ISSUE 4 AUGUST 2025
مجلـــة آفاق للدراسات الإنسانية والتطبيقية
كلية الآداب والعلوم الإبيار - جامعة بنغازي
Afaq Journal for Human and Applied Studies
Faculty of Arts and Sciences ALAbyar University of Benghazi
العـــدد الرابع أغسطس 2025 E-ISSN 3007-4495 ISSN-L 3007-4495 Legal Deposit Number 313/2023 DOI https://doi.org/10.37376/ajhas.vi4

دراسةٌ تحليليّةٌ للعاصفةِ الجويّةِ التي تعرضتْ لها منطقةُ غربِ الجزائر في الفترة بين6- 8 سبتمبر2024 ورصدُها باستخدامِ الاستشعارِعن بعدٍ

د. كنانة حليمي[1]، د. عثمان المهدي ميكائيل[2]، أ. ساهر طالب[3]

تاريخ الاستلام: 29/07/2025م | تاريخ القبول: 04/08/2025م | تاريخ النشر: 13/09/2025م | DOI: https://doi.org/10.37376/ajhas.vi4.xxx

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة ظاهرة جوية متطرفة، وهي العاصفة التي ضربت منطقة غرب الجزائر في الفترة بين -5 8 سبتمبر 2024، التي شهدت هطول أمطار غزيرة وفيضانات مفاجئة. تم تحليل الديناميات الأساسية لهذه الظاهرة وتحديد مدى انتشارها الجغرافي، حيث كانت خصائصها الدينامية مرتبطة بفيضانات كبيرة خلال فترة سيطرة المنخفض الجوي.

تشمل العوامل الدينامية المهمة التي أسهمت في حدوث العاصفة: (1) تكوين في المستوى السطحي (2) وجود ضغط مرتفع شبه مداري (3) تكوين علوي مؤقت في خطوط العرض المتوسطة (4) تيار نفاث مداري مكثف (5) صعود قوي ناجم عن عدم استقرار التروبوسفير والقوى الدينامية على المقياس السينوبيتيكي. سجل انخفاضًا ملحوظًا في قيم الضغط الجوي فوق منطقة غرب الجزائر؛ مما أثر على المناخ المحلي.

تم تحليل عناصر الطقس خلال فترة العاصفة، وتم دراسة توزع الديناميكيات الجوية التي أثرت في نشأة المنخفض الجوي المسبب وتطوره، اعتمدت الدراسة على بيانات مركز إعادة التحليل (ERA-Interim) لتحليل خرائط الطقس السطحية والعليا، إضافة إلى بيانات في مستويات الضغط السطحية والعلوية hPa 300 و500.

تضمن البحث أيضاً دراسة آثار الظاهرة باستخدام صور فضائية متوسطة الدقة (Landsat 30m) قبل وبعد العاصفة، مع اشتقاق مؤشرات (NDMI) للمياه والرطوبة و(NDBI) لتقييم الوضع العمراني. تم استخدام هذه المؤشرات لرصد التغييرات الحاصلة بعد الكارثة من خلال مقارنة القيم قبل وبعد الفيضانات.

الكلمات المفتاحية: النظام السيكلوني، الضغط الجوي، منطقة بشار، مؤشر الرطوبة NDMI، منطقة شمال غرب إفريقيا.

1.محاضر بكلية الهندسة الزراعية جامعة تشرين-سورية.
2.أستاذ مشارك بقسم الجغرافيا كلية الآداب والعلوم الإنسانية-جامعة طبرق.
3.طالب دكتوراه، الجغرافية الطبيعية، استشعار عن بعد، جامعة دمشق- سورية.
المؤلف الرئيسي: د.كنانة حلي، HalemeKinana@gmail.com

ISSUE 4 August 2025
العـــدد الرابع أغسطس 2025
مجلـــة آفاق للدراسات الإنسانية والتطبيقية
كلية الآداب والعلوم الإبيار - جامعة بنغازي
Afaq Journal for Human and Applied Studies
Faculty of Arts and Sciences ALAbyar University of Benghazi
E-ISSN 3007-4495 ISSN-L 3007-4495 Legal Deposit Number 313/2023 DOI https://doi.org/10.37376/ajhas.vi4

Analytical Study of the Atmospheric Storm that Affected Western Algeria from September 6–8, 2024, Monitored Using Remote Sensing

* [1]Dr. Kinana Haleme, [2]Dr. Othman Al-Mahdi Mikhail, [3]Saher Taleb.

Abstract:

This research aims to study an extreme weather phenomenon, specifically the storm that struck the Western Algeria region from September 5 to 8, 2024, which caused heavy rainfall and sudden floods. The underlying dynamics of this phenomenon were analyzed, and its geographic extent was determined. The storm's dynamic characteristics were linked to significant flooding during the period of low-pressure dominance.

Key dynamic factors contributing to the storm include: (1) surface-level formation, (2) presence of a semi-monsoonal high-pressure system, (3) temporary upper-level formation at mid-latitudes, (4) an intense tropical jet stream, and (5) strong upward movement caused by tropospheric instability and synoptic-scale dynamic forces. A notable decrease in atmospheric pressure was recorded over Western Algeria, affecting the local climate.

Weather elements during the storm period were analyzed, and the distribution of atmospheric dynamics influencing the genesis and development of the low-pressure system was studied. The analysis relied on ERA-Interim reanalysis data, including surface and upper-level weather maps, as well as pressure data at 300 hPa and 500 hPa levels.

The study also examined the impact of the phenomenon using medium-resolution satellite images (Landsat 30m) before and after the storm, deriving indices such as NDMI for water and moisture, and NDBI for urbanization assessment. These indices were used to monitor changes post-disaster by comparing pre- and post-flood values.

Keywords: Cyclonic system, atmospheric pressure, Beshar region, NDMI moisture index, Northwestern Africa.

1.Lecturer at the Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Syria.
2. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, University of Tobruk, sahertaleb528@gmail.com.
3. PhD Student, Physical Geography, Remote Sensing, University of Damascus, Syria, almhdythman65@gmail.com
* corresponding author: **Dr. Kinana Halem, HalemeKinana@gmail.com.**

Copyright©C2024University of Benghazi.
This.open.Access.article.is Distributed under a CC BY-NC-ND 4.0 licens.

المقدمة:

إن هذا البحث يستعرض حالة جوية متطرفة أثرت على المناخ في الجزائر، حيث أدت التفاعلات الاستوائية-المدارية إلى حدوث زخات مطرية غزيرة في منطقة جنوب غربي الجزائر. وقد شكلت هذه الظروف الجوية نظامًا إعصاريًا كان مسؤولًا عن الشدات المطرية التي شهدتها المنطقة، وتحديدًا الفيضانات التي أثرت على محافظة بشار.

تؤثر الأحداث المناخية القاسية سلبًا على سبل عيش العديد من المجتمعات، بما في ذلك تلك الموجودة في الدول الجزرية الصغيرة النامية (SIDS) (Cashman & Nagdee, 2017; McCubbin, Smit, & Pearce, 2015)، وقد تدفع الأسر إلى اعتماد إستراتيجيات تكيف غير مستدامة استجابةً لذلك (Takasaki, 2017). وعلى الرغم من أن الأبحاث حول الدول الجزرية الصغيرة النامية في سياق تغير المناخ تكتسب زخمًا، فإن نقص البيانات وقدرة البحث لا يزال يمثل مشكلة رئيسة، خاصة في المجتمعات الجزرية الأكثر فقرًا وهشاشة. المعلومات حول تأثيرات تغير المناخ على سبل العيش، وإستراتيجيات التكيف القصيرة الأجل، وتدابير التكيف مع تغير المناخ (CCA) طويلة الأجل التي يتم تنفيذها نادرة (Moncada, Briguglio, Bambrick, & Kelman, 2018). ومع ذلك، من المهم الإشارة إلى أن هذه التحديات لا تقتصر فقط على الدول الجزرية، بل تمتد لتشمل مناطق أخرى مثل الجزائر، حيث يمكن أن يكون للظواهر الجوية المتطرفة تأثيرات كبيرة على المجتمعات المحلية.

لقد بينت الدراسات وجود تفاعلات مهمة بين المناطق الاستوائية والمناطق شبه الاستوائية منذ فترة طويلة (Bjerknes, 1969). وأظهرت الدراسات أن المنخفضات عند خطوط العرض الدنيا عادةً ما تكون جزءًا من موجات متماسكة تتحرك شرقًا وإلى دائرة الاستواء من المناطق شبه الاستوائية، وأنها يمكن أن تؤثر على النشاط التطبقي الاستوائي (Liebmann and Hartmann, 1984; Kiladis and Weickmann, 1992b). غالبًا ما تتشكل روابط سحابية ممتدة إلى الشرق من هذه المنخفضات، وتمتد من المناطق الاستوائية إلى المناطق شبه الاستوائية أو حتى إلى خطوط العرض الوسطى. وتعدّ هذه الروابط علامات لافتة للنظر تشير إلى التفاعلات بين المناطق الاستوائية المدارية في صور الأقمار الصناعية، وقد أُطلق عليها اسم «الأبخرة الاستوائية» (TPs; McGuirk et al., 1988).

وتكشف الدراسات التي دارت حول الدورة العامة للغلاف الجوي أن الاضطرابات العابرة في مستويات أعلى عند خطوط العرض الدنيا تحقق جزءًا كبيرًا من النقل القطبي للزخم والطاقة الحركية (Peixoto and Oort, 1992, their Figs. 11.7 and 13.8)؛ مما يجعلها عنصرًا هامًا في توازن الدورة الهوائية العالمية والإقليمية (Kiladis and Feldstein, 1994). كما أظهرت الدراسات وجود تدفقات من المناطق الاستوائية إلى المناطق شبه الاستوائية ما يعرف بتدفق استوائي (TP [McGuirk et al., 1987])، في بعض الحالات، يحدث تفاعل ديناميكي بين الحمل الجوي الاستوائي AEW وشبه الاستوائي (Nicholson, 1981). عادة ما يكون التعمق مصحوبًا بإطلاق قوي للحرارة الكامنة؛

مما ينتج عادةً «تيار تدفق خارجيًا» متباعدًا إلى الشمال الشرقي من مركز العاصفة في اتجاه المجرى (Stoelinga, 1996).

وأشارت بعض الدراسات إلى أن الأعاصير السطحية تحدث في منطقة شمال غرب إفريقيا وتتعمق بشكل انفجاري (تسمى «القنابل») بشكل متكرر في هذه المنطقة خلال فصل الشتاء، وعادة ما تتشكل في اتجاه مجرى حوض متحرك وداخل أو باتجاه القطب من الحد الأقصى للرياح الغربية (Sanders and Gyakum, 1980; Roeb-ber, 1984).

