

## تشخيص الانتشار المساحي لعواصف الغبار استنادا على درجة التباين بين شدة طاقة أطياف الأشعة المرئية والحرارية المنبعثة من مكونات سطح الأرض والغلاف الجوي عبدالفتاح الشيباني<sup>1</sup>

1 هيئة أبحاث العلوم الطبيعية والتكنولوجيا، ليبيا، بريد إلكتروني: [afshibani@gmail.com](mailto:afshibani@gmail.com)

### الملخص

تصنف عواصف الغبار كأحد أهم المشاكل والكوارث البيئية الطبيعية، فهي عبارة عن عملية مركبة تحدث نتيجة تفاعل معقد يتم بين نظامي الأرض والجو، وهي خليط من الرمال والغبار، وتعتبر تقنية الاستشعار عن بعد من أفضل الوسائل الحديثة استخداما لمراقبة العواصف الغبارية نظرا لدقتها وقدرتها التفسيرية المكانية والمساحية والحجمية، تهدف هذه الورقة إلى تشخيص الانتشار المساحي لعاصفة غبار شديدة اجتاحت مناطق شمال افريقيا وحوض البحر المتوسط والشرق الأوسط وشرقي أوروبا.

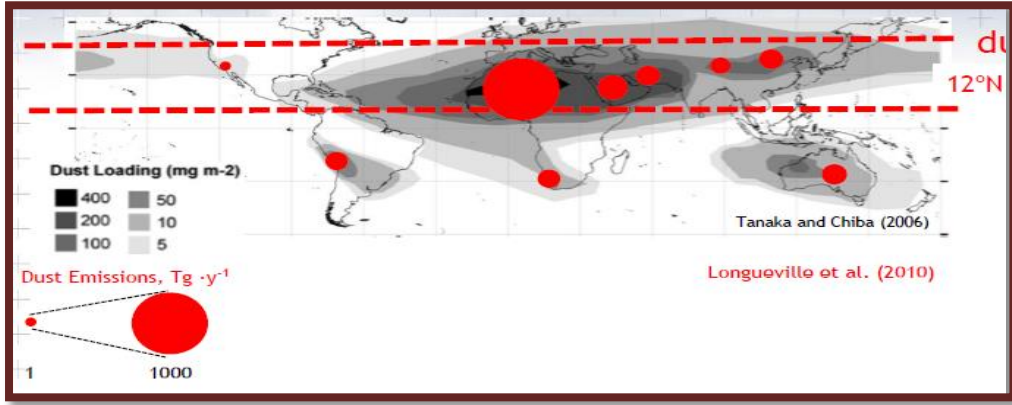
تم تشخيص تطور حالة انبعاث وانتشار الغبار المرتبطة بمنخفض جوي صحراوي، استندت عمليات التشخيص لهذه الحالة على منتجات متعددة الأطياف وهي صور ملتقطة بواسطة جهاز التصوير الدوراني المحسن في مدى الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء (MSG-SEVIRI)، إضافة إلى منتجات المحاكاة العددية وهي خرائط صادرة عن المركز الاوروبي للتوقعات الجوية متوسطة الأمد (ECMWF).

من خلال مقارنة الصور الفضائية وخرائط المحاكاة للحالة، تبين إن مناطق انبعاث وانتشار الغبار يمكن مراقبة أبعادها المساحية ومساراتها اعتمادا على استخدام القنوات الطيفية للأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء القصيرة خلال فترة النهار، إلى جانب استخدام القنوات الطيفية للأشعة الحرارية تحت الحمراء المنبعثة خلال فترة الليل. ونظرا لتكرار عواصف الغبار على الأراضي الليبية وما ينتج عنها من آثار سلبية بيئية واقتصادية وصحية، توصي الورقة بالآتي: تنفيذ مشروع علمي يهتم بدراسة وتصنيف حالات وآليات انبعاث وانتشار الغبار، إعداد أطلس ودليل وطني للتصوير الفضائي يختص بعواصف الغبار. **كلمات مفتاحية:** عواصف الغبار، انتشار الغبار، الصور الفضائية.

### 1. المقدمة

العاصفة الغبارية هي حركة سريعة لكتلة هوائية محملة بكميات كبيرة من الجسيمات الجافة الغير شفافة تنخفض معها الرؤية الأفقية إلى أقل من 1000 متر، ويمكن لعواصف الغبار أن تنتقل آلاف الكيلومترات عبر القارات والمحيطات، وتحمل معها الغبار إلى مسافة بعيدة عن منشأها. ينبعث الغبار من الصحراء الكبرى وينتشر غربا باتجاه الأمريكتين، وشمالا باتجاه أوروبا، وشرقا إلى الصين [1]، ويمكن للغبار المنبعث من الصحراء الكبرى أن يؤدي البشر والحيوانات والنبات، وتظهر دراسة أجريت على بيانات الأقمار الاصطناعية بين عامي 2003 و2009 مقارنة بتحليلات مشابهة لبيانات فترات سابقة حدوث

