

## الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر ٢٠١٩-٢٠٢٠ باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية - دراسة في الجغرافيا المناخية

د. خالد محمد مدكور علي\*

### ملخص

تتعرض جمهورية مصر العربية للمنخفضات الجوية المؤثرة في أحوالها المناخية خلال الفترة الممتدة بين أكتوبر ومايو "موسم المطر" من كل عام، وتتباين تلك المنخفضات في مصدرها وقوتها ومسارات حركتها ومدى تأثيرها على الأحوال المناخية المصرية. وتتناول الدراسة الحالية الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر ٢٠١٩/٢٠٢٠، وتهدف الدراسة إلى استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة خصائص المنخفضات الجوية وما صاحبها من أحوال جوية استثنائية تمثلت في تساقط كميات كبيرة من الأمطار بلغت ٥٤٣ مليون متر<sup>3</sup> خلال الفترة من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩ "الميدكان"، وبلغت ٩٥٠ مليون متر<sup>3</sup> خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠ "التنين". علاوة على تسجيل سرعة رياح عاصفة بلغت ٦٥ كم/ساعة يوم ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩، ورياح إعصاريه بلغت ١٢٠ كم/ساعة يوم ١٢ مارس ٢٠٢٠. وذلك باستخدام مرئيات القمر الصناعي MODIS/AQUA وصور الأقمار المناخية بواسطة مشروع PERSIANN والمرئيات الفضائية من النموذج CHIRPS ومخرجات النماذج المناخية الخاصة بالمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى ECMWF وكذلك مخرجات نظام التنبؤ المناخي العالمي GFS.

\* د. خالد محمد مدكور علي: مدرس الجغرافيا الطبيعية - كلية الآداب - جامعة عين شمس

وانتهت الدراسة إلى أن المنخفضات الجوية محل الدراسة ارتبطت بمجموعة من العوامل التي تزامنت بشكل يندر تكراره، وأسهمت في نشأة وتطور هذه المنخفضات بهذا الشكل الاستثنائي. تلك العوامل تمثلت في حركة الذبذبة الشمالية لمنخفض السودان الموسمي واخدود البحر الأحمر RST صاحبه تعمق لمنخفض جوي بارد في طبقات الجو العليا ٥٠٠ ملليبار، وتزامن معهما ارتفاع في درجة حرارة المياه السطحية لمنطقة شرق البحر المتوسط في حالة منخفض أكتوبر ٢٠١٩، والتقاء التيار النفاث القطبي والمداري في عروض أعلى الأراضي المصرية. وارتباط تلك العوامل بالذبذبات الضغطية الرئيسية والثانوية في العالم وأهمها تزامن تلك الاحداث مع حدوث ظاهرة النينو EL Nino متزامنة مع الوجه الموجب لتذبذب شمال الاطلنطي NAO والوجه السالب للتذبذب القطبي في نصف الكرة الشمالي AO والوجه السالب لتذبذب البحر المتوسط MO والوجه السالب لتذبذب بحر قزوين - بحر الشمال.

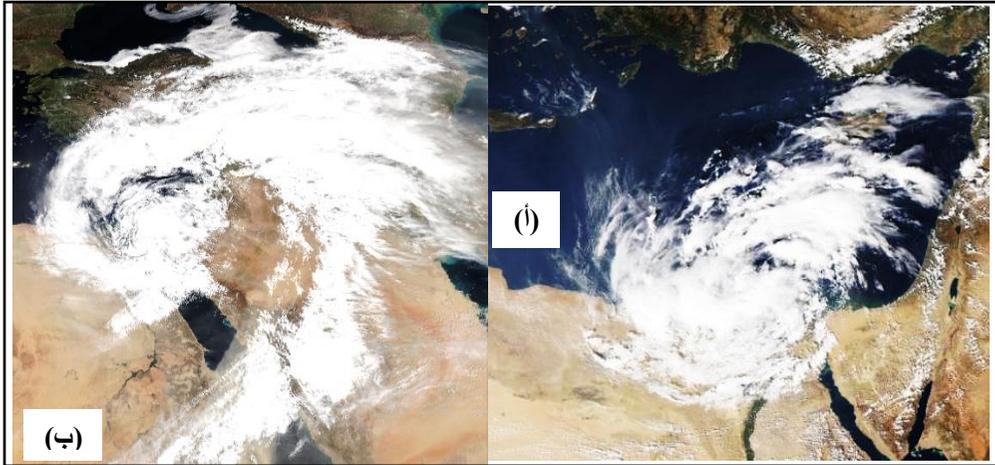
**الكلمات المفتاحية: الأحوال المناخية - الذبذبات الضغطية - المنخفضات الجوية - الميديكان**

**المقدمة:**

شهدت جمهورية مصر العربية العديد من الأحوال الجوية الاستثنائية خلال موسم المطر<sup>١</sup> ٢٠١٩-٢٠٢٠، تمثلت في تعرض البلاد لمنخفضين جويين متعمقين تطورا لدرجة الإعصار في بعض الاحيان. وهما منخفضا أكتوبر ٢٠١٩ والذي أطلقت

<sup>١</sup> يُقصد بموسم المطر، الفترة الممتدة من شهر أكتوبر إلى شهر مارس. وهي الفترة التي تشهد نشاط حركة المنخفضات الجوية وما يصاحبها من عدم استقرار في الأحوال الجوية وتساقط الامطار في جمهورية مصر العربية. ويقابله الموسم الجاف، وهو الممتد من شهر إبريل إلى سبتمبر من كل عام (Xoplaki et al., 2004).

عليه وكالة ناسا الفضائية مُسمى "الميديكان"<sup>٢</sup> نسبة إلى هيئة الأرصاد الجوية اليونانية، وامتد تأثيره على الأراضي المصرية خلال الفترة من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩، ومنخفض مارس ٢٠٢٠ وأطلقت عليه وكالة ناسا اسم "التنين" إشارة إلى كمية الرطوبة المشبعة في المنخفض الجوي وشكل الغيوم المصاحبة للمنخفض والتي اتخذت شكل التنين، وامتد تأثيره على الأراضي المصرية خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠، وبلغت كمية الامطار المتساقطة خلاله ما يزيد عن ٧٥٪ من كمية المطر المتساقطة خلال منخفض الميديكان. واتسمت تلك المنخفضات الجوية (شكل ١) بعدم الاستقرار الشديد في الأحوال الجوية المصاحبة لها، وغزارة الامطار والتي وصلت إلى تساقط البَرَد في معظم أنحاء البلاد. علاوة على المسارات غير المعهودة لتلك المنخفضات من قبل إلا في حالات نادرة جدًا (شكل ٢).



شكل (١) المنخفضات الجوية الاستثنائية خلال موسم المطر ٢٠١٩-٢٠٢٠، (أ) منخفض "الميديكان" أكتوبر ٢٠١٩، (ب) منخفض "التنين" مارس ٢٠٢٠.

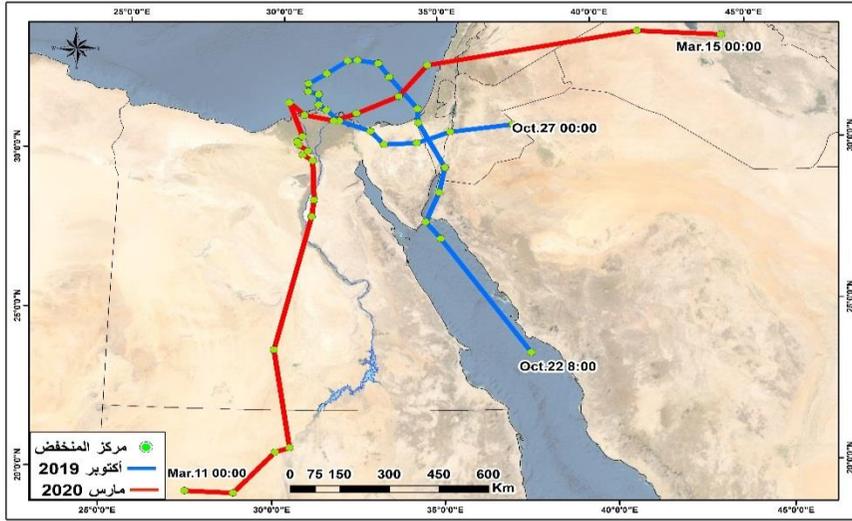
\* المصدر: مرئيات فضائية من نوع MODIS/AQUA في تصوير مترامن مع المنخفضات الجوية محل الدراسة

<sup>٢</sup> ويُقصد بالميديكان Medicane "منخفض جوي عميق يصل إلى حد العاصفة وقد يصل إلى حد إعصار من الدرجة الأولى وفقاً لتصنيف وكالة ناسا، وهو من الظواهر الجوية النادرة التي تحدث في البحر الأبيض المتوسط، وغالبًا ما يشار إليها باسم الأعاصير المدارية المتوسطة أو الأعاصير المتوسطة، ويتكون اسم ميديكان لجزئين (Mediterranean – Hurricane).

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

وتشهد الفترة بداية من منتصف أكتوبر نشاطاً للمنخفضات الجوية وما يصاحبها من تأثيرٍ على مناخ مصر، وإن كانت تتسم بالضعف في تلك الفترة على الرغم من زيادة تكراريتها، وتستمر تلك المنخفضات في نشاطها حتى نهاية شهر مايو وإن اختلفت مصادرها وأماكن نشأتها ومدى تأثيرها وقوتها والتي تبلغ أقصاها خلال فصل الشتاء، حيث تتركز أيام حدوث المنخفضات الجوية على مصر في الفترة من منتصف أكتوبر إلى مايو ٩٠.١٪ من عدد المنخفضات السنوية "موسم المطر" (يسري فؤاد زغلول، ١٩٧٧، ص ٩٦). ويُعد فصل الربيع أكثر فصول السنة من حيث عدد المنخفضات الجوية، يليه الشتاء ثم الخريف، وتشكل المنخفضات الشتوية نسبة ٣٥.٨٪، والمنخفضات الربيعية ٣٦.٤٪، والخريفية ٢٢٪ من إجمالي عدد المنخفضات الجوية في السنة (أحمد عبد الحميد الفقي، ١٩٩٩، ص ٤٤). وتبلغ نسبة المنخفضات القادمة من شمال غرب البحر المتوسط وتؤثر على مصر ٥٣٪ من عدد المنخفضات السنوية، يليها المنخفضات الصحراوية القادمة من الصحراء الكبرى الأفريقية بنسبة ٣٨٪ (El-Asrag & Hassan, 1997, PP 113-126)، بينما تمثل المنخفضات المتولدة في وسط وشرق المتوسط ٩٪، وهي في أغلبها منخفضات جوية ثانوية نشأت في مناطق أخرى ويتجدد نشاطها في شرق المتوسط، ونادراً ما يتولد فيها منخفض جوي رئيسي. علاوة على أن فصلا الربيع والخريف يتميزا بحدوث العواصف الرعدية Thunderstorms الناتجة عن حالات عدم الاستقرار أو المنخفضات الجوية والجبهات المصاحبة لها، وتحدث العواصف الرعدية المرتبطة بالمنخفضات الجوية خلال فصل الشتاء، بينما تحدث العواصف الرعدية المرتبطة بحالات عدم الاستقرار في فصلي الخريف والربيع (شحاته سيد أحمد، ١٩٩٠، ص ٦٧).

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور



شكل (٢) مسارات المنخفضات الجوية الاستثنائية خلال موسم المطر ٢٠١٩-٢٠٢٠ محل الدراسة

\* المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على مرئيات فضائية من نوع MODIS/AQUA في تصوير متزامن مع المنخفضات الجوية محل الدراسة

وتنشأ المنخفضات الجوية بصفة عامة نتيجة لعوامل متعددة يتمثل أهمها في تقابل الكتل الهوائية متباينة الحرارة والمنشأ فيما يُعرف بالجبهات الهوائية، حيث تتعرض الأراضي المصرية للعديد من المنخفضات الجوية التي تنشأ في الغالب عن تقابل الكتل الهوائية القطبية الباردة مع الكتل الهوائية المدارية وشبه المدارية الدفينة في حوض البحر المتوسط، وينشأ عنها جبهة هوائية عميقة يعلو فيها الهواء المداري الدافئ فوق الهواء القطبي البارد مسبباً حالة من الاضطراب الهوائي وفروقاً في الضغط الجوي ما بين الضغط المرتفع للهواء البارد والضغط المنخفض للهواء الدافئ فينشأ نتيجة عنه تكون المنخفضات الجوية. وتتزامن نشأة وامتداد العديد من المنخفضات الجوية التي يقل قطرها عن ١٠٠٠ كم مع منخفضات جوية كبيرة في طبقات الجو العليا فوق البحر المتوسط (Radinovic, 1987, PP 22-24).