يهدف هذا البحث إلى فهم أفضل للظروف الجوية التي أدت إلى فيضانات بشار، من خلال تحليل التفاعلات الاستوائية-المدارية وتأثيرها على منطقة شمال غرب إفريقيا، مع الأخذ في الاعتبار الدراسات السابقة حول الظواهر الجوية المتطرفة في هذه المنطقة.

أهمية البحث وأهدافه:

تعرضت المنطقة الغربية من الجزائر في يوم 6 سبتمبر 2024 لظاهرة جوية شاذة، وقد امتدت لتشمل عدة مناطق وقرى حيث سجلت المناطق الأكثر تضررا بشار، الأبيض، بني عباس، تمنراست، تيارت، تندوف، ونعامة. لقد بدأت الهطولات المطرية قبل ب 48 ساعة حيث تفاقمت بحلول 8 سبتمبر؛ مما أدى إلى تهجير حوالي 2220 عائلة، ارتفع عدد العائلات المهجرة إلى 2060، بعد أنِ اضطرت إلى الإخلاء. كما تم تدمير الطرق والبنية التحتية الحيوية، بما في ذلك 4 جسور، ونظم المياه والكهرباء، بشدة في بشار، تأثرت 60 عائلة وتضرر 34 منزلاً بينما اجتاحت الفيضانات المناطق النائية كما في بني عباس، قطعت مستويات المياه المرتفعة الطرق الرئيسة، وتسببت الفيضانات بتضرر المنازل بسبب تجاوز الأنهار عند فتح سد بشار، في هذه الأثناء تأثرت في تمنراست، 100 عائلة من البدو (IFRC, 2024) بسبب الفيضانات.

إذاً يعدُّ هذا البحث ذا أهمية كبيرة في تحليل حالة جوية متطرفة أثرت على المناخ في الجزائر، نتيجة التفاعلات الاستوائية–المدارية التي تسببت بحدوث زخات مطرية غزيرة في منطقة جنوب غربي الجزائر وشكلت واحدة من المنظومات الإعصارية المسؤولة عن الشدات المطرية في 8 سبتمبر 2024،. حيث أدت هذه الظاهرة إلى تكوين خلايا ركامية عالية الكثافة، تركزت في المناطق الغربية والجنوبية الغربية من الجزائر، وبشكل خاص في منطقة بشار؛ مما نتج عنه هطول كميات غزيرة من الأمطار تسببت في فيضانات مدمرة.

يتمتع هذا البحث بأهمية خاصة؛ نظرًا لشدة الظواهر الجوية المرافقة لهذه العواصف المؤقتة، خصوصًا فيما يتعلق بالهطول المطري المصاحب لها. وإلى تقييم الأثر الذي أحدثته، من حيث طبيعتها ومناطق تكوينها وتمركزها ومساراتها.

ويهدف هذا البحث إلى:

-تحليل الخصائص السينوبيتيكية والحركية لتطور العاصفة خلال الفترة بين 6- 8 سبتمبر 2024، بهدف تحليل الظاهرة الطقسية الشاذة التي سيطرت فوق المنطقة الغربية والجنوبية الغربية.

-تحديد الخصائص العامة لتوزع مراكز الضغط الجوي على السطح وفي طبقات الجو العليا حيث طبيعتها ومناطق تكونها وتمركزها ومساراتها خلال الفترة المدروسة.

-تحديد العوامل المسببة وآلية حدوث هذه الظاهرة وشدتها في منطقة الدراسة.

- دراسة وتحليل الأحوال الطقسية المترافقة مع النشاط الاعصاري في الفترة بين 8-6سبتمبر.

-تحليل نتائج قيم مؤشر NDBI (مؤشر الاختلاف القياسي للعمران) لتحديد الأضرار المباشرة وغير المباشرة ومستويات الدمار الناجمة عن عاصفة منطقة بشار الأنموذج

-تحليل نتائج قيم مؤشر(NDMI) المياه والرطوبة لتقييم أثر الكارثة بعد العاصفة.

طرائق البحث وأدواته:

تم اعتماد قاعدة بيانات رئيسة عبارة عن مسارات خلفية لمدة 6 أيام قبل العاصفة وبعدها حسبت لكل 6 ساعات، مرتين يوميًا (0000 و UTC 1200)، انطلاقًا من حقول الرياح الثلاثية الأبعاد التابعة لمركز الأرصاد الجوية المتوسطة المدى الأوروبي (ECMWF)، كما تم اعتماد تحليلات قاعدة البيانات المستخدمة في الحسابات وتشمل مجالات الرياح ودرجة الحرارة وصور خرائط الطقس المؤرشفة منNCEP/NCAR مركز التنبؤ البيئي / المركز القومي للأبحاث العالمية تحليلات00:00 UTC،مع طول الشبكة 2.5° × 2.5°منطقة المحصورة بين خطي الطول 25°Wو 30° Eودائرتي العرض 0N° و 50N° ، وكذلك تم اعتماد بيانات مناخية ساعية للفترة المدروسة الصادرة عن الديوان الوطني للأرصاد الجوية- الجزائر،

الجدول1: خصائص الصور الفضائية Landsat 8– OLI المستخدمة

تاريخ الصورة	القناة الطيفية المستخدمة	الدقة المكانية (م)
27/7/2024	Band (5,6)	30
28/9/2024	Band (5,6)	30

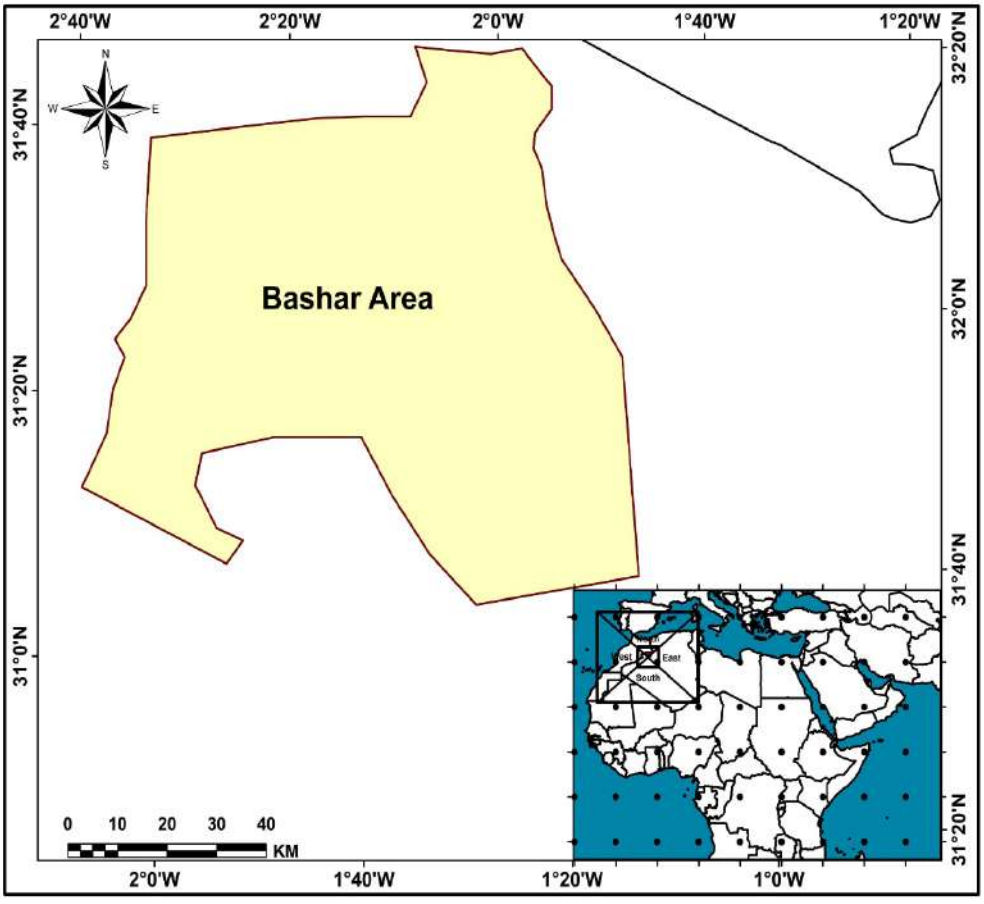
المصدر: عمل الباحثين بناء على الصورة الفضائية لاندسات 8 و Google Earth

كما تم اعتماد التحليل الإحصائي في تحليل أثر العاصفة والزمن الذي وصل فيه إلى أقصى حد له فوق المنطقة والفترة السابقة للمنخفض ب 24 ساعة وبعده أيضا .وقد تم الاعتماد كذلك على خريطة أساس وعلى برامج الحاسوب والبرامج التقنية، ARCGIS 10.8، Google Earth، وExcel، وكذلك 2 صورة فضائية لاندسات 8 خالية من الغيوم بدقة مكانية 30م OLI لعام 2024، حيث تتضح خصائص الصور الفضائية في الجدول1.

المؤشرات الطيفية:

مؤشر الاختلاف القياسي للعمران (NDBI: Normalized Difference Built-up Index):

يقوم هذا المؤشر على تحديد المستويات العليا والدنيا للغطاء العمراني المفقود بتطبيق هذا المؤشر قبل العاصفة مباشرةً وبعد انتهائها لحساب فرق الغطاء العمراني ورصد مستوى الدمار في منطقة الدراسة، وفق المعادلة (Ridd, 1995):



الشكل 1 : منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثين بناء على Google Earth و ARCGIS 10.8

النتائج والمناقشة:

تتأثر منطقة شمال غرب افريقيا بالتفاعلات الاستوائية–المدارية التي تؤثر على كمية الأمطار في شمال غرب إفريقيا، بسبب تدفق الهواء الاستوائي في الطبقة المتوسطة من الغلاف الجوي على الجانب الشرقي من المنخفض العلوي الذي يترافق عادة مع الحالة الجوية.

