع يتم التحكم في نقل جسيمات الطبقة الحدودية بواسطة الاضطرابات والنسائم الحرارية والجبهة الأمامية... الخ، وبالتالي يمكن نقل الغبار إلى الجو عبر مسافات طويلة لبضع ساعات وقد تصل حتى 10 أيام وفقا للظواهر الجوية التي تصادفها.

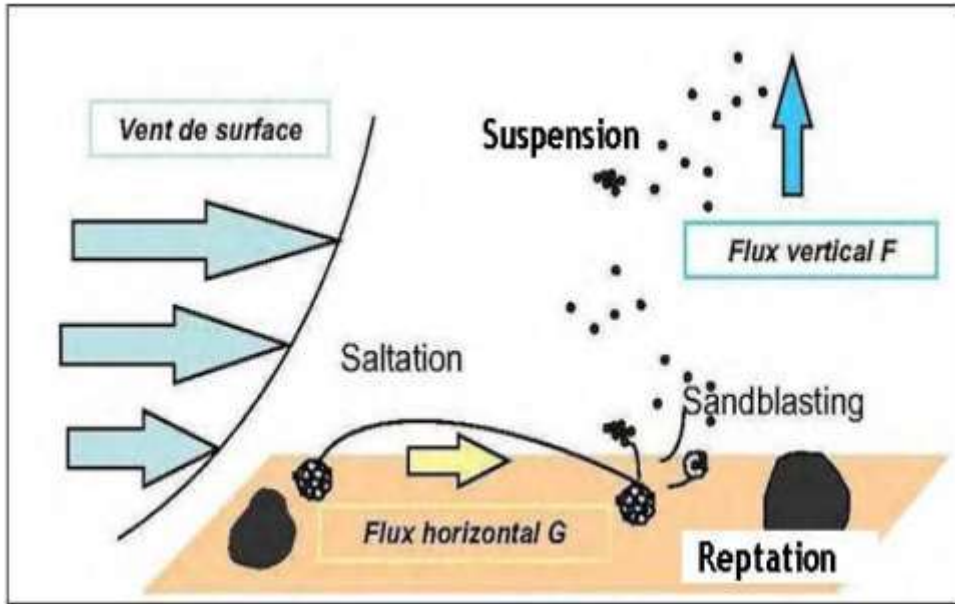
هناك تباين كبير في الفضاء والصحراء وانبعثات الغبار الصحراوي والتي تعتمد بشكل رئيسي على سرعة الرياح والظروف السطحية للتربة المكشوفة.

كل هذا يؤدي إلى حقيقة أن انبعثات الغبار الصحراوي غالبا ما يكون له دورة موسمية وتغيرات ملحوظة للغاية بين الأعوام. يمكن نقل الغبار الصحراوي لمسافات طويلة بشكل رئيسي وفقا لاتجاهات النقل

الواردة في الشكل II-4. [21,22]

إن أعمدة الغبار المنبعثة من شمال إفريقيا في الغالب إلى الغرب فوق المحيط الأطلسي. يمكن أن يصل الغبار الصحراوي إلى جزر الهند الغربية في الصيف. خلال أشهر الشتاء يتم نقلهم إلى الجنوب عبر المحيط الأطلسي لأمريكا الجنوبية.

من الواضح أن نقل الغبار الصحراوي المنبعث من الصحراء يعتمد على الدورة الجوية للغلاف الجوي وخاصة الضغط العالي المداري، ومنطقة التقارب المدارية (Z.C.I.T) في فصلي الربيع والصيف، يتم نقلها في بعض الأحيان إلى الشمال والشمال الشرقي للوصول إلى البحر الأبيض المتوسط، كما تسير أعمدة الغبار في شمال شرق آسيا بشكل أساسي فوق بحر الصين والمحيط الهادي ينتج عن هذا على وجه الخصوص نشاط جبهات الإعصار المنغولية في شمال شرق آسيا. [21,22]



الشكل II-4 آلية نقل جزيئات الغبار والرمل

II-3-3 عملية تطاير الرمال

تعتمد عملية رفع جزيئات الرمل والغبار على الديناميكية القريبة من سطح الأرض والتي يتم التحكم فيها بواسطة شدة الرياح ورطوبة التربة، فنجد أن نسيج التربة والغطاء الأرضي يزداد مع حجم الجسيمات لأنها أثقل وبالتالي يصعب التقاطها بسبب الجاذبية.

أما إذا كانت الجسيمات صغيرة بما يكفي، فتكون قيمة عتبة الرياح عالية لأنه يجب عليها كسر قوة التماسكات القوية الكافية عن طريق الحفاظ على الجزيئات الصغيرة معا، ترتبط الظواهر التي تحكم تعبئة الجزيئات بالرياح بالتدفق الأفقي والتدفق الرأسي للرياح.

تتطلب عملية رفع جسيمات الرمل أو الغبار من مناطق المصدر ثلاث شروط وهي [23]:

أولاً: يجب أن تكون الجسيمات التي تحمل تعبئتها بواسطة الرياح متوفرة بكميات كبيرة من التربة.

ثانياً: لا يحتاج إلى كثير من العوائق على السطح (الغطاء النباتي مثلا) لأنها تساهم في الحد من تعبئة الجزيئات.

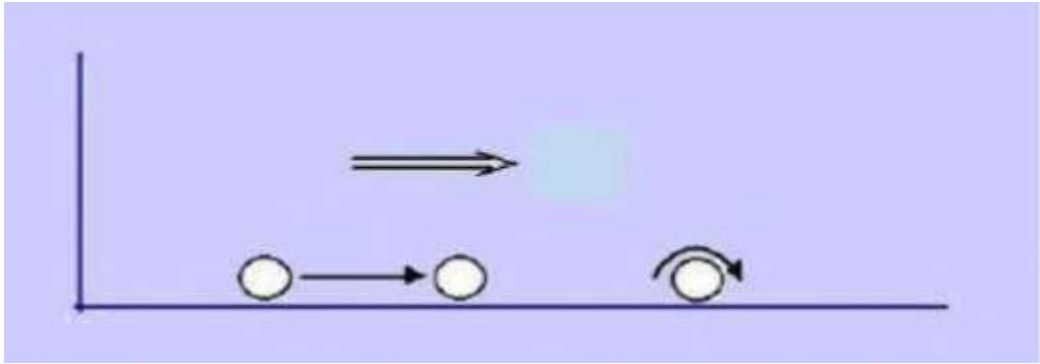
ثالثاً: ينبغي أن تكون مساهمة طاقة الرياح على السطح كافية للتغلب على القوة المتماسكة بين الجسيمات.

وفي حالة عدم توفر الشروط يمكن أن تحدث أنواع مختلفة من حركة الجسيمات وهي:

II-3-3-1 الزحف (la reptation):

يؤثر على الجزيئات التي يزيد قطرها عن 2 مم، إنها ضخمة جدا بحيث لا يمكن رفعها، لكن حركة

القص في الرياح على مستوى الأرض تتمكن من تحريكها أفقيا، وذلك بالازاحة البطيئة. [24,25]

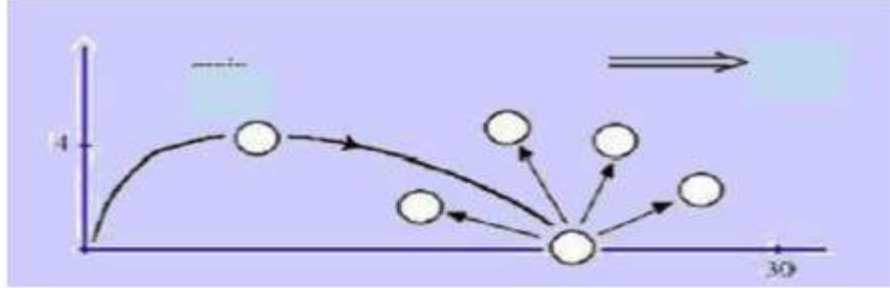


الشكل II-5 عملية الزحف (la reptation):

II-3-3-2 القفز (الوثب) (la saltation):

يؤثر على الجزيئات التي يصل قطرها إلى 100 مايكرومتر، بعد ارتفاعها يتم نقل الجزيئات إلى بضعة سنتيمترات أو بضعة أمتار من الأرض للبقاء في الهواء، يجب أن تكون قوة الجاذبية المتعلقة بحجم الجسم ورفع الهواء في حالة توازن على الأقل، فتسقط الجزيئات الكبيرة بسرعة بالقرب من مصدرها، ويمكن أن تشكل مجاميع على الرغم من أن الزيادة في سرعة الرياح تدريجيا تبقى الجزيئات الكبيرة في حالة تعليق، عند تأثير الجزيئات الدقيقة سيتم تشكيلها وتعبئتها وبدورها إذا عادت الجسيمات المرتفعة إلى الأرض

وضربت جسيمات أخرى، فانها ترتد للأمام وتستمر العملية. كما أن القفز هو عملية فعالة للغاية لتعبئة وتحريك الجزيئات. [26]



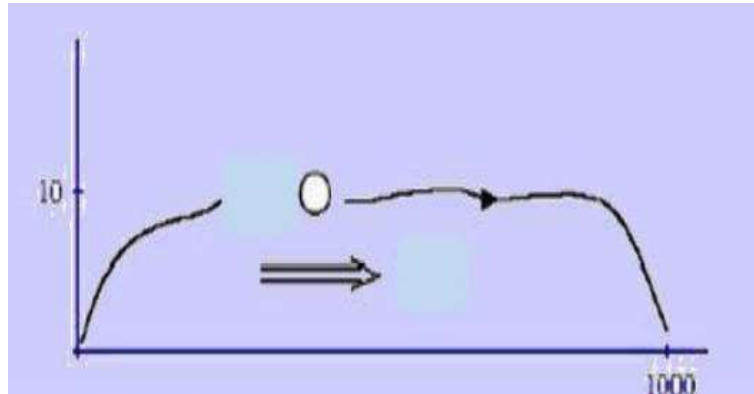
الشكل II-6 عملية القفز (la saltation)

II-3-3-3 التعليق (la suspension):

يتم رفع المواد الرسوبية عن طريق الهواء ويتم تعليقها بواسطة الهواء. إذا كانت الجسيمات صغيرة بدرجة كافية (قطرها أقل من عشرة مايكرومتر) تبقى معلقة لمدة طويلة بفعل التيارات الصاعدة القوية والقادرة على حمل أوزانها.

بمجرد انتقالها في الجو يمكن أن تبقى الجزيئات لمدة قصيرة فيه ويكون حجمها يتراوح بين (20 و70 ميكرون) وطويلة المدى (جسيماتها أكبر من 20 ميكرون) وتبقى في الطبقات العليا للغلاف الجوي وسيتم نقلها بواسطة التيارات الهوائية عبر مسافات طويلة المدى، بعيدا عن مصدرها من خلال ديناميكية الغلاف الجوي الواسعة النطاق.

إن الرياح القوية يمكن أن ترفع جزيئات الغبار العالقة حتى آلاف الكيلومترات باتجاه المصب البعيد فوق سطح الأرض، عدة آلاف الكيلومترات باتجاه الدوامات المضطربة والمتجددة من أجل الحفاظ عليها معلقة، لذلك تعتمد كمية الجزيئات المتقلة على حجمها وأيضاً تكوينها المعدني وبالتالي يجب تقدير كفاءة هذه العملية لكل نوع من أنواع التربة. [27]



الشكل II-7 آلية التعليق (la suspension)

II-3-4 آليات الترسيب

II-3-4-1 الترسيب الجاف

تترسب جزيئات الغبار على مستوى القارات أو أسطح المحيطات في ظل ظروف الجو الجافة أو الرطبة حيث يتم التحكم في الترسيب الجاف بشكل رئيسي من قبل الجاذبية الأرضية، مما يجعل الجسيمات تستقر.

يعتمد ترسيب الجسيمات الجافة على عدة متغيرات مثل سرعة الرياح، سرعة الاحتكاك، شدة الاضطراب واستقرار الغلاف الجوي ويعتمد معدل الترسيب من بين أمور أخرى على حجم جسيمات الاضطراب، كما يمكن أن تلعب أيضا دورا في تعطيل تدفق الجسيمات.

إذا حدث اضطراب بالقرب من السطح، يتم إيداع الجسيمات بسرعة أكبر. [14]

II-3-4-2 الترسيب الرطب

يحدث الترسيب الرطب عندما تكون كتل الهواء المغبرة مع كتل هوائية رطبة أو غائمة يمكن التقاط الجسيمات المعدنية مباشرة عن طريق هطول الأمطار أو قطرات داخل الماء السائل أو إنشاء نواة التكثيف من الغيوم. إن الرطوبة وهطول الأمطار ينظف بكفاءة كبيرة طبقة التروبوسفير (الغبار العالق في الهواء) وتعرف هذه العملية باسم المسح الضوئي. معدل الترسيب الرطب يعتمد على معدل هطول الأمطار ومعدل قطرات السقوط، الجسيمات التي تتراوح في الحجم من 0.1 إلى 1 ميكرون هو أدنى معدلات الترسيب الممكنة.

II-4 انتشار جزيئات الغبار

II-4-1 معادلة انتشار جزيئات الغبار

معادلة التآفق والانتشار تمثل كالتالي:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \cdot \nabla c = \nabla \cdot (D \cdot \nabla c) - w \cdot \nabla c, \nabla \cdot u = 0 \quad (1.II)$$

حيث:

c تركيز جزيئات الغبار

u السرعة

w سرعة الانتشار

D توتر الاجهاد

تعتمد سرعة الاستقرار على حجم الجسيم وكذلك تأثير الجاذبية. الجزء الثاني من العلاقة (1.II) يوضح تأفق الجسيمات بواسطة حركة الموائع المحلية.

توتر الإجهاد D دالة للموضع سنفترض أن سبب وجوده هو الدوامات المضطربة في الطبقة فوق مستوى الأرض مباشرة، حيث نظرية الاضطراب (Townsend 1976) اعتمادا خطيا على Z في المنطقة المجاورة مباشرة لمستوى الأرض لذلك:

$$D = Az \quad (2.II)$$

حيث: A توتر ثابت يعتمد على سرعة الاحتكاك. ومن المعروف أن الرياح السائدة تزداد مع الارتفاع Z. سرعة الرياح لوغاريتيميه (pasquill 1962).

II-4-2 صياغة وحل المشكلة

نحدد نظاما ديكارتيا للإحداثيات (x^*, y^*, z^*) في oz^* عمودي، ox^* و oy^* أفقيان.

أما تركيز الجزيئات الملوثة $c(x^*, y^*, z^*)$ الموضحة في (1.II). نحدد ذلك:

$$u = (U, 0, 0), w = (0, 0, -W) \quad (3.II)$$

نفرض أن توتر الانتشار يحتوي ثلاثة مكونات غير صفرية لذلك:

$$A_{ij} = 0 \text{ من أجل } i \neq j \quad (4.II)$$

نحدد المحور x على طول اتجاه الرياح السائدة بحيث يمكن اهمال المكونات الأخرى للسرعة وهكذا تصبح العلاقة (1.II) تأخذ الشكل

$$U \frac{\partial c}{\partial x^*} = \frac{\partial}{\partial x^*} A_{11} z \frac{\partial c}{\partial x^*} + \frac{\partial}{\partial y^*} A_{22} z \frac{\partial c}{\partial y^*} + \frac{\partial}{\partial z^*} A_{33} z \frac{\partial c}{\partial z^*} + W \frac{\partial c}{\partial z^*}, \quad (5.II)$$

التي افترضنا فيها الحالة مستقرة، علاوة على ذلك نأخذ

$$U = \alpha z^*, \quad (A_{11}, A_{22}, A_{33}) = (\gamma, \beta, \lambda) \quad (6.II)$$

الافتراض (6.II) لزيادة السرعة خطيا مع الارتفاع ليس مرضيا تماما من الناحية العملية. قد يتوقع المرء أن تتغير السرعة بشكل أبطأ مع الارتفاع، أو تبقى ثابتة على مستوى معين. وعلاوة على ذلك قد تم اعتماد المكونات الطولية والخطية من الانتشار وإهمال الاحداثيات وفق (OX).

من المحتمل أن يحد هذا من قابلية تطبيق النتائج على سرعات الرياح المعتدلة. [28]

كل الفرضيات المبسطة ضرورية لحل قابل للتحليل. مثل هذا الحل له ميزة السماح لنا بتحديد التأثيرات المختلفة على الانتشار حيث سيساعد على توفير بعض الوضوح في دراسة أكثر واقعية ل U و D.