وتناولت العديد من الدراسات الأحوال الجوية المرتبطة بالمنخفضات الجوية في مصر ونشأتها وتطورها سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، ومنها دراسة (طارق

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

زكريا سالم، ١٩٩٧) عن دور المنخفضات الجوية في مناخ مصر، ودراسة (محمد عبد العال ابراهيم، ٢٠١٢) عن التغيرات المناخية لأمطار السواحل المصرية، ودراسة (شحاتة سيد أحمد، ١٩٩٠) عن المطر في مصر، ودراسة (زهرا بيسيوني زهران، ٢٠١٥) عن التباين الزمني والمكاني لمنخفض السودان الموسمي، والعديد من الدراسات الأخرى التي تناولت بالدراسة منظومة الضغط الجوي المؤثرة على مناخ مصر بشكل عام.

#### مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في تعرض جمهورية مصر العربية لأحوال جوية استثنائية مرتبطة بمرور منخفضات جوية عميقة تزامنت في موسم واحد للأمطار وهو موسم ٢٠٢٠/٢٠١٩ بعد أن كان معدل تكراريتها يصل إلى عشرات السنوات، وما خلفته تلك الأحوال الجوية من آثار تدميرية على البيئة المصرية.

#### تساؤلات الدراسة:

تتساءل الدراسة الحالية عن مدى التغير في قوة وشدة ومسارات المنخفضات الجوية خلال فترة الدراسة ومدى ارتباط ذلك بتغير الظروف المناخية، بالإضافة إلى العوامل المؤثرة في نشأة وتطور تلك المنخفضات الجوية الاستثنائية، ومدى تأثير الدورات العامة للهواء والذبذبات الضغطية الرئيسية في حركة وقوة المنخفضات الجوية في مصر.

#### فرضيات الدراسة:

تفترض الدراسة الحالية أن للتغيرات المناخية الحالية دوراً مباشراً وآخر غير مباشر في إحداث تلك الظروف الجوية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية محل الدراسة وارتباط ذلك بالتغير في قوة الذبذبات الضغطية الرئيسية وهو ما ينعكس بشكل غير مباشر على تغير قوة وشدة المنخفضات الجوية المؤثرة في مناخ مصر.

**أهداف الدراسة:**

- ١- دراسة الأحوال الجوية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية خلال موسم المطر، وهما منخفضات أكتوبر ٢٠١٩ "الميدكان"، ومنخفض مارس ٢٠٢٠ "التتين".
- ٢- تحديد مدى التغير في قوة وشدة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة عن السلوك العام للمنخفضات الجوية اثناء مرورها على مصر خلال موسم المطر.
- ٣- تحديد العوامل المؤثرة في نشأة ومسار المنخفضات الجوية محل الدراسة.
- ٤- تقييم مدى تأثير الدورات العامة للهواء والذبذبات الضغطية الرئيسية في حركة وقوة المنخفضات الجوية في مصر.
- ٥- دراسة آثار الأحوال المصاحبة للمنخفضات الجوية الاستثنائية على مناخ مصر والبيئة المصرية.

**منهجية الدراسة:**

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج من أهمها المنهج الموضوعي والمنهج التطبيقي، كما اعتمدت الدراسة على عدة أساليب منها الأسلوب الكمي والوصفي والتحليلي والكارتوجرافي، وذلك باستخدام عدد من البرامج المتخصصة ومنها برامج: ArcGIS 10.8, Envi 5.3.

**مصادر البيانات وأساليب الدراسة:**

- ١- المرئيات الفضائية: اعتمدت الدراسة الحالية على المرئيات من نوع (MODIS/AQUA Clouds 5-min L2/ swath 1km and 5km) لاستخراج بيانات العناصر المناخية المصاحبة للمنخفضات الجوية محل الدراسة متزامنة وتوقيتات حدوثها، ومنها بيانات مستويات الضغط الجوي السطحي Surface Pressure Level (SPL) وبيانات درجة الحرارة السطحية Land Surface

Cloud Base Level وبيانات مستوى قاعدة السحب Temperature (LST) وبيانات ارتفاع قمة السحابة Cloud Top Hight، بدقة مكانية ١كم×١كم. علاوة على بيانات الامطار المستخرجة من صور الأقمار المناخية بواسطة مشروع PERSIANN والذي تم إنشاؤه من خلال مركز الأرصاد الجوية الهيدرولوجية والاستشعار عن بُعد بجامعة كاليفورنيا Center for Hydrometeorology and Remote Sensing (CHRS) من خلال الموقع التالي: (<http://chrsdata.eng.uci.edu/>)، ويوفر النموذج بيانات تقديرات يومية لكمية الامطار في نطاق يمتد بين ٦٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء خلال الفترة من ١٩٨٣ إلى ٢٠٢٠. ويعتمد هذا النموذج على حساب كمية الامطار باستخدام بيانات الأشعة تحت الحمراء من نوع FridSat-BI وتعديلها باستخدام بيانات نموذج المناخ العالمي، وتبلغ الدقة المكانية للمرئية الواحدة ٢٨كم×٢٨كم، واعتمدت الدراسة الحالية على بيانات من نوع PERSIANN-CCS والذي تصل فيه الدقة المكانية إلى ٢.٧كم×٢.٧كم.

واعتمدت الدراسة على المرئيات الفضائية من النموذج Climate Hazards InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS) الصادرة عن مركز الاخطار المناخية التابع لجامعة كاليفورنيا من خلال الموقع التالي: (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>)، ويوفر النموذج بيانات يومية لكمية الامطار للفترة من ١٩٨١ إلى ٢٠٢٠ في نطاق يمتد بين دائرتي عرض ٥٠ درجة جنوب وشمال خط الاستواء، وتبلغ الدقة المكانية لتلك المرئيات الفضائية ٥٠.٥٥كم×٥٠.٥٥كم. وذلك لاستخراج كميات المطر اليومية المصاحبة للمنخفضات الجوية محل الدراسة.

٢- **بيانات النماذج المناخية:** اعتمدت الدراسة على مخرجات النماذج المناخية الخاصة بالمركز الأوروبي للتنبؤات الجوية متوسطة المدى European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, 2020) والتي

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

استخدمت لدراسة مراحل تطور وتتبع مسار المنخفضات الجوية محل الدراسة، والتي أمكن الحصول عليها من خلال الموقع التالي: (<https://www.ecmwf.int/>)، وكذلك مخرجات نظام التنبؤ المناخي العالمي Global Forecast System (GFS) لتتبع مسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة والظروف المناخية المصاحبة لها، وذلك من خلال المواقع التالية: & (<https://www.ventusky.com/>) & (<https://www.windy.com/>). واعتمدت الدراسة على بيانات وكالة حماية المحيطات الأمريكية NOAA عن الذبذبات الرئيسية في شرق المحيط الهادي (النيونو/اللانينا) خلال الفترة ١٩٥٠-٢٠٢٠ (NOAA, 2020a&b) والتي أمكن الحصول عليها من خلال الموقع التالي: ([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/e.nsostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/e.nsostuff/ONI_v5.php))

٣- **بيانات الأمطار:** اعتمدت الدراسة على بيانات كميات الامطار السنوية في مصر للفترة ١٩٥٠-٢٠٢٠، والتي أمكن الحصول عليها من خلال وكالة ناسا الفضائية (NASA, 2020) للبيانات المناخية من خلال الموقع التالي: (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)، وذلك لتحديد مدى الارتباط بين الذبذبات الضغطية الرئيسية والاحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.

٤- **حساب كميات المطر خلال فترات المنخفضات الجوية:** اعتمدت الدراسة على حساب كميات المطر اليومية المتزامنة مع المنخفضات الجوية محل الدراسة وذلك باستخدام المعادلات التالية وبالتطبيق على المرئيات الفضائية من نوع PERSIANN-CCS، وCHIRPS. حيث أمكن حساب حجم الامطار اليومية الساقطة على مستوى الخلية في مرئيات الأقمار الصناعية المستخدمة في الدراسة باستخدام المعادلة التالية (Badawy et al, 2016):

$$R_{vol} = (R_{cum} / 100_{mm/m}) i_z$$

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

حيث أن  $R_{vol}$  حجم المطر بالمتر المكعب ( $m^3$ )،  $R_{cum}$  إجمالي المطر بالملليمتر،  $i_z$  حجم الخلية بالمتر المربع ( $m^2$ ).

كذلك أمكن حساب شدة المطر  $R_{int}$  لكل ٦ ساعات في تزامن مع المنخفضات الجوية محل الدراسة من خلال المعادلة التالية (Food Control Section, 2003):

$$R_{int} = 7.44 \times P6 \times D^{-0.645}$$

حيث أن  $R_{int}$  شدة المطر،  $P6$  كمية المطر الساقطة خلال ٦ ساعات،  $D$  زمن العاصفة بالدقائق. وأمکن حساب تلك المعادلات داخل بيئة عمل برنامج ArcGIS باستخدام أداة Raster Calculator وأداة إنشاء النماذج Model Builder.

#### عناصر البحث:

أولاً: خصائص المنخفضات الجوية خلال موسم المطر ٢٠١٩-٢٠٢٠. ثانياً: مدى التغير في قوة وتكرارية ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة عن السلوك العام للمنخفضات الجوية في أجواء مصر. ثالثاً: العوامل المؤثرة في مدى التغير في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

نتائج الدراسة.

أولاً: خصائص المنخفضات الجوية خلال موسم المطر ٢٠١٩-٢٠٢٠  
١- منخفض ٢٢-٢٦ أكتوبر ٢٠١٩ "الميديكان".

حذرت العديد من هيئات الأرصاد الجوية في سبتمبر ٢٠١٩ من احتمالية تعرض منطقة شرق البحر المتوسط لإعصاراً قوياً يبدأ من جنوب جزيرة قبرص ويتجه جنوباً نحو السواحل الشمالية المصرية، ثم يتجه شرقاً نحو الأراضي الفلسطينية (NASA, 2019). وفي الثاني والعشرين من أكتوبر ٢٠١٩ تعرضت الأراضي المصرية لمنخفض جوي عميق تشكل فوق منطقة شرق البحر المتوسط جنوب قبرص، وصاحبه عاصفة مدارية استثنائية أطلقت عليه وكالة ناسا اسم "الميديكان" نسبة إلى هيئة الأرصاد الجوية اليونانية، ووصلت كمية الامطار بها

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

إلى ٢٠٠ ملم في بعض المناطق التي مرت بها، ويوضح (شكل ١) العاصفة المدارية في أكتوبر ٢٠١٩.

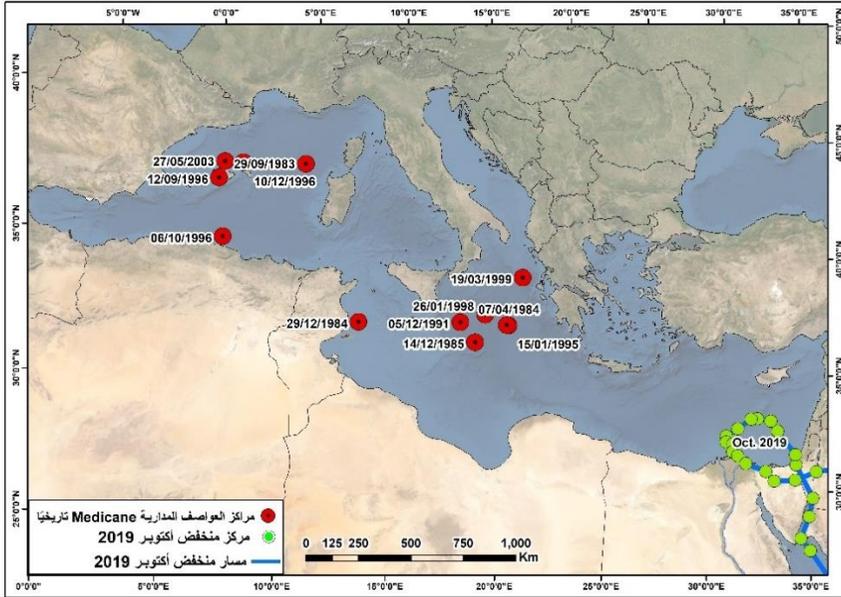
وحدوث العاصفة المدارية Medicane ليس بالحدث الاستثنائي فهي ظاهرة متكررة الحدوث والتشكل في المناطق الغربية والوسطى من البحر المتوسط، ولكنها تُعد حدثاً استثنائياً ونادر الحدوث في شرق المتوسط، ويبلغ نشاطه ذروته في الفترة الممتدة بين سبتمبر ويناير (Nastos et al, 2015 & Cavicchia et al, 2014 & Fecht, 2017). ويرجع أصل تسميه الميديكان إلى هيئة الأرصاد الجوية اليونانية The Hellenic National Meteorological Service (HNMS) باعتبارها أكبر هيئات الأرصاد الجوية التي تغطي منطقة البحر المتوسط (OMM, 2019) والتي أطلقت اسم Medicane على عاصفة تحدث البحر المتوسط شبيهه بالأعاصير المدارية (HNMS, 2017)، ويطلق ذلك المُسمى على عواصف مدارية عميقة تحدث في نطاق البحر المتوسط ويكون لها عين إعصاريه واضحة Cyclone eye تستمر لمدة تصل إلى ٧٢ ساعة، وتتراوح سرعة الرياح فيها بين ٤٧ كم/ساعة إلى ١٨٠ كم/ساعة، ويتراوح نصف قطر هذا الاعصار بين ٧٠ إلى ٢٠٠ كم، ويستغرق مروره فترة تتراوح بين ١٢ ساعة و٥ أيام تقطع فيها مسافات تتراوح بين ٧٠٠ إلى ٣٠٠٠ كم (Nastos et al, 2015 & Cavicchia et al, 2011).