1.تحليل ديناميكية الضغط الجوي خلال وبعد العاصفة التي تعرضت لها منطقة غرب الجزائر في 8 سبتمبر 2024:

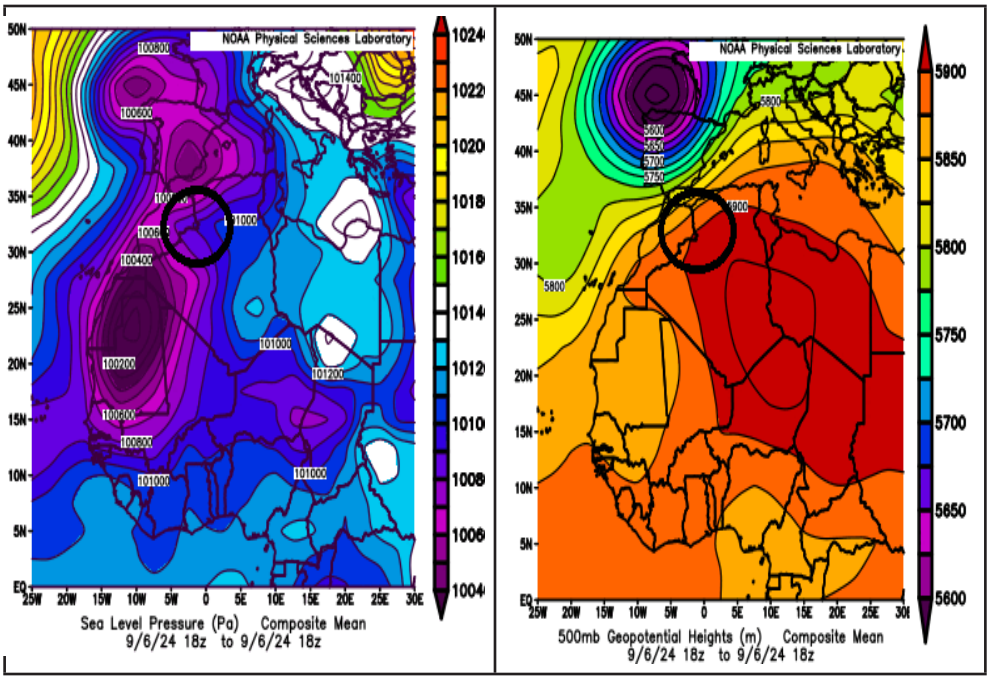
لقد تم تحليل تطور العاصفة الأنموذج، من خلال تحليل الظروف الحركية والإجمالية خلال الوقت السابق للتعمق الأعظمي لها ب 48 ساعة، وكذلك اللاحق لها ب 24 ساعة، وقد أظهرت نتائج البيانات الآتية:

1.يظهر تحليل خريطة توزيع الضغط الجوي السطحي **بتاريخ 6 سبتمبر 2024** وجود أنماط جوية مهمة يمكن ربطها بحدوث العاصفة التي ضربت منطقة بشار، تتضمن التحليلات الرئيسة ما يأتي:

1.تم رصد منطقة من الضغط المنخفض في المنطقة الغربية من الجزائر؛ مما يشير أن الظروف الجوية أكثر ملاءمة

2.لتشكل العواصف، كما دل ذلك إلى قدوم نشاط جوي قوي مترافق مع عاصفة عنيفة. انظر الشكل(2)

3. وأظهرت الخريطة وجود مناطق تحتوي على خطوط ضغط ذات قيم أعلى من hPa1020 أي أن الطقس كان أكثر استقرارًا في الشمال الغربي وأوروبا، ومع ذلك، فإن الضغط المنخفض المحيط بمنطقة الدراسة بدأ يخلق حالة من عدم الاستقرار، مما عزز الظروف المواتية لنشوء العواصف.



الشكل رقم(2) يوضح توزع قيم الضغط الجوي السطحي وقيم (Geopotential Height) في مستوى 500mb في منطقة الدراسة قبل ب 48 ساعة من حدوث العاصفة 8 سبتمبر 2024

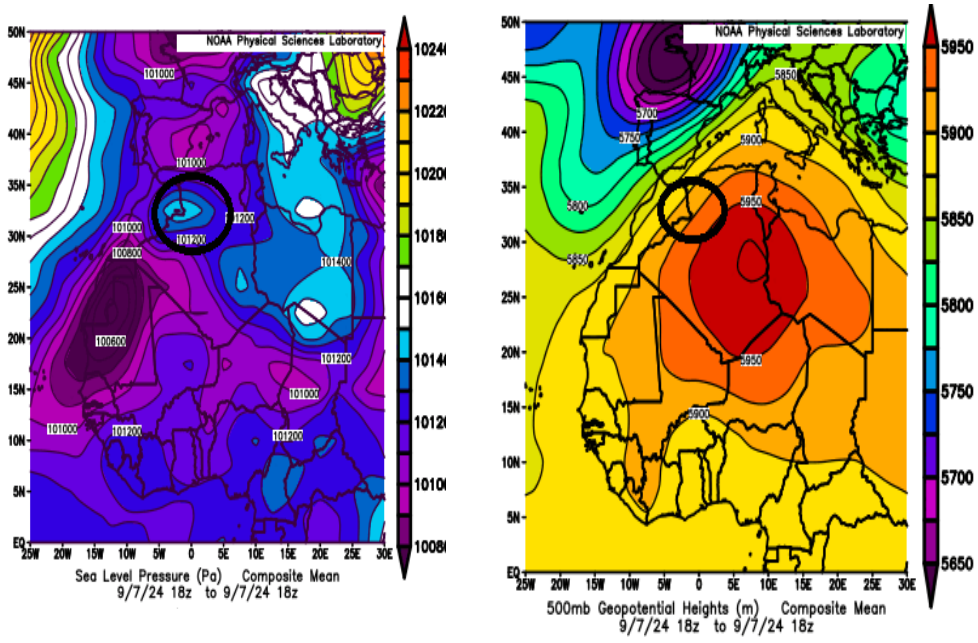
المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات Gridded Climate Data، https://psl.noaa.gov/

وعند تحليل خريطة توزع الضغط الجوي على مستوى 500 hPa قبل حدوث العاصفة في منطقة بشار بـ 48 ساعة يكشف العديد من النتائج المهمة التي تسهم في فهم الوضع الجوي وتأثيره في حدوث العاصفة، حيث أظهرت نتائج البيانات وجود نظام ضغط منخفض بالقرب من منطقة بشار، جعل الظروف مواتية لنشاط جوي قوي؛ أن أدى إلى بدء تكون سحب كثيفة وهطول الأمطار الغزيرة، وهي عوامل ساعدت على بدء حدوث العاصفة. انظر الشكل (2)

وقد أظهرت البيانات أن الهواء في هذه المنطقة تميز بخصائص دافئة وجافة؛ مما عزز حالة عدم الاستقرار الجوي قبل العاصفة.

2-تبين من تحليل خريطة توزع الضغط الجوي **ليوم 7 سبتمبر 2024** تموضع نظام من الضغط المنخفض محيط بمنطقة الدراسة حيث وصلت قيمة الضغط الجوي في المنطقة الجنوبية الغربية والشمالية 1006 hPa، وهذا دل على ظروف جوية مضطربة وغير مستقرة، حيث تظهر الخريطة انتقال الضغط الجوي عبر المنطقة، ووجود مناطق ذات ضغط منخفض محيط بمنطقة بشار، سجلت قيما منخفضة (أقل من 1000 hPa) وعززت من إمكانية حدوث

رياح قوية وسحب رعدية؛ مما زاد من الظروف المساعدة على حدوث العاصفة، أما في منطقة بشار فتدل الخريطة على وجود لسان من الضغط المنخفض سجلت فيه القيمة 1012 hPa، أما خريطة توزع الضغط الجوي في مستوى 500 hPa ليوم 7 سبتمبر 2024، فقد أظهرت وجود مركز للضغط المنخفض في شمال إفريقيا، وهو ما يتطابق مع ما لاحظناه في الخريطة السطحية المنخفضة الضغط. هذا الضغط المنخفض هو مؤشر قوي على وجود نشاط جوي ؛ مما سهل من التقلبات الجوية المفاجئة. وقد دل توزع الارتفاعات الجيوبوتينية (المحدد باللون البرتقالي والأحمر) إلى انخفاض متدرج في الضغط نحو منطقة بشار. وبذلك زاد من احتمالية تكون السحب والتكونات الرعدية، وعزز من تساقط الأمطار الغزيرة والعواصف الرعدية. كما أن هذا الاختلاف في الارتفاعات وضح حجم التباين في الضغط الجوي بين المناطق المحيطة ذات الضغط المرتفع ومنطقة بشار ذات الضغط المنخفض؛ مما أسهم في زيادة حالة عدم الاستقرار الجوي. وقد دلت هذه الفروقات إلى وجود هواء دافئ صاعد ملائم لتكوين العواصف، وهو ما أكدته أيضاً البيانات من الخريطة السطحية. انظر الشكل(3).

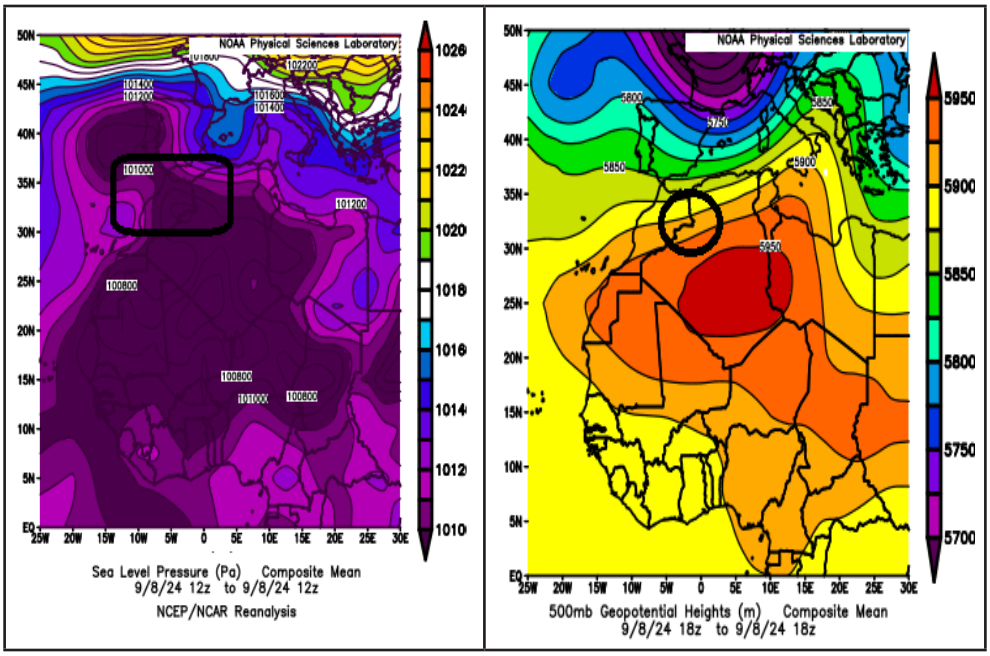


الشكل رقم(3) يوضح توزع قيم الضغط الجوي السطحي وقيم (Geopotential Height) في مستوى 500 hPa في منطقة الدراسة قبل ب 24 ساعة من حدوث العاصفة 8 سبتمبر 2024توضح توزيع الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات Gridded Climate Data، https://psl.noaa.gov/

تبين من تحليل الحالة الجوية والخرائط السطحية والعلوية لكل ست ساعات لتوزع الضغط الجوي في يوم العاصفة التي سيطرت فوق منطقة بشار في 8 سبتمبر 2024. وجود منطقة ذات انخفاض حاد في الضغط الجوي حيث سجلت القيم 1010 hPa، وكذلك وجود منطقة ضغط منخفض في وسط البحر المتوسط، حيث تراوحت القيم بين 1000 hPa و1010، حيث إن هذا الضغط المنخفض المرتبط بنشاط جوي قوي، أسهم في كثافة السحب والأمطار، ويتضح من الخرائط وجود مناطق للضغط المرتفع وصلت فيها قيمة الضغط الجوي إلى 1026 hPa، حيث شكل الضغط المرتفع حاجزًا أثر على حركة الهواء ، وأدى إلى تركيز التقلبات الجوية في المنطقة المحيطة بالضغط المنخفض. وقد أدى هذا التوزع في الضغط الى إلى زيادة تكاثف السحب وهطول الأمطار الغزيرة، حيث إن وجود الضغط المنخفض في يوم العاصفة قد هيأ الظروف لنشوء العواصف الرعدية، وسهل النشاط الحراري الناتج عن فرق درجات الحرارة المتواجدة بين الضغط المنخفض والمرتفع في تكوين العواصف، وهذا يتماشى مع ما تم الإشارة إليه.