يمكننا كتابة (5.II) بالصيغة:

$$\alpha z^* \frac{\partial c}{\partial x^*} = \gamma z^* \frac{\partial^2 c}{\partial x^{*2}} + \beta z^* \frac{\partial^2 c}{\partial y^{*2}} + \lambda z^* \frac{\partial^2 c}{\partial z^{*2}} + (W + \lambda) \frac{\partial c}{\partial z^*} \quad (7.II)$$

يمكن تعريف

$$a = \beta/\lambda, \quad b = \gamma\lambda/\alpha^2 = \frac{\gamma}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{\alpha} \right)^2, \quad v = W/2\lambda,$$

$$x = (\lambda/\alpha)x^*, \quad z = z^*, \quad y = y^* \quad (8.II)$$

يمكن كتابة (7.II) بالشكل

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{2v+1}{z} \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + b \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + a \quad (9.II)$$

العمليات في (9.II) لها التمثيل التالي:

U يمثل فعل سرعة الاستقرار w

b تمثل الانتشار الطولي

a تمثل الانتشار العرضي

المعادلة (9.II) تحكم توزيع التركيز $c(x,y,z)$ الناتج عن مصدر نقطي يولد قوة Q موقعها $(0,0,h)$

ثم شروط الحدود ذات الصلة:

$$\begin{aligned}
 (i) \quad & c(x, y, z_0) = Sf(x), \quad f(0) = 0, \quad f(x) \rightarrow 0 \quad x \rightarrow \infty \\
 (ii) \quad & c(x, y, z) \rightarrow 0 \quad x, |y|, z \rightarrow \infty \\
 (iii) \quad & c(0, y, z) = \frac{Q}{U} \delta(y) \delta(z - h), \quad (10.II)
 \end{aligned}$$

حيث z_0 ارتفاع الخشونة.

تم تقديم S مقياس القوة النسبية لمصدر أرضي مقارنة بمصدر منتظم عند ارتفاع h .

من أجل دراسة التأثيرات الثلاثة للانتشار يكون الحل التحليلي ممكنا فقط في حالة $S = 0$ والمصدر الأكبر غير موجود.

بعد إيجاد الحل من أجل $S = 0$ سننتقل إلى مشكلة $S \neq 0$ في حالة عدم وجود تشوه جانبي للانتشار.

نحدد الآن $q(x, y, z)$ بواسطة

$$q(x, y, z) = z^\nu c(x, y, z), \quad (11.II)$$

نخفض (9.II) و (10.II) إلى

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{1}{z} \frac{\partial}{\partial z} \left(z \frac{\partial q}{\partial z} \right) - \frac{\nu^2}{z^2} q + b \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + a \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \quad (12.II)$$

و

$$\begin{aligned}
 (i) \quad & q(x, y, z_0) = Sz_0^{-\nu} f(x), \\
 (ii) \quad & z^{-\nu} q(x, y, z) \rightarrow 0 \quad x, |y|, z \rightarrow \infty \\
 (iii) \quad & q(0, y, z) = \frac{Q}{\alpha} z^{\nu-1} \delta(y) \delta(z - h), \quad (13.II)
 \end{aligned}$$

II-4-3 الحل من أجل مصدر نقطي

المعادلة (12.II) و (13.II) يمكن حلها باعتماد التحويل

$$\tilde{q}(x, y; p) = \int_{z_0}^{\infty} q(x, y, z) H_{\nu}(pz) z dz \quad (14.II)$$

من أجل

$$H_{\nu}(pz) = J_{\nu}(pz) Y_{\nu}(pz_0) - J_{\nu}(pz_0) Y_{\nu}(pz) \quad (15.II)$$

مع التحويل العكسي

$$q(x, y, z) = \int_0^{\infty} \frac{\tilde{q}(x, y, p) H_{\nu}(pz)}{J_{\nu}^2(pz_0) + Y_{\nu}^2(pz_0)} p dp \quad (16.II)$$

هنا $J_{\nu}(x)$ و $Y_{\nu}(x)$ هما دالتي باسل للأول والثاني على الترتيب.

نلاحظ هنا ذلك

$$H_{\nu}(pz_0) = 0, \quad \frac{dH_{\nu}(pz_0)}{dz} = -\frac{2}{\pi z_0}$$

$$\frac{d^2}{dz^2} H_{\nu}(pz) + \frac{1}{z} \frac{d}{dz} H_{\nu}(pz) + \left(p^2 + \frac{\nu^2}{z^2} \right) H_{\nu}(pz) = 0 \quad (17.II)$$

إذا طبقنا التحويل على (12.II)، مع استعمال الشرط (i, ii.13.II) والعلاقة (17.II)، نجد

$$\frac{\partial \tilde{q}}{\partial x} = a \frac{\partial^2 \tilde{q}}{\partial y^2} + b \frac{\partial^2 \tilde{q}}{\partial x^2} - p^2 \tilde{q} \quad (18.II)$$

عملية التحويل ل (iii.13.II).

$$\tilde{q}(0, y, p) = \frac{Q}{\alpha} h^{\nu} H_{\nu}(ph) \delta(y) \quad (19.II)$$

ننتقل الآن الى حل (18.II) و (19.II). نلاحظ أن طريقة الحل ستعتمد في حالة ما اذا كان

(A) $a = 0$ أو (B) $a \neq 0$. يجب أن ننظر الى الحالتين كل على حدا

الحالة (A): $a = 0$

هنا يختفي المشتق y ويكون التركيز مستقل عن الإحداثي الجانبي y . المعادلة (18.II) و (19.II)

تأخذان الشكل

$$\frac{\partial \tilde{q}}{\partial x} + p^2 \tilde{q} - b \frac{\partial^2 \tilde{q}}{\partial x^2} = 0 \quad (20.II)$$

$$\tilde{q}(0, p) = \frac{Q}{\alpha} h^\nu H_\nu(p h) \quad (21.II)$$

الحل يكون بسيط

$$\tilde{q}(x, p) = \frac{Q}{\alpha} h^\nu H_\nu(p h) \exp\left(\frac{x}{2b} \left[1 - \sqrt{1 + 4bp^2}\right]\right) \quad (22.II)$$

نستخدم الآن التحويل العكسي للحصول على

$$q(x, z) = \frac{Q}{\alpha} h^\nu e^{x/2b} \int_0^\infty F_\nu(z_0, h; p, z) \exp\left(-\frac{x}{2b} \sqrt{1 + 4bp^2}\right) p dp \quad (23.II)$$

بحيث

$$F_\nu(z_0, h; p, z) = \frac{H_\nu(p h) H_\nu(p z)}{J_\nu^2(p z_0) + Y_\nu^2(p z_0)} \quad (24.II)$$

وبالتالي

$$c(x, z) = \frac{Q}{\alpha} (h/z)^\nu e^{x/2b} \int_0^\infty F_\nu(z_0, h; p, z) \exp\left(-\frac{x}{2b} \sqrt{1 + 4bp^2}\right) p dp \quad (25.II)$$

في الحالة الأبسط التي يكون فيها $b = 0$ أيضا، يكون التعبير على (25.II) بالشكل

$$c(x, z) = \frac{Q}{\alpha} (h/z)^\nu \int_0^\infty F_\nu(z_0, h; p, z) \exp(-p^2 x) p dp \quad (26.II)$$

في حالة عدم وجود z_0 ارتفاع الخشونة، يقل هذا الأخير فيصبح

$$c(x, z) = \frac{Q}{2\alpha x} (h/z)^v \exp\left(-\frac{z^2 + h^2}{4x}\right) I_v\left(\frac{zh}{2x}\right) \quad (27.II)$$

حيث أن دالة باسل المعدلة. العبارة (27.II) تتفق مع النتيجة المتوصل إليها سابقا من طرف سميث (1957) ومؤخرا من طرف لين وهيلدمان (1997) باستخدام طرق وظيفة قرين. أشارت بحوث روندي (1955) والتي حصلت على تعبير تحليلي للتركيز حيث

$$U = \alpha z^\delta, \quad (A_{11}, A_{22}, A_{33}) = (0, 0, \lambda) \quad (28.II)$$

الطبقة المنتهية للطول الأفقي H في حالة وجود انحراف أفقي، وعندما تكون طبقة الخشونة للانتشار غائبة. إذا أخذنا الحد $H \rightarrow \infty$ و $\delta = 1$ ، في هذا الحل نجد

$$c(x^*, z^*) = \frac{Q}{2\lambda x^*} \left(\frac{h}{z^*}\right)^v \exp\left(-\frac{\alpha(z^{*2} + h^2)}{4\lambda x^*}\right) I_v\left(\frac{\alpha z^* h}{2\lambda x^*}\right) \quad (29.II)$$

وهو ما يماثل (27.II) عندما نستخدم التحويل (8.II) من أجل x^* و z^* .

الحالة (B): $a \neq 0$

هنا الانتشار قوي في كل الاتجاهات ويجب الأخذ بعين الاعتبار (18.II) و (19.II) في مجملها.

في هذه الحالة المعادلة (18.II) لا تزال معادلة تفاضلية جزئية يمكن اختزالها إلى مستوى عادي من خلال تحويل فورييه في y التي تحدها

$$\hat{q}(x, \omega, p) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{q}(x, y, p) e^{i\omega y} dy \quad (30.II)$$

المعادلتان (18.II) و (19.II) تصبحان

$$b \frac{\partial^2 \hat{q}}{\partial x^2} - \frac{\partial \hat{q}}{\partial x} - (p^2 + a\omega^2) \hat{q} = 0, \quad (31.II)$$

$$\hat{q}(0, \omega, p) = \frac{Q}{\alpha} h^v H_v(ph) \quad (32.II)$$

ثم يتبع بـ

$$\hat{q}(x, \omega, p) = \frac{Q}{\alpha} h^\nu H_\nu(ph) \exp\left(\frac{x}{2b} \left[1 - \sqrt{1 + 4b(p^2 + a\omega^2)}\right]\right) \quad (33.II)$$

نستعمل الآن تحويل فورييه فنجد

$$\begin{aligned} \tilde{q}(x, y, p) &= \frac{Q}{\alpha\pi} h^\nu H_\nu(ph) e^{x/2b} \\ &\times \int_0^\infty \exp\left(-\frac{x}{2b} \sqrt{1 + 4b(p^2 + a\omega^2)}\right) \cos(\omega y) d\omega \end{aligned} \quad (34.II)$$

يمكن تقييم هذا التكامل واعطائه بالشكل

$$\begin{aligned} \tilde{q}(x, y, p) &= \frac{Q}{2\alpha\pi\sqrt{b}} h^\nu H_\nu(ph) e^{x/2b} \frac{x\sqrt{1+4bp^2}}{\sqrt{by^2+x^2a}} \\ &\times K_1\left(\frac{\sqrt{1+4bp^2}}{2b\sqrt{a}} \sqrt{by^2+x^2a}\right) \end{aligned} \quad (35.II)$$

حيث $K_1(x)$ تحويل باسل وفق الأمر 1 والمتغير x حيث

$$\begin{aligned} q(x, y, z) &= \frac{Q}{2\alpha\pi\sqrt{b}} \frac{x e^{x/2b}}{\sqrt{by^2+x^2a}} h^\nu \int_0^\infty F_\nu(z_0, h; p, z) \sqrt{1+4bp^2} \\ &\times K_1\left(\frac{\sqrt{1+4bp^2}}{2b\sqrt{a}} \sqrt{by^2+x^2a}\right) p dp \end{aligned} \quad (36.II)$$

التعبير العام للتركيز $c(x, y, z)$ في وجود الانتشار في كل الاتجاهات x, y, z هو

$$\begin{aligned} c(x, y, z) &= \frac{Q}{2\alpha\pi\sqrt{b}} \frac{x e^{x/2b}}{\sqrt{by^2+x^2a}} (h/z)^\nu \int_0^\infty F_\nu(z_0, h; p, z) \sqrt{1+4bp^2} \\ &\times K_1\left(\frac{\sqrt{1+4bp^2}}{2b\sqrt{a}} \sqrt{by^2+x^2a}\right) \end{aligned} \quad (37.II)$$

الحالة التي يعمل فيها الانتشار العرضي وغياب الانتشار الطولي للانتشار ($b = 0$ و $a \neq 0$) نستطيع أخذ نهاية $b \rightarrow 0$.

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\alpha} \left(\frac{1}{\pi ax} \right)^{1/2} (h/z)^{\nu} \exp(-y^2/4ax) \times \int_0^{\infty} F_{\nu}(z_0, h; p, z) e^{-p^2 x} p dp \quad (38.II)$$

النهاية لما $z_0 \rightarrow 0$ للتكامل في العلاقة (38.II) يكون بالشكل

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{4\alpha} \left(\frac{1}{\pi ax^3} \right)^{1/2} (h/z)^{\nu} \times \exp \left[-\frac{1}{4x} \left(\frac{y^2}{a} + z^2 + h^2 \right) \right] I_{\nu} \left(\frac{zh}{2x} \right) \quad (39.II)$$

يوفر التعبير (37.II) التركيز في كل نقطة من الفضاء في شكل مغلق. ومع ذلك، لا يمكن تقييم التكامل (37.II) بشكل تحليلي حيث يجب أن نلجأ إلى التكامل العددي. يوفر التعبير (25.II) إلى (27.II) و (38.II) و (39.II) تعبيرات لتبسيط تقييم السلسلة في تلك الحالات الخاصة.

نجد أنه من المناسب تسوية التركيز للحسابات العددية بواسطة

$$C(x, y, z) = 10(\alpha/Q) c(x, y, z) \quad (40.II)$$

II-4-4 مناقشة النتائج

نناقش الآن نتائج حسابات التعبيرات (25.II)، (27.II) ومن (37.II) إلى (39.II)، ثم نلخص النتائج في الأشكال من II-8 إلى II-12 وجد أنه في كل الحالات يتم توزيع التركيز بحيث يكون هناك سطح يكون فيه التلوث أقوى، لهذا السطح شكل معقد يعتمد على قيم كل من a, b, ν وبدرجة أقل h و z . تقاطع هذا السطح مع المستويات الرأسية $y = \text{constant}$ ، هو تلوث واسع النطاق للقيم غير

الصفرية لـ a ، ينخفض التركيز أضعافا مضاعفة مع $|y|$ ، والغبار له حد أقصى محلي عند (x_m, y_m, z_m) والتي تشير إلى نقطة التراكم (الشكل II-8).

من أجل تحديد الأدوار التي تلعبها مختلف متغيرات الفقرة. نجد من المفيد مناقشة الحالات:

(i) $a=b=0$ ، (ii) $a=0, b \neq 0$ ، (iii) $a \neq 0, b=0$ ، (iv) $a, b \neq 0$ بشكل منفصل.

(i) الانتشار الرأسي فقط

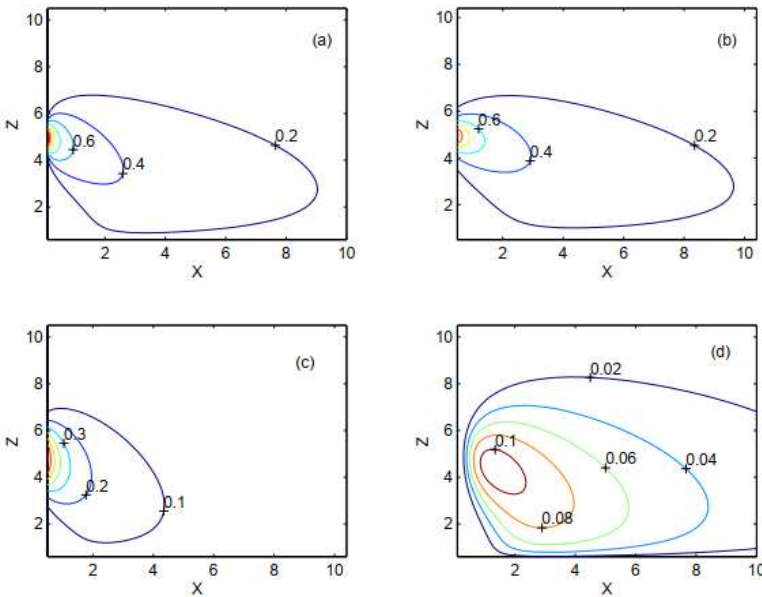
هنا الطولي طول x والعرضي على طول y يكون الانتشار غائب، بحيث $a=b=0$.

العوامل العملية الوحيدة هي الاستقرار تحت تأثير الجاذبية والانتشار الطولي. في هذه الحالة، المصدر يقع على ارتفاع من سطح الأرض. التركيز $c(x, z)$ مستقل عن y وبالتالي له نفس التوزيع في المستويات $y=constant$. يوضح الشكل II-9 ملامح التلوث الواسع النطاق.

كدالة لـ z_0 و h و U (زيادة في سرعة الاستقرار)، يميل تركيز الغبار إلى التراكم عموديا من بالقرب من المصدر. يعتمد انتشار الغبار في المستوي (x, y) أيضا على الارتفاع h .

مع زيادة ارتفاع المصدر، تنتشر الجسيمات على مساحة أكبر (الشكل II-9-9) حتى لو كانت U قيمتها معتدلة بحيث تميل الزيادة في الارتفاع إلى ضبط التأثير على سرعة الاستقرار.