ورجوعاً للأحداث التاريخية لتكرار ظاهرة العاصفة المدارية Medicane، فيلاحظ أنها ذات تكرارية واضحة في مناطق غرب ووسط البحر المتوسط، وأظهرت دراسة (Winstanley, 1969) حدوث العاصفة المدارية Medicane في سبتمبر ١٩٦٩، ودراسة (Nastos et al, 2018) عن الميديكان في سبتمبر ١٩٩٦ في منطقة جزر البليار الاسبانية، والعديد من العواصف المدارية الاستثنائية الأخرى خلال التواريخ يناير ١٩٨٢، سبتمبر ٢٠٠٦، نوفمبر ٢٠١٤ (Cavicchia et al, 2011&2014, Nastos et al, 2018). وهناك العديد من الدراسات التي

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور

أشارت إلى تكرارية حدوث العواصف المدارية Mediane في البحر المتوسط وأهمها (Ernst and Matson, 1983; Rasmussen and Zick, 1987; Luque et al., 2007; Moscatello et al., 2008; Miglietta et al., 2013; Conte et al., 2011). وتشير سجلات الأرصاد الجوية إلى تكرارية حدوث ما يقرب من ١٠٠ عاصفة مدارية Mediane منذ أربعينات القرن العشرين، وعادة ما تحدث خلال فصل الخريف عندما ترتفع درجة حرارة سطح البحر لأكثر من ١٥ درجة سيليزية (HNMS, 2017).

ويشير شكل (٣) إلى مواقع حدوث العواصف المدارية Mediane في البحر المتوسط خلال الفترة ١٩٨٣-٢٠٠٣ وعددها ١٢ عاصفة مدارية وصل معظمها إلى الفئة الأولى على مقياس سيمبسون للأعاصير Saffir-Simpson (Wieczorek, 2015)، ويتضح منه أن كافة العواصف المدارية خلال الفترة المذكورة تركزت على منطقتي غرب ووسط في البحر المتوسط ولم تتعدى المنطقة الشرقية لخط طول ٢٠ درجة شرقاً، ولم تتخطى المنطقة الجنوبية لدرجة عرض ٣٥ درجة شمالاً، ذلك مما يُضفي على منخفض أكتوبر ٢٠١٩ حالة استثنائية من العاصفة المدارية Mediane في شرق البحر المتوسط.



شكل (٣) المواقع الجغرافية لتكرارية العواصف المدارية Medicanes في البحر المتوسط خلال الفترة ١٩٨٣-٢٠٠٣ مقارنة بموقع منخفض أكتوبر

\* المصدر: من عمل الباحث اعتمادًا على بيانات مواقع حدوث العواصف المدارية في البحر المتوسط خلال الفترة المذكورة من (Tous and Romero, 2012).

وبالدراسة التفصيلية للأحوال الجوية المصاحبة للمنخفض الجوي والعاصفة

المدارية الاستثنائية في أكتوبر ٢٠١٩، يلاحظ من شكل (٤) أن المنخفض الجوي بدأ في التشكل في الساعة الثامنة من صباح يوم ٢٢ أكتوبر ٢٠١٩ بمنطقة البحر الأحمر غرب مدينة ينبع السعودية على هيئة ذراع أو امتداد شمالي من المنخفض الجوي السوداني الدافئ الرطب والذي أطلقت عليه العديد من الدراسات اسم اخدود البحر الأحمر الجوي (Red Sea Trough (RST ومنها دراسة ( Alpert et al, 2006). ثم اتخذ المنخفض مسارًا شماليًا باتجاه مدخل خليج العقبة الذي تتبعه المنخفض الجوي في مساره حتى الساعة الثامنة من صباح يوم ٢٣ أكتوبر ٢٠١٩ شمال شرق مدينة العقبة، ثم اتخذ المنخفض الجوي مسارًا شمالي غربي إلى أن تمركز

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

على مياه البحر المتوسط شمال مدينة رفح في الساعة الثانية عشر من ظهر اليوم نفسه، واستمر المنخفض في حركته نحو الشمال الغربي إلى أن التحم مع منخفض جوي بارد في الطبقات العليا من الغلاف الجوي في طبقة ٥٠٠ ملليبار في تمام الساعة الثانية عشر من منتصف ليلة ٢٤ أكتوبر ٢٠١٩ وتشكلت عين واضحة للإعصار Cyclone eye. وبدأ المنخفضين الملتحمين العلوي والسطحي في الحركة المتزامنة نحو الشرق ثم الجنوب فالجنوب الشرقي أعلى مياه البحر المتوسط أمام سواحل الدلتا المصرية، إلى أن توغلا داخل الأراضي المصرية في تمام الساعة الثانية من صباح يوم ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩ مروراً بمدن جمصة ودمياط وجنوب بورسعيد ووسط سيناء، ثم اتخذ المنخفضين مساراً شرقياً باتجاه مناطق جنوب البحر الميت، إلى أن انتهى وتلاشي بمنطقة على الحدود الأردنية السعودية في تمام الساعة الثانية عشر من منتصف ليلة ٢٧ أكتوبر ٢٠١٩.

وبذلك يلاحظ أن المنخفض الجوي قد قطع مسافة بلغت ٢١٧١ كم خلال زمن قدره ١١٢ ساعة وبمتوسط سرعة بلغ ١٩.٤ كم/ساعة، وإن كان تعرض المنخفض لتباين في سرعته خلال فترة حدوثه. حيث تراوحت سرعة المنخفض الجوي بين ٨.٤ كم/ساعة و ٣١.٤ كم/ساعة، وهو ما يتضح من خلال جدول (١) الذي يشير إلى التباين في سرعة المنخفض الجوي الاستثنائي "Medicane" أكتوبر ٢٠١٩، ومنه ومن العرض السابق ومن شكل (٣) يلاحظ أن سرعة المنخفض الجوي تأثرت بحركته فوق كل من المسطحات المائية واليابس، حيث اتسم ببطء الحركة أعلى المسطحات المائية أمام سواحل الدلتا المصرية خلال يومي ٢٤، و ٢٥ أكتوبر وتراوحت بين ٨.٤ و ٨.٩٥ كم/ساعة، بينما زادت سرعته أعلى المناطق اليابسة الداخلية لتتراوح بين ٢٤.٢ و ٣١.٤ كم/ساعة في يومي ٢٣، و ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مدكور



جدول (١) تغيير سرعة منخفض أكتوبر ٢٠١٩ "Medicane"

اليوم	المسافة المقطوعة /كم	الزمن بالساعة	السرعة كم/ساعة
٢٢ أكتوبر ٢٠١٩	٦٧٣	٢٤	٢٨,٠٤
٢٣ أكتوبر ٢٠١٩	٥٨٠	٢٤	٢٤,١٦
٢٤ أكتوبر ٢٠١٩	٢٠١	٢٤	٨,٣٧
٢٥ أكتوبر ٢٠١٩	٢١٥	٢٤	٨,٩٤
٢٦ أكتوبر ٢٠١٩	٥٠٢	٢٤	٣١,٤١

\* المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على بيانات النماذج (ECMWF, 2020 & GFS,

2020) المستخرجة من موقع (<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

وتعرض منخفض أكتوبر ٢٠١٩ للتغير في العديد من خصائصه ومكوناته

أثناء حركته متأثراً بخصائص المناطق التي يمر عليها ويتفاعل معها، والتي انعكست على قوته وسرعة تحركه. حيث بدأ المنخفض كذراع وامتداد ضعيف للمنخفض السوداني الدافئ الرطب خلال فترة بداية تكونه في ٢٢ أكتوبر ٢٠١٩ وانعكس ذلك على زيادة سرعة تحركه خلال تلك الفترة، ثم في بدأ في الوضوح واكتساب المزيد من القوة والعمق مع وصوله أعلى مياه البحر المتوسط والتحامه مع المنخفض الجوي البارد في طبقات الجو العليا ٥٠٠ ملليبار (شكل ٥)، ويلاحظ منه أن سرعة الرياح تراوحت بين ٣٥ كم/ساعة في بداية ونهاية المنخفض و٦٥ كم/ساعة في فترة نضج المنخفض وقوته القصوى وهي سرعة تضعه في الفئة الثامنة (عاصفة) على مقياس بيفورت (Beaufort) للرياح، وسجل الضغط الجوي أدنى قيمة له في الساعة الثانية من ظهر ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩ وبلغ ١٠٠٤ ملليبار في منطقة عين الاعصار. وانخفض مستوى قاعدة السحب إلى أدناه حيث بلغت ٧٠ متراً خلال الفترة الممتدة بين ٢٤ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩ بعد أن كانت تتجاوز ٧٠٠٠ متراً خلال فترة ما قبل العاصفة المدارية وتحديداً يوم ١٨ أكتوبر ٢٠١٩، ذلك مما يدل على قوة المنخفض والعاصفة المدارية وتكون سحب المزن الركامية غزيرة الأمطار (شكل ٦). ومن خلال تحليل المرئيات الفضائية من النوع MODIS/AQUA المستخدمة في الدراسة تراوح

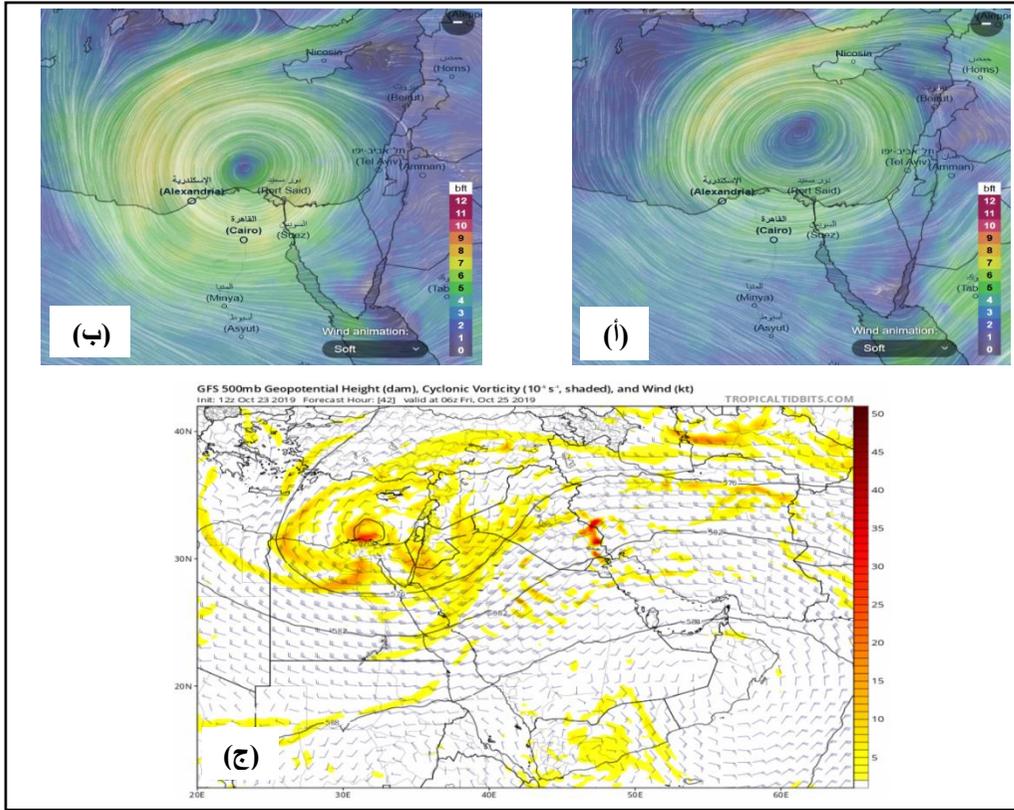
(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

قُطر العاصفة المدارية الاعصارية بين ١٦٠ كم في بداية التحام المنخفض السطحي مع المنخفض العلوي في يوم ٢٣ أكتوبر و ٢٧٠ كم مع نضوج العاصفة المدارية وتطورها يوم ٢٥ أكتوبر، ثم بدأ قُطر العاصفة في التناقص حتى بلغ ١٤٠ كم في ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩.