وعند تحليل خرائط الجيوبينتال (Geopotential Heights) في يوم العاصفة الأنموذج في مستوى 500 hPa تبين وجود مناطق للضغط المنخفض في شمال غرب أوروبا؛ مما يدل على وجود نظام عاصفي، كما أظهرت الخريطة تموضع نظام من الضغط المرتفع، الذي عادة ما يكون مرتبطًا بالأحوال الجوية المستقرة والسحب الكثيفة. فوق المناطق الاستوائية، أما في منطقة الدراسة فيتضح من الخرائط تأثر هذه المنطقة بنظام ضغط مرتفع يتوسطها. ونظام ضغط منخفض محيط يتسبب بظهور حالات جوية متقلبة، وهذا يتماشى مع ما تظهره الخريطة السطحية من وجود ضغط منخفض في منطقة بشار، وقد أدى هذا الضغط المنخفض إلى نشاط رعدي متزايد، حيث إن العلاقة بين الضغوط السطحية والضغوط الجوية المرتفعة تُعزز من فعالية الظواهر الجوية. حيث إن وجود منطقة ضغط منخفض عادة ما يترافق مع رياح رطبة أو دافئة، هذه العوامل تلعب دورًا حاسمًا في دعم تكوين العواصف. انظر الشكل(4)



الشكل رقم(4) يوضح توزع قيم الضغط الجوي السطحي وقيم (Geopotential Height) في مستوى 500mb في منطقة الدراسة في يوم العاصفة 8 سبتمبر 2024

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات Gridded Climate Data، https://psl.noaa.gov/

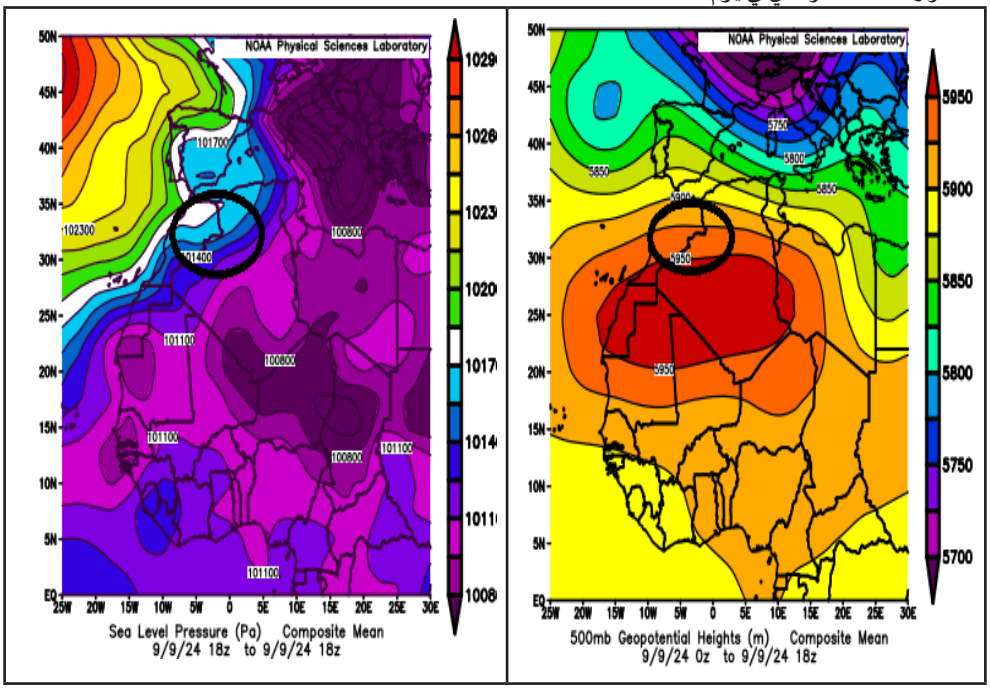
تبين من تحليل الوضع السينوبتيكي بعد العاصفة بشار ومن تحليل الخرائط لكل 6ساعات بعد العاصفة ب 24 **ساعة في 9 سبتمبر 2024** وجود منطقة ضغط مرتفع ملحوظة في شمال البحر المتوسط، حيث بلغت قيم الضغط 1028 hPa ، بينما توجد في منطقة بشار نفسها قيم ضغط منخفض (وصلت إلى 1010 hPa)؛ مما يشير إلى أن الفعالية الجوية لم تنتهِ بشكل كامل ويبقى الجو متقلبا، دل على ذلك الانخفاض الملحوظ في الضغط الجوي في المناطق المجاورة لمنطقة الدراسة، وهذا عزز أيضا نشاط الرياح والرطوبة، من ثَمّ استمرار الظروف الجوية غير المستقرة. انظر الشكل(5)

من جهة أخرى، تظهر خريطة ارتفاعات الجيوبوتينتيال عند مستوى 500 hPa وجود وجود مناطق مرتفعةالجيوبينتال وصلت إلى 5800 متر، أي وجود ضغط مرتفع، والذي تسبب باستقرار جوي لاحق.

عند الربط وتحليل الخريطتين، يتضح أن الضغط المرتفع في المناطق المحيطة عمل حاجزًا لا يسمح للأنظمة الجوية القوية بالتأثير على منطقة الدراسة بشكل مباشر، ولكنه عزز من فعالية الضغوط المنخفضة الموجودة في منطقة بشار. كما أن الفرق بين الضغط المنخفض المرتبط بالعواصف السابقة والضغط المرتفع المحيط ساعد في استمرار

النشاط الجوي المتقلب.انظر الشكل(5)

بالإضافة إلى ذلك، فإن توزع الضغوط السطحية والضغوط في مستوى 500 hPa في فترة العاصفة الأنموذج عزز من فعالية الظواهر الجوية، كما أن وجود ضغط منخفض تزامن مع رياح رطبة أو دافئة أسهمت في استمرار النشاط الرعدي في يوم العاصفة.



الشكل رقم(5) يوضح توزع قيم الضغط الجوي السطحي وقيم (Geopotential Height) في مستوى 500mb في منطقة الدراسة بعد حدوث العاصفة 8 سبتمبر 2024 ب 24 ساعة.

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات Gridded Climate Data، https://psl.noaa.gov/

1.الظروف الطقسية خلال العاصفة التي ضربت غرب الجزائر في 8/9/2024:

تعد العاصفة التي تعرضت لها المنطقة الغربية للجزائر من العواصف التي تحدث بسبب المسارات الجوية الاستوائية – المدارية، والتي تتسبب عادة بأحداث طقسية متطرفة، حيث إن هذه العاصفة أدت إلى فيضانات مدمرة.

الحالة الطقسية في 7 سبتمبر SEP لقد شهدت الحالة الجوية تغيرات ملحوظة قبل 24 ساعة من حدوث العاصفة في منطقة بشار غرب الجزائر، عند الساعة 1:24 PM، كانت الرياح مثيرة للرمال؛ مما أشار إلى ظروف جوية غير مستقرة، قد سهلت من ظهور العواصف، ثم بدأت الأمطار الخفيفة بالهطول مع استمرار الرياح المثيرة للرمال؛

مما يدل على اقتراب عاصفة رعدية. بحلول الساعة 1:35 PM، تطورت الحالة بشكل واضح لتصبح عاصفة رعدية مصحوبة بأمطار، وشهدت المنطقة نشاطًا جويًا قويًا تزامن مع رياح وأمطار غزيرة.

استمرت العاصفة الرعدية مصحوبة بهطول مطري غزير حتى الساعة 2:00 PM؛ مما أسهم في تعزيز قوة الحالة الجوية، وبحلول الساعة 3:00 PM، كانت هناك عاصفة رعدية مع أمطار خفيفة، واستمرت العاصفة نشطة حتى الساعة 4:00 PM ، ثم بدأت بالتراجع، مع هطول أمطار خفيفة، وبدأت حالة استقرار نسبي. انظر الجدول (2) استمر الهطول الخفيف على مدار الساعة حتى الساعة 11:00 PM، مع تراجع المظهر العاصفي الشديد الذي شهدته المنطقة، رغم عدم وجود عواصف رعدية خلال هذه الساعات، واستمرت الرطوبة في الجو.