تغييرات كبيرة على مدى العقود الثلاثة الماضية في استراليا وآسيا الوسطى وفي السهوب الوسطى والعليا بأمريكا، بينما ظلت الأنشطة الغبارية التي تهب على شمال افريقيا والشرق الأوسط وأمريكا الجنوبية عند نفس مستوى نشاطها [2]، وبينت عمليات المحاكاة النموذجية أن معدل انبعاث الغبار عالميا قد زاد منذ عام 1900 بنسبة 25 إلى 50 في المائة لأسباب عدة مثل سوء استخدام الأراضي والتغير المناخي [3]، وان حمولة الغبار ومعدلاته الكمية بأجواء منطقة شمال افريقيا عالية جدا شكل 1، [4،5]. ترتبط عواصف الغبار بأنظمة المنخفضات الجوية الصحراوية الحرارية التي تنشأ نتيجة الفيض العالي من الإشعاع الشمسي على شمال افريقيا، ونتيجة لطبيعة المنطقة التي تتوفر بها العوامل المحفزة لتسارع الرياح الجنوبية الجافة المثيرة للغبار والأترية، وهذا يؤدي غالبا إلى انبعاث الغبار وانتشاره على مساحات شاسعة [6].



شكل 1: معدلات كميات الغبار العالقة في الجو (ملجم/م<sup>2</sup>)، معدلات انبعاثات (الغبار تيراجرام/سنة)

## 2. أهداف الدراسة

يتمحور الهدف الأساسي لهذه الورقة حول إجراء تشخيص سينوبتيكي لحالة منخفض جوي صحراوي حدثت خلال شهر فبراير 2007، وذلك للكشف على الكيفية التي ينبعث بها الغبار من معينة وانتقاله إلى أماكن بعيدة ومراقبة المجال المساحي الذي ينتشر فيه.

## 3. مشكلة الدراسة

غالبا ما تكون الظروف البيئية صعبة جدا في مناطق حدوث العواصف الغبارية، وتكون محطات الرصد الأرضية فيها متناثرة ومتباعدة ويصعب ربطها مع بعض وبالتالي تكون قدرتها التفسيرية المكانية والمساحية منخفضة، بينما تغطي صور الأقمار الاصطناعية مساحات واسعة وتتميز بدقة تفسيرية عالية، ونظرا لتكرار عواصف الغبار على الأراضي الليبية فإن مراقبتها وتتبع تطوراتها بواسطة الصور الفضائية تساعد كثيرا في ملء الثغرات البيانية للرصد الأرضي الموضوعي وتعطي صورة أنية لانتشار الغبار.

#### 4. البيانات وطريقة التحليل

تم اتباع طريقة التشخيص والتفسير السينوبتيكي لعدد من الصور الملتقطة بالرصد الفضائي المساحي ومقارنتها مع خرائط النماذج العددية المعتمدة على الرصد الأرضي الموضوعي وذلك وفق الخطوات التالية:

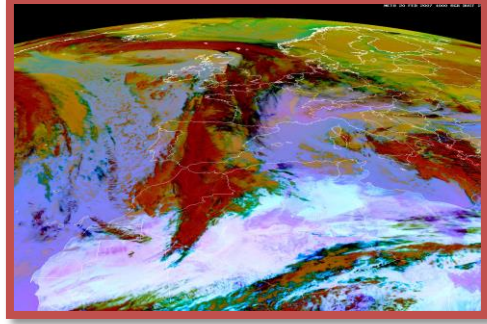
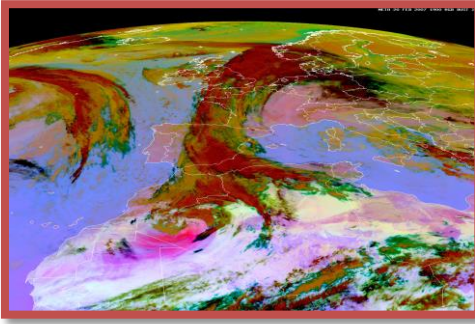
أولا - تشخيص تطور التوزيع الاقفي المساحي والزمني لانبعاث وانتشار الغبار باستخدام منتجات متعددة الأطياف وهي صور ملتقطة بواسطة جهاز التصوير الدوراني المحسن في مدى الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء (MSG-SEVIRI)، المحمول على قمر اصطناعي ثابت بالنسبة للأرض من الجيل الثاني لسلسلة أقمار متيوسات التي يتم تشغيلها لمعالجة التحديات المتعلقة بالتطبيقات النهارية والليلية على السواء وتستخدم درجات حرارة السطوح أو الاختلافات في النطاقات المتزاوجة، التي يشار إليها باسم صور أو منتجات الألوان الأحمر والأخضر والأزرق لتحديد الكثافة الحمراء والخضراء والزرقاء لكل عناصر الصورة النهائية، لإنتاج مركبا لونيا زائفا، ويتيح أخذ صور على نحو متكرر باستبانة مكانية تبلغ 3 كم. لتشخيص الحالة تم الاستناد إلى عدد 62 صورة تسلسلية تم التقاطها بخطوة زمنية كل ساعة ابتداء من الساعة 0700 توقيت عالمي ليوم 20 فبراير 2007 وانتهاء بالساعة 2000 تع ليوم 22 فبراير 2007 للمنطقة المحددة بالمجال الفضائي المحصور بين خطي طول (20° شرقا/22° غربا)، وخطي عرض (15° شمالا/90° شمالا)، بحيث شمل المشهد التام الاستدارة أوروبا بأكملها، وكل افريقيا، والشرق الأوسط. تمت معالجة الصور بتركيب ودمج قنوات أطيااف الأشعة تحت الحمراء الثلاثة وهي، القناة 10 (12 ميكرومتر)، القناة 9 (10.8 ميكرومتر)، والقناة 7 (8.7 ميكرومتر) [7]، وباستخدام تقنية الدمج للأطوال الموجية في شريحة الأشعة تحت الحمراء تم إظهار التباين بين الغبار العالق في الجو والغبار على سطح الأرض، تم تركيب صور RGB ذات ألوان زائفة بواسطة خوارزمية طورتها المنظمة الأوروبية للأقمار الاصطناعية EUMETSAT تتميز ألوان الصور على النحو التالي: الأحمر يبين الاختلاف بين القنوات 12.0 و 10.8 ميكرومتر، الأخضر الاختلاف بين القنوات 10.8 و 8.7 ميكرومتر، الأزرق يبين القناة 10.8 ميكرومتر [7]، وعلى هذه الصورة المركبة، يظهر الغبار باللون (الوردي/الارجواني)، وتظهر السحب باللون (البنّي/البرتقالي)، والاختلاف في الانبعاثية السطحية المستردة في غياب الغبار أو السحب تظهر باللون (الأزرق الفاتح/الأزرق). وحيث ان الحرارة التي يشعها الغبار تختلف عن الحرارة التي يشعها سطح الأرض، لهذا تم استخدام القنوات الطيفية الحرارية خلال فترة النهار للكشف عن الغبار أثناء توفر الأشعة المرئية للتمييز بين الغبار العالق في الجو والغبار السطحي وباقي معالم السطح، والقنوات الطيفية الحرارية تحت الحمراء خلال فترة الليل للكشف عن الغبار في ظل غياب الأشعة المرئية.