ويشير جدول (٢) وشكل (٧) إلى حجم المطر اليومي وشدة المطر ومعدل التساقط خلال فترة العاصفة المدارية من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩، ويلاحظ منهما أن حجم المطر على الأراضي المصرية بلغ ٥٤٣.٧ مليون متر<sup>3</sup> خلال فترة العاصفة المدارية Medicane مُستثنى منه حجم المطر على البحر المتوسط خلال حركة المنخفض الجوي، وتراوح حجم المطر اليومي بين ٤٠.٢ و ٢٨٠.٣ مليون متر<sup>3</sup> لأيام ٢٤، و ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩ على الترتيب. وبلغ متوسط شدة المطر ٢٤٨ ملم/ساعة خلال فترة العاصفة المدارية، وتراوحت شدة المطر بين ٩٢ و ٦٤٠ ملم/ساعة لأيام ٢٤، و ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩ على الترتيب. وبلغ معدل التساقط<sup>٢</sup> على مستوى البلاد ٤١٢ متر<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>. ونتج عن تلك الكميات الغزيرة من الأمطار كبير الأثر في حدوث تجمعات مائية وتراكمات على شبكة الطرق في مختلف محافظات الجمهورية، علاوة على حدوث السيول الغزيرة في الأودية الجافة.

<sup>٢</sup> يُقصد به نصيب الكيلومتر مربع الواحد من الأراضي المصرية من كمية المطر المتساقط.

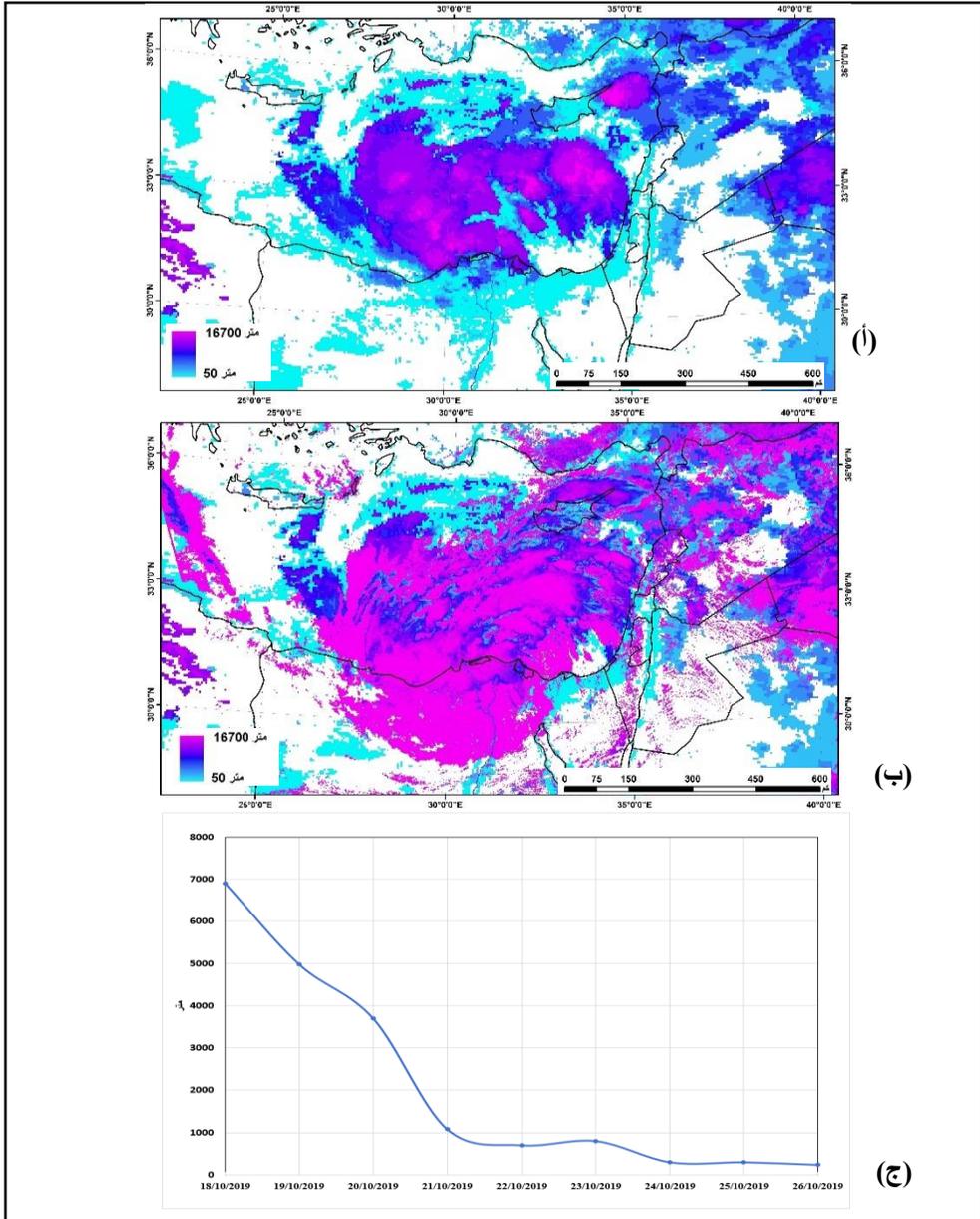
(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور



شكل (٥) خصائص المنخفض الجوي خلال الفترة من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩  
 (أ) سرعة الرياح على مقياس بيفورت يوم ٢٤ أكتوبر ٢٠١٩، (ب) سرعة الرياح على مقياس بيفورت يوم  
 ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩، (ج) المنخفض الجوي العلوي وقوة الدوامة الاعصارية Cyclonic Vorticity وسرعة  
 الرياح بالعمدة خلال الفترة من ٢٣ إلى ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩.

\* المصدر: مخرجات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع (<https://www.ventusky.com/>) & (<https://www.windy.com/>)

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

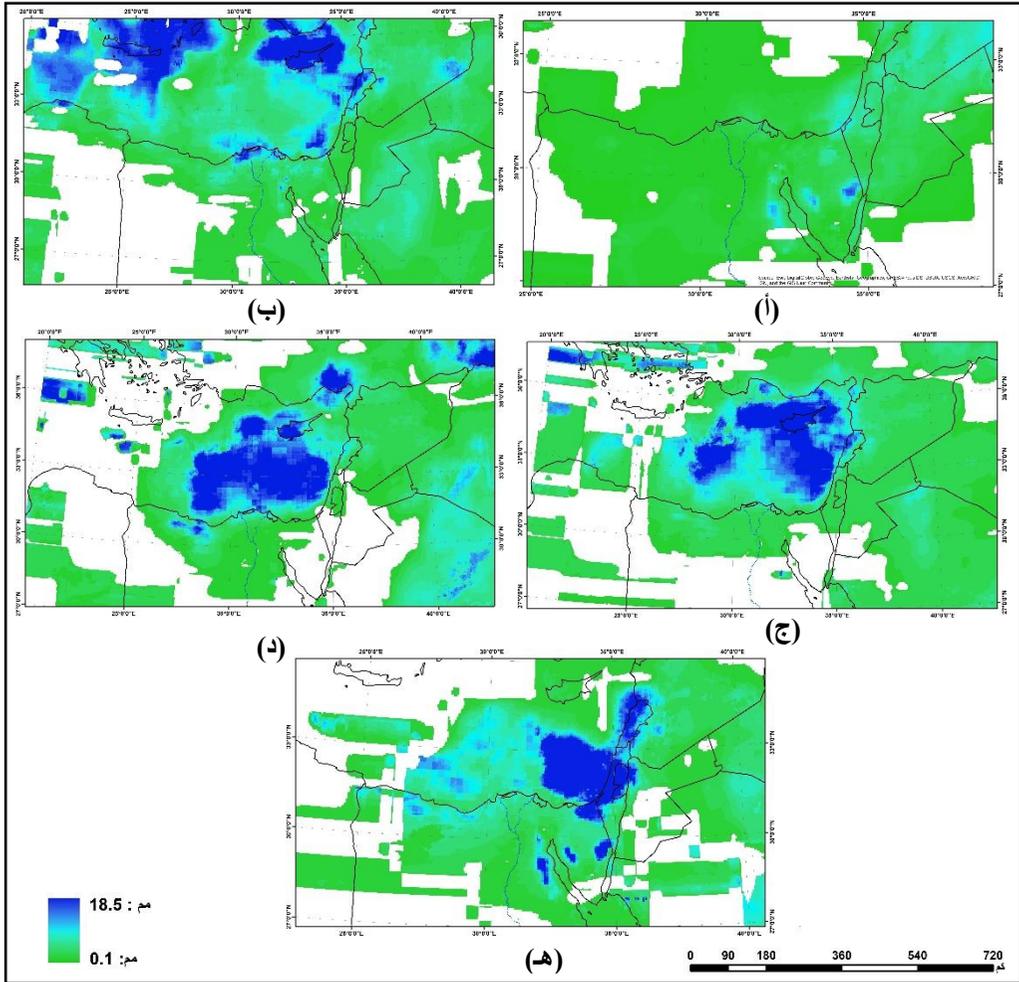


شكل (٦) ارتفاع قاعدة السحب خلال الفترة من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩

(أ) ارتفاع قاعدة السحب يوم ٢٤ أكتوبر ٢٠١٩، (ب) ارتفاع قاعدة السحب يوم ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩، (ج) تطور ارتفاع مستوى قاعدة السحب خلال الفترة من ١٨ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩.

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتمادًا على المرئيات الفضائية من نوع MODIS/AQUA.

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور



شكل (٧) كمية المطر اليومي خلال الفترة من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩

(أ) يوم ٢٢ أكتوبر ٢٠١٩، (ب) يوم ٢٣ أكتوبر ٢٠١٩، (ج) يوم ٢٤ أكتوبر ٢٠١٩، (د) يوم ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩، (هـ) يوم ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩.

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتمادًا على المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS المستخرجة من الموقع (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>).

جدول (٢) حجم المطر اليومي وشدة المطر ومعدل التساقط خلال فترة العاصفة المدارية من ٢٢ إلى ٢٦ أكتوبر ٢٠١٩

المنخفض	اليوم	حجم المطر (متر <sup>3</sup> ) R_vol (m <sup>3</sup> )	شدة المطر (ملم/ساعة) R_int (mm/hr)	معدل التساقط (م <sup>3</sup> /كم <sup>2</sup> )
المنخفض أكتوبر ٢٠١٩	٢٢	٨٣,٤٩٤,٩١٢	١٩١	٦٣
	٢٣	٨٢,٣٩٨,٨٤٠	١٨٨	٦٢
	٢٤	٤٠,٢٣٠,٢٢٠	٩٢	٣٠
	٢٥	٥٧,٢٦٠,٩٤٨	١٣١	٤٣
	٢٦	٢٨٠,٣٢٤,٢٢٤	٦٤٠	٢١٢
المجموع		٥٤٣,٧٠٩,١٤٤	٢٤٨	٤١٢

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتمادًا على المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS المستخرجة من

الموقع (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>).

## ٢- منخفض ١١-١٤ مارس ٢٠٢٠ "التنين".

تعرضت جمهورية مصر العربية لمنخفض جوي عميق وصل إلى حد الاعصار خلال الفترة الممتدة بين ١١ و ١٤ مارس ٢٠٢٠، وأطلقت عليه وكالة ناسا اسم "التنين" نسبة إلى شكل الغيوم المصاحبة له. ويشير شكل (٨) إلى مسار ذلك المنخفض، ويلاحظ منه أن ذلك المنخفض عبارة عن ذراع أو جزء منقطع من المنخفض السوداني الدافئ الرطب توغل في جنوب الأراضي المصرية متخذًا منها مسارًا نحو البحر المتوسط بمحاذاة الجانب الغربي من وادي النيل ودلتاه في حدث نادر، ويمكن القول بعدم حدوثه في ذلك المسار من قبل.