الجدول (2) الحالة الجوية في يوم العاصفة في منطقة بشار في 8 سبتمبر 2024

Time	ملاحظات	الهطل	الكود
12:00 AM	Thunderstorm		TS
01:00 AM	Thunderstorm, Thunderstorm with Rain		TS, TSRA
02:00 AM	Thunderstorm, Recent Rain		TS, RERA
03:00 AM	Thunderstorm		TS
03:05 AM	Thunderstorm, Recent Rain		TS, RERA
03:18 AM	Recent Thunderstorm, Thunderstorm with Rain		RETS, TSRA
04:00 AM	Recent Thunderstorm with Rain, Thunderstorm with Rain		RETSRA, TSRA
05:00 AM	Thunderstorm with Rain		TSRA
05:05 AM	Thunderstorm with Heavy Rain		+TSRA
06:10 AM	Recent Thunderstorm with Rain		RETSRA
07:00 AM	Recent Thunderstorm with Rain		RETSRA
08:00 AM	Heavy Rain		+RA
08:46 AM	Light Rain		-RA
09:00 AM	Light Rain		-RA
09:30 AM	Light Rain		-RA
10:00 AM	Light Rain		-RA
10:30 AM	Light Rain		-RA
11:00 AM	Light Rain		-RA
12:00 PM	Light Rain		-RA
01:00 PM	Light Rain		-RA
02:00 PM	Light Rain		-RA

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات / https:// climate-modelling.canada.ca

من خلال تحليل الأحوال الجوية تبين أن الفترة الزمنية بين 1:25 PM و 2:00 PM كانت الأكثر نشاطاً، حيث شهدت عواصف رعدية قوية مع أمطار غزيرة، تركز الهطول بشكل خاص خلال تلك الفترة؛ مما أشار إلى وجود تأثيرات جوية أثرت على المناخ المحلي، وقد استمرت الأمطار الخفيفة وهذا سببه وجود عدم استقرار جوي مستمر في المنطقة. انظر الجدول (3)

الجدول (3) يوضح الحالة الطقسية في الوقت السابق للعاصفة ب 24 ساعة (7/9/2024)

الوقت	الملاحظات	الهطول	الرموز
01:24 PM	Blowing Sand		BLSA
01:25 PM	Light Rain, Blowing Sand	Light	-RA, BLSA
01:35 PM	Thunderstorm with Rain, Blowing Sand	Thunderstorm	TSRA, BLSA
02:00 PM	Thunderstorm with Rain	Thunderstorm	TSRA
03:00 PM	Thunderstorm with Light Rain	Light	-TSRA
04:00 PM	Recent Thunderstorm with Light Rain	Light	RETSRA, -RA
05:00 PM	Light Rain	Light	-RA
06:00 PM	Light Rain	Light	-RA
07:00 PM	Light Rain	Light	-RA
08:00 PM	Light Rain	Light	-RA
09:00 PM	Light Rain	Light	-RA
10:00 PM	Recent Rain, Light Rain	Light	RERA, -RA
11:00 PM	Recent Rain		RERA

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات / https:// climate-modelling.canada.ca

2.1. تحليل الحالة الطقسية في يوم العاصفة الانموذج 8 سبتمبر:

شهدت منطقة غرب الجزائر في الفترة بين 6-8 سبتمبر 2024، حالة جوية غير مستقرة تميزت بنشاط جوي قوي بدأ من منتصف الليل (12:00 AM) حتى الساعة 2:00 PM، خلال هذه الفترة، تخللت الأجواء العواصف الرعدية والأمطار الخفيفة والغزيرة؛ مما عكس التغيرات المتنوعة في الهطولات. انظر الجدول (4)

حيث تبين أن المنطقة شهدت نشاطًا جويًا شديداً في الساعات الأولى من اليوم، مع عواصف رعدية مصحوبة بأمطار غزيرة، تلاها انخفاض في شدة الهطول إلى أمطار خفيفة، هذا النشاط الجوي قد يؤدي إلى تأثيرات على البيئة المحلية، مثل زيادة الرطوبة ورطوبة التربة.

بدأت الحالة الجوية بعواصف رعدية قوية من الساعة 12:00 AM حتى 7:00 AM، حيث كانت هذه العواصف مصحوبة بأمطار، وفي الساعة 1:00 AM، بدأت العواصف الرعدية مع الهطولات من جديد واستمر الوضع حتى الساعة 3:00 AM، حيث شهدت المنطقة زخات مطرية غزيرة في بعض الفترات؛ مما أدى إلى زيادة كبيرة في شدة الهطول وكميته.

سجلت الهطولات الغزيرة، من 8:00 AM إلى 10:00 AM ، تم تسجيل أمطار غزيرة (+RA). واستمرت الأمطار حتى الساعة 11:00 AM، لكنها كانت بمعدل أخف؛ مما يشير إلى تناقص في شدة الهطولات، حيث ثم تراجعت كمية الهطول بين الساعة 12:00 PM و2:00 PM، وسيطرت حالة استقرار جوية بعد فترة العواصف.

وقد تبين من سجلات الطقس التابع للديوان الوطني للأرصاد الجوية -الجزائر، أن سرعة الرياح سجلت بدءا من منتصف الليل حتى الساعة 6 AM سرعة تراوحت بين 0 إلى 10 mph تقريبًا، حيث إن النشاط كان منخفضًا في البداية. وقد وصلت الرياح ذروة سرعتها في الساعة 5:05 AM بسرعة 20.7mph، حيث سجل وجود نشاط جوي مرتفع مرتبط بالعواصف. وقد انخفض النشاط بشكل ملحوظ بعد الساعة 6 AM، واستقرت سرعة الرياح في مستويات منخفضة تراوحت غالبًا بين 0 و10 mph، انظر الجدول (4) الذي يوضح بيانات دقيقة عن الحالة الجوية في منطقة بشار ليوم العاصفة، حيث تم تسجيل قياسات منذ منتصف الليل وحتى الساعة 11:00 مساءً.

أما درجات الحرارة فقد بدأت عند 23°C في منتصف الليل واستمرت في الانخفاض تدريجياً لتصل إلى 19°C في الصباح، قبل أن ترتفع مرة أخرى إلى 24°C في المساء، حيث سجلت تقلبات واضحة في درجات الحرارة خلال اليوم.

وقد تم تسجيل مدى الرؤية بأدنى مستوياته في الصباح حيث كانت 0.62 ميلاً، لكنه ارتفع لاحقًا ليصل إلى 6.21 ميلاً في المساء وبالنسبة لتغطية السحب، فقد كانت السماء غائمة بشكل عام، حيث ظهر معظم الوقت «غائم جزئيًا» أو «غائم» مع ارتفاع سحب يتراوح بين 2,600 و3,000 قدم. انظر الجدول (4)

الجدول (4) البيانات المناخية الساعية في يوم العاصفة الانموذج 8/9/2024

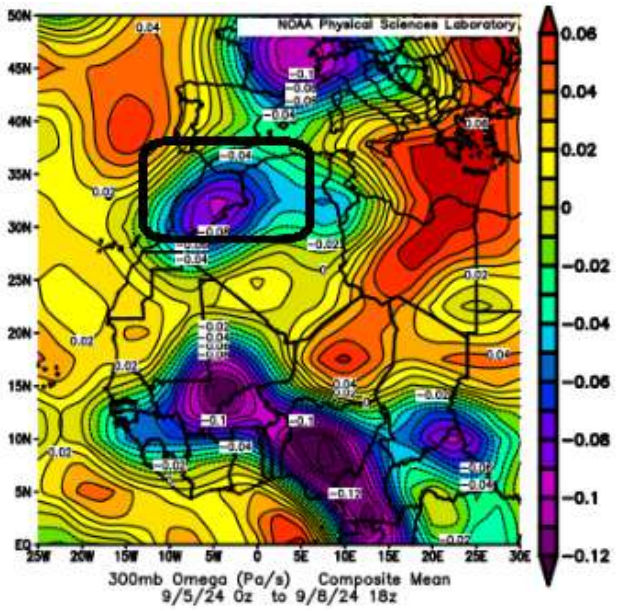
الوقت (Time)	درجة الحرارة (Temp.)	سرعة الرياح (Wind)	مدى الرؤية (Vis.)	تغطية السحب (Cloud Cover)
12:00 AM	22.8°C	2.06 m/s, SE	4.35 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
01:00 AM	22.8°C	3.61 m/s, SE	4.97 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
02:00 AM	22.8°C	2.06 m/s, E	4.97 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
03:00 AM	22.8°C	3.08 m/s, E	4.97 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
03:05 AM	22.8°C	1.55 m/s, E	4.97 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
03:18 AM	22.8°C	2.06 m/s, E	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
04:00 AM	22.2°C	1.54 m/s, E	3.73 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
05:00 AM	22.2°C	7.19 m/s, NE	3.73 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
05:05 AM	21.1°C	9.26 m/s, NE	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
06:10 AM	20.0°C	5.15 m/s, NE	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
07:00 AM	21.1°C	2.57 m/s, E	3.73 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
08:00 AM	21.1°C	7.19 m/s, NW	0.62 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
08:46 AM	18.9°C	4.12 m/s, E	2.49 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
09:00 AM	18.9°C	2.06 m/s, E	2.49 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)

09:30 AM	20.0°C	3.06 m/s, E	3.73 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
10:00 AM	20.0°C	3.06 m/s, E	3.73 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
10:30 AM	21.1°C	3.06 m/s, E	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
11:00 AM	21.1°C	3.06 m/s, NW	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
12:00 PM	20.0°C	1.03 m/s, SE	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
01:00 PM	20.0°C	2.03 m/s, SW	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
02:00 PM	20.0°C	1.54 m/s, S	3.11 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
03:00 PM	21.1°C	1.54 m/s, SW	3.73 mi	Mostly Cloudy (3,000 ft)
04:00 PM	22.2°C	2.93 m/s, SW	6.21 mi	Mostly Cloudy (2,600 ft)

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات / https:// climate-modelling.canada.ca

وقد اتضح من تحليل المخطط المُركّب لبيانات الغلاف الجوي أوميغا لتحديد سرعة الضغط الرأسي خلال نطاق زمني محدد عند مستوى 300 hPa ، اعتمادا على بيانات مختبر العلوم الفيزيائية التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) لكل 6 ساعات من 5 سبتمبر 2024، الساعة 0:00 وحتى 8 سبتمبر 2024، الساعة 18:00 بالتوقيت العالمي المنسق، ويجمع 16 فترة زمنية.وجود مناطق واسعة من شمال أفريقيا وخاصة منطقة الدراسة ذات قيم سالبة لأوميغا (بشكل أساسي بين -0.04 و -0.1 Pa/s)، خاصة في المنطقة الواقعة بين خطي عرض 5N و 20N. هذا يشير إلى صعود الهواء، وهذا أدى إلى نشاط الحمل الحراري وتكوين الغيوم أو حتى هطول الأمطار.انظر الشكل (6)

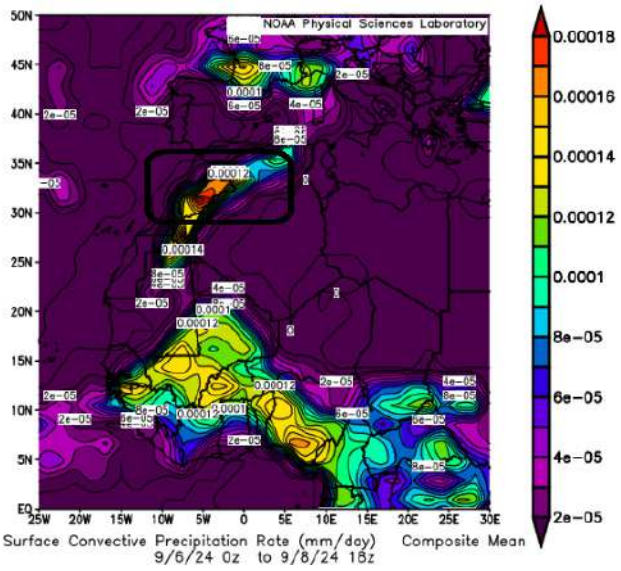
وسجلت في منطقة الصحراء الغربية قيم أوميغا موجبة (هبوط الهواء) (تقريبًا 25N و 10W) بقيمة 0.02 Pa/s ؛ مما يشير إلى استقرار نسبي في الغلاف الجوي.وكذلك فوق إسبانيا كانت قيم أوميغا موجبة ، خاصة في شمال إسبانيا (0.04 Pa/s)؛ مما يشير إلى استقرار الغلاف الجوي.وفوق مناطق جنوب شرق أوروبا (اليونان وتركيا) قيم أوميغا سالبة؛ مما يشير إلى عدم استقرار الغلاف الجوي أو نشاط الحمل الحراري. وفوق البحر المتوسط تظهر المنطقة قيم متباينة بين الصعود والهبوط، مما يعكس أنماطًا جوية معقدة.