تأثير ارتفاع الخشونة أضعف بكثير، لا يؤدي إلى التغيير في z_0 إلى تغييرات كبيرة في توزيع الغبار. [28]



الشكل II-8 إن حدود التركيز $c(x, z)$ في

(من أجل المستويات $h=5.0, z_0=0.5$)

$U=0.5$ حيث $a=b=0, y=0.0$ ، (a)

$a=0.0, b=0.5, y=0.0$ ، (b)

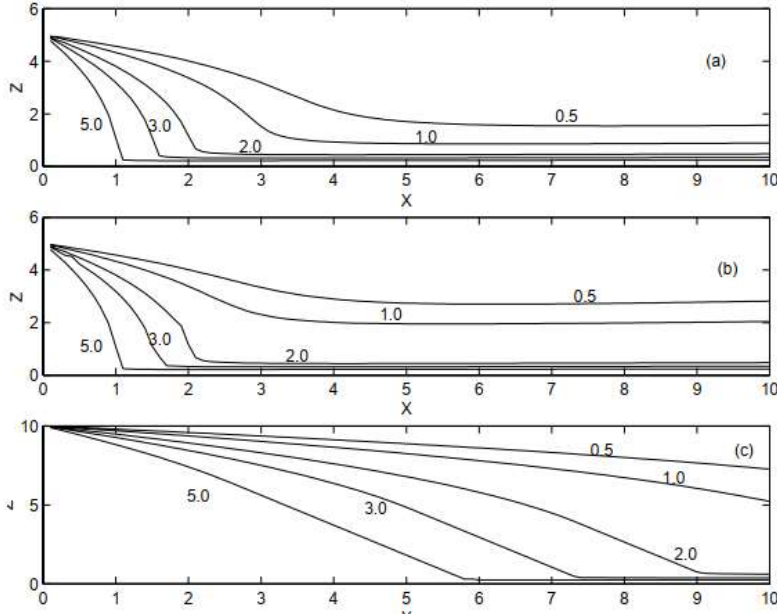
$a=0.2, b=0.0, y=0.0$ ، (c)

و $a=2.0, b=0.0, y=1.0$. (d)

نقارن (a) و (b) بتأثير b ؛ نقارن (a)

و (c) للثاوت a ؛ و (c) و (b) لظهور

نقطة التراكم y .



الشكل II-9 رسم توضيحي لمنحنى التلوث الواسع النطاق على ارتفاع z_0, h

و U حيث:

من أجل $h=5.0, z_0=0.5$ ، (a)

و $h=5.0, z_0=0.1$ ، (b)

و $h=10.0, z_0=0.1$ ، (c)

(ii) تأثير الانتشار الطولي

في حالة $a=0$ لكن $b \neq 0$ ولا يوجد انتشار في جهة y التركيز يكون مستقلا عن y . يتم هنا تعديل التوزيع بإضافة التوزيع الطولي للانتشار. مع زيادة قوة الانتشار الطولي يزداد التركيز $c(x, y)$ على طول خط التلوث الواسع في حين تتناقص قيمه في أماكن أخرى. يتم تعزيز تيار التركيز السفلي من خلال وجود الانتشار الطولي. تؤثر إضافة الانتشار الطولي أيضا على موضع خط التلوث الواسع.

عند زيادة قيمة b ، يتم تسطيح الخط ورفعته نحو مستوى المصدر عند h (لاحظ الشكل II-8 a و b).

يشير هذا إلى أن وجود الانتشار الطولي يعمل على تثبيط تأثير سرعة الاستقرار وتعزيز انتشار الغبار.

(iii) تأثير الانتشار الجانبي

في حالة $b=0$ و $a \neq 0$ ، الانتشار على طول اتجاه y ويكون غائبا في اتجاه x ، التركيز $c(x, y, z)$ يتطور فقط في اتجاه y . نلاحظ من العلاقة (II.39) أن التركيز متساو في y ويتحلل بشكل أسي مع زيادة $|y|$. أصبح خط التلوث واسع على المساحة (x, y, z) . يتأثر مؤشر $c(x, y, z)$ في المعلم

$y=constant$ بالزيادة في a (لاحظ II-8 a و c). ينتشر الغبار في الاتجاه الجانبي y مما يقلل من قيمة الغبار المتاح للانتشار في الاتجاه الطولي، نقطة التركيز الأقصى التي تقع على المصدر $(0, 0, h)$ في

المستوي $y=0$ ، عن طريق التدفق والانقسام الجانبي في الموضع (x_m, y_m, z_m) مع $|y| > 0$ (لاحظ II-8 b). في حالة زيادة $|y|$ فإن x_m يزداد و y_m ينقص (لاحظ الشكل II-10) والتركيز في المستوي

$y=constant$ يميل إلى الانتشار في اتجاه مجرى النهر.

(iv) الحالة العامة

تم تقييم التعبير العام (II. 7.3) لمختلف قيم a, b, u, z_0 و h . نتيجة التركيز $c(a, b, u, z_0; x, y, z)$ يتطور مع القيم النسبية بين هذه المعلمات. يعتمد شكل التلوث الواسع وموقع نقطة التراكم على القيم النسبية ل a, b, u, z_0 و h . (الشكل II-10) يوضح التغيرات في السلالات بسبب التغير في القيم النسبية للمعلمات a, b . (الشكل II-8 و a و b) يظهر تأثير الانتشار الجانبي في منع انتشار الغبار في اتجاه الرياح.

(الشكل II-8 و c و b) تشير الى أن الانتشار الطولي يميل الى تحريك نقطة التراكم في اتجاه مجرى النهر.

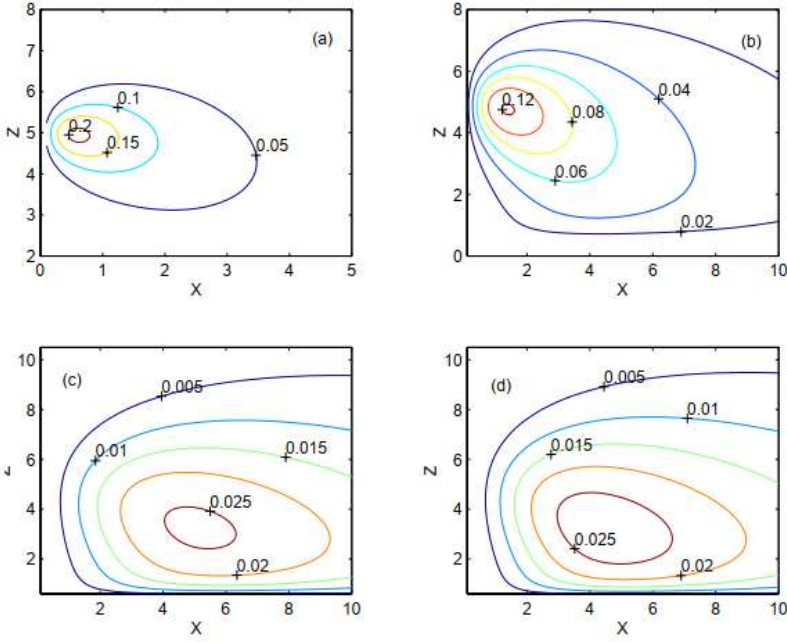
(الشكل II-8 و c و b) يوضح أن نقطة التراكم تتحرك بشكل أكبر في اتجاه مجرى النهر $|y|$ يزداد عندما يتم الحفاظ على ثبات a و b . (الشكل II-11) يوضح شكل منحنى التلوث الواسع النطاق في حالة

$y = \text{constant}$ وقيمة التركيز عليه. تشير النتائج إلى أن السطح المستوي $x = \text{constant}$ حيث a يتزايد (الشكلان II-11 و c و b)، وأن التركيز عند نقطة التراكم يتناقص مع $|y|$ مهما كانت قيم a, b, u, z_0 و h (الشكلان II-11 و a و b). بالإضافة، يتم تعزيز تكوين نقطة التراكم بزيادة في قيمة a (الشكل II-8 و a و b).

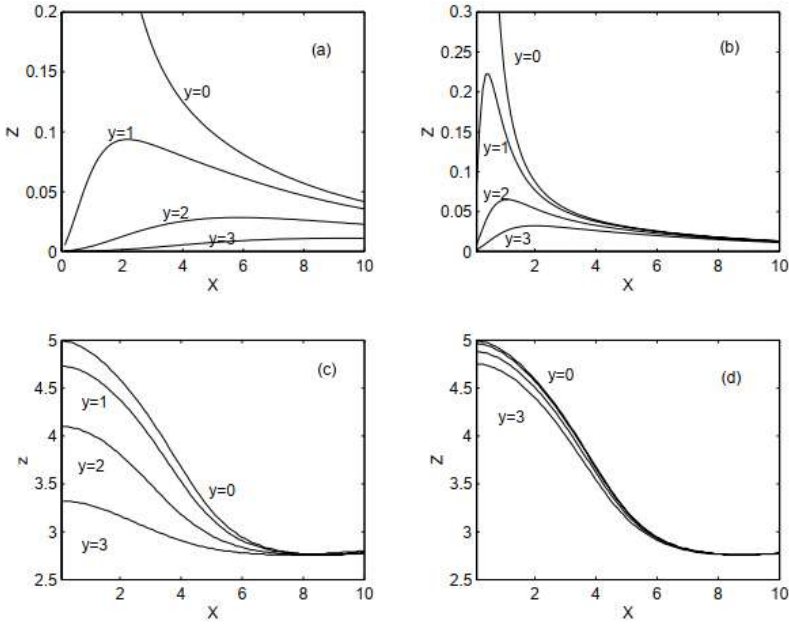
(الشكل II-12) يقدم عينة عن النتائج المحصل عليها عند نقطة التراكم. التركيز عند نقطة التراكم تعتمد بشكل ضعيف على z_0 ، لكن ارتفاع النقطة يعتمد بشدة على z_0 ، خاصة للقيم الكبيرة نسبيا ل $|y|$.

(الشكل II-12 و a و c). لا تؤثر الزيادة في الانتشار الطولي على الارتفاع ولكنها تؤدي إلى انخفاض قيمة التركيز والمسافة الطولية. تؤدي الزيادة في الانتشار الجانبي إلى تحسين التركيز والارتفاع ولكنها تقلل من الوضع الطولي للنقطة. قيمة التركيز، c_m تعتمد بشكل ضعيف على z_0 (الشكل II-12 و a).

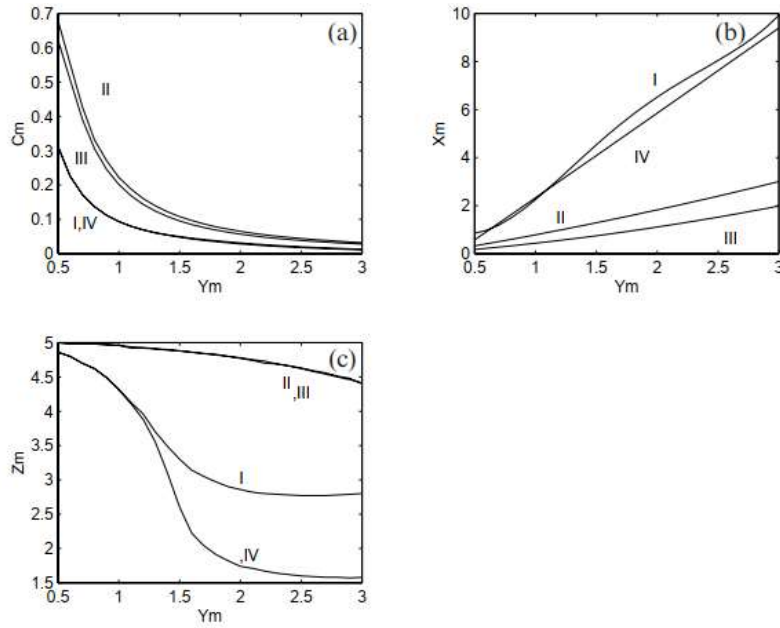
لكن الموقع في اتجاه x حساس ل z_0 (الشكل II-12 و b). علاوة على ذلك، المقادير c_m, z_m, x_m تعتمد بشكل ضعيف على القيم النسبية ل a و b . [28]



الشكل II - 10 حدود التركيز
 في المستوى (x, z) من $C(x, y, z)$
 أجل $\nu = 0.5$ و $z_0 = 0.5, h = 5.0$
 حيث: (a) $a = 2.0, b = 1.0, y = 1.0$ ،
 (b) $a = 0.5, b = 1.0, y = 1.0$
 (c) $a = 0.5, b = 1.0, y = 2.5$
 (d) $a = 0.5, b = 0.5, y = 2.5$
 لاحظ الاعتماد المعقد لموضع نقطة
 التراكم على a ، b و y .



الشكل II - 11 ملف تعريف منحني
 التلوث الواسع النطاق في المستوى
 الجانبي $y = 0, 1, 2, 3$ ، حيث
 (a). $b = 0.5, z_0 = 0.5, \nu = 0.5, h = 5$
 و (c) يلاحظ من أجل $a = 0.2$ و
 (b) و (d) من أجل $a = 2.0$.



الشكل II-12 خصائص التركيز عند نقطة التراكم حيث $h=5.0$ ، $v=0.5$ ، (a) (b) و (c) تظهر قيم التركيز C ، المسافة الطولية x_m ، والارتفاع z_m ، على التوالي، كوظائف للمسافة الجانبية y_m ، في نقطة التراكم. المنحنيات I, II, III, IV تتوافق الترتيب مع:

- (i) $a=0.2, b=0.5, z_0=0.5$ (ii) $a=2.0, b=0.5, z_0=0.5$ (iii) $a=2.0, b=2.0, z_0=0.5$
 (iv) $a=0.2, b=0.5, z_0=0.1$

الفصل الثالث: طرق وأدوات الرصد البيئي

III-1 رصد العواصف الرملية والغبارية

يمكن تقسيم قياسات الغبار إلى مجموعتين: الاستشعار عن بعد وفي الموقع. وعادة ما يستخدم أخصائيو الأرصاد الجوية قياسات المنتجات المتعددة الأطياف الناتجة عن الأجهزة الموجودة على متن الأقمار الاصطناعية الثابتة بالنسبة إلى الأرض لرصد الغبار والبث الأني. وتعد الصور المأخوذة من أحدث جيل من الأقمار الاصطناعية الثابتة بالنسبة إلى الأرض أداة حيوية (الشكل III-1) لرصد الغلاف الجوي، لأنها تجمع بين مزايا المدارات المتزامنة (التقاط صور متكررة على مساحة شاسعة) بقدرات أجهزة قياس الإشعاع عالية الدقة، ويمكن أن تكون متاحة في المستقبل القريب. غير أن المنتجات الساتلية المستخدمة لرصد أحداث الغبار تواجه تحديات تشمل ما يلي:

- الصعوبات في التحقق من ارتفاع جسيمات الغبار.
- إمكانية كشف الهباء الجوي المنخفض على الأسطح الساطعة مثل الصحاري.
- عدم وجود معلومات عن طبقات الغبار تحت السحب.



الشكل III-1 صورة لعاصفة غبارية في صحراء غوبي

(المصدر: فريق الاستجابة السريعة للأراضي التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) / مركز غودارد لرحلات الفضاء GSFC / مقياس طيف التصوير ذي الدقة المتوسطة (MODIS) / (2013).

يلزم أيضا جمع معلومات في الموقع عن العواصف الرملية والغبارية من أجل الرصد والتنبؤ الفعالين. ويشمل ذلك محطات القياس الأرضية وشبكات جودة الهواء وسجلات الطقس وملاحظات الرؤية. ولهذه المقاييس مزايا وعيوب حسب المواقع ومنهجية القياس. [19]

يتوخى برنامج مراقبة الغلاف الجوي العالمي (GAW) التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية المراقبة الشاملة والمتكاملة والمستدامة للهوائيات على نطاق عالمي من خلال مجموعة من شبكات الهباء الجوي البحثية القائمة والتي تكمل شبكات الطائرات والأقمار الاصطناعية والوكالات البيئية.