وبدأ المنخفض في حركته بداية من منطقة دارفور بشمال غرب السودان في تمام الساعة الثانية عشر من منتصف ليلة ١١ مارس ٢٠٢٠، وبدأ التحرك شرقًا ثم شمالًا نحو الحدود المصرية السودانية إلى أن بدأ في التوغل داخل الأراضي المصرية بداية من منتصف ليلة ١٢ مارس ٢٠٢٠، ووصل مركز المنخفض الجوي إلى غرب القاهرة في الثانية من ظهر اليوم نفسه. ومع حلول الساعة السادسة مساء يوم ١٢ مارس، التحم المنخفض الجوي السطحي المتحرك من الجنوب إلى الشمال مع

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

منخفض جوي بارد في طبقات الجو العليا ٥٠٠ ملليبار نتج عنه زيادة في قوة وعمق المنخفض الجوي وتشكل عين الأعصار Cyclone eye وزيادة في سرعة الرياح التي وصلت إلى ١٢٠ كم/ساعة في تمام الساعة الحادية عشر من مساء يوم ١٢ مارس وسجلت الفئة الثانية عشر مقياس بيفورت (Beaufort) للرياح. وانخفضت معدلات الضغط الجوي في منطقة عين الأعصار لتصل إلى ٩٨٦ ملليبار وهي أدنى قيمة للضغط الجوي تحدث على الأراضي المصرية منذ زمن بعيد. وانخفض مستوى قاعدة السحب إلى أدناه والتي وصلت إلى ٥٠ مترًا خلال الفترة الممتدة بين ١٢ إلى ١٣ مارس ٢٠٢٠. ذلك ما يدل على قوة المنخفض والعاصفة المدارية وتكون سحب المزن الركامية غزيرة الأمطار (شكل ٩).

وبذلك يلاحظ أن المنخفض الجوي الأعصاري قد قطع مسافة بلغت ٣٠٨٣ كم خلال زمن قدره ٩٦ ساعة وبمتوسط سرعة بلغ ٣٢ كم/ساعة، وإن كان تعرض المنخفض لتباين في سرعته خلال فترة حدوثه. حيث تراوحت سرعة المنخفض الجوي بين ١.٩٥ كم/ساعة و ٤٨.٤ كم/ساعة، وهو ما يتضح من خلال جدول (٣) الذي يشير إلى التباين في سرعة المنخفض الجوي الأعصاري مارس ٢٠٢٠، ومنه ومن العرض السابق ومن شكل (٨) يلاحظ أن سرعه المنخفض الجوي تأثرت بتباين قوته خلال فترة حدوثه، حيث اتسم ببطء الحركة في بداية تكونه يوم ١١ مارس ٢٠٢٠ لتبلغ ١.٩٥ كم/ساعة ليقطع ٤٦.٥ كم خلال ٢٤ ساعة وهو ما يرتبط باستقرار الكتلة الهوائية الدافئة الرطبة أثناء حركتها، ثم زادت سرعة المنخفض الجوي بشدة لتبلغ أقصاها يوم ١٢ مارس ٢٠٢٠ لتصل إلى ٤٨.٤ كم/ساعة ليقطع مسافة ١١٦٢ كم خلال ٢٤ ساعة وهو ما يرتبط بحالة عدم الاستقرار الجوي نتيجة حركة الكتلة الهوائية الدافئة الرطبة على سطح الأرض الأبرد نسبيًا، علاوة على التحامه مع المنخفض

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

البارد في طبقات الجو العليا، مما زاد من سرعة وقوة المنخفض. ثم هدأت سرعة المنخفض لتصل إلى ٥.٨ كم/ساعة يوم ١٣ مارس ٢٠٢٠ خلال مروره على السواحل الشمالية للدلتا المصرية، وتجدد نشاط المنخفض أثناء مروره أعلى المسطحات المائية مما خفض من سرعته. وما لبث أن ارتفعت سرعته مرة أخرى لتصل إلى ١٠.٦ كم/ساعة مع مروره على الأراضي الفلسطينية.

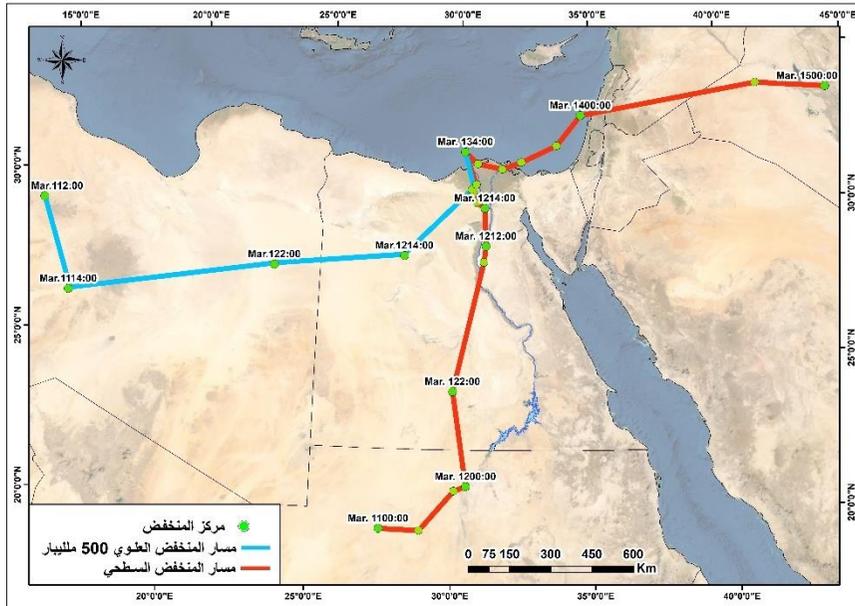
جدول (٣) تغير سرعة منخفض مارس ٢٠٢٠

اليوم	المسافة المقطوعة كم	الزمن بالساعة	السرعة كم/ساعة
١١ مارس ٢٠٢٠	٤٦,٥	٢٤	١,٩٤
١٢ مارس ٢٠٢٠	١١٦٢	٢٤	٤٨,٤٢
١٣ مارس ٢٠٢٠	١٤٠	٢٤	٥,٨٣
١٤ مارس ٢٠٢٠	٢٥٤	٢٤	١٠,٦

\* المصدر: من حسابات الباحث اعتماداً على بيانات النماذج (ECMWF, 2020 & GFS,

2020) المستخرجة من موقع (<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

وبلغ حجم الأمطار المصاحب للمنخفض الاعصاري ما يقرب من مليار متر<sup>3</sup> من المياه مُستثنى منه حجم المطر على مياه البحر المتوسط وخارج الأراضي المصرية، وتراوح حجم المطر اليومي بين ٣٦.٩ مليون و ٦٤٨.١ مليون متر<sup>3</sup> خلال يومي ١٤ و ١٢ مارس على الترتيب. وبلغ متوسط شدة المطر ٥٤٣ ملم/ساعة بقيم تراوحت بين ٨٥ و ١٥٦٤ ملم/ساعة لليومين ١٤ و ١٢ مارس على الترتيب. وبلغ معدل التساقط لكل كيلومتر مربع من الأراضي المصرية ٧٢٠ متر<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>، ويتضح ذلك من خلال جدول (٤) وشكل (١٠).



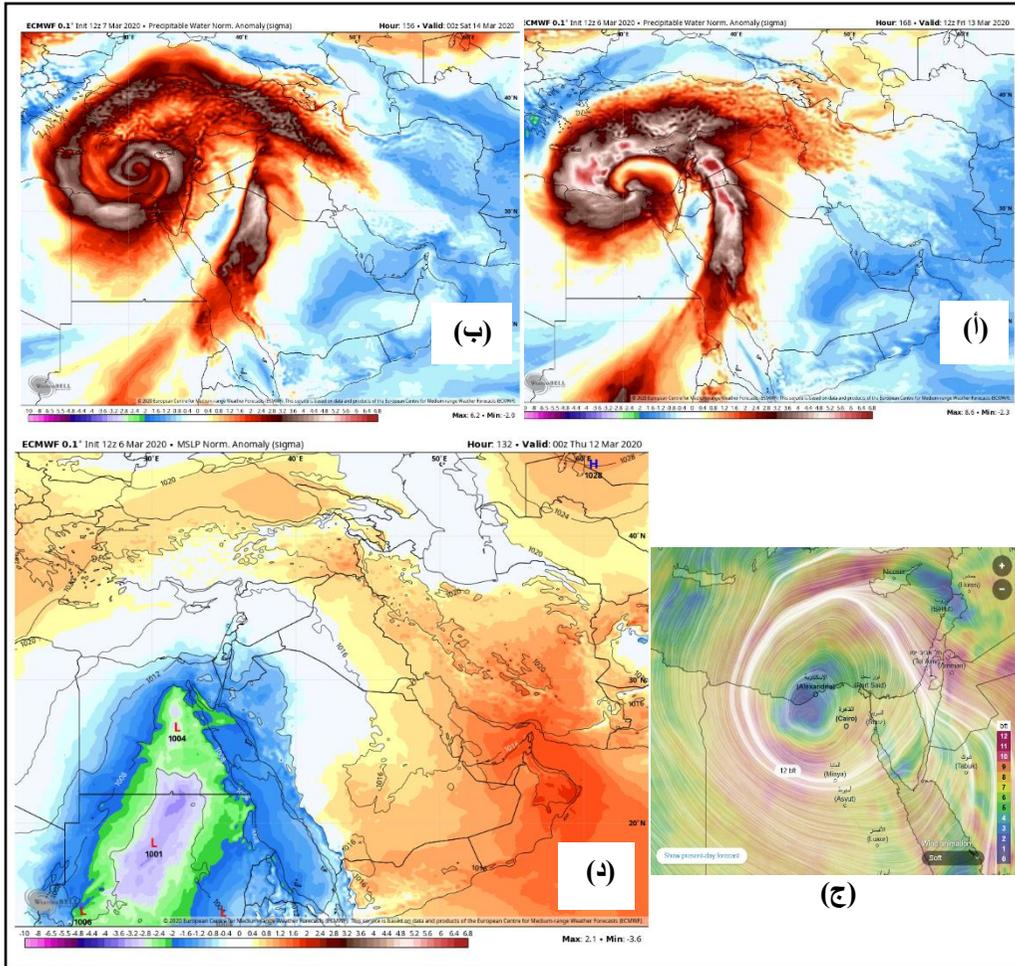
شكل (٨) مسار المنخفض الجوي خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠

\* المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع (<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

جدول (٤) حجم المطر اليومي وشدة المطر ومعدل التساقط خلال فترة المنخفض الاعصاري ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠

المنخفض	اليوم	حجم المطر R_vol (متر <sup>3</sup> ) (m <sup>3</sup> )	شدة المطر R_int (ملم/ساعة) (mm/hr)	معدل التساقط (م <sup>3</sup> /ك <sup>2</sup> )
٣ ٣ ٢٠ ٢٠	١١	٤٢,٦٠٧,٨٥٢	٩٧	٣٢
	١٢	٦٨٤,١٠١,٥٠٤	١٥٦٤	٥١٨
	١٣	١٨٦,٣١٩,٢٦٤	٤٢٦	١٤١
	١٤	٣٦,٩٣٧,٧٨٨	٨٥	٢٨
المجموع		٩٤٩,٩٦٦,٤٠٨	٥٤٣	٧٢٠

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS المستخرجة من الموقع (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>)