الشكل رقم (6)المخطط المُركّب لبيانات الغلاف الجوي أوميغا فوق منطقة الدراسة والحيز الجغرافي المجاور خلال نطاق زمني 5-8/9/2024 عند مستوى 300 hPa

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات Gridded Climate Data، https://psl.noaa.gov/

كما تبين من تحليل البيانات وخريطة الهطل التراكمية في يوم 8 سبتمبر 2024، أن منطقة بشار في الجزائر شهدت عاصفة مطرية قوية؛ مما أسفر عن تراكم كميات كبيرة من الأمطار في العديد من المناطق الغربية من الجزائر، تُظهر الخريطة التي توضح الهطولات المطرية أن الشعرات الخضراء تشير إلى وجود أماكن تلقت كميات متوسطة من الهطول، كما تظهر الألوان المائلة إلى البرتقالي أو الأحمر ارتفاعات أكبر للهطول؛ مما يدل على وجود أماكن شهدت زخات مطرية وفيرة من الأمطار حيث قد وصلت هذه الكميات إلى 21مم خلال بضعة ساعات انظر الشكل (7)، أظهرت الأرقام المرفقة بالقرب من الخطوط الهيدرولوجية على الخريطة التي تمثل كميات الهطول بالملمترات؛ مما يعكس الدقة في قياس تأثير العاصفة. بالنسبة للغرب الجزائري.

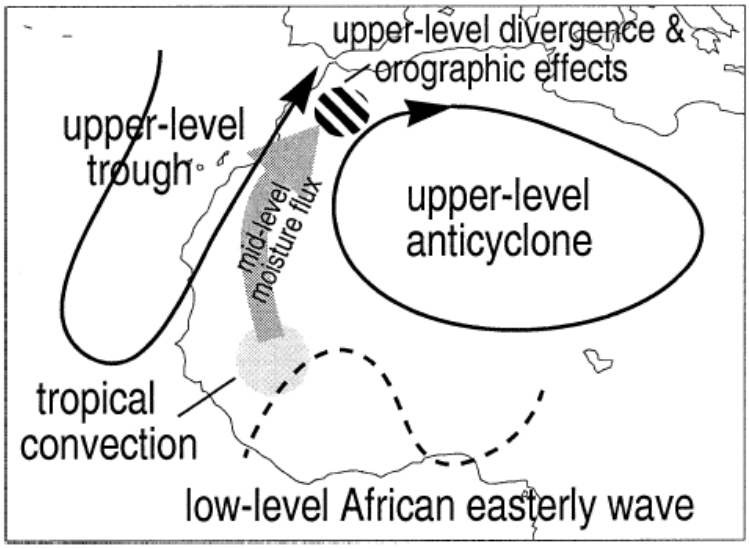


الشكل(7) المعدل اليومي للهطول معدل الأمطار خلال عدة ساعات تستخدم الخريطة ألوانًا مختلفة لتوضيح كميات الأمطار بالمليمترات يوميًا، حيث تُظهر النطاقات بين الارتفاعات المختلفة للمطر باستخدام خطوط متقطعة والألوان.

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات Gridded Climate Data، https://psl.noaa.gov/

لقد شهدت هذه المنطقة هطولات مطرية غزيرة في العاصفة الانموذج، نظرا لتجمع الرطوبة في الطبقات الجوية العليا وارتباطاتها بالضغوط الجوية المتغيرة، ولتفسير الظاهرة الطقسية المتطرفة التي ضربت هذه المنطقة تم الاعتماد على الخرائط الجوية في طبقات الجو السطحية والوسطى والعلوية وخرائط الرطوبة المنقولة، حيث تبين أنه عندما تصل الكتل الهوائية الاستوائية إلى شمال غرب إفريقيا، تلاحظ ظاهرة الهطول الأمطار الحملية. تحدث هذه الظاهرة بسبب تباعد المستويات العليا عند نقطة انعطاف الحوض؛ مما يترافق مع تقارب الرطوبة في المستويات المتوسطة والارتفاع على نطاق واسع. يُحتمل أن يُعزَّز الحمل الحراري من خلال التأثير الجبلي، خاصة في أواخر الصيف وأوائل الخريف، نتيجة للتسخين النهاري للتضاريس المرتفعة في جبال الأطلس.

في هذه الفترة، تقتصر الأمطار غالبًا على المناطق المحيطة بسلسلة جبال الأطلس. وعلى الرغم من هطول الأمطار، فإن الغزارة تكون عادةً ضعيفة بسبب التبخر الكبير الذي يحدث في الطبقة الجوية القريبة من سطح الأرض التي تكون جافة في بعض الأحيان، و يمكن أن تتطور زخات أو عواصف رعدية وصلت كميتها إلى أكثر من 20 ملم في غضون بضع ساعات، انظر الشكل(7)



الشكل 8. رسم تخطيطي لحالة نموذجية للتفاعلات المدارية-خارج المدارية فوق غرب إفريقيا كما وصفها (Knippertz et al2003).

2.2. دور المسارات الجوية الاستوائية والتيار النفاث شبه المداري في تشكل العواصف الشديدة (دراسة حالة عاصفة بشار):

لتحليل وتفسير سبب تشكل هذه العاصفة في منطقة بشار تبين أن الظاهرة سببها المسارات الجوية الاستوائية TTAs (Tropical Troposphere Aviation Streams) التي تنشأ من المناطق الاستوائية في غرب إفريقيا والمحيط الأطلسي المجاور، وهي مصدر الرطوبة الرئيس للعاصفة الأنموذج. وقد تبين من تحليل الخرائط ومن النماذج أن الحالة كانت مسارا جويا استوائيا تبع الساحل الأطلسي لغرب إفريقيا في طريقه نحو شمال غرب إفريقيا، حيث تركز هذا المسارعند خط عرض 25 درجة شمالاً (ECMWF)، وأكدت الدراسات أثر المسارات الجوية الاستوائية بشكل كبير على مناخ غرب الجزائر(Knippertz et al 2003,) انظر الشكل(8)، حيث يتضح أثرها في تشكل العاصفة الأنموذج من خلال زيادة الرطوبة، حيث إن TTAs تسببت برطوبة إضافية للجو؛ مما أدى إلى زيادة هطول الأمطار. وأدت الى ظروف طقسية متطرفة حيث إن الظروف الديناميكية المرتبطة بهذه الكتل الهوائية تسببت بعواصف رعدية و فيضانات.

حيث إن تأثير الأنظمة العليا المنخفضة في المناطق الاستوائية يؤدي بالضرورة إلى ارتفاع الهواء ؛ مما يُحفز انطلاق أعمدة السحب (McGuirk et al., 1988; Kiladis, 1997). ومع ذلك تشير البيانات الرقمية للتدفق الشاقولي في ثلاث حالات من الأنظمة الاستوائية والهطول المطري فوق غرب أفريقيا، (Knippertz 2005, and Mar-

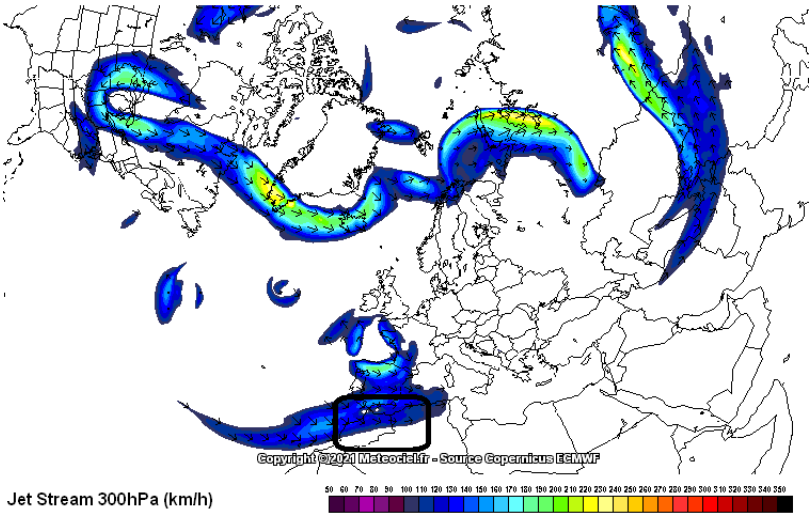
tin)، إلا أن القيم المحسوبة للتدفق الشاقولي في مستويات التروبوسفير المتوسطة تكون أقل مقارنةً بالمناطق العليا. إن هذا مرتبط بعمق التأثير الضئيل للشذوذات في الضغط الجوي المنخفض الاستوائي؛ مما يعني أن عملية التدفق الشاقولي اقتصرت على المستويات العليا.

يؤكد هذا المفهوم ما لاحظه (Kiladis,1997) ونتائج النمذجة التي عرضها (Slingo,1998)، حيث وجد أن مقياس توصيف الحمل الحراري الذي يستجيب لقوى المستويات العليا يمكن أن يعيد بشكل واقعي تفاعلات المناطق الاستوائية مع المناطق المدارية في نموذج المناخ العام (GCM).

وهناك عامل آخر قد يكون له أهمية بالنسبة للتكوين السحابي هو الاستقرار الثابت النسبي المنخفض تحت الشذوذ الإيجابي في الضغط الجوي العُلوي (Kiladis and Weickmann, 1992b; Kiladis, 1997). كما تسيطر حالة عدم استقرار العمودي في الغلاف الجوي نتيجة لوصول النظام العلوي المنخفض.