ثانيا - تشخيص الأوضاع السينوبتيكية خلال أحداث العاصفة باستخدام المعطيات الصادرة عن المركز الأوروبي للتوقعات الجوية متوسطة الأمد (ECMWF)، تمثلت تلك المعطيات في الخرائط التحليلية للرياح ودرجة الحرارة الكامنة عند المستويين 925 و 300 هـ ب، بدقة ميز افقية (نقاط شبكية) 0.5 درجة، تم استخدام هذه البيانات لتحديد خصائص العاصفة ووصف تطوراتها [8]. تم استخدام منتجات المحاكاة

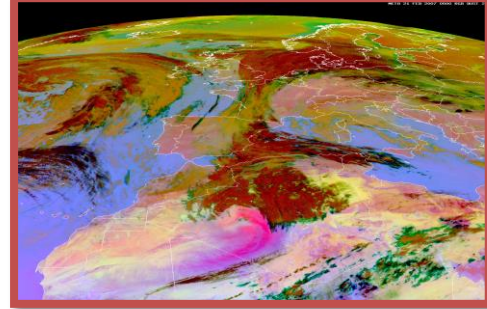
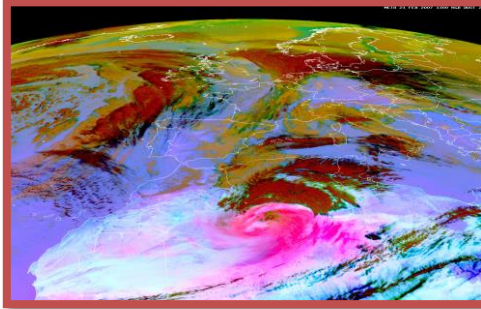
للفترة (20-23 فبراير 2007)، غطت عملية المحاكاة مناطق شمال افريقيا وحوض البحر المتوسط ضمن نطاق مساحته  $2500 \times 2500$  كم، النطاق ( $30^\circ$  شمالا/ $7^\circ$  شرقا)، وبنقاط شبكية ذات حجم افقي 25 كم، وبعده 72 مستوى رأسي كان أعلاها عند 28 كم، وتم استخدام 35 منها داخل الطبقة الحديدية (طبقة الغلاف الجوي الواقعة بين سطح الأرض ومستوى 2 كم فوق سطح الأرض).