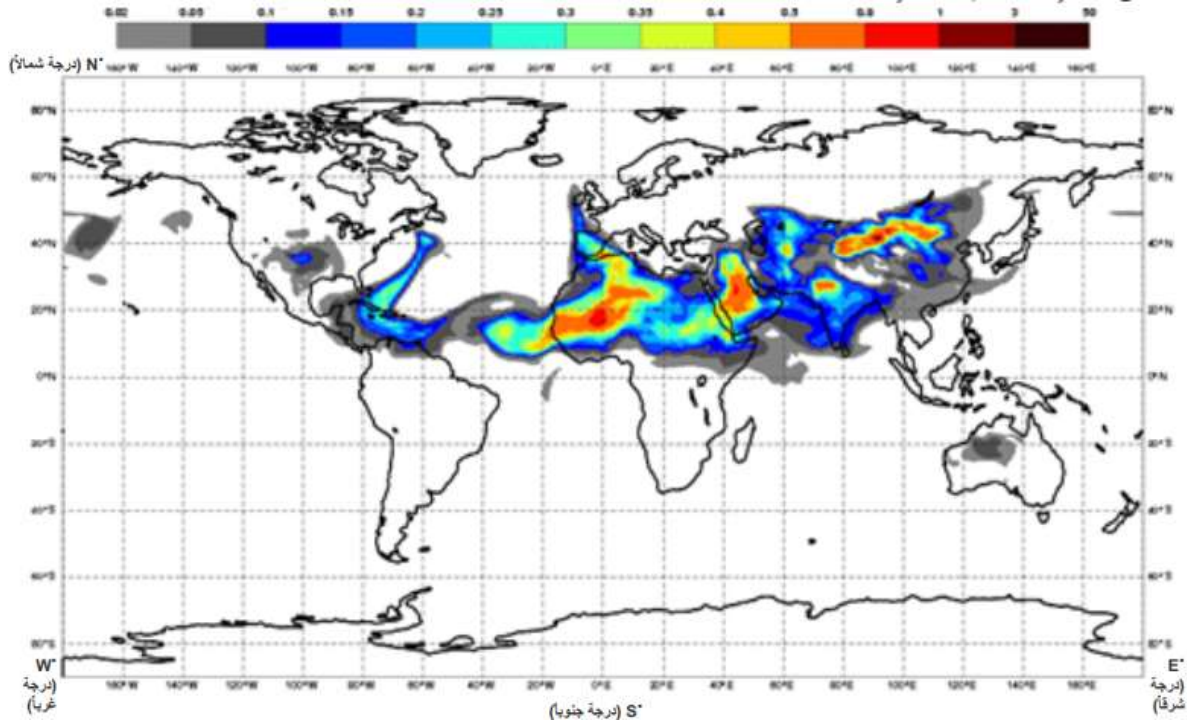
منذ عام 2004، بطلب من أكثر من 40 بلدا، أخذت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية زمام المبادرة في هذا المجال وانشأت نظام المشورة والتقييم للتحذير من العواصف الرملية والغبارية (WMO SDS-IS) لتطوير وصقل وتوفير أساس لتوزيع المنتجات على المجتمع العالمي التي يمكن استخدامها للحد من التأثيرات الضارة للعواصف الرملية والغبارية وتقييم آثارها على المجتمعات وعلى البيئة. [19]

III - 2 برنامج كوبرنيكوس لخدمات مراقبة الغلاف الجوي

منذ عام 2008 ظل المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى يقدم تنبؤات جوية يومية (بما في ذلك تنبؤات الغبار) كجزء من المشاريع المتتالية التي يمولها الاتحاد الأوروبي.

لقد مكنت هذه الجهود من ادراج تنبؤات الغبار في برنامج كوبرنيكوس لخدمات مراقبة الغلاف الجوي العملياتي، الذي يوفر تنبؤات الغبار العالمي اليومية حتى خمسة أيام مقدما، ويساهم في نظام التقييم والاستشارة للتحذير من العواصف الرملية والغبارية التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. تتاح جميع البيانات للجمهور على الأنترنت من خلال الموقع <http://www.copernicus-atmosphere.eu>

وعلى مختلف المواقع الشبكية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية.



الشكل III - 2 التنبؤ المقدم من برنامج كوبرنيكوس لخدمات مراقبة الغلاف الجوي، لمدة 36 ساعة للعمق البصري للهباء الجوي للغبار عند 550 نانومتر، في 26 ماي 2017، الساعة 12 بالتوقيت العالمي الموحد.

ولقد طورت قدرات النماذج الرقمية للتنبؤ بالطقس بشكل أكبر من خلال ادراج نماذج انتقال وتحول التركيبة (بما في ذلك الغبار)، وبالتالي فهي قادرة على التنبؤ بتركيزات مكونات الغلاف الجوي مثل الغبار المعدني ومعالجة القيود المفروضة على الرصد في الموقع.

ترتبط هذه النماذج الرقمية ارتباطا وثيقا بتوقعات العواصف الرملية والغبارية. وعلى الصعيد العالمي، يعمل نظام التقييم والاستشارة للتحذير من العواصف الرملية والغبارية التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية منذ عام 2007. وتنتشر الديناميات السنوية للعواصف الرملية والغبارية في نشرات الغبار المحمول جوا.

يعزز هذا النظام قدرة البلدان على تقديم التنبؤات والملاحظات والمعلومات والمعارف في الوقت المناسب ونوعية جيدة للمستخدمين من خلال شراكة دولية بين المجتمعات البحثية والتشغيلية. [19,29]

قامت وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) بتطوير عائلة جديدة من المنصات (الأقمار الاصطناعية) تسمى sentinels أعدت خصيصا للاحتياجات التشغيلية لبرنامج كوبرنيكوس، ويعتمد في كل مهمة لـ sentinels على قمرين لتلبية متطلبات إعادة الزيارة والتغطية للمناطق المختلفة من سطح الأرض، مما يوفر مجموعة بيانات قوية لخدمات كوبرنيكوس، والتي تحمل منصاتها مجموعة التقنيات مثل: الرادار وأدوات التصوير متعددة الطيف لرصد الأرض والمحيطات والغلاف الجوي. [30]

III-2-1 القمر الاصطناعي sentinel-1

هو مهمة تصوير بالرادار تعمل في مدار قطبي وفي جميع الأحوال الجوية، ليلا ونهارا لخدمة الدراسات البرية والبحرية.

قد تم إطلاق sentinel-1(A) في 3 أبريل 2014 و sentinel-1(B) في 25 أبريل 2016.

تم نقل كلاهما إلى المدار على متن صاروخ soyluz في ميناء الفضاء الأوروبي في جيانا الفرنسية.

تتضمن مهمة sentinel-1 تصوير النطاق C الذي يعمل بأربعة أوضاع تصوير حصرية بدقة مختلفة (حتى 5 أمتار) وتغطية (حتى 400 كلم).

يوفر إمكانية الاستقطاب المزدوج وأوقات إعادة النظر القصيرة جدا وتسليم المنتج بسرعة. لكل ملاحظة، تتوفر قياسات دقيقة لموقع المركبة الفضائية وموقعها. تم تصميم sentinel-1 للعمل في وضع تشغيل مبرمج مسبقا لتصوير جميع الكتل الأرضية العالمية والمناطق الساحلية وطرق الشحن بدقة عالية وتغطية المحيط العالمي بمقالات صغيرة، وهذا يضمن موثوقية الخدمة المطلوبة من خلال الخدمات التشغيلية وأرشيف بيانات ثابت طويل الأجل مصمم للتطبيقات القائمة على سلاسل زمنية طويلة. [30]

أهداف المهمة:

- مراقبة أراضي الغابات والمياه والتربة والزراعة.
- دعم رسم الخرائط في حالات الطوارئ والكوارث الطبيعية.
- المراقبة البحرية للبيئة البحرية.
- رصد الجليد البحري ورصد الجبال الجليدية.
- مراقبة المناخ (رصد العواصف الغبارية والرملية).

مدار المهمة:

- مدار دائري متزامن مع الشمس، قريب من القطب.
- ارتفاع المدار 693 كلم.

- درجة ميل المدار 98.18.
- دورة متكررة لمدة 12 يوما عند خط الاستواء بقمر اصطناعي واحد، 175 دورة/ دورة.

حمولة الجهاز:

- رادار الفتحة التركيبية للنطاق C.
- تردد المركز 5.405 جيجا هرتز.
- الاستقطاب $HH, HH + HV, VV + VH, VV$.

III-2-2 القمر الاصطناعي sentinel-2

عبارة عن مهمة تصوير عالية الدقة متعددة الأطياف تستخدم لمراقبة الأرض. ويمكنه توفير صور للنباتات والتربة والغطاء المائي والمجري المائية الداخلية والمناطق الساحلية والمناخ ورصد العواصف الغبارية والرملية، ويمكن استخدامه أيضا في حالات الطوارئ لخدمة الإنقاذ. [30]

Sentinel-2 bands	Central wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 – Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 – Blue	0.490	10
Band 3 – Green	0.560	10
Band 4 – Red	0.665	10
Band 5 – Vegetation red edge	0.705	20
Band 6 – Vegetation red edge	0.740	20
Band 7 – Vegetation red edge	0.783	20
Band 8 – NIR	0.842	10
Band 8A – Vegetation red edge	0.865	20
Band 9 – Water vapour	0.945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – SWIR	1.610	20
Band 12 – SWIR	2.190	20

الجدول III-1 يوضح مختلف مميزات القمر الاصطناعي sentinel-2

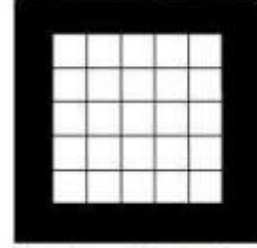
MSI على متن sentinel-2 عبارة عن مستشعر غرفة دفع جديدة مع نطاقات الأشعة تحت الحمراء المرئية والقريبة والأشعة تحت الحمراء ذات الموجات القصيرة. تضمن نطاقات المعايرة المدمجة مع الأهداف الأرضية أداء إشعاعيا عالي الجودة.

III - 3 التعرف على برنامج SNAP

III - 3-1 تنزيل البرنامج وفتحه

برنامج SNAP مجاني ومفتوح المصدر يجمع عدة أدوات تسمح بامتداد عرض ومعالجة وتحليل بيانات الأقمار الاصطناعية، بما في ذلك منتجات sentinel، للتعرف على برنامج SNAP يجب أولاً فتح صور 1-sentinel على GRD في مستوى منطقة الدراسة. [30]

Ground Range Detected (GRD/MGD/L1.5)



Data is multi-looked but not projected

ملاحظة: GRD هي بيانات تلقت معالجة متعددة للمظهر للسماح بالحصول على أبعاد تقريبا نفسها على x و y.

من أجل تحميل بيانات sentinel-1 توفر المنصة ارشيفات عمليات استحواذ يمكن طلبها على الرابط:

<http://cophub.copernicus.eu>

III - 3-2 معالجة صور 1-sentinel بواسطة SNAP

من أجل فتح صور 1-sentinel في برنامج SNAP

عليك الذهاب الى files ثم الضغط على open protect واختيار المحتوى 1-produi sentinel على شكل zip وذلك بالضغط مرتين.

لمشاهدة واحدة من الصور يرجى الذهاب الى الملف bands والضغط مرتين على VH intensity.

من الممكن تصغير الصورة عن طريق الفأرة والانتقال بين الصور سواء مباشرة على الصورة أو النافذة Navigation في الأسفل على اليسار.

يمكن معالجة صور 1-sentinel باتباع الخطوات والمراحل التالية:

1/ تقطيع الصورة subset

يجب الضغط على المحتوي المراد تقطيعه والذهاب الى raster ثم subset. تعيين المنطقة المراد تقطيعها أو قصها في إطار الصورة داخل نافذة ثم نصغر في النافذة حتى نحدد المنطقة بدقة ونضغط على ok.

2/ تصحيح مكان الساتليت Apply orbit file

يكون بالضغط على radar ثم Apply orbit file واختيار sentinel précise ثم اختيار خاصية (Do not fail if new orbit file is not found) ونضغط على Run .

البرنامج يحمل أليا اسم الصورة مع إضافة كلمة مفتاحية تصف المعالجة هنا (Orb).

3/ تصحيح الفوضى الحرارية (Thermal Noise Romoval)

لمعالجة الفوضى الحرارية يكون بالضغط على radar ثم خاصية Radiometric ثم S1 Therminal Noise Romoval

4/ تصحيح فوضى الحواف (de bord)

يكون بالضغط على radar ثم sentinel-1 Tops ثم S1 Remove GRD Border Noise

5/ معايرة الصورة الاشعاعية (calibrate)

يكون بالضغط على radar ثم Radiometric ثم calibrate واختيار VH ثم الضغط على Run.

6/ تصفية الضوضاء (Speckle)

يكون بالضغط على radar ثم Speckle filtering ثم multi-temporel ثم اختيار Lee ثم Run.

7/ الضبط الهندسي وتصحيح التضاريس

يكون بالضغط على radar ثم Geometric ثم Terrain correction ثم Range-Doppler ثم Run.

III-4 معالجة مرئيات sentinel-1 و sentinel-2 باستعمال برنامج SNAP

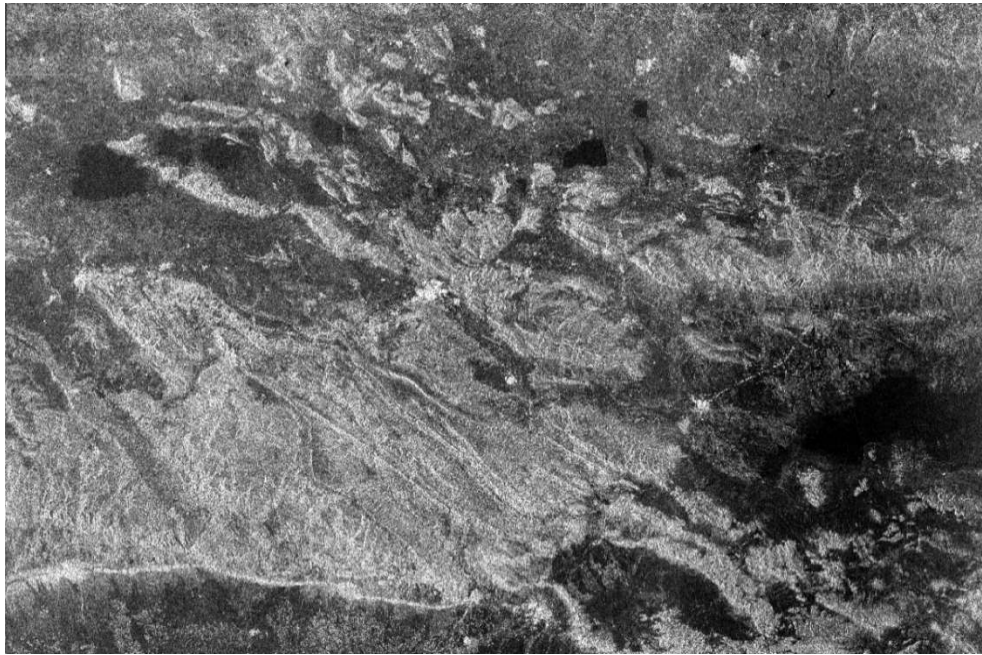
III-4-1 رصد العواصف الغبارية باستعمال صور sentinel-1

نقوم تحميل بيانات sentinel-1 من الرابط <http://cophub.copernicus.eu> وذلك بعد تحديد المنطقة الموضحة في الشكل III-3 والتي كانت بتاريخ 2022/03/14 حيث تميزت هذه المنطقة بهبوب عاصفة رملية نريد دراستها.