فيما يتعلق بتشكيل الأعمدة السحابية الممتدة التي تربط بين المناطق الاستوائية والمدارية، فإن تدفق السحب الناتجة عن الحمل الحراري من منطقة التقارب المداري (ITCZ) نحو القطب بسبب الرياح التجارية القوية قد يسهم في دعم عملية الحمل الحراري؛ مما يساعدعلى تفسير العاصفة التي حدثت في غرب الجزائر في 8 سبتمبر. فعلى الرغم من ضعف التأثير المباشر لهذه الأنظمة العليا، فإن وجود ظروف ملائمة مثل زيادة التقاء الرياح القريبة من سطح الأرض يمكن أن يُهيئ البيئة المناسبة لتشكل العواصف. لكن يبقى من غير الواضح ما إذا كانت هذه التغيرات مدفوعة بقوى من المناطق غير الاستوائية، أو بواسطة أمواج استوائية، أو أنها مجرد استجابة للحفاظ على الكتلة نتيجة للأعمدة المتصاعدة الناجمة عن عمليات أخرى.

بالإضافة إلى دور **التيار النفاث شبه المداري** في الظاهرة المدروسة في سياق الظاهرة الجوية المتطرفة التي حدثت بين 5 و 8 سبتمبر 2024 في غرب الجزائر، يلعب التيار النفّاث دورًا حاسمًا، حيث تبين من تحليل الخرائط في مستوى 300 hPa أن التيار النفاث شبه المداري كان قويًا ومنزاحاً جنوبًا فوق شمال غرب أفريقيا، فقد أدى ذلك إلى زيادة في حالة عدم الاستقرار الجوي وهطول الأمطار الغزيرة، خاصةً في المناطق الجبلية القريبة من بشار. تفاعل التيار النفاث مع التضاريس المعقدة زاد من حدة هذه الظواهر؛ مما أدى إلى فيضانات مفاجئة أو عواصف رعدية شديدة. حيث إن موقع التيار النفاث وقوته، وتفاعله مع أنظمة الضغط الجوي الأخرى يزيد من احتمالية حدوث ظواهر جوية متطرفة.انظر الشكل(9)

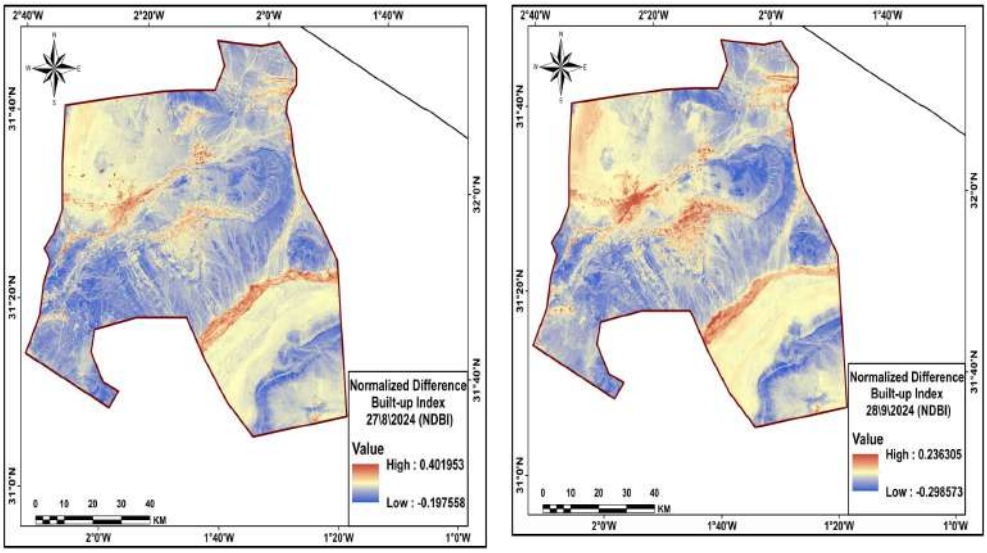


الشكل (9) يوضح تموضع التيار النفاث hPa 300 في 7سبتمبر 2024

المصدر: عمل الباحثين بناء على بيانات / https:// www.noaa.gov

3. تقييم أثر عاصفة منطقة بشار على الغطاء العمراني باستخدام مؤشر NDBI:

لتحليل الأضرار التي تسبب بها العاصفة الأنموذج تمت دراسة مؤشر الاختلاف القياسي للعمران (NDBI: Normalized Difference Built-up Index)، حيث تم تحديد المستويات العليا والدنيا للغطاء العمراني المفقود بتطبيق هذا المؤشر قبل العاصفة مباشرةً وبعد انتهائها لحساب فرق الغطاء العمراني ورصد مستوى الدمار في منطقة الدراسة.



الشكل (10): قيم NDBI لتحديد مدى كثافة الغطاء العمراني في منطقة بشار في تاريخي 27/8/2024 و 28/9/2024

المصدر: عمل الباحثين بناء على الصورة الفضائية لاندسات 8 و Google Earth

تبين من تحليل خريطة مؤشر الفرق المعدل للبناء تحديد المناطق الحضرية أو المناطق المبنية من خلال قياس اختفاء أو وجود العناصر الطبيعية في صورة استشعار عن بُعد لمنطقة بشار قبل العاصفة الأنموذج أن قيم NDBI تراوحت بين -0.197558 (منطقة منخفضة البناء) و0.40195 (منطقة مرتفعة البناء). القيم المرتفعة تشير إلى مناطق حضرية أو مبنية بشكل كثيف بينما القيم السلبية أو المنخفضة تشير إلى المناطق ذات الغطاء النباتي أو الأراضي المفتوحة.

كما يظهر في الشكل (10) أن اعلى القيم سجلت (0.236305) وتعدّ هذه القيمة مرتفعة نسبيًا، ولكنها أقل مقارنةً بالقيم المرتفعة في خريطة المنطقة السابقة (0.401953). تعكس هذه القيمة تراجع معدل كثافة الأبنية بعد العاصفة.

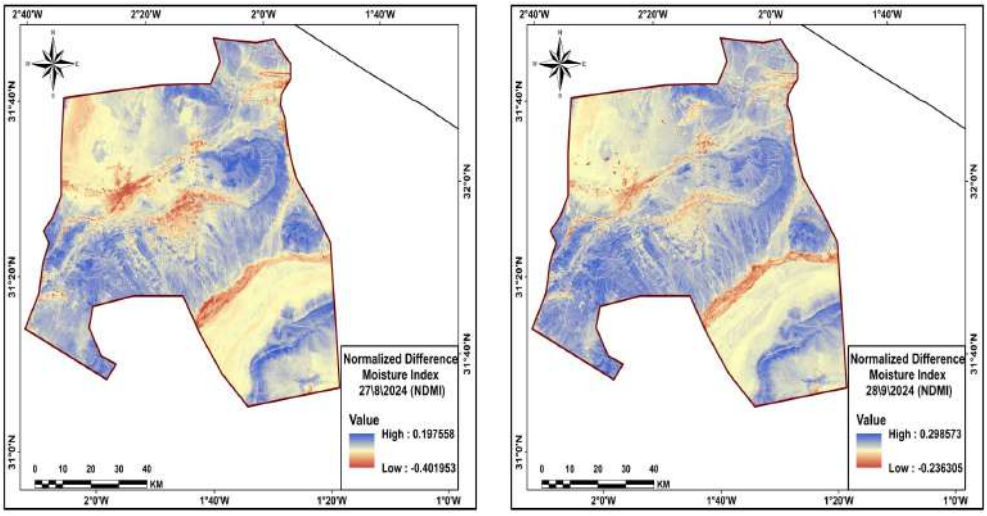
وسجلت أدنى القيم (-0.298573) وتشير القيم السلبية هنا إلى وجود مساحات خضراء أو مناطق طبيعية، وبذلك تعكس وجود قطع أرض أو غابات.

وعند المقارنة في قيم NDBI قبل وبعد العاصفة نجد تباينًا ملحوظًا، وتوزيعًا أقل كثافة؛ مما يشير إلى أن المنطقة تأثرت بشكل كبير بالفيضانات الناتجة عن العاصفة.

العاصفة التي ضربت بشار قد أثرت على تغطية الأرض بشكل عام؛ مما أدى إلى ضعف مؤشر NDBI. وأدت الأضرار الناتجة عن العاصفة إلى تدمير بعض الهياكل وزيادة المساحات المفتوحة وتغير سريع في استخدام الأراضي.

4. تقييم تأثير عاصفة بشار على رطوبة التربة باستخدام مؤشر NDMI:

تبين من نتائج تحليل مؤشر NDMI مؤشر رطوبة التربة (The Normalized Difference Moisture In-dex) الذي تم استنتاجه من خلال معادلة رياضية بناءً على باندات المرئية الفضائية للصورتين المأخوذتين قبل وبعد العاصفة الأنموذج.



الشكل (11) قيم NDMIمستويات التغير في مؤشر رطوبة التربة في منطقة الدراسة الناتج عن حساب فرق مؤشر NDMI قبل العاصفة بـ 13 يوم وبعدها ب 20 يوم.

المصدر: عمل الباحثين بناء على الصورة الفضائية لاندسات 8 و Google Earth

تشير قيم مؤشر NDMIالمستنبطة من الصورة الفضائية قبل العاصفة الأنموذج ب 13 يوم أن القيم تراوحت في منطقة بشار بين مناطق قيم مرتفعة (0.197558) تحتوي على رطوبة جيدة أو غطاء نباتي صحي.

ومناطق ذات قيم منخفضة (-0.401953) تدل على رطوبة منخفضة أو نقص في الغطاء النباتي، مثل المناطق الجافة أو التربة القاحلة. انظر الشكل(11)

وعند تحليل نتائج مؤشر NDMI لمنطقة بشار بعد العاصفة ب 20 يوما تبين أن القيم تراوحت بين مناطق ذات قيم مرتفعة (0.298573) تشير إلى ارتفاع نسبة الرطوبة وتدل النتائج على ارتفاع نسبة الأراضي المغمورة بالمياه وقيم منخفضة (-0.236305): تشير إلى نقص في الرطوبة. انظر الشكل (11)

عند المقارنة والربط بين نتائج المؤشر قبل العاصفة وبعدها نجد ازدياد في الرطوبة من 0.197558 قبل العاصفة إلى 0.298573 بعدها؛ مما يدل على ارتفاع في نسبة الأراضي التي أصبحت مغمورة بالمياه، وقد سجل تراجع عن القيم السلبية للمؤشر، وتزايد في مساحة الأراضي الرطبة مقارنة مع مؤشر NDBI.