## 5. نتائج التشخيص

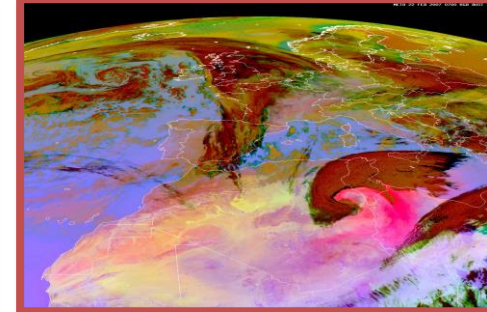
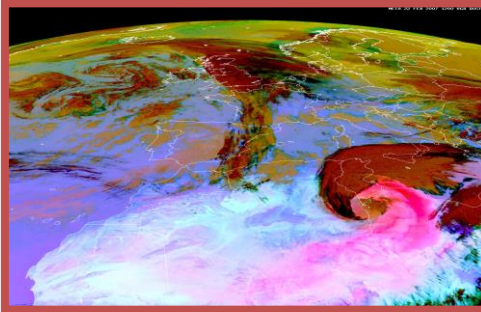
**1.5. تطور التوزيع الافقي المساحي الزماني لانبعاث وانتشار الغبار:** في صباح يوم 20 فبراير أظهرت صور جهاز SEVIRI، مؤشرات تدل على بداية تشكل منخفض جوي صحراوي حيث دلت الصور على الآتي، دخول كتلة هوائية باردة من جهة مناطق العروض الوسطى إلى جهة شمال غرب افريقيا أدى ذلك إلى هبوب رياح سطحية تجاوزت سرعتها 25 م/ث تسببت في إثارة الغبار والأتربة بمناطق جنوب المغرب وغربي الجزائر شكل 2 يمين. وعند المساء ظهر المنخفض بوضوح على الصور، وذلك من خلال اتحاد ثلاثة ملامح أساسية تجسدت وفق المشهد التالي، ظهور حزام من السحب أطرافه الشمالية مقوسة على شمال الجزائر بالقرب من خط عرض  $30^\circ$  شمالا، ظهور حزام حلزوني من الغبار على غربي الجزائر بالقرب من خط عرض  $28^\circ$  شمالا مترافقا مع حزام حلقي ضخم من الغبار ممتد جنوبا إلى خط عرض  $22^\circ$  شمالا (مالي وموريتانيا)، ظهور منطقة خالية من الغبار متماثلة ومتطابقة مع عين المنخفض عند خط عرض  $27^\circ$  شمالا، شكل 2 يسار، ثم بدأ المنخفض يتحرك باتجاه الشرق مع هبوب رياح قوية بالجزء الجنوبي منه، وكان مترافق مع جبهة هوائية باردة ساعدت في تحريك وإثارة الغبار على الجزائر وشمال مالي خلال يوم 21 فبراير، شكل 3 يمين، ومع استمرار إزاحة المنخفض ناحية الشرق، انتقل الغبار في شكل حلزوني حول محيط المنخفض مع خلو عين المنخفض من الغبار، وعند الساعة 1200 تع من يوم 21 فبراير، أصبحت الأراضي الجزائرية والجزء الغربي من الأراضي الليبية مغطاة بهيئة إعصاريه من الغبار الكثيف شكل 3 يسار، انعدمت الرؤية تماما طوال يوم 21 على عدة مناطق بالجزائر واستمرت الحالة حتى صباح يوم 22 فبراير حيث تحرك المنخفض شرقا وصولا إلى غربي الجزائر، يوم 22 فبراير وصل المنخفض إلى جنوب تونس وشمال غرب ليبيا وظهر على الصورة كأحزمة متداخلة من السحب والغبار، الحزام الأول أمتد على حافة الجبهة الباردة والحزام الثاني أمتد على حافة الجبهة الحارة وكان مقوسا على الطرف الجنوبي الشرقي للمنخفض شكل 4، وكانت الأجزاء الجنوبية الشرقية من المنخفض محملة بكميات ضخمة من الغبار، استمرت حركة المنخفض ناحية الشرق ثم انحرفت ناحية الشمال. وعند الساعة 1800 تع من يوم 22 فبراير هبطت الرؤية الأفقية على الأجواء الليبية إلى 1000 متر، وعند مساء يوم 22 فبراير تمركز المنخفض على السواحل الليبية، شكل 5. وبعدها غادر المنخفض اليابسة إلى البحر عبر خليج سرت ناقلا معه غمامة ضخمة من الغبار ناحية أجواء وسط وشرقي البحر المتوسط، قدمت سلسلة الصور مراقبة واضحة ودقيقة لتطور الحالة والأماكن التي انتشر الغبار في اجوائها.



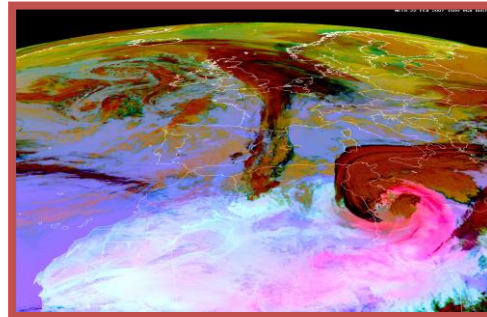
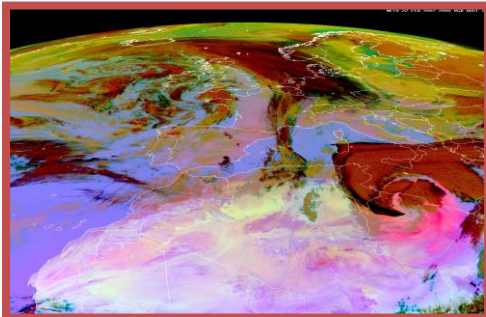
شكل2: صور SEVIRI ذات الألوان الزائفة 20 فبراير، يمين 1900 تع، يسار 2000 تع