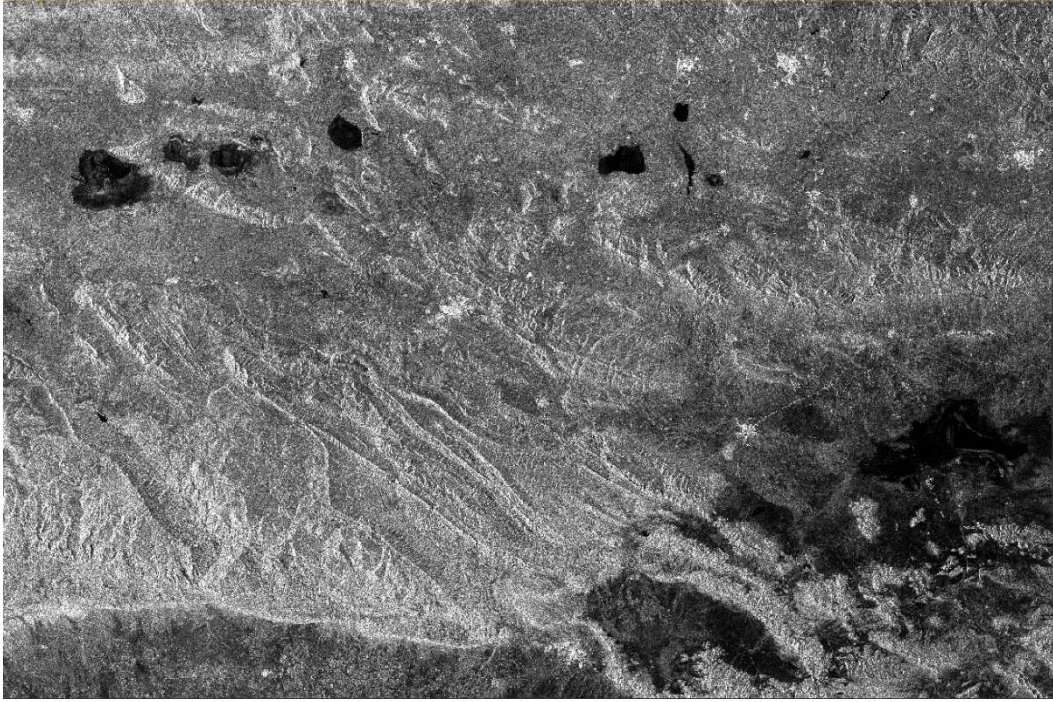
الشكل III-3 يوضح منطقة الدراسة

بعد تحميلها نضع الصور في برنامج SNAP على شكل ملف rar نفتح باستعمال bands نستعمل Amplitude VH فتظهر الصورة التالية:



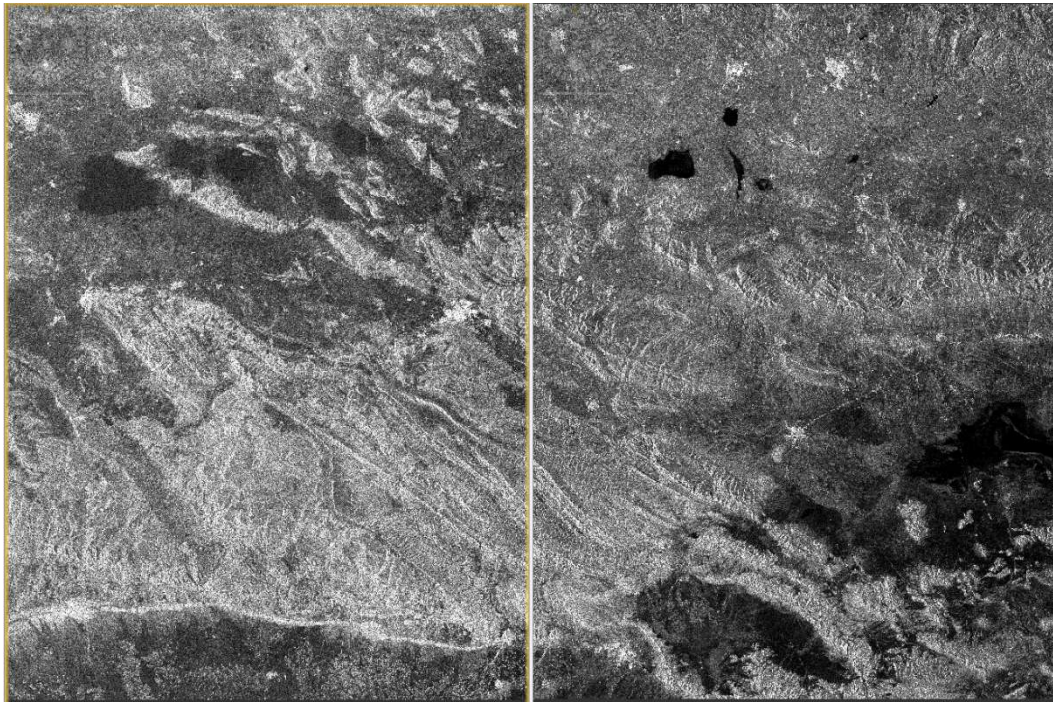
الشكل III-4 صورة موائفة للمنطقة المدروسة باستعمال sentinel-1 وبالخاصة بالband Amplitud VH

وعند استعمال Amplitude VV فتظهر الصورة التالية:



الشكل III - 5 صورة موافقة للمنطقة المدروسة باستعمال sentinel-1 والخاصة بالband Amplitud VV

يمكن المقارنة بين الصورتين كما هو موضح في الشكل III - 6.

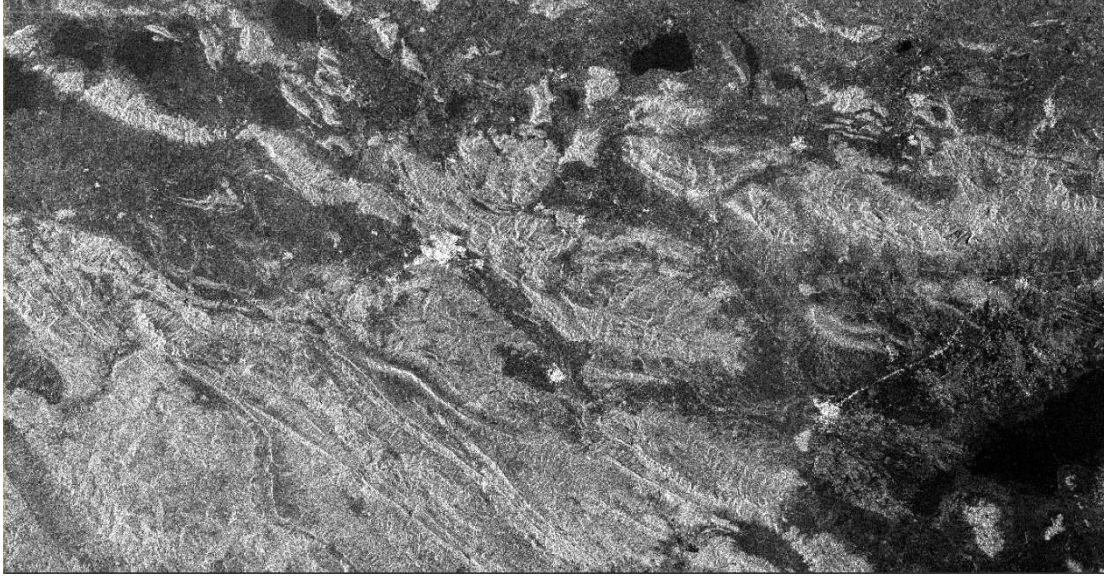


الشكل III - 6 يوضح الفرق بين الصورتين الموضحتين في الشكلين III - 4 و III - 5

نقوم بمعالجة الصورة المبينة في الشكل III - 4 وذلك بإجراء عدة عمليات باستعمال برنامج الـ SNAP .
والخصائص التي يتمتع بها.

1/ نقوم بتقطيع الصورة وتحديد المنطقة المراد دراستها بدقة وذلك:

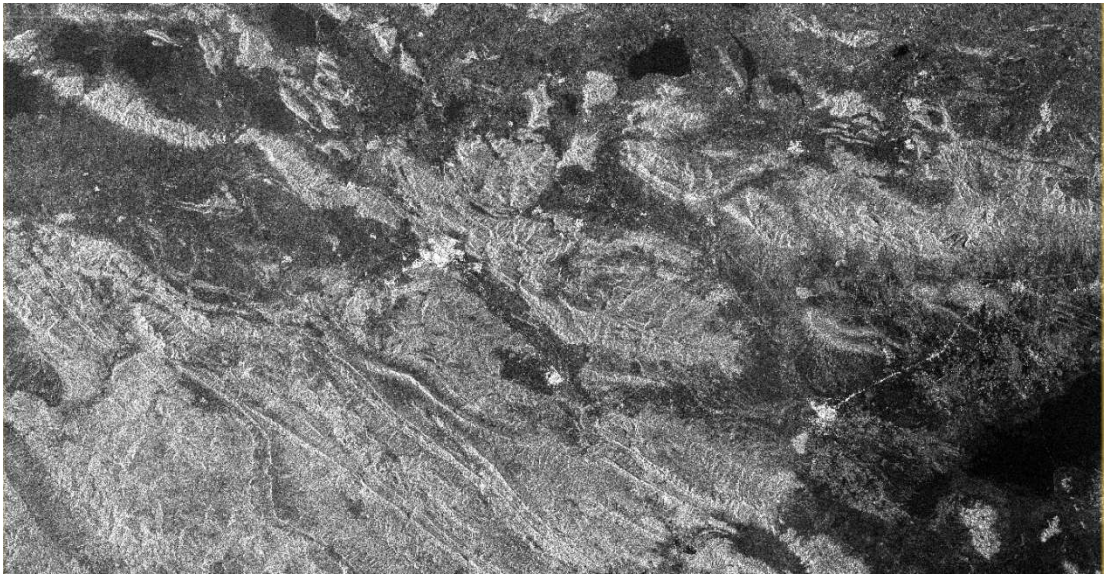
Raster ثم Subset وتحديد المنطقة ثم Run. نحصل على الصورة الموضحة في الشكل III - 7



الشكل III - 7 توضح الصورة بعد اجراء عملية Subset

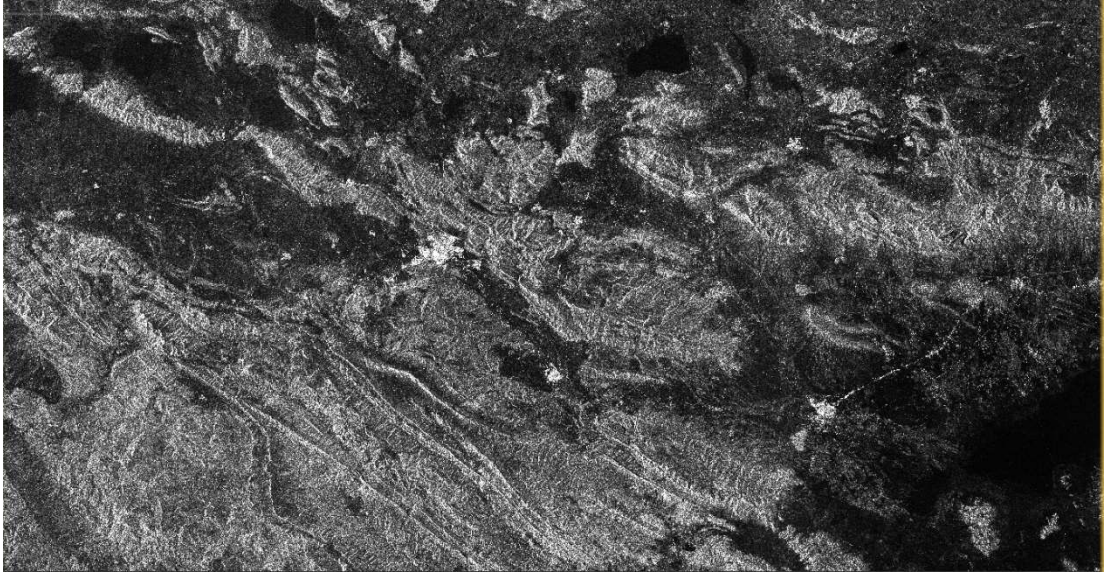
2/ نقوم بضبط بيانات المدار ومعايرة الصورة كالتالي:

الذهاب إلى Radar ثم Apply orbit file ثم Run. نحصل على الصورة III - 8.



الشكل III - 8 يوضح ضبط بيانات المدار Apply orbit file

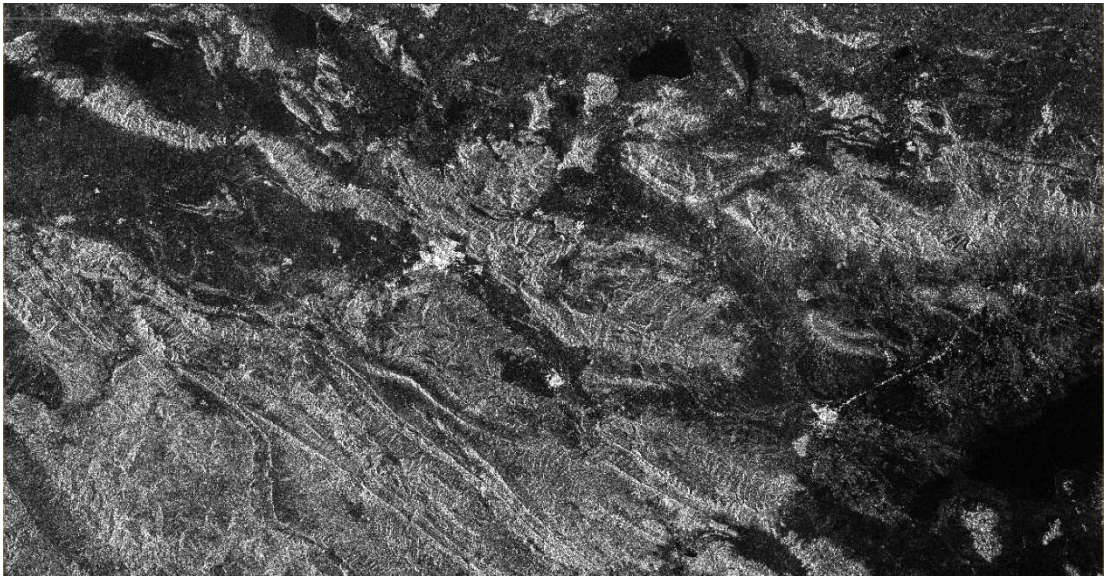
الذهاب إلى Radar ثم Radiometric ثم Clibrate فنحصل على الصورة III - 9.



الشكل III - 9 يوضح معايرة صورة الرادار Clibrate.

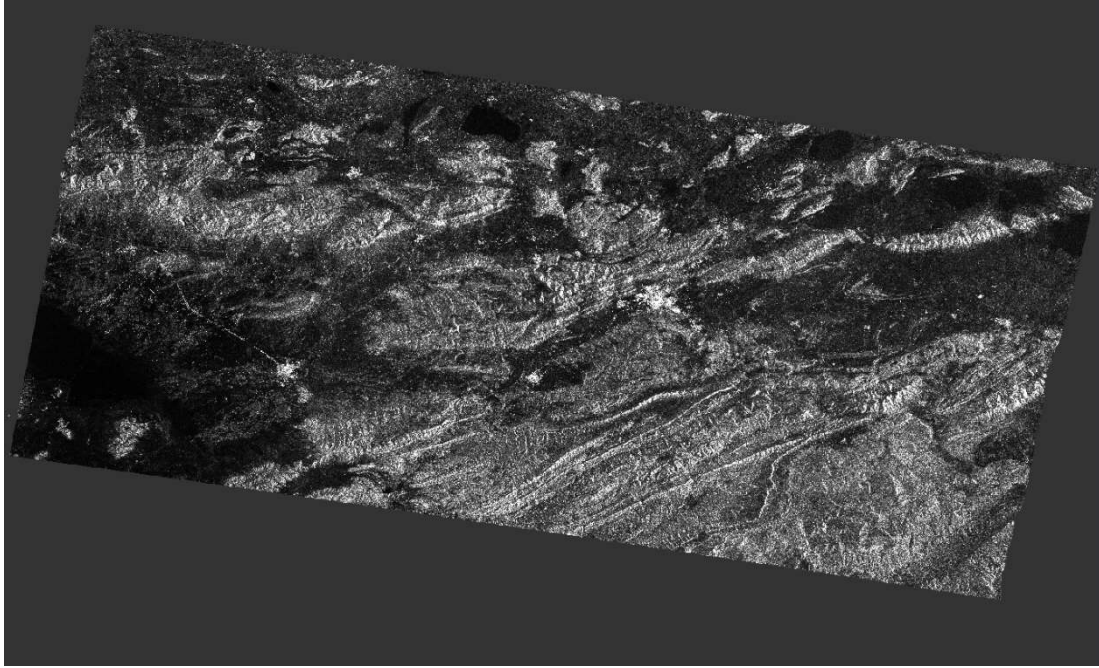
3/ ضبط الصورة وتصبح ذات معالم واضحة

نضغط على Radar ثم SAR Utilities ثم Multilooking فنحصل على الصورة III - 10.



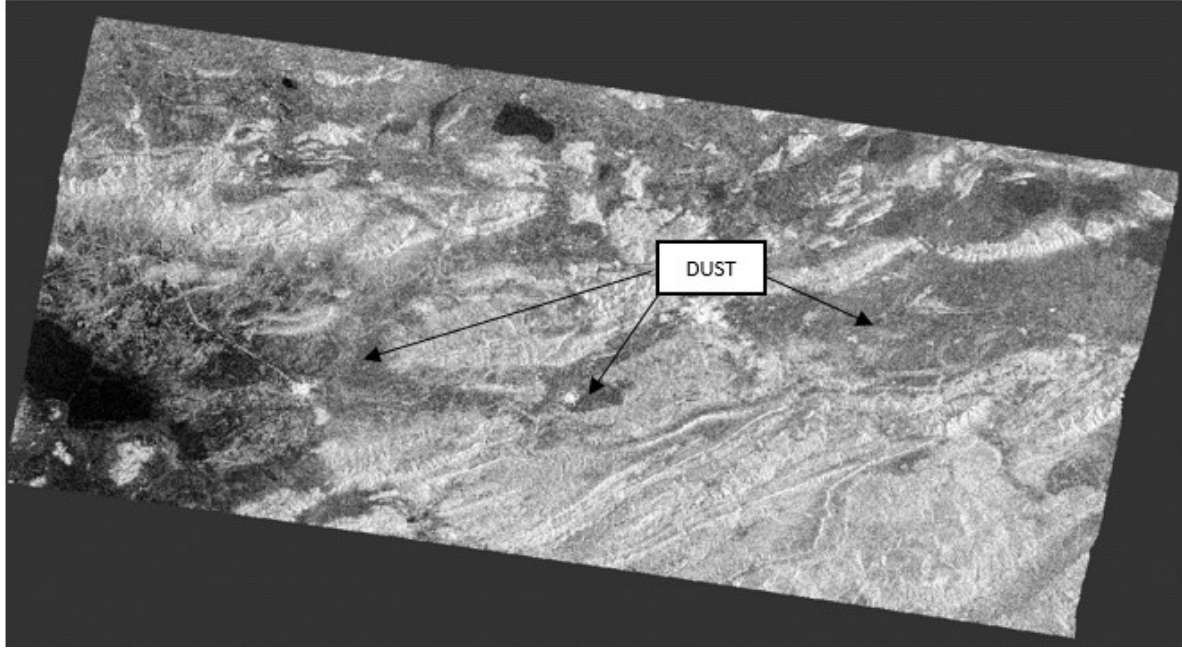
الشكل III - 10 يوضح ضبط الصورة وأصبحت ذات معالم واضحة Multilooking.