الخاتمة:

لقد تم في هذه الدراسة فهم وتحليل العوامل الديناميكية التي أدت إلى نشأة وتطور العاصفة التي ضربت غرب الجزائر في بداية سبتمبر 2024، وتحديد آثارها البيئية والعمرانية. كشف التحليل عن دور بالغ الأهمية لتضافر عدة عوامل ديناميكية، بما في ذلك الانخفاض الملحوظ في الضغط الجوي، ووجود الضغط المرتفع شبه المداري، والتيار النفاث المداري المكثف، في تشكيل هذه الظاهرة الجوية المتطرفة. كما بينت الدراسة الأثر الكبير للعاصفة على المنطقة، حيث أظهرت تحليلات مؤشري NDMI و NDBI تغيرات ملحوظة في رطوبة التربة والغطاء العمراني؛ مما يعكس حجم الأضرار الناجمة عن الفيضانات. تؤكد هذه النتائج على أهمية الرصد المستمر للعوامل الجوية المتطرفة واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في تقييم آثارها، بهدف تحسين القدرة على التنبؤ بالكوارث والاستعداد لمواجهتها.

وقد تم التوصل لمجموعة من النتائج النهائية:

-أظهرت خريطة الضغط الجوي السطحي في 6 سبتمبر الى وجود النمط إلى نظام ضغط منخفض محيط بمنطقة الدراسة، مع قيم وصلت إلى 1006 hPa عززت الظروف الجوية غير المستقرة. تزامنا مع وجود «لسان» من الضغط المنخفض فوق منطقة بشار (1012 hPa) وتركز الاضطرابات الجوية في هذه المنطقة.

-وتبين من خريطة توزع الضغط الجوي في مستوى 500 hPa ليوم 7 سبتمبر أظهرت وجود مركز للضغط المنخفض في شمال إفريقيا، متطابقًا مع الخريطة السطحية، وانخفاض متدرج في الضغط نحو منطقة بشار؛ مما زاد من تكون السحب الرعدية وهطول الأمطار الغزيرة. وزاد الاختلاف في الارتفاعات الجيوبوتينية بين المناطق المحيطة وبشار من حالة عدم الاستقرار الجوي وهواء دافئ صاعد.

-تبين من الخرائط السطحية انخفاض ملحوظ في الضغط الجوي (1010 hPa) في يوم العاصفة (8 سبتمبر)، م، أدى إلى تركز التقلبات الجوية وتكثف السحب وهطول الأمطار الغزيرة التي تسببت بفيضانات في منطقة الدراسة، وأظهرت الخرائط بعد العاصفة في 9 سبتمبر استمرار الظروف الجوية غير المستقرة بشكل جزئي. ومع ذلك، وفي خرائط مستوى 500 hPa تواجد ضغط مرتفع تبعه استقرار جوي.

-إن المسارات الجوية الاستوائية (TTAs) القادمة من غرب إفريقيا والمحيط الأطلسي تشكل المصدر الرئيس للرطوبة التي غذّت العاصفة، هذه المسارات زادت من الرطوبة في الجو فوق منطقة بشار؛ مما أدى إلى زيادة هطول الأمطار وظروف طقسية متطرفة.

-إن وجود التيار النفاث شبه مداري بشكل قوي ومنزاح جنوبًا فوق شمال غرب إفريقيا أدى إلى زيادة في حالة عدم الاستقرار الجوي وهطول الأمطار الغزيرة، خاصة في المناطق الجبلية قرب بشار، تفاعل التيار النفاث مع التضاريس المعقدة زاد من حدة الظواهر الجوية المتطرفة.

-سجل مؤشر الاختلاف القياسي للعمران (NDBI) انخفاضًا ملحوظًا في قيم المؤشر بعد العاصفة التي ضربت منطقة غرب الجزائر، وتضرر الغطاء العمراني وتراجع كثافة الأبنية. وتبين من نتائج المقارنة بين قيم NDBI قبل العاصفة وبعدها وجود تباين ملحوظ وتوزيع أقل كثافة؛ مما يؤكد التأثير الكبير للعاصفة والفيضانات الناتجة عنها على تغطية الأرض وتدمير بعض الهياكل، وزيادة المساحات المفتوحة في المنطقة.

-أظهر تحليل مؤشر رطوبة التربة (NDMI) بعد عاصفة منطقة بشار زيادة ملحوظة في نسبة الرطوبة في منطقة الدراسة، حيث ارتفعت القيم من 0.197558 قبل العاصفة إلى 0.298573 بعدها. يشير هذا الارتفاع إلى زيادة كبيرة في مساحة الأراضي المغمورة بالمياه نتيجة للعاصفة. بالرغم من بقاء مناطق ذات رطوبة منخفضة، إلا أن المؤشر سجل تراجعًا في القيم السلبية؛ مما يدل على تحسن عام في مستويات الرطوبة في التربة بعد العاصفة.

توصي الدراسة بتعزيز استخدام الاستشعار عن بعد في إدارة الكوارث وإجراء المزيد من الدراسات لتقييم تأثير الكوارث الطبيعية على البيئة والمجتمع، باستخدام مجموعة متنوعة من المؤشرات والبيانات. بحيث تركز هذه الدراسات على فهم العمليات الفيزيائية التي تؤدي إلى الكوارث، وتقييم فعالية التدابير المتخذة للحد من آثارها، كما يمكن استخدام نتائج هذه الدراسة وغيرها في تطوير برامج توعية تهدف إلى زيادة الوعي بالمخاطر الطبيعية وتعزيز القدرة على التكيف معها.

المصادروالمراجع:

1.Bjerknes, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. Monthly Weather Review, 97, 163–172.

2.Cashman, A., & Nagdee, M. R. (2017). Impacts of climate change on settlements and infrastructure in the coastal and marine environments of Caribbean Small Island Developing States (SIDS). Science Review, 2017, 155–173.

3.European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. (n.d.). Retrieved from https://www.ecmwf.int/search/site

4.Haleme, K. G., Ibrahim, J., & Taleb, S. M. (2023). An analytical study of the effect of heat waves on the forest cover in Latakia Region in Syria: A case study of the damage and forest recovery rate in the

5.Al-Kurdaha and Riseeun Forests During the Period 1975-2022. The Arab World Geographer, 26(3-

4), 283-300.

6.IFRC. (2024). Algeria: Flood - 2024 - Béchar (DREF Operation MDRDZ011). ReliefWeb. Retrieved from https://reliefweb.int/report/algeria/algeria-flood-2024-bechar-dref-operation-mdrdz011

7.International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (n.d.). ReliefWeb. Retrieved from https://reliefweb.int/organization/ifrc

8.Kiladis, G. N., & Feldstein, S. B. (1994). Rossby wave propagation into the tropics in two GFDL general circulation models. Climate Dynamics, 9, 245–252.

9.Kiladis, G. N., & Weickmann, K. M. (1992b). Extratropical forcing of tropical Pacific convection during northern winter. Monthly Weather Review, 120, 1924–1938.

10.Kiladis, G. N., & Weickmann, K. M. (1992b). Extratropical forcing of tropical Pacific convection during northern winter. Monthly Weather Review, 120, 1924–1938.

11.Kiladis, G. N., & Weickmann, K. M. (1997). Horizontal structure and seasonality of large-scale circulations associated with submonthly tropical convection. Monthly Weather Review, 125, 1997–2013.

12.Knippertz, P. (2003). Tropical–extratropical interactions causing precipitation in Northwest Africa: statistical analysis and seasonal variations. Monthly Weather Review, 131, 3069–3076.

13.Knippertz, P. (2005). Tropical–extratropical interactions associated with an Atlantic tropical plume and subtropical jet streak. Monthly Weather Review, 133, 2759–2776.

14.Liebmann, B., & Hartmann, D. L. (1984). An observational study of tropical–midlatitude interaction on intraseasonal timescales during winter. Journal of the Atmospheric Sciences, 41, 3333–3350.

15.McCubbin, S., Smit, B., & Pearce, T. (2015). Where does climate fit? Vulnerability to climate change in the context of multiple stressors in Funafuti, Tuvalu. Global Environmental Change, 30, 43–55.

16.McGuirk, J. P., & Ulsh, D. J. (1990). Evolution of tropical plumes in VAS water vapor imagery. Monthly Weather Review, 118, 1758–1766.

17.McGuirk, J. P., Thompson, A. H., & Schaefer, J. R. (1988). An Eastern Pacific tropical plume. Monthly Weather Review, 116, 2505–2521.

18.McGuirk, J. P., Thompson, A. H., & Schaefer, J. R. (1988). An Eastern Pacific tropical plume. Monthly Weather Review, 116, 2505–2521.

19.McGuirk, J. P., Thompson, A. H., & Smith, N. R. (1987). Moisture bursts over the tropical Pacific Ocean. Monthly Weather Review, 115, 787–798.

20.Moncada, S., Briguglio, L. P., Bambrick, H., & Kelman, I. (2018). Development and climate change in Small Island Developing States [guest editorial]. International Journal of Climate Change Strategies and Management, 10(2).

21.Nicholson, S. E. (1981). Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetter years in West Africa. Monthly Weather Review, 109, 2191–2208.

22.Nicholson, S. E., & Kim, J. (1997). The relationship of the El Niño-Southern Oscillation to African rainfall. International Journal of Climatology, 17, 117-135.

23.Peixoto, J. P., & Oort, A. H. (1992). Physics of climate. American Institute of Physics.

24.Ridd, M. K. (1995). Exploring a V-I-S (Vegetation-Impervious surface-Soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. International Journal of Remote Sensing, 16(12), 2165-2185.

25.Roebber, P. J. (1984). Statistical analysis and updated climatology of explosive cyclogenesis. Monthly Weather Review, 112, 1577–1589.

26.Sanders, F., & Gyakum, J. R. (1980). Synoptic-dynamic climatology of the "bomb". Monthly Weather Review, 108, 1589–1606.

27.Slingo, J. M. (1998). Extratropical forcing of tropical convection in a northern winter simulation with the UGAMP GCM. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 124, 27–51.

28.Stoelinga, M. T. (1996). A potential vorticity-based study of the role of diabatic heating and friction in a numerically simulated baroclinic cyclone. Monthly Weather Review, 124, 849–874.

29.Takasaki, Y. (2017). Post-disaster informal risk sharing against illness. World Development, 94, 64–74.

30.Ziv, B. (2001). A subtropical rainstorm associated with a tropical plume over Africa and the Middle-East. Theoretical and Applied Climatology, 69, 91–102.