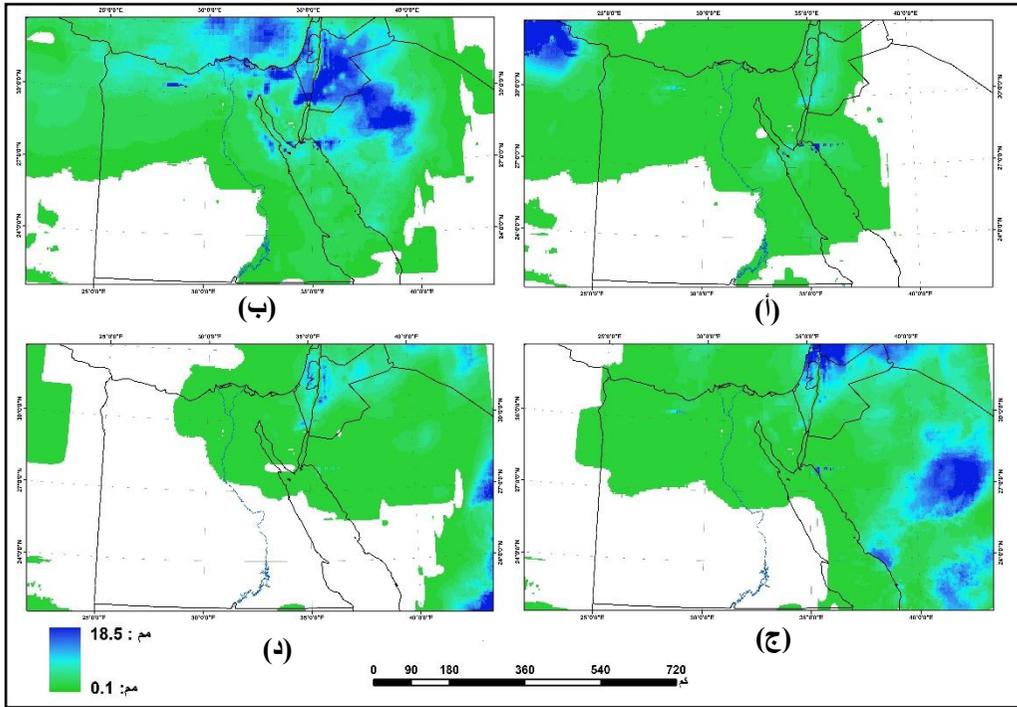
شكل (٩) خصائص المنخفض الجوي الاعصاري خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠

- (أ) قوة الدوامة الاعصارية Cyclonic Vorticity يوم ١٣ مارس ٢٠٢٠، (ب) قوة الدوامة الاعصارية Cyclonic Vorticity يوم ١٤ مارس ٢٠٢٠، (ج) سرعة الرياح على مقياس بيفورت يوم ١٢ مارس ٢٠٢٠، (د) امتداد المنخفض السوداني شمالاً يوم ١٢ مارس ٢٠٢٠

\* المصدر: مخرجات النموذج المناخي (ECMWF) المستخرجة من موقع

(<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور



شكل (١٠) كمية المطر اليومي خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠

(أ) يوم ١١ مارس ٢٠٢٠، (ب) يوم ١٢ مارس ٢٠٢٠، (ج) يوم ١٣ مارس ٢٠٢٠، (د) يوم ١٤ مارس ٢٠٢٠.

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتمادًا على المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS المستخرجة من الموقع (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>)

وننتج عن هذا المنخفض الاعصاري سيول غزيرة قُطعت على إثرها العديد من الطرق، وتدمير عشرات المنازل في مناطق مخزات السيول ومنها قريتي الوادي والديسمي بمركز الصف بمحافظة الجيزة، ونتيجة لذلك تغير لون مياه نهر النيل لعدة أيام وزيادة رواسب الطمي نتيجة لجريان مياه السيول الغزيرة في الادوية الجافة التي تنتهي إليه مباشرة. علاوة على تأثير سرعة الرياح الاعصارية على اقتلاع العديد الأشجار الضخمة من جذورها في العديد من مناطق الجمهورية (شكل ١١).

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور



شكل (١١) أثر المنخفض الجوي الاعصاري خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠  
 (أ) تغير مياه نهر النيل بالقاهرة نتيجة السيول، (ب) تدمير المنازل بقريتي الودي والديسمي بمركز الصف، (ج) غرق نفق العروبة بطريق صلاح سالم بالقاهرة وارتفاع المياه لأكثر من مترين، (د) انهيارات الطرق بمدينة العبور بالقليوبية، (هـ) اقتلاع الأشجار بمحافظة قنا.

\* المصدر: مجموعة من الصور المتوفرة على شبكة الانترنت والمتعلقة بمنخفض التنين في مصر

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

وقدرت تكلفة تلك الخسائر التدميرية بحوالي ٨٠٠ مليون جنية (٥١ مليون دولار) (رئاسة مجلس الوزراء المصري، ٢٠٢٠) والتي تمثلت في خسائر قطاعات الكهرباء ومحطات المياه والصرف الصحي والطرق والنقل والسكك الحديدية. حيث نتج عن تلك الحالة الجوية مصرع ١٨ مواطن واصابة ما يزيد عن ٣٠ مواطن نتيجة حوادث متفرقة متعلقة بانهيارات المنازل خاصة في قريتي الودي والديسمي، وانهيارات أسقف المنازل في محافظات قنا والمنوفية، وحوادث الصعق الكهربائي في كل من الإسماعيلية والشرقية، وتصادم قطارين للركاب بمنطقة إمبابة بمحافظة الجيزة والذي أدى لإصابة ٢٠ مواطن وتدمير منزل. وقد خصصت الدولة ما يزيد عن ٧٥٠ مليون جنية (٤٨ مليون دولار) لتطوير المناطق المتضررة في قريتي الودي والديسمي بمركز الصف ومنطقة الزرايب ببلوان (رئاسة مجلس الوزراء المصري، ٢٠٢٠).

ثانياً: مدى التغير في قوة وتكرارية ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة عن السلوك العام للمنخفضات الجوية في أجواء مصر.

أوضحت العديد من الدراسات أن الأعاصير في منطقة البحر المتوسط عبارة عن عواصف مدارية كبيرة متحركة في الغلاف الجوي ويصل قطرها إلى ٢٠٠٠ كم ورياح سطحية تتراوح سرعتها بين ٤-٨ م/ث (١٥-٣٠ كم/ساعة) وتتجاوز أحياناً ٣٣ م/ث (١١٩ كم/ساعة)، ويصل الضغط المنخفض إلى قيم ٩٧٠ ملليبار مقارنة بالضغط الجوي الطبيعي ١٠١٣ ملليبار، ويتراوح عمرها الزمني بين ٣ و ١٠ أيام، وتتحرك من الغرب إلى الشرق (HMSO., 1962). وتتميز أعاصير البحر المتوسط بدورات حياة أقصر ونطاقات مكانية أصغر من الأعاصير المدارية وشبه المدارية التي تنشأ في المحيط الاطلنطي، حيث يبلغ نصف قطرها حوالي ٥٠٠ كم، ومتوسط عمرها يوم أو يومان (Flocas et al, 2009). وتنشأ تلك الأعاصير المتوسطة نتيجة

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

التفاعل الديناميكي بين الكتل الهوائية المدارية الدافئة الرطبة والكتل الهوائية القطبية الباردة، حيث يرتفع الهواء الدافئ بشكل دائري Cyclonic عمودياً إلى الغلاف الجوي فيتحد مع هواء الغلاف الجوي العلوي الأكثر برودة مسبباً الاعصار، وتساعد هذه العملية على نقل الطاقة الزائدة من العروض الدنيا إلى العروض العليا (Trigo et al, 2002).

علاوة على دراسة (Osetinsky & Alpert, 2006) التي تشير إلى تكرارية حدوث المنخفض الاعصاري Mediane على شمال مصر خلال الفترة من ١٠ إلى ١٤ ديسمبر ١٩٦١، ووصلت فيه قيم الضغط الجوي شمال الإسكندرية إلى ١٠٠١ ملليبار يوم ١٢ ديسمبر ١٩٦١. وكان مصدر هذا المنخفض الاعصاري منخفض جوي قادم من وسط أوروبا وتحديداً من منطقة شمال إيطاليا وامتداده إلى غرب قبرص. علاوة على المنخفض الاعصاري Mediane خلال الفترة من ١٥ إلى ١٩ مارس ١٩٩٨، ووصلت فيه قيم الضغط الجوي غرب مطروح إلى ٩٩٠ ملليبار يوم ١٥ مارس ١٩٩٨.

وبالنظر إلى تكرارية حدوث المنخفضات الجوية العنيفة في أجواء مصر وما ينتج عنها من آثار تدميرية سواء للأمطار الغزيرة المُسببة للسيول والرياح المصاحبة لها، فتُعد حالة عاصفة نوفمبر ١٩٩٤ أحد أهم تلك المنخفضات الجوية العنيفة، حيث بدأت الحالة في الثالثة من فجر يوم ٢ نوفمبر ١٩٩٤ بوجود منخفض جوي متوسط القوة قادم من جنوب أوروبا مصحوباً بكتلة هوائية باردة، وتزامن معه نشاط كبير لمنخفض السودان الموسمي مصحوباً بكتلة هوائية دافئة، وتلاحم المنخفضين مما نتج عنه حالة شديدة من عدم الاستقرار. وتعرضت محافظات الصعيد وخاصة محافظة أسيوط للأمطار غزيرة استمرت لحوالي ٣ ساعات بدون توقف، وشملت أرجاء جمهورية

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

مصر العربية بعد الفجر بكميات مطر لم تشهدها مصر منذ ٦٠ عامًا سابقة لهذا التاريخ. ووصلت الامطار لمدينة القاهرة في السادسة صباحًا واستمرت لمدة ساعتين في هيئة أمطار رعدية شديدة الغزارة، وبلغ معدل المطر حوالي ٣٠ ملم، وهو أكبر معدل للأمطار في القاهرة منذ عاصفة ٢٩ نوفمبر ١٩٥٧ والتي سجلت القاهرة فيها معدل أمطار بلغ ١٨ ملم واستمرت فيها الامطار ما بين متوسطة وغزيرة لمدة ٣ أيام (نعمات محمد نظمي، ٢٠٠٩). وارتبط بذلك المنخفض أحد أكبر الكوارث المرتبطة بالسيول في مصر وهي حادثة درنكة بأسويط.

ومن خلال تحليل المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS لحساب حجم المطر المتساقط خلال منخفض نوفمبر ١٩٩٤ ومقارنته بالمنخفضات الجوية محل الدراسة جدول (٥) وشكل (١٢)، يتضح أن حجم المطر المتساقط خلال منخفض نوفمبر ١٩٩٤ قد بلغ ما يقرب من ١.٤ مليار متر<sup>٣</sup> تساقطت خلال يومين ٢، و٣ نوفمبر، وبلغ معدل شدة المطر ١٥٥٧ ملم/ساعة. وعلى ذلك، فإن حجم المطر المصاحب للمنخفضات الجوية محل الدراسة بلغ ٣٩.٨٪، و٦٩.٦٪ لمنخفضات أكتوبر ٢٠١٩، ومارس ٢٠٢٠ على الترتيب من حجم المطر المصاحب لمنخفض نوفمبر ١٩٩٤. وبلغ معدل شدة المطر ١٦٪، و٣٥٪ لمنخفضات أكتوبر ٢٠١٩، ومارس ٢٠٢٠ على الترتيب من معدل شدة المطر لمنخفض نوفمبر ١٩٩٤. وما يزيد من قوة وشدة منخفض نوفمبر ١٩٩٤ هو تساقط أكبر كمية للمطر خلال أقل فترة زمنية (يومين) مقارنة بالمنخفضات الجوية محل الدراسة. وعلى مستوى كمية المطر اليومي فبلغت أقصاها في منخفض نوفمبر ١٩٩٤ بمعدل ١٨٩٨ ملم/ساعة ليوم ٢ نوفمبر ١٩٩٤ وهو أكبر معدل للتساقط في يوم واحد في تاريخ الأرصاد الجوية

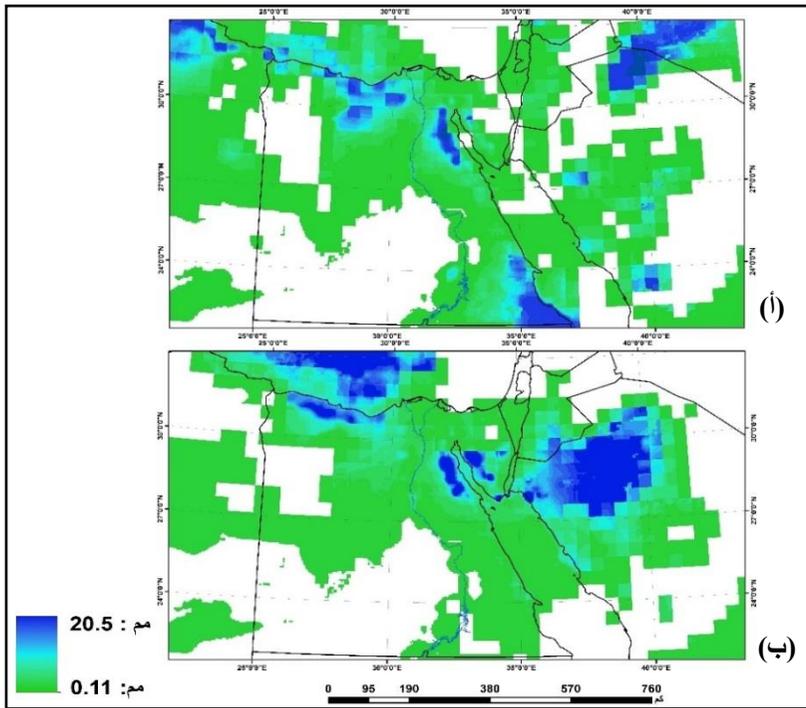
(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

الحدیثة فی مصر، ینیه معدل التساقط لیوم ١٢ مارس ٢٠٢٠ الذی بلغ ١٥٦٤ ملم/ساعة، وذلك وفقاً لبيانات جدول (٤، و٥).