الضغط على Radar ثم Geometric ثم terrain correction ثم Range-Doppler terrain correction، فنحصل على الصورة III - 11.



الشكل III - 11 صورة مضبوطة هندسيا ومصححة التضاريس

الصورة الموضحة في الشكل III - 11 يمكن تعديل اضاءتها وتصبح كما هو موضح في الشكل III - 12



الشكل III - 12 توضح صورة واضحة المعالم تبرز العاصفة الرملية

III-4-2 رصد العواصف الغبارية باستخدام صور sentinel-2

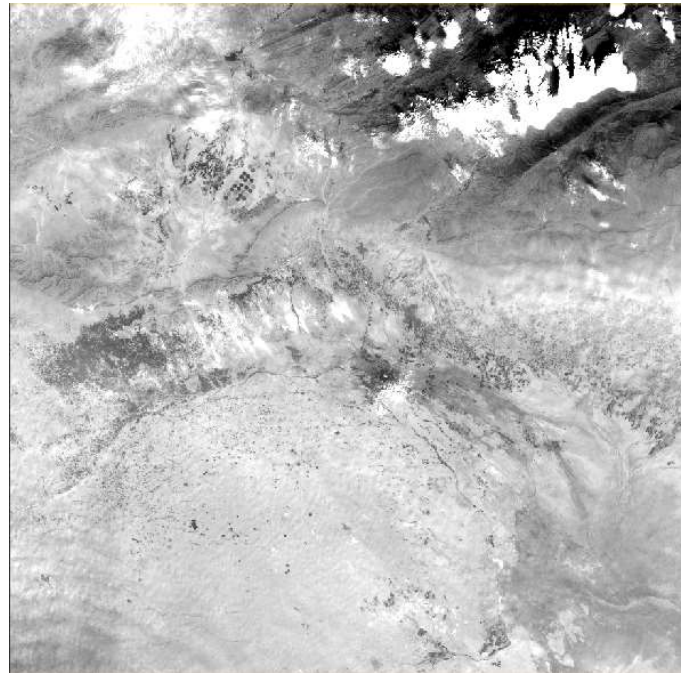
نقوم تحميل بيانات sentinel-2 من الرابط <http://cophub.copernicus.eu> وذلك بعد تحديد المنطقة الموضحة في الشكل III - 13 والتي كانت بتاريخ 2022/03/17 حيث تميزت هذه المنطقة بهبوب عاصفة رملية نريد دراستها باستخدام برنامج SNAP.



الشكل III - 13 منطقة الدراسة التي تم تحميل بيانات sentinel-2 لها

بعد تحميلها نضع الصور في برنامج SNAP على شكل ملف rar نفتح باستخدام bands

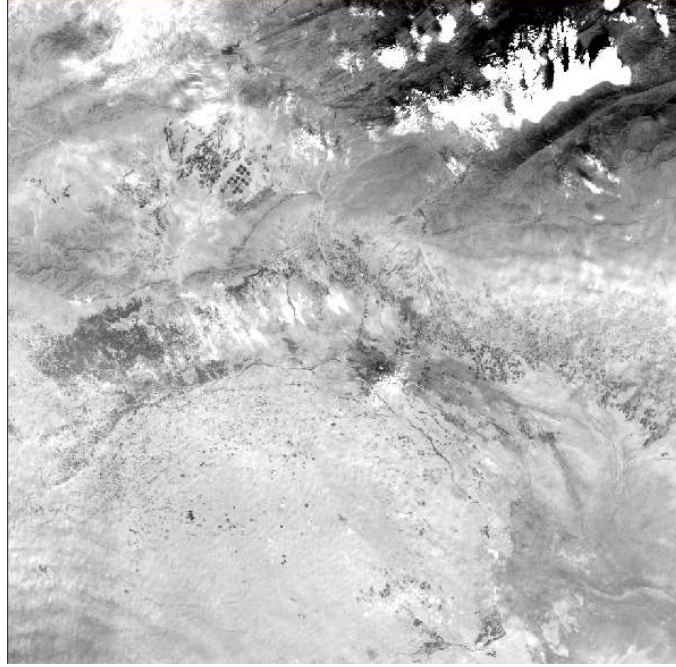
1/ نفتح بواسطة B1 فتظهر الصورة III - 14.



الشكل III - 14 صورة موافقة للمنطقة المدروسة باستخدام sentinel-2 والخاصة بالـ B1.

2/ تحديد الدقة المكانية 60 متر

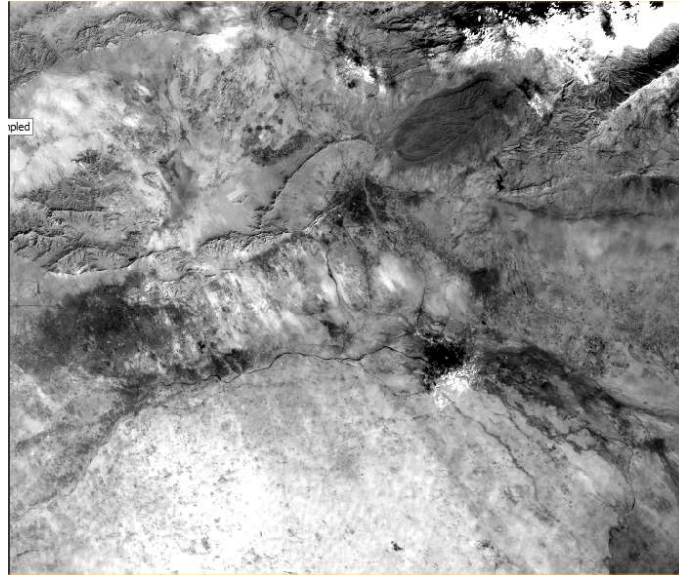
نضغط على Raster ثم Geometric ثم Resampling ثم Resampling Paramètres ثم اختيار الدقة المكانية 60 متر ثم نضغط Run. نحصل على الصورة III - 15.



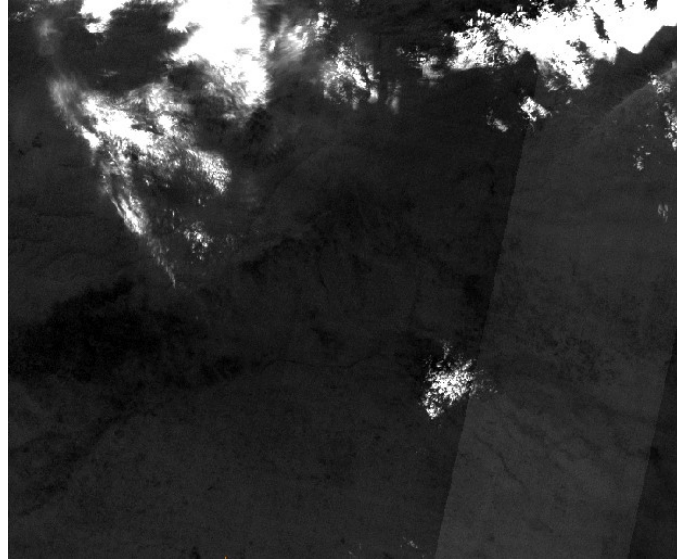
الشكل III - 15 صورة لمنطقة الدراسة بدقة مكانية 60 متر موافقة B1

3/ تقطيع الصورة وتحديد منطقة الدراسة وbands الموافقة.

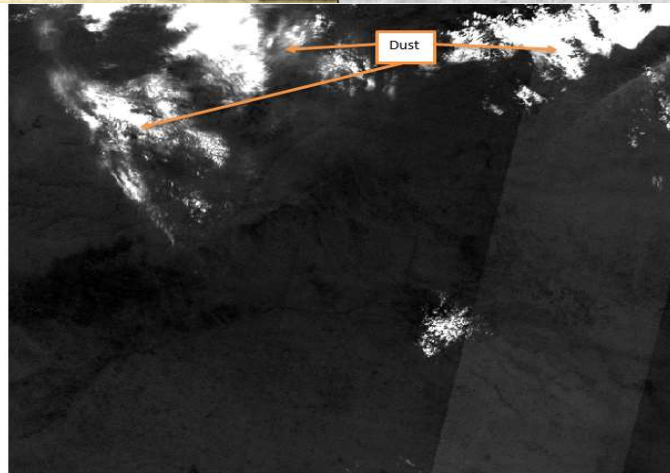
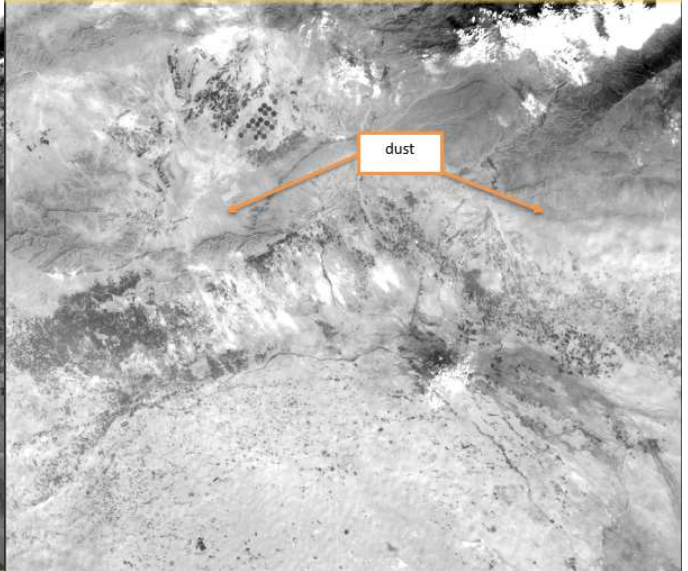
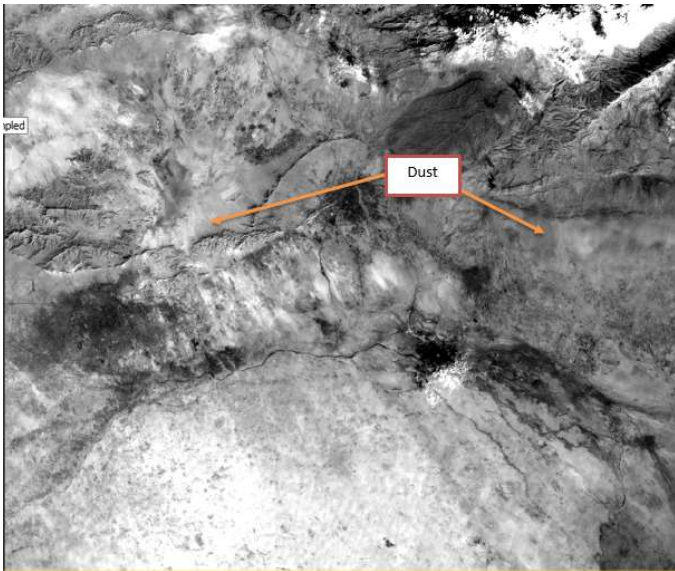
نضغط على Raster ثم subset ثم اختيار المنطقة بدقة ثم اختيار ثلاثة bands الموافقة وهي B1 وB9 وB10 تظهر الصور المبينة.



الشكل III - 16 الصورة موضحة بواسطة B9



الشكل III - 17 الصورة موضحة بواسطة B10



الشكل III - 18 صورة توضح العاصفة الرملية التي رصدت باستعمال بيانات sentinel-2
باعتبار الدقة المكانية 60 متر باستعمال B1، B9، وB10.

III - 5 طرق وأدوات أخرى لرصد التلوث

III - 5-1 محطات مراقبة جودة الهواء

تتكون مراقبة جودة الهواء من قياس الملوثات في الهواء بشكل منهجي لهدف تحديد تركيزات الملوثات ومصدرها وتأثيرها على مختلف مستقبلاتها (الانسان، الحيوان، النبات والمنشآت...) حيث تختلف في المكان والزمان ومكوناتها وديناميكيات انتشارها.

يعتمد قياس وتحليل هذه الملوثات المغطاة في جميع أنحاء المنطقة على عدة وسائل للقياس سواء عن طريق المحطات الثابتة أو المتنقلة. [31]

III - 5-1-1 المحطات الثابتة

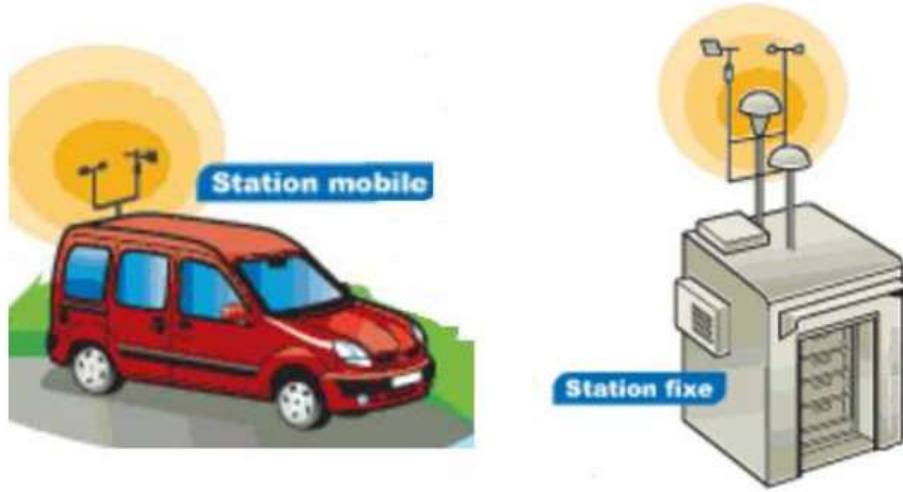
جهاز المراقبة له محطات قياس ثابتة تقع بشكل عام في الأماكن العامة، تكون المحطة مجهزة بأجهزة تحليل تقيس بشكل مستمر وفي الوقت الحقيقي تراكيز الملوثات المعنية مثل: الأوزون، أكاسيد النيتروجين ثاني أكسيد الكبريت، البنزين، التولون، الغبار العالق ... حيث تحدد معلومات كثيرة وعديدة عن مختلف تركيزات الملوثات عند نقطة القياس.

كل محطة قياس ثابتة تستهدف هدف مراقبة خاصة (حظري، شبه حظري، ملاحظة الطقس، ...) حسب هذا الهدف يجب مراعاة معايير التثبيت الموافقة له. [31]

III - 5-1-2 المحطات المتنقلة

شبكة المراقبة تمتلك أيضا محطات متنقلة تقيس تراكيز الملوثات الجوية وأيضا مقاييس مناخية ولكن بطريقة مضبوطة وفي مواقع مختلفة.