شكل3: صور SEVIRI ذات الألوان الزائفة 21 فبراير، يمين 0500 تع، يسار 1300 نع



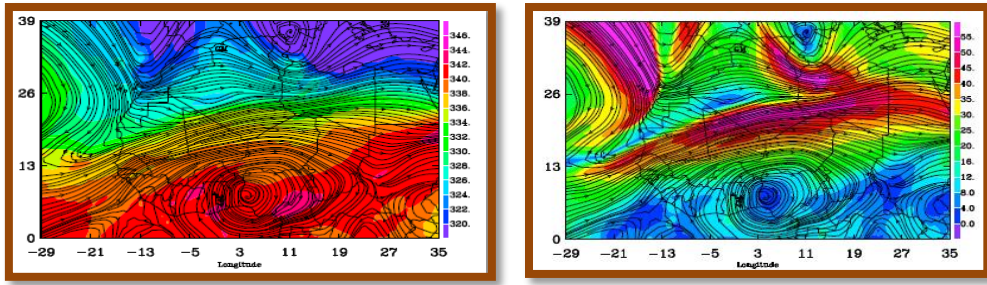
شكل4: صور SEVIRI ذات الألوان الزائفة 22 فبراير، يمين 0700 تع، يسار 1200 تع



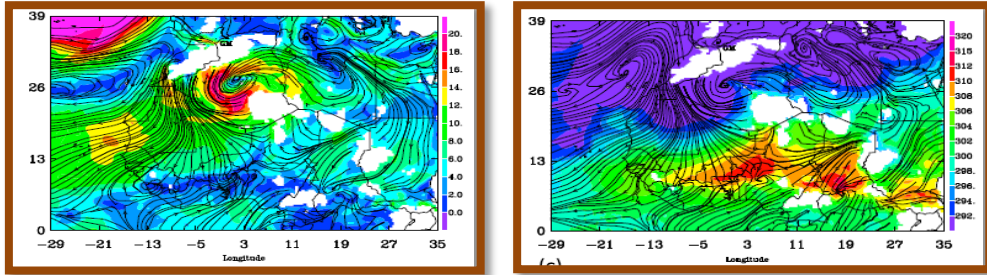
شكل5: صور SEVIRI ذات الألوان الزائفة 22 فبراير، يمين 1500 تع، يسار 2000 تع

**2.5. تشخيص الأوضاع السينوبتيكية التي أدت إلى تكون العاصفة:** قبل بداية تشكل المنخفض الجوي الصحراوي، بينت تحاليل ECMWF ظهور تيار هوائي نفاث شبه استوائي قوي عند المستوى 300 هـ ب، حول النقطة (21° غربا، 28° شمالا)، حيث تجاوزت سرعة الرياح 55 م/ث امتدت حتى دائرة عرض 17° شمالا، شكل 6 يمين (20 فبراير، 0000 تع)، وجود هذا التيار القوي عند مستوى 300 هـ ب جعل قيمة طاقة الحركة (Kinetic Energy) أكبر ما يمكن في هذه الطبقة من الغلاف الجوي، وتتقسم طاقة الحركة هذه إلى طاقة حركة مستعرضة في اتجاه خط العرض (Zonal Kinetic Energy)، وطاقة حركة دوامية (Eddy Kinetic Energy) التي أدت إلى تزايد سرعة الرياح الدورانية في عمود الهواء حتى المستويات المنخفضة من الطبقة الحدية للغلاف الجوي. وعند هذا الارتفاع كانت الرياح قوية أيضا على شمال شرق الجزائر وغربي ليبيا وهي مرتبطة بمنخفض جوي آخر متمركز على حوض البحر المتوسط (11° شرقا، 38° شمالا)، وكانت الرياح قوية ومتزامنة مع تدرج حراري شديد (7° كلفن لكل 1000 كم) حول الخط 21° غربا شكل 6 يسار (20 فبراير، 0000 تع)، حيث كانت تحت تأثير منخفض جوي واضح كدليل على مجال الرياح عند المستوى 300 هـ ب. يمكن ملاحظة التباين والتدرج الحراري على المستويات السفلية من شكل 7 يمين، الذي يمثل خطوط درجة الحرارة وخطوط انسياب التيارات الهوائية على المستوى السطحي 950 هـ ب ليوم 20 فبراير عند الساعة 0000 تع حيث تأثرت افريقيا بحالة باروكلينيك خارجية (وهي حالة تحدث حينما تكون خطوط تساوي درجات الحرارة غير متوازية مع خطوط تساوي الضغط)، ظهرت ظروف الباروكلينيك تحت التيار النفاث شبه استوائي وتميزت بتدرج حراري في حدود 8° كلفن لكل 1000 كم ودرجة حرارة 310° كلفن عند 12° شمالا و 290° كلفن عند 34° شمالا، وكانت درجة الحرارة القصوى 314° كلفن متمركزة على اليابسة وممتدة جنوبا على طول الشريط الواقع بين 7- 10° شمالا. درجة الحرارة القصوى ترافقت مع التسخين الحراري السطحي النهاري والضغط المنخفض المتطابق مع الاخدود الحراري على غربي افريقيا، القيمة الصغرى لدرجة الحرارة 290° كلفن تمركزت على حوض المتوسط وشرقي المحيط الاطلسي، ويمكن ملاحظة التدرج السليبي الرأسي لدرجة الحرارة على المستويات السفلى والعليا، الشكل 6 يسار، الذي يبين توفر الظروف المحفزة لحالة عدم الاستقرار الباروكلينيكية وهي ظروف مهمة وملائمة لنشؤ وتكون المنخفضات الجوية الصحراوية، وقد ساعد وجود الحاجز الطبوغرافي المتمثل في سلسلة جبال اطلس في نشأة الظروف الباروكلينيكية، وباستخدام تعبيرات الطاقة فان ذلك يعني أن الزيادة في شدة الظروف الباروكلينيكية زادت من الطاقة الكامنة في نظام المنخفض الجوي، هذه الطاقة انطلقت فيما بعد في شكل طاقة حركة، ويرتبط الهواء البارد المتجه من الشمال إلى الجنوب بحركات الهبوط بينما الهواء الدافئ المتجه من الجنوب إلى الشمال يرتبط بالحركات الصاعدة وتتم هذه الحركات بواسطة ديناميكيات التدفق [9]، وبالتالي ساعدت تلك العوامل على تكون المنخفض الصحراوي يوم 20 فبراير على منطقة جبال أطلس بطبقة الجو السفلية داخل منطقة باروكلينيكية قوية مع وجود أخدود علوي مضطرب ومشوش بواسطة تأثير الجبال.