جدول (٥) حجم المطر اليومي وشدة المطر ومعدل التساقط خلال فترة منخفض نوفمبر ١٩٩٤

المنخفض	اليوم	حجم المطر (متر <sup>3</sup> ) R_vol (m <sup>3</sup> )	شدة المطر (ملم/ساعة) R_int (mm/hr)	معدل التساقط (م <sup>3</sup> /كم <sup>2</sup> )
نوفمبر ١٩٩٤	١	٥٣٣,٣٣٢,٩٩٢	١٢١٥	٤٠٤
	٢	٨٣٢,١٤٤,٥٧٦	١٨٩٨	٦٣٠
المجموع		١,٣٦٥,٤٧٧,٥٦٨	١٥٥٧	١٠٣٤

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS المستخرجة من الموقع (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>).



شكل (١٢) كمية المطر اليومي خلال يومي ١ و٢ نوفمبر ١٩٩٤

(أ) يوم ١ نوفمبر ١٩٩٤، (ب) يوم ٢ نوفمبر ١٩٩٤.

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية من نوع CHIRPS المستخرجة من الموقع (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>).

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

ومن خلال شكل (١٣) الذي يوضح التغيير في مسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة عن المسارات المعتادة لها خلال نفس الفترة من العام، يلاحظ أن منخفض أكتوبر ٢٠١٩ "Medicane" يمثل حالة استثنائية في مساره الذي بدأ على البحر الأحمر غرب مدينة ينبع السعودية واتجاهه الشمالي حتى تلاحمه بالمنخفض الجوي العلوي البارد شرق المتوسط ودورانه حول مركزه وحركته من الغرب إلى الشرق ثم العودة للحركة من الشرق إلى الغرب، وذلك استثناءً عن المسارات المعتادة للمنخفضات الخريفية المؤثرة على الأجواء المصرية المعتادة في تلك الفترة من العام، والتي تتحرك عادة في مسارات عرضية من الغرب إلى الشرق.

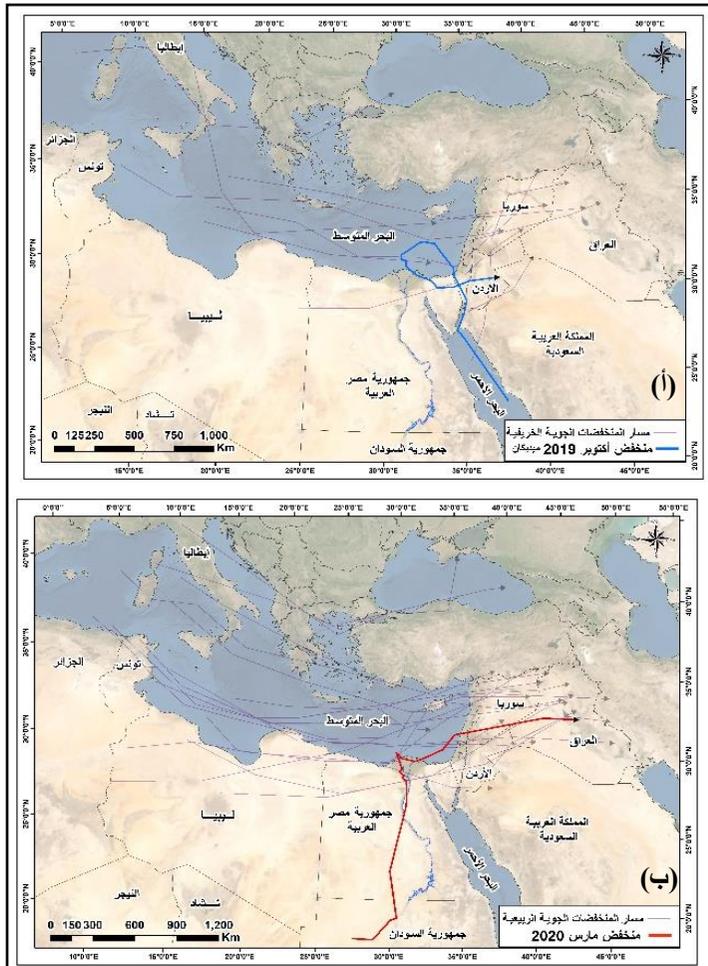
وينسلخ الاستثناء على مسار المنخفض الجوي الاعصاري مارس ٢٠٢٠، والذي يُعد مسارًا استثنائيًا مقارنة بمسارات المنخفضات الربيعية المؤثرة على أجواء مصر خلال تلك الفترة من العام. وهو المسار الذي بدأ من منطقة دارفور بشمال غرب جمهورية السودان وتحرك شمالاً إلى أن التحم مع المنخفض العلوي البارد بغرب الدلتا المصرية، مما زاد من حدته وقوته. وما يؤكد ذلك الحدث الاستثنائي لتلك المنخفضات الجوية محل الدراسة ما انتهت إليه دراسة (أحمد عبد الحميد الفقي، ١٩٩٩، ص ٤٢) والتي أشارت إلى أنه من النادر مرور مركز المنخفض الجوي إلى الجنوب من دائرة عرض القاهرة خلال الشتاء والربيع، ويتكرر كل ١٠ سنوات للفترة ١٩٥٨-١٩٧٧. ومن النادر أن تمر مراكز المنخفضات عبر شمال مصر في الخريف وتبلغ تكراريتها مرة كل ١٠ سنوات.

وتتفق تلك النتائج مع دراسة (El-Asrag et al, 1997, PP 117-122)

والتي انتهت إلى وجود تغير في مسارات المنخفضات الربيعية في شمال افريقيا خلال الفترة ١٩٤٠-١٩٩٠ وتغير سرعتها ومكان وزمن تكونها وزيادة التكرارية خلال الفترة

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

١٩٤٠-١٩٦٣ علاوة على وجود اتجاه هابط في تكرارية المنخفضات الربيعية والعواصف الترابية المرتبطة بها خلال الفترة ١٩٦٤-١٩٩٠ وما صاحبه من زيادة في قوة وعمق المنخفضات الربيعية وانخفاض قيم مراكزها من ١٠٠٢.٥ ملليبار إلى ٩٩٩ ملليبار. وارتباط مساراتها بالحركة نحو الشمال بينما في السنوات ١٩٤٥، ١٩٦٠، ١٩٨٨ كانت المنخفضات تتحرك تجاه الجنوب وهذه السنوات كانت سنوات انتقالية بين دورات البقع الشمسية. علاوة على وجود انخفاض في قيم الضغط الجوي بالمنخفضات الربيعية في السنوات المقترنة بقمة عالية للبقع الشمسية. علاوة على ما انتهت إليه دراسة (وليد عباس عبد الراضي، ٢٠٠٩، ص ص ١٨١-١٨٨) التي أوضحت أن المنخفضات الجوية في فصل الربيع شهدت انخفاضاً في عددها بينما شهدت زيادة في قوتها وشدتها، وهو ما نتج عنه زيادة كمية المطر بنسبة أكبر من زيادة عدد الأيام المطيرة، وبالتالي زيادة شدة المطر. وأن كمية المطر السنوية قد زادت في دلتا النيل خلال النصف الثاني من القرن العشرين بنسبة ١٠٪، وهو ما قد يرجع إلى زحزحة الأقاليم المناخية صوب الشمال نتيجة للتغيرات المناخية وقدرتها الدراسة بنحو ١٥٠ كم، وما ترتب عليه من هجرة مسارات المنخفضات الجوية نحو الشمال إلى جانب ضعف قوتها وعمقها.



شكل (١٣) التغيير في مسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة عن المسارات المعتادة لها خلال نفس الفترة من العام

(أ) مسار منخفض أكتوبر ٢٠١٩، (ب) مسار منخفض مارس ٢٠٢٠.

\* المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع (<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)، وأطلس المينئورولوجيا في مصر (Sutton. L. J., Curry. P. A., 1931)

وتعد الأحوال الجوية التي تعرضت لها جمهورية مصر العربية خلال موسم المطر ٢٠٢٠/٢٠١٩ استثناءً في الأحوال الجوية المصاحبة للمنخفضات الجوية ليس فقط في مسار تلك المنخفضات الجوية من الجنوب إلى الشمال مدفوعة بقوة ذراع

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

المنخفض السوداني الموسمي أو أخدود البحر الأحمر الجوي RST أو تزامنها وتلاحمها مع منخفض جوي بارد في طبقات الجو العليا ٥٠٠ ملليبار أو استثناءً فيما نتج عنهما من أمطار غزيرة وسيول عنيفة ورياح إعصاريه في بعض الأحيان. بل امتد الاستثناء ليشمل تكرارية تلك الأحوال الجوية بنفس الطريقة والتركييب والحركة مرتين خلال موسم مطر واحد، ويفصل بين حدوث أول تلك المنخفضات وثانيها أربعة أشهر فقط. وتشير العديد من الدراسات إلى تكرارية حدوث التلاحم بين ذراع أو امتداد المنخفض السوداني الموسمي أو أخدود البحر الأحمر RST في حركة شمالية استثنائية مع المنخفضات الجوية في طبقات الجو العليا القادمة من العروض القطبية شرق المتوسط بفاصل زمني تراوح بين ثلاث وخمس سنوات بين كل حالة استثنائية وأخرى، علاوة على أن تلك الحالات الاستثنائية تسود خلال أشهر الخريف والشتاء، ومنها دراسة (علي صبري محمود أبو حسين، ١٩٩٤، ص ص ٧٦-٧٨) الذي أشار إلى تكرارية حدوث منخفض الميديكان شرق البحر المتوسط خلال الفترات ١٦-١٧ ديسمبر ١٩٨٥، و ١٥-٢١ أكتوبر ١٩٩٠، و ٢٠-٢٢ ديسمبر ١٩٩٣. علاوة على دراسة (محمد خطاب وعمرو محسوب، ٢٠٢٠، ص ٢١) التي أوضحت أن معدل تكرار السيول الغزيرة في منطقة البحر الأحمر - وهي السيول الناجمة عن الذبذبة الشمالية لمنخفض السودان الموسمي وما يصاحبه من أمطار غزيرة - بلغ سيل واحد كل ٤.٤ سنة. ويلاحظ من الدراسة الحالية أن الفاصل الزمني لحدوث تلك الحالات الجوية الاستثنائية تقلص إلى ٤ أشهر فقط، علاوة على حدوث أحدها خلال شهر مارس ٢٠٢٠ في فترة انتقالية بين فصلي الشتاء والربيع.

### ثالثاً: العوامل المؤثرة في مدى التغير في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

ساعدت العديد من العوامل على نشأة وتطور تلك الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية محل الدراسة، وأهمها ذبذبة المنخفض السوداني الموسمي وأخدود البحر الأحمر الجوي RST الشمالية وموقع المنخفض الجوي في طبقات الجو العليا ٥٠٠مليبار في شرق المتوسط، علاوة على اختلاف درجات حرارة المياه السطحية للبحر المتوسط والبحر الأحمر ودور التيار النفاث القطبي وشبه المداري ودور البقع الشمسية وتأثير ظاهرة النينو. ويظهر دور تلك العوامل وتأثيرها في تلك الحالات الاستثنائية بوضوح عندما يوجد انخفاض رأسي في درجات الحرارة في الطبقة الدنيا من الغلاف الجوي ٨٥٠ مليبار بشكل أكبر من التدرج الرأسي الطبيعي في درجة حرارة الهواء مع وجود رطوبة كافية تعمل على وجود حمل قوية تسعد على تكوين الغيوم وحدوث العواصف الرعدية والبرّد، كما أوضحت الدراسة الحالية. حيث تشير العديد من الدراسات ومنها (Krichak et al., 1997a,b; Krichak and Alpert, 1998; Dayan et al., 2001; Kahana et al., 2002; Ziv et al., 2004b) إلى أن الامطار في إقليم البحر المتوسط ترتبط بالعواصف المدارية والمنخفضات الجوية شبه الاعصارية خلال فصل الشتاء والتي يعود أصلها إلى تذبذبات نظام الضغط الجوي في شمال الاطلنطي NAO عندما تشكل منخفضات جوية علوية وتفاعلها مع المناطق الجبلية أو المنخفضات الجوية في شمال المتوسط أو النظم الرطبة الناشئة من النظام المداري في شرق المتوسط. علاوة على وجود نوع آخر من العواصف المطيرة على شرق المتوسط ترتبط بالسحب المدارية tropical plumes والتي هي عبارة عن شريط طويل من السحب يمتد من

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

نطاق الالتقاء بين المدارين ITCZ إلى ما بين دائرتي عرض ٣٠-٤٠ درجة شمالاً مصحوباً بحوض علوي عميق في التيار النفاث شبه المداري في الغرب، وحافة شرقية، في حين عدم وضوح نظام ضغط مميز على السطح أو على ارتفاع ٥٠٠ ملليبار. ووجد (Ziv, 2001) أنه قبل حدوث هذا النوع من العواصف المطيرة، تنشأ كتلة من السحب المدارية التي تمتد نحو المناطق شبه المدارية شمالاً ويعمل التيار النفاث شبه المداري على امدادها بالرطوبة اللازمة من مصادر استوائية، وينتج عنها غيوم طبقية وأمطار غزيرة واسعة النطاق في حالة تطور حوض علوي عميق. علاوة على أن أي تغير في محور التيار النفاث شبه المداري عن وضعه الأصلي يؤدي إلى تكوين كتلة هوائية دافئة رطبة كبيرة تصل إلى مستويات مرتفعة جداً في الغلاف الجوي فوق الشرق الأوسط (Dayan and Abramski, 1983).