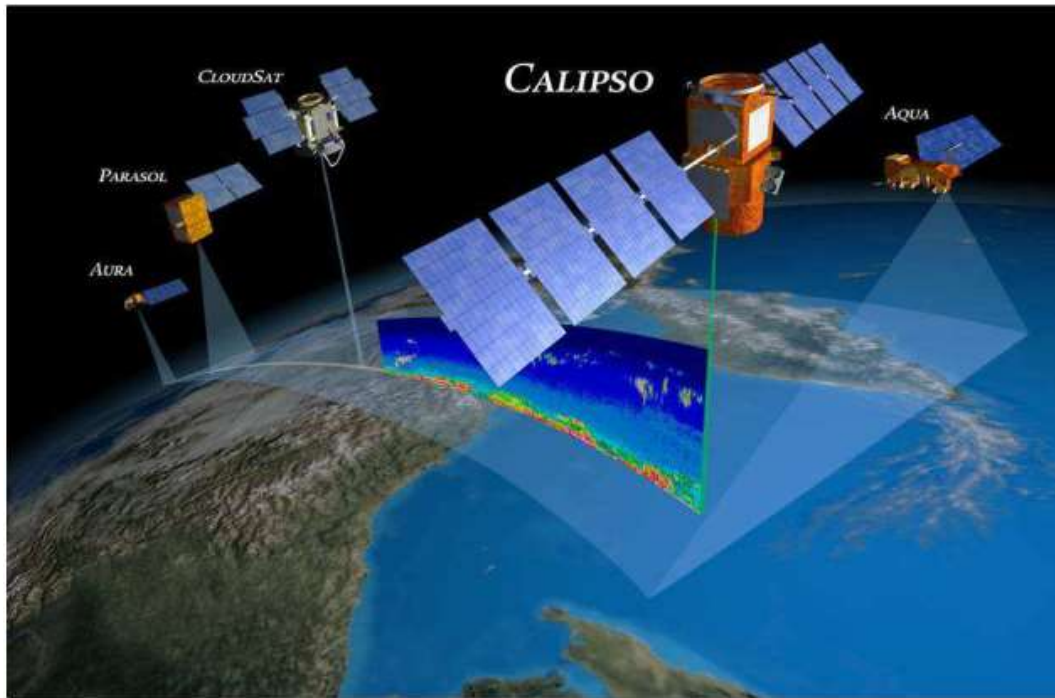
مبدأ عمل المحطة المتنقلة يتمثل في أنها مجهزة بالعديد من المحطات التي تقيس بشكل مضبوط وفي الوقت الحقيقي تراكيز الملوثات، النتيجة الظاهرة على مستوى العمق وإشارات الملوثات المعنية (الأوزون، ثاني أكسيد الكبريت، البنزين، ...)، المعلومات المعطاة هي متعددة تراكيز الملوثات في نقطة القياس. هذا النظام يظهر في الأسفل مجموعة أنظمة رادار لالتقاط إشارات ومعالجتها بجهاز اعلام ألي مثبت داخل الشاحنة، والتي عدل شكلها لتسمح بتثبيت لاقط الرادار. [31]



الشكل III - 19 المحطة الثابتة والمتنقلة

III-5-2 الأقمار الاصطناعية

اليوم الأقمار الاصطناعية للملاحظة أصبحت جد مهمة من أجل دراسة الجو والتغير المناخي وتسيير المخاطر والتي تسمح للإنسان بأخذ نظرة عامة من أجل تحديد مكان تركز السحب والملوثات.



الشكل III - 20 ملاحظة الأقمار الاصطناعية calipso و calipso-cloudsat في مدارها

يمكن تقسيم الملاحظات كالتالي:

ملاحظات غير نشطة: عندما يكون لاقط القمر الاصطناعي يقيس الضوء المنعكس من أسطح الأشياء المضاءة بالشمس، أو الضوء المنبعث بواسطة الأشياء (أشعة تحت الحمراء المنبعثة من حرارة الأشياء) ملاحظات نشطة: عندما يكون القمر الاصطناعي يضيء بنفسه المنطقة ويقيس الاشعاع المنعكس عبرها وهي حالة: الدرون، الرادار و الليدار. [32]

III-5-2-1 الدرون

الدرون مركبة مستقلة بدون سائق جوية أرضية أو سطحية أو بحرية تعتبر من التكنولوجيات الحديثة المستعملة في مجال الرصد البيئي ورصد مختلف الظواهر المناخية التي تحدث على سطح الأرض.

• مبدأ الدرون:

نظرا لحجمها الصغير يتم التحكم فيها عن بعد من خلال منصة تحكم والتي تكون في أي مكان من سطح الأرض فقد تكون غرفة صغير ويمكن أن يكون التحكم من غرفة النوم. تحتوي طائرة الدرون على كاميرا تبعث مباشرة الصور والرسائل إلى جهاز الاعلام الآلي. [32,33]

الشخص المتحكم بالدرون يستطيع مراقبة مجموعة النشاطات التي تحدث في المنطقة.



الشكل III-21 صورة توضح مبدأ عمل الدرون

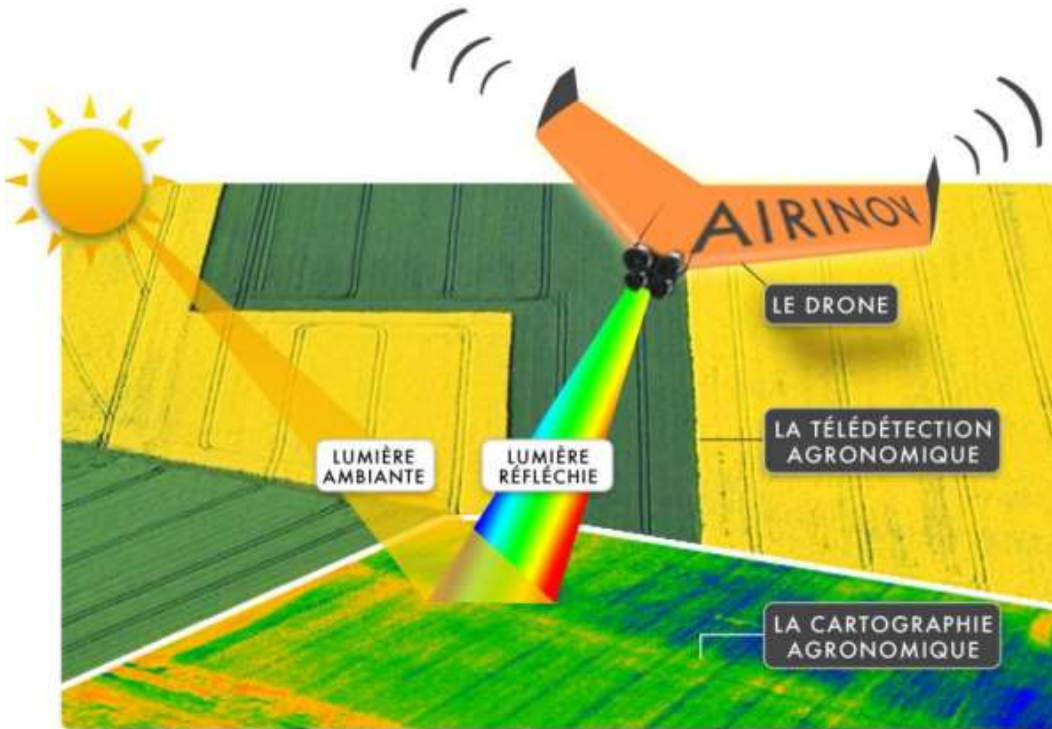
• أنواع الدرون: توجد ثلاثة أنواع من الدرون لتحديد المحيط المراد دراسته وتقييمه.

أ/ الدرون الجوي: تعتبر من الوسائل الحديثة لمراقبة ورصد العالم.



الشكل III - 22 صورة للدرون multi-rotors

ب/ الدرون الأرضي: هي الآلات المستعملة خصيصا لمعرفة الأرضية والوقاية من المخاطر الكيماوية



الشكل III - 23 صورة توضح وظيفة الدرون الأرضي

ج/ الدرون بطاقة 3D: لاقط التلوث، قادر على قياس في الوقت الحقيقي في نقطة معينة تركيز الهواء من الجزيئات الدقيقة مثل: ثنائي أكسيد الكربون، ثنائي أكسيد الأزوت، ...

بفضل هذا التقدم التكنولوجي من الممكن في المستقبل انجاز بطاقات 3D لنوعية الهواء، والتي تسمح بتحديد أي طبقة من الجو الملوثة. [32]

III - 2 - 5 - 2 ليدار والرادار الصودار

ليدار والرادار والصودار تشتغل بنفس المبدأ حيث: موجة تنبعث عبر جهاز وتنعكس من الهدف. الزمن المستغرق في حالة الذهاب والإياب تحدد مسافة الهدف. تعديل الموجة العائدة تحدد طولها وطبيعتها وسرعتها (تأثير دوبلر)، تختلف هذه الأجهزة في طبيعة الموجة المنبعثة، موجة كهرومغناطيسية للرادار، ضوئية للليدار وموجة صوتية بالنسبة للصودار. [34]

III - 2 - 5 - 1 الليدار

ليدار هو رادار يختص في التقاط البرق ويمكن من القياس عن بعد لسرعة انتقال الصواعق، والمكونات الكيميائية للبرق وقياس تركيزها. [34]

• أهم أنماط التشغيل:

العودة الى جهاز الليدار هو حل لتغطية مختلف النقائص حيث يسمح بتمييز بعض مكونات مثل:

SO_2 ، NO_2 ، O_3 ومكونات عضوية طيارة COV ووجود أتربة في الجو.

في شعاع على بعد كيلومترات وثلاثي الأبعاد في وقت حقيقي بتجسيد بطاقة فيزيوكيميائية والتركيب العمودي لجزء من الجو، وخاصة الطبقة المحددة التي تجتمع فيها الملوثات. [34,35]

• أنماط تطبيق الليدار:

• ليدار الارتداد

في هذه الحالة العامل المهم هو معامل الارتداد الذي يحتوي على معلومات حول كثافة العوامل المنبعثة والمنتشرة هذا النوع يدعى Lidar de mie يستعمل مصدر الليزر Nd :YAG يبعث إلى 1.064 ميكرو متر، يسمح بتحديد مكان وقياس تركيب طبقات السحب والجزيئات المتناثرة في الجو (دخان، غبار البركان، غبار عالق في الجو،...). [34,35]

• ليدار Rayleigh

يستعمل لقياس كثافة طبقة الستراتوسفير وتسمح بقياس ملامح درجة الحرارة.

• ليدار Raman

يستعمل لقياس تركيز غبار خاص يتميز باختلال طيفي المعطى بين الانبعاث والاستقبال.

• ليدار فروق الامتصاص DIAL

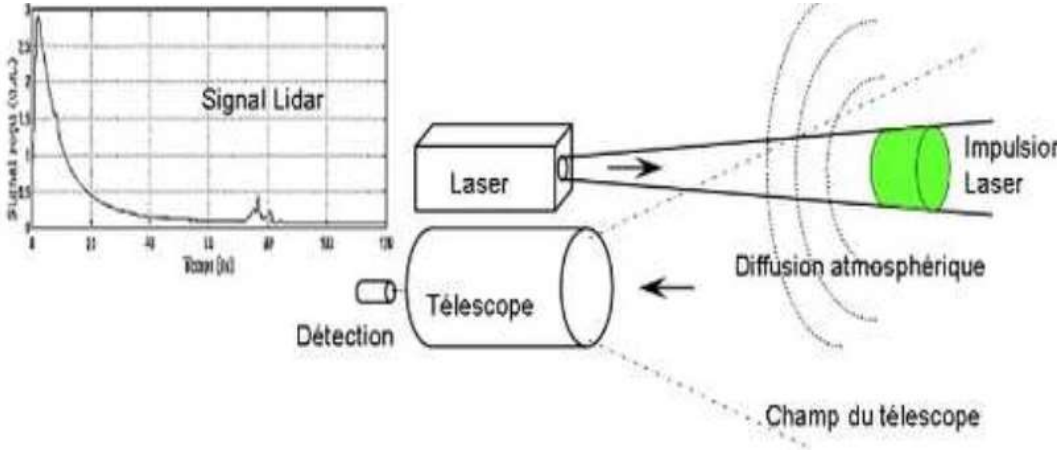
في هذه الحالة معامل لامتصاص الجوي α هو العامل المهم، وهذا العامل يختلف مع طول الموجة حسب الخصائص الطيفية لامتصاص المادة الكيميائية التي ستلتقط على شكل الهباء الجوي أو البخار. ليدار DIAL يستعمل على الأقل طولي الموجات المنبعثة عبر مصدر الليزر حيث: الطول الأول يتموقع في شريط الامتصاص λ_0 والثاني غير ممتص يستخدم لمرجع λ_0 . [34,35]

• ليدار دوبلر الثابت Doppler coherent

في الأخير من الضروري ذكر طريقة أخرى لتشغيل الليدار وهي مناشدة التماسك الزمني لمصادر الليزر الأخرى. في هذه الحالة يتم استخدام مصدر ليزر أحادي الوضع وثابت التردد، ويتم توفير الإشارة المكتشفة بواسطة مقياس التداخل الذي يقوم بخلط متماسك بين السعة من شعاع مبعثر خلفي وجزء صغير من شعاع الليزر المنبعث. هذه التقنية على غرار تقنيات رادار معينة، فهو حساس لازاحات التردد بسبب تأثير دوبلر مرتبطة بحركة الجسيمات المتناثرة وبذلك نحصل على أداة لقياس الرياح أو مقياس شدة الرياح، في هذه الحالة يتم استخدام ليزر ثاني أكسيد الكربون الذي ينبعث منه حوالي 10 ميكرومتر التي توفر استقرار التردد والطاقة اللازمة في نطاق شفافية الغلاف الجوي بالأشعة تحت الحمراء. [34,35,38]



الشكل III - 24 صورة للليدار



الشكل III - 25 مخطط عمل الليدار

III - 2-2-2-5 الرادار

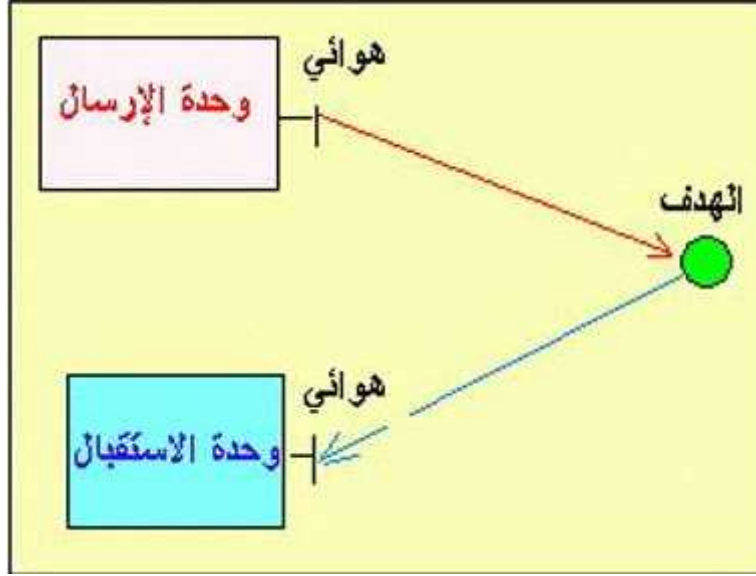
يعتمد الرادار على إرسال الأمواج الكهرومغناطيسية والمنعكسة من الهدف، فالإشارة المنبعثة تستقبل وتحلل من أجل الحصول على خصائص الهدف.

الرادار يستعمل على الأقل لالتقاط وجود وموقع الهدف لكن تحليل القياسات يستطيع أن يتضمن عوامل مثل: السرعة وموضع الهدف في الفضاء، لكن مقارنة مع القياسات الساتلية المرئية وتحت الحمراء فإن الرادار يعمل بطريقة مختلفة تماما، فالقمر الاصطناعي وسيلة للالتقاط عن بعد غير نشط لأنه عبارة عن مستقبل وليس مرسل ولكن نظام الرادار يمتلك الإثنين معا فهو وسيلة نشطة، يوجد للرادار عدة أنواع ويمكن تثبيته على العديد من المنصات (أرضية، سفينة، طائرة...) وحتى على الأقمار الاصطناعية. [35,36]

• أنواع الرادار

الرادار المناخية تقسم حسب شريط التوتر ميكرو وند والأكثر استعمالا هي: شريط S(10cm)، شريط C(5cm)، شريط X(3cm).

عوامل متعددة تؤثر على اختيار شريط التوتر، الأطوال الموجية القصيرة هي الأكثر حساسية ولكن تتميز بفعالية أكبر في حالة هطول الأمطار من أنظمة الأطوال الموجية الأطول. للحصول على دقة أكبر فإن نظام الطول الموجي الأطول يحتاج هوائي أكبر ويكون باهض الثمن. [35,36,37]



الشكل III - 26 مخطط عمل الرادار



الشكل III - 27 صورة لرادار متطور

ينتشر بشكل عمودي حتى يلاقي اختلاف في كثافة الجو، عموما يكون مصاحبا لاتجاه الرياح، جزء من الموجة يعاد بعته ويلتقط بالصودار. [36]

زمن الحركة يسمح باستنتاج المسافة العمودية لهذه اللااستمرارية لطبقات الهواء، وتغير التوتر يسمح بحساب سرعة طبقات الرياح حسب توتر الانبعاث الصوتي وقوة الجهاز للصودار له فعالية قصوى ل 1000 متر. يمكن استخدام الصودار لقياس الرياح والتيارات الدورانية والتقاط السحب والعواصف، ومن سلبيات الصودار يكون قريب من سطح الأرض في حدود 600 متر وحساس جدا للضجيج.



الشكل III - 29 صور لجهاز الصودار

III - 6 الإنذار المبكر من العواصف الرملية والغبارية

يحكم على فعالية نظم الإنذار المتعلقة بالعواصف الرملية والغبارية بمدى نجاح المتضررين من هبوبها من اتخاذ إجراءات لتجنبها أو الحد من آثارها، دون الاقتصار فقط على دقة وتطور التنبؤ بها ونمذجتها. يحدد تركيز الأثر الخاص بنظام الإنذار كيف يمكن أن يؤثر حدث من أحداث العواصف الرملية والغبارية على شخص ما معرض لخطر العواصف وما يمكن عمله للحد من هذا التهديد.