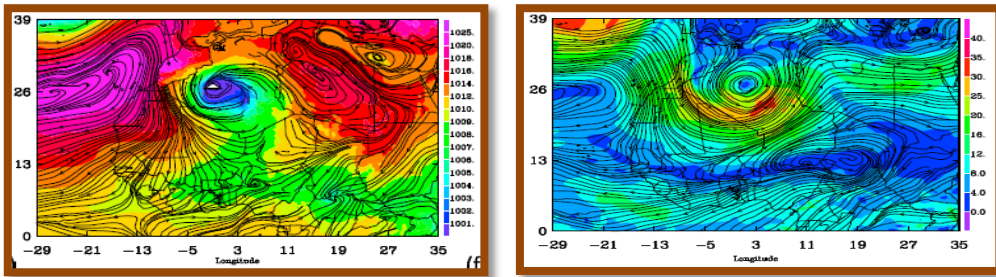
**3.5. التطور الزمني والمساحي لخصائص المنخفض الصحراوي:** استنادا إلى تحاليل ECMWF للضغط الجوي والرياح عند مستوى سطح البحر 925 هـ ب، تمت متابعة مراحل تطور المنخفض على شمال افريقيا لمدة 4 أيام منذ بداية تشكله ونشأته يوم 20 فبراير الساعة 1600 تع على غربي الجزائر بالقرب من جنوب غرب سلسلة جبال أطلس شكل 8، الذي يبين الضغط الجوي عند سطح البحر هـ ب 21 فبراير، خلال فترة نشاط المنخفض حدث انخفاض ملحوظ في الضغط الجوي بقيمة 10 هـ ب مقارنة بضغط المنطقة المحيطة بالمنخفض، ثم أخذت قوة المنخفض تشتت منذ منتصف الليل مع استمرار تركزه على اليابسة منذ يوم 20 حتى يوم 23 فبراير الساعة 0000 تع، إثر ذلك خرج المنخفض من اليابسة ودخل إلى مياه حوض البحر المتوسط عبر خليج سرت شكل 9. تحرك المنخفض بعد اكتمال تشكله شرقا بسرعة 11 م/ث، وعندما وصل إلى شمال ليبيا تحرك شمالا بسرعة 2 م/ث. سرعة الازاحة الشرقية كانت منتظمة خلال الفترة بالكامل. عند مستوى 925 هـ ب داخل منطقة خطوط تساوي الضغط المغلقة كان الضغط الجوي أقل من 1000 هـ ب، وبناء على ذلك ومع الاستعانة بلامح المنخفض التي أظهرتها بوضوح صور SEVIRI شكل 2-5، تم تحديد قطر محيط المنخفض أغلب فترة نشاطه بنحو 800 كم، وبأكبر قطر 1000 كم تم تحديده يوم 21 فبراير عند الساعة 1200 تع، الامتداد الرأسي للمنخفض وصل إلى ارتفاع 8 كم حيث تم الاستدلال عليه واستنتاجه بناء على وجود دوران مغلق في مجال الرياح على مختلف المستويات الواقعة تحت مستوى 8 كم. ترافق المنخفض مع جبهة هوائية باردة بالقطاع الجنوبي الغربي منه امتدت الجبهة جنوبا إلى 15° شمالا وتميزت بدرجة حرارة أقل من 292° كلفن عند مستوى 925 هـ ب شكل 7 يمين. يوم 21 فبراير تطور التدرج الحراري على طول الجبهة الباردة بحوالي 8° كلفن على مدى 100 كم، تدفق الهواء الحار 306° كلفن شرقي المنخفض المتمركز على النقطة (0° شرقا، 26° شمالا)، بالإمكان مشاهدة مجال درجة الحرارة عند مستوى 925 هـ ب شكل 7 يمين. المقطع الرأسي للمنخفض عند 0° شرقا ليوم 21 فبراير الساعة 0600 تع يبين وجود منطقة تجمع للهواء Convergence area، (منطقة حركة رأسية للهواء للأعلى تفوق سرعتها 0.2 م/ث) بالقرب من 29° شمالا على عمق 8 كم، ساعدت منطقة تجمع الهواء على إثارة كميات هائلة من الغبار السطحي وتصاعده إلى أعلى على شكل دوامة، تحركت في الأيام اللاحقة جهة وسط شمال افريقيا، إضافة إلى وجود منطقة تفرق للهواء Divergence area (منطقة هبوط هواي قوي - 0.1 م/ث) بالقرب من 25° شمالا على عمق 6 كم، والمعروف أن منطقة هبوط الهواء يتصاعد منها الغبار الدقيق وينتشر أفقيا ورأسيا ليسقط على المناطق المجاورة. يبين شكل 8 يسار وجود منطقتين متجاورتين لصعود وهبوط الهواء ساهم في زيادة كمية وكثافة الغبار المحمل [10]. خلال الأيام اللاحقة وبعد دخول المنخفض إلى مياه البحر بدأت الطاقة الحرارية وطاقة الحركة التي كانت تغذيه تضعف أدى ذلك تضائل نشاط المنخفض وأخذ يضعف ويضمحل تدريجيا حتى تلاشى تماما.