#### ١- دور أخدود البحر الأحمر الجوي RST والمنخفض السوداني في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

أوضحت العديد من الدراسات دور المنخفض السوداني الموسمي وأخدود البحر الأحمر الجوي RST في نشأة وتطور العواصف المدارية أو المنخفضات الجوية الاستثنائية في أجواء مصر، وأهما دراسة الفندي (Al Fandy, 1948) التي أشارت إلى أن العواصف الرعدية على مصر وفلسطين وسوريا تنشأ نتيجة تعمق منخفض السودان الموسمي نحو الشمال وتزويده لمنطقة شرق البحر المتوسط بتيارات هوائية جنوبية شرقية دافئة خلال فصل الخريف، ويكون هذا التذبذب أحياناً على هيئة اتساع أو تمدد نحو الشمال، ويبلغ هذا التعمق أقصاه في شرق البحر المتوسط ثم ما يلبث أن ينحرف جنوباً تحت تأثير الكتل الهوائية الباردة الغربية أو الشمالية الغربية القادمة من العروض العليا والتي تزيد من حدوث العواصف الرعدية في شرق البحر المتوسط.

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور

ودراسة ليفي (Levi. M., 1970) التي أوضحت دور أخدود البحر الأحمر الجوي RST في تمدده الشمالي ليغطي مناطق شرق البحر المتوسط، وما ينتج عنها من التقاء الأهوية المدارية الرطبة مع الأهوية الباردة القادمة من شمال وشمال غرب أوروبا، وما ينتج عن تلك الأحوال من نشأة العواصف المدارية وحدث حالة من عدم الاستقرار الجوي العنيف مصحوبة بأمطار غزيرة مصحوبة بالبرد. ودراسة (عبد الحميد الطنطاوي عبدة، ١٩٦٧) التي انتهت إلى أن المنخفض الجوي العلوي في شرق البحر المتوسط المصاحب لأخدود البحر الأحمر يتمركز في مستوى ٥٠٠ ملليبار وأحياناً مستوى أعلى يصل إلى ٣٠٠ ملليبار. ودراسة (أحمد عبد الحميد الفقي، ١٩٩٩) التي انتهت إلى أنه خلال فصل الشتاء يشهد البحر المتوسط تكون منخفض جوي محلي متزامناً مع تكون منخفض آخر فوق البحر الأحمر، وهو الذي يمتد في بعض الأحيان ليتصل بالمنخفض الجوي عند شرق المتوسط. وكذلك أوضح (مهدي أمين ألتوم، ١٩٧٤، ص١٦) أن المنخفضات الجوية فوق البحر الأحمر تشأ نتيجة وجود البحر الأحمر بين مرتفعين جويين على الصحراء الكبرى ومرتفع الجزيرة العربية، أو نتيجة للامتداد الرأسي لمنخفض علوي في نفس المنطقة (El-Fandy, 1949, P166)، وهو ما أكدته دراسة (Nieto et al, 2008) أن شدة اخدود البحر الأحمر RST وامتداده نحو الشمال يرتبط بتأثير العوامل الطبوغرافية والحرارية في منطقة البحر الأحمر.

وتشير دراسة (Alpert et al, 2006) إلى أن حوض البحر الأحمر الجوي RST أحد أهم الظواهر للتفاعلات الجوية المدارية والاستوائية الأكثر تأثيراً على جنوب شرق البحر المتوسط خاصة خلال فصلي الخريف والربيع، وهو جزء من منخفض السودان الموسمي وامتداد له، وتلك الذبذبات الشمالية أو الجنوبية لمنخفض

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مدكور

البحر الأحمر تنشأ نتيجة لذبذبات المنخفض السوداني الشمالية والجنوبية. وأن شدة ومدة نوبات المطر في شرق المتوسط ترتبط بالتفاعل بين التيارات النفاثة العلوية والسفلية في التروبوسفير، حيث تعمل التيارات النفاثة على زيادة تطور مجتمعات الرطوبة والحمل الحراري وتطوير الشكل الاعصاري الناتج عن الاضطرابات المصاحبة لرياح القص القوية strong wind shear أو التغير المفاجئ في سرعة الرياح الأفقية والرأسية، علاوة على اضطراب طبقة التروبوز فيما يسمى "طي التروبوز tropopause folding" الذي يسمح باختراق هواء الاستراتوسفير نحو الأسفل تجاه التروبوسفير .

وعلى المستوى الزمني، فقد أشارت دراسة (Alpert et al, 2004a,b) إلى أن عمليات توغل حوض البحر الأحمر RST إلى شرق المتوسط قد زادت حدة تواتره وتضاعفت منذ عام ١٩٧٠ من حوالي ٥٠ يوم/عام إلى حوالي ١٠٠ يوم/عام. وخلال فصل الربيع تتحرك منطقة الضغط المنخفض الاستوائية شمالا وتزداد اتساعاً وعمقاً لتبلغ الأطراف الشمالية الشرقية لجمهورية السودان، مما يؤدي إلى تعمق المنخفض السوداني الموسمي فوق البحر الأحمر في الفترة من مارس إلى مايو شكل (١٤)، ويصبح أكثر قوة ويحدث نوع من عدم الاستقرار. وعندما يتزامن مع منخفض علوي بارد أعلى الرياح الدافئة من المنخفض السوداني، تحدث حالة من عدم الاستقرار تصاحبها الامطار الرعدية الغزيرة مسببة السيول في البحر الأحمر وسيناء (أحمد عبد الحميد الفقي، ١٩٩٩، ص٣٥). وخلال فصل الخريف يتمدد المنخفض السوداني الموسمي نحو الشمال بشكل أكبر من فصل الربيع، ومع امتداده على البحر الأحمر تحدث حالة من عدم الاستقرار يزيد من حدتها التيارات الحرارية الصاعدة (EI- Fandy, 1948, P37) ويصاحبها عواصف شديدة وسيول غزيرة تصيب جنوب

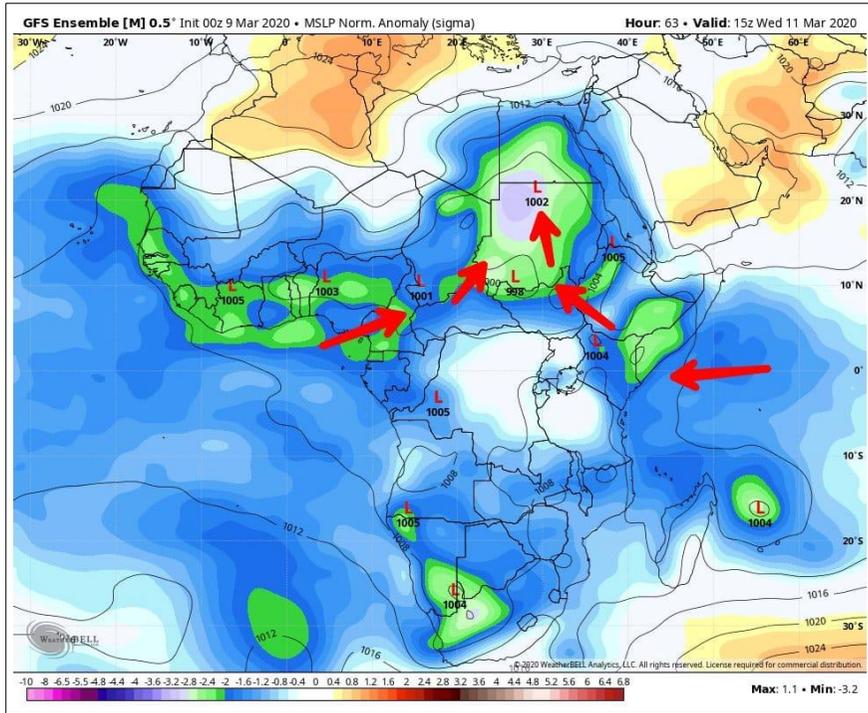
(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

البلاد في وادي النيل وجنوبها الشرقي، وأشهرها سيول خريف ١٩٦٠، ١٩٦٩، ١٩٨٧، ١٩٩٤. وأوضح (نعمان شحادة، ١٩٩٥، ص ٢٢١) أن الفترة الممتدة من الخريف إلى الربيع تشهد تحرك الرياح العليا في منطقة البحر المتوسط متخذة مسارات موجية للحفاظ على حركتها الدورانية وتنشأ عنها موجات جوية تتكون من مناطق ضغط منخفض وبتوء ضغط مرتفع يطلق عليها الموجات الكوكبية Planetary waves. ويتزامن مع تواجد مناطق الضغط المنخفض تدفق للهواء القطبي البارد من العروض العليا، بينما تشهد بتوءات الضغط المرتفع تدفق الهواء المداري الدافئ الرطب. وانتهى نعمان شحادة إلى وجود علاقة ارتباط قوية بين موضع المنخفض العلوي ٥٠٠ ملليبار على البحر المتوسط وقوة أو ضعف المنخفضات الجوية على البحر المتوسط، فعندما يكون محور المنخفض العلوي أعلى الجزء الغربي من البحر المتوسط؛ فإن المنطقة الشرقية تكون واقعة تحت تأثير بتوء المرتفع الجوي وتتعرض لتدفق هواء دافئ رطب يرفع من درجة حرارة المياه السطحية عن معدلها العام، مما يدفع المنخفضات الجوية المتشكلة على المنطقة الغربية أن تتحرك نحو الشرق فوق المياه الدافئة.

ويمكن القول بأن حركة وتذبذب منخضات وأعاصير البحر المتوسط ترتبط بحركة وتذبذب منخض البحر الأحمر RST، فعندما يتحرك منخض البحر الأحمر إلى شمال شرق المتوسط يتحرك معه منخض البحر المتوسط ويمتد نحو الشرق ليشمل كامل شرق المتوسط وشمال إفريقيا، وهو ما يحدث خلال فصل الشتاء، وهو ما يتفق مع دراسة (Krichak et al, 1997b). حيث تشير دراسة (Romem et al, 2007) إلى أن أخدود البحر الأحمر الجوي RST يمثل مصدرًا لتكون ونشأة خُمس أعاصير البحر المتوسط بنسبة (٢٠.٥٪) منها. فعندما يتصادف وجود منخض جوي

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

علوي أعلى منطقة شرق المتوسط وامتداد المنخفض السوداني نحو الشمال، يحدث حالة من عدم الاستقرار في طبقات الجو العليا نتيجة اندفاع الهواء الرطب الدافئ من الجنوب وامتزاجه مع الهواء الجاف البارد نسبياً من الشمال وينتج عنه عواصف رعدية وأمطار رعدية غزيرة (طارق زكريا سالم، ١٩٩٧، ص ٧٠). ويشير شكل (١٤) إلى حركة المنخفض السوداني الموسمي يوم ١١ مارس ٢٠٢٠ ويلاحظ منه قوة مصادر الرطوبة التي عملت على تغذية وتعميق المنخفض الاعصاري خلال الفترة من ١١ إلى ١٤ مارس ٢٠٢٠.



شكل (١٤) حركة المنخفض السوداني الموسمي ونطاق الضغط المنخفض الاستوائي الشمالية يوم ١١ مارس ٢