لنظام إنذار فعال يرتكز أساسا على أربعة عناصر وهي: المعرفة بمخاطر الكوارث، كشف ورصد وتحليل والتنبؤ بالأخطار والتبعات المحتملة، نشر الإنذار والتواصل، قدرات التأهب والتصدي. [19]

تساهم التنبؤات والإنذارات المتعلقة بالعواصف الرملية والغبارية في تحسين التأهب لها بثلاث طرق هي:

- فهم طبيعة العواصف الرملية والغبارية الذي يهيئ الأساس لفهم هذه العواصف باعتبارها خطرا يلزم التأهب له.

- يمكن للتنبؤات أن تطلق إنذارات، مما يؤدي بدوره إلى اتخاذ إجراءات أخرى لازمة للحد من أثر حدوث عواصف رملية وغبارية.
- تثقيف المعرضين للخطر بشأن العواصف الرملية والغبارية بحيث تكون الإنذارات فعالة ليس فقط لتحسين قدرات الاستجابة بمجرد تلقي الإنذار، ولكن لتحسين مستوى الاستعداد الفردي والمجتمعي للعواصف الرملية والغبارية.

III - 7 إدارة مصادر العواصف الرملية والغبارية وتخفيف الآثار

تدرج تدابير التخفيف من آثار العواصف الرملية والغبارية في مجموعتين مصممتين للحد من:

- الانبعاثات من مصادر الرمل والغبار (التدابير الوقائية/ إدارة المصادر)
 - آثار الرمال والغبار في مناطق الترسيب (تدابير الحماية / تخفيف الآثار)
- كما يمكن تقسيم تدابير مكافحة الوقائية إلى ثلاث مجموعات: الخاصة منها بالانظم البيئية الطبيعية، والغابات والمراعي؛ والخاصة منها بالأراضي المزروعة؛ والخاصة منها بالأماكن الصناعية، بما في ذلك التعدين. وتغطي التدابير الوقائية الحماية المادية للأصول القيمة، مثل المدن والبنية الأساسية ومشاريع الري؛ ونظم التنبؤ والإنذار المبكر؛ وإجراءات التأهب والاستجابة لحالات الطوارئ.

إن أكثر استراتيجيات الرقابة فاعلية هي نظم التدبير المستدام للأراضي التي:

- تحد من القضاء على الغطاء النباتي على مساحات شاسعة؛
- تخفض طول المناطق غير النباتية للحد من زخم الرياح؛
- تزيد من تماسك التربة أو استقرارها في مجاميع التربة ومقاومة سطح التربة لمنع رفع جسيمات التربة بواسطة الرياح؛
- تحد من سرعة الرياح بالقرب من الأرض وتحويل اتجاهها؛
- تسيطر على مصدر مواد بناء الكثبان.

تلعب الإدارة المستدامة للمراعي أيضا دورا رئيسيا في الحد من مناطق مصادر العواصف الرملية. وبوجه عام، تتخذ أساليب مكافحة التعرية الريحية وتدهور التربة في المراعي شكل تدابير وقائية مثل اراحة المراعي والرعي بالتناوب أو الخاضع للرقابة، وتخفيض معدلات التخزين، أو صيانة ودعم النظام الرعي للمستنقعات المؤتية من الناحية البيئية. [19]

لقد حاولنا تلخيص بعض إنجازات دراسات علم المناخ والغبار ونمذجة العواصف الغبارية ورصدها. تظهر الملاحظات التاريخية والخبرة الحديثة أن التباين السنوي للغبار غير مفهوم بشكل جيد، لذلك التحقيق في تقلبية العواصف الغبارية طويلة المدى مفيد لفهم تغير المناخ بشكل أفضل.

تتمتع نماذج الغبار الحالية بمهارة التنبؤ بحدوث العواصف الغبارية، فقد تم احراز تقدم في الحساب الكمي لتركيز الغبار والانبعاثات والترسيب، ومع ذلك فان عدم اليقين من تنبؤات النموذج كبيرة.

يختلف انبعاث الغبار بشكل كبير في المكان والزمان، اعتمادا على كل من الغلاف الجوي وسطح الأرض، حيث من خلال صور الأقمار الاصطناعية غالبا ما يرى أعمدة (مصدر نقطي) التي تؤدي الى انتشار واسع للغبار عادة ما بين 10 و100 كلم. [39]

ان جودة البيانات المعبرة عن تراكيز الغبار منخفضة بسبب الرؤية حيث يؤثر فيها حجم الجسيمات وخصائص الغلاف الجوي مثل رطوبة الهواء وكذا لأن الرؤية تدبير شخصي يحتمل الخطأ، كما أن قياسات تركيز الغبار متوفر أيضا من أجهزة أخذ العينات ذات الحجم الكبير والمنخفض، ربما هذه القياسات هي أكثر دقة ولكنها غير دقيقة من حيث المكان والزمان، نظرا لوجود عدد قليل من العينات ويستغرق ذلك وقت طويل.

ان أجهزة رصد العواصف الغبارية والرملية والمحددة في مذكرتنا هذه وبالرغم من دورها الكبير في ابرازها ورصدها وجمع بيانات كثيرة عنها إلا أنها تعترضها بعض النقائص، فمثلا: بيانات الليدار توفر معلومات عن الجزء السفلي فقط للغلاف الجوي، حيث لا يمكن لإشارات الليدار أن تخترق طبقة الغبار الكثيفة.

الأقمار الاصطناعية تكون مصدرا هاما للبيانات ومع ذلك فان الصعوبات الفنية في تحويل اشاراتها لفيزيائية مفيدة عمليا مثل حمل كميات الغبار لم يتم حلها بعد، استيعاب البيانات أسلوب ناجح والتقدم في تكنولوجيا الاستشعار عن بعد قد تمكن من تقنيات تحليل البيانات العكسية واستيعاب قياسات الغبار ونمذجتها في المستقبل القريب.

من المعقول أن نستنتج أن التقدم الأخير في تكنولوجيا الاستشعار عن بعد بالأقمار الاصطناعية وتحليل البيانات مكنت من التعرف على العواصف الغبارية، لكن هناك صعوبات في اكتشاف العواصف الترابية تحت الغطاء السحابية هذا ضروري لدمج الملاحظة التقليدية مع بيانات الأقمار الاصطناعية لتوفير مراقبة مناسبة للغبار. [39]

تقدير كميات فيزيائية متعلقة بالغبار هي أكثر صعوبة لأن الإشارات المكتشفة بواسطة الأقمار هي مزيج من إشارات اشعاع سطح الأرض، الغيوم والغبار والهباء الجوي. لكن يمكن اشتقاق معلومات مفيدة من بيانات الأقمار الاصطناعية مثل: حمل الغبار والجسيمات الفعالة.

ان البيانات لا تستخدم بعد بشكل فعال لدراسة العواصف الغبارية، لذا يجب أن نستكشف كيف يمكن للنماذج العددية أن تفعل ذلك انطلاقا من بيانات الأقمار الاصطناعية؟

المراجع والمصادر

1. Planton, Serge (France ; editor) (2013). "Annex III. Glossary: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change" (PDF). IPCC Fifth Assessment Report.p. 1450. Archived from the original (PDF) on 2016-05-24. Retrieved 25 July 2016. [1]
2. Shepherd, Dr. J. Marshall; Shindell, Drew ; O'Carroll, Cynthia M. (1 February 2005). *"What's the Difference Between Weather and Climate?"*. NASA. Retrieved 13 November 2015. [2]
3. C. W. Thornthwaite (1948). "An Approach Toward a Rational Classification of Climate"(PDF). *Geographical Review*. 38 (1) : 55
94. doi : 10.2307/210739. JSTOR 210739. [3]
4. Hughes, Lesley (2000). Biological consequences of globalwarming: is the signal already. p 56. [4]
5. Prof. T. Stocker - Introduction to Climate Modelling – note - University of Bern-(2009) – page3. [5]
6. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie/atmosphere-850/> -Définition | Atmosphère | Futura Planète (futura-sciences.com). [6]
7. INERIS : “Méthodes pour l’évaluation et prévention des risques accidentels / dispersion atmosphérique : Mécanismes et outils de calcul ”, DRA 006, Ω - 12 (2002). [7]
8. MAYA Press - Réalisation : G. Klotz - Photos de couverture : A.Mazaud – Photodisc - Illustrations : YUVANOE Avec la collaboration de F. Saint-Jalm, professeur de physique-chimie - 11 / 2013. [8]
9. <https://www.itu.int/pub/R-REC/en> - R-REC-RS.1883-1-201812. [9]
10. Prof. T. Stocker - Introduction to Climate Modelling – note - University of Bern -(2009) – page4. [10]
11. Flato, G., and Coauthors, 2013: Evaluation of climate models. In IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis, T. F. Stocker et al., Eds., Cambridge University Press, p741–866.[11]
12. <https://www.toppr.com/guides/chemistry/environmental-chemistry/what-is-biosphereand-its-3-components> - “What is Biosphere and its 3 components “ – 2021. [12]

13. Prof. T. Stocker - Introduction to Climate Modelling – note - University of Bern-(2009) – page6. [13]
14. A. Fekih, N. Talbi, and B. Sadaoui, “Etude spatiotemporelle des événements de sable sur la région sud-est: Méthode de suivi et de prévision,” Journées d’étude Sensib. sur la Quantif. du sable en transit éolien sur la lutte contre l’ensablement. Ouargla, 2007. [14]
15. M. Legrand, A. Plana-Fattori, and C. N’Doumé, “Satellite detection of dust using the IR imagery of Meteosat 1. Infrared difference dust index,” J. Geophys. Res. Atmos., vol. 106, no. D16, pp. 18251–18274, 2001, doi: 10.1029/2000JD900749. [15]
16. س. طمل and ع. ا. ا. ز. سويقات، “الزوابع الرملية والترابية في الجزائر: الخصائص، المصادر والتوزيع،” [16]
17. D. Storms, T. Relationship, W. Temperature, W. Speed, R. Humidity, and “العواصف الغبارية وعلقتها مع درجة الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة النسبية في مدينة الحلة,” H. City pp. 1–11, 2015. [17]
18. ف. ع. ا. ع. ا. م. احمد، “جيومورفولوجية الكثبان الرملية واطارها بمنخفض الخارجة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد،” 2016. [18]
19. Executive Secretary, UNCCD, UN Campus Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Germany.2022. [19]
20. M. H. Khadim, “The detection of dust storms using metsats salilites,” pp. 116–124. [20]
21. [19] J. F. Kok, E. J. R. Parteli, T. I. Michaels, and D. B. Karam, “The physics of wind-blown sand and dust,” Reports Prog. Phys., vol. 75, no. 10, 2012, doi: 10.1088/0034-4885/75/10/106901. [21]
22. A. S. Goudie and N. J. Middleton, “Desert dust in the global system,” Desert Dust Glob. Syst., pp. 1–287, 2006, doi: 10.1007/3-540-32355-4. [22]
23. N. Mahowald et al., “Dust sources and deposition during the last glacial maximum and current climate: A comparison of model results with paleodata from ice cores and marine sediments,” J. Geophys. Res. Atmos., vol. 104, no. D13, pp. 15895–15916, 1999, doi: 10.1029/1999JD900084. [23]

24. D. BENAOUA, “Simulation des émissions d’aérosols désertiques à l’échelle Régionale : Analyse climatologique des émissions du Nord de l’Afrique,” 2014. [24]
25. M. C. Todd et al., “Mineral dust emission from the Bodélé Depression northern Chad, during BoDEX 2005,” *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 112, no. 6, 2007, doi: 10.1029/2006JD007170. [25]
26. P. Ozer, “Dust variability and land degradation in the Sahel,” *Belgeo*, no. 2, pp. 195–209, 2002, doi: 10.4000/belgeo.16124. [26]
27. “the Step-Mountain Eta Coordinate Model: Further Developments of the Convection, Viscous Sublayer, and Turbulence Closure Schemes,” 1994. [27]
28. [http://gji.oxfordjournals.org/Divusion of dust particles](http://gji.oxfordjournals.org/Divusion%20of%20dust%20particles) .by guest on July 3, 2015 . [28]
29. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/sand-and-dust-storms> . [29]
30. <https://scihub.copernicus.eu/>. [30]
31.] INERIS : “Principe et apports pour la surveillance des contaminants organiques dans le milieu aquatique ADEME & VOUS”, dossier n°7 juillet août, Un appel aux bioindicateurs. RAPPORT D’ÉTUDE 10/01/09 N° -DRC-08-95306-16732A Outils bioanalytiques in vitro (2007). [31]
32. Koh L P, Wich S A : “Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation”. *Tropical Conservation Science*. 5(2), 121-132. Available online: www.tropicalconservationscience.org , (2012). [32]
33. Hardin P J ,Hardin T J : “Small-scale remotely piloted vehicles in environmental research. *Geography Compass*”. 4(9), (2010). [33]
34. Huang Y , Yi S., Li Z , Shao S, Qin X : “ Design of highway landslide warning and emergency response systems based on UAV”. *Proc. SPIE 8203*, (2011). [34]
35. 3D LIDAR Camera for Security and Surveillance in Maritime Applications Technical University of Catalonia (UPC) Center for Sensors, Instruments and Systems Development (CD6) ,3BES-01-(2015). [35]

- 36.** Lang S : “ LIDAR and SODAR Measurements of Wind Speed and Direction in Upland Terrain for Wind Energy Purposes Remote Sens”., 3, 1871-1901; doi:10.3390/rs3091871 Remote Sensing ISSN 2072-4292 www.mdpi.com/journal/remotesensing ,(2011). [36]
- 37.** Molchanov P, Asmolova O : “Sense and Avoid Radar for Micro-/Nano Robots” (Invited Paper), Security+Defense Conference, Amsterdam, September 24, (2014). [37]
- 38.** Gorwaraa A, Molchanov P , Asmolovab O : “Doppler micro sense and avoid radar, , a Planar Monolithics Industries Inc”., 7311-F Grove Road, Frederick, MD, USA 21704; b U.S. Air Force Academy, Colorado Springs, CO, USA 80840. [38]
- 39-**www.elsevier.com/locate/gloplacha. Global and Planetary Change 52 (2006) 1–22. [39]

لقد قمنا بدراسة النظام المناخي ومكوناته ومميزاتها، وتأثير العواصف الغبارية والرملية عليه. ثم تطرقنا إلى الدراسة الفيزيائية والرياضياتية لانتشار جزيئات الغبار وتراكيزها في الجو في حالة تغير عدة عوامل وفي حالة مصدر نقطي.

بعد ذلك قمنا بشرح كيفية رصد ومراقبة العواصف الغبارية في مناطق من صحراء الجزائر، باستعمال صور وبيانات قمرين اصطناعيين: 1-sentinel و 2-sentinel ومعالجتها باستعمال برنامج SNAP. بالإضافة الى دراسة أدوات الرصد الأخرى مثل: المحطات الثابتة والمتحركة، طائرة الدرون، وأجهزة الرادار والليدار والصودار.

وفي الأخير درسنا أهمية الإنذار المبكر من العواصف الرملية والغبارية وكذا إدارة مصادرها وتخفيف الأثار الناجمة عنها.

Résumé

Nous avons étudié le système climatique, ses composants et ses caractéristiques, ainsi que l'impact des tempêtes de poussière et de sable sur celui-ci. Ensuite, nous avons abordé l'étude physique et mathématique de la propagation des particules de poussière et de leurs concentrations dans l'atmosphère dans le cas d'un changement de plusieurs facteurs et dans le cas d'une source ponctuelle.

Après cela, nous avons expliqué comment surveiller les tempêtes de poussière dans les régions du désert algérien, en utilisant des images et des données de deux satellites : sentinel-1 et sentinel-2, et en les traitant à l'aide du programme SNAP.

En plus d'étudier d'autres outils de surveillance tels que : stations fixes et mobiles, drones, appareils radar, lidar et sonar.

Enfin, nous avons étudié l'importance de l'alerte précoce des tempêtes de sable et de poussière, ainsi que la gestion de leurs sources et l'atténuation de leurs impacts.

Summary

We have studied the climate system, its components and characteristics, and the impact of dust and sand storms on it. Then we dealt with the physical and mathematical study of the spread of dust particles and their concentrations in the atmosphere in the case of a change of several factors and in the case of a point source.

After that, we explained how to monitor and monitor dust storms in regions of the Algerian desert, using images and data of two satellites: sentinel-1 and sentinel-2, and processing them using the SNAP program.

In addition to studying other monitoring tools such as fixed and mobile stations, drones, radar, lidar and sonar devices.

Finally, we studied the importance of early warning of sand and dust storms, as well as managing their sources and mitigating their impacts.