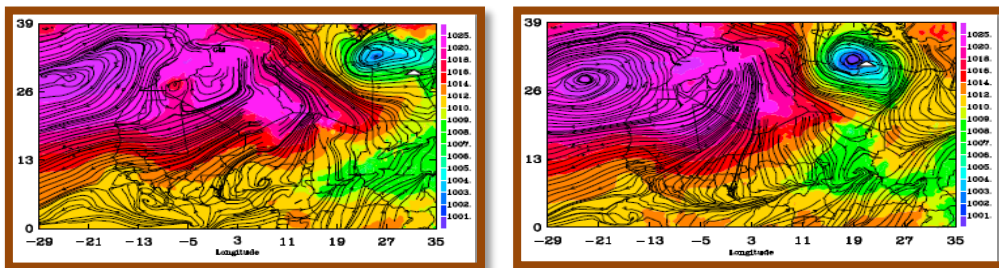
شكل6: يمين سرعة الرياح م/ث، يسار درجة الحرارة كلفن (عند مستوى 300 هـ ب)



شكل7: يمين درجة الحرارة كلفن، يسار سرعة الرياح م/ث (عند مستوى 925 هـ ب)



شكل8: يمين سرعة الرياح م/ث عند مستوى 700 هـ ب، يسار الضغط الجوي عند سطح البحر هـ ب



شكل9: الضغط الجوي عند سطح البحر هـ ب 23 فبراير يمين، 24 فبراير يسار

## 6. الخلاصة

تم تشخيص حالة انبعاث وانتشار الغبار المرتبطة بتشكيل ونشاط منظومة المنخفض الجوي الصحراوي التي ظهرت على الجانب الغربي من سلسلة جبال أطلس وتطورت على كامل مناطق شمال افريقيا وكانت



مدعومة بتدرج حراري حاد وتيار هوائي نفاث شبه مداري قوي، تميزت المستويات السفلية للمنطقة المتأثرة بالمنخفض بحالة باروكليينكية عالية. استندت طريقة التشخيص لهذه الحالة على عدد من الصور الفضائية وخرائط النماذج العددية، لعبت الصور الفضائية دورا هاما في سد الثغرات وملء الفراغات البيانية الناجمة عن تباعد محطات الرصد الأرضي الموضوعي، وساهم ذلك في وجود تطابق كبير بين معطيات صور الأقمار الاصطناعية ومعطيات خرائط المحاكاة العددية، حيث كانت الصور والخرائط معا قادرة على مراقبة ومحاكاة التطور المكاني والزمني لبنية المنخفض الصحراوي التي تلخصت في الآتي، جسدت الحالة الملامح السينوبتيكية النموذجية النمطية لدورة نشاط المنخفض الجوي الصحراوي مروراً بثلاثة مراحل، مرحلة تكون أو نشأة المنخفض وظهرت أثناء بداية النهار ثم أخذ المنخفض في التطور حتى وصل إلى مرحلة التعمق والنضج أثناء فترة المساء التي استمرت إلى حين استنفاد الطاقة التي كانت تغذيه، وحدثت مرحلة اضمحلاله وتلاشييه أثناء فترة الصباح الباكر. تراوح القطر السطحي لمحيط المنخفض الجوي الصحراوي بين 800-1000 كم، ظهر المنخفض بالجزء السفلي من طبقة التروبوسفير وأمتد رأسيا إلى ارتفاع تراوح بين 6 و 8 كم. ترافق هذا المنخفض مع جبهه هوائية حارة نشطة بالقطاع الشرقي والشمالي الشرقي من منطقة المنخفض أدت الجبهة أثناء مرورها إلى رفع درجة الحرارة السطحية 8 درجات مئوية، وجبهه هوائية باردة بالقطاع الغربي أو الجنوبي الغربي من منطقة المنخفض أدت أثناء مرورها إلى انخفاض درجة الحرارة السطحية انخفاض حاد تراوح بين 10 إلى 20 درجة مئوية، وترافق المنخفض مع كتلة هوائية باردة ضحلة (سمكها 1-2 كم)، وسحب ضحلة وغير ممطرة عموما. تحرك المنخفض الجوي الصحراوي شرقا بمحاذاة سواحل شمال افريقيا بسرعة تجاوزت 10 متر في الثانية وكان معدل تغير سرعته قليل خلال دورة نشاطه التي استغرقت 4 أيام. أثناء نشاط المنخفض الصحراوي حدث هبوط في الضغط الجوي بقيمة 10 هـ ب، مقارنة بالضغط حول منطقة المنخفض، هذا الانخفاض حدث عند حوالي الساعة 1800 توقيت عالمي. الأحوال الجوية التي سادت أثناء فترة نشاط المنخفض الجوي الصحراوي تمثلت في هيجان عاصفة غبار شديدة نتج عنها انبعاث وتصاعد كميات ضخمة من الغبار انتشرت على نطاق واسع جدا. متوسط سرعة الرياح الافقية حول المنخفض تجاوز 10 م/ث، وسرعة التدفق الهوائي الرأسي بفعل قوة الحمل الحراري كانت قوية، وتسبب التأثير المشترك للتدفق الهوائي الأفقي والرأسي في انبعاث الغبار من السطح وتصاعده إلى طبقات الجو العليا التي وصلت إلى مستوى 500 هـ ب (~ 5500 متر)، وانتقل الغبار أفقيا عبر مسافات طويلة وانتشر على مساحات شاسعة.

## 7. التوصيات

تتأثر مناطق شمال افريقيا بحالات انتشار الغبار وتشير بعض الدراسات إلى أن هذه المنطقة تعتبر من أهم مناطق العالم المصدرة والمنتجة للغبار حيث يصدر عنها ما نسبته 50 % من المجموع السنوي العالمي لحمولة الغبار العالقة في الغلاف الجوي [11]، وبالنظر إلى موقع ليبيا وسط الشمال الافريقي

توصي الورقة بضرورة تكثيف الدراسات حول انبعاثات الغبار المرتبطة بنشاط المخفضات الجوية الصحراوية الحرارية وذلك بالتركيز على الآتي: تنفيذ مشروع علمي يهتم بدراسة وتصنيف حالات وآليات انبعاث وانتشار الغبار، العمل على إعداد أطلس ودليل وطني للتصوير الفضائي يختص بعواصف الغبار.

## 8. المراجع

- [1] – Goudi, A. S. & Middenon, N. J., Desert Dust in Global System. Springer – Verlag Berlin Heiderlberg, 2006. PP. 1–16.
- [2] – Stanelle, T., Bey, & others, Anthropogenically induced changes in twentieth century mineral dust burden and the associated impact on Radiative forcing. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 119, 2014, P. 546–526.
- [3] – Jongning, L., F. Yida & Peijun, Information comparable method of mentoring the intensity of dust storm by multisource data of remote sensing. Journal of Natural Disasters, 12(2): 2003, P. 29 –34.
- [4] – Hare, F. K., Atlas lee depressions and their significance for Sirocco, Synoptic Div. Tech. Memo. 43, U.K. Met. Off. 1943, P. 24.
- [5] – Longueville, F., What do we know about effect of desert dust on air quality and human health in West Africa compared to other regions? Sci. of the total Environ. 409(1): 2010, P. 1–8.
- [6] – Tanaka Y. T., & M. Chiba, A numerical study of the contribution of dust source regions to the global dust budget, 52(1): 2006, P. 88–104.
- [7] – Schepansk, K., & others, A new Saharan dust source activation frequency map derived from MSG–SEVIRI IR channels, Geophys. Res. Let., 2007, P. 34.
- [8] – Knippertz, P., et al, Dust mobilization and transport in the northern Sahara during SAMUM 2006, A met. overview, Tellus Ser. B, 61, 2009, P. 12–31.
- [9] – Thorncroft, C. D., & H. A. Flocas, A case study of Saharan Cyclogenesis, Mon. Weather Rev., 125, 1997, P. 1147–1165.
- [10] – Diana B. K, et al, Dust emission and transport associated with a Saharan depression, Journal of Geophys, Res.: vol. 2010, PP. 115, 1–19.
- [11] – Engelstaedter, S., I. & R. Washington, North African dust emissions and transport, Earth Sci. Rev., 79, 2006, P. 73–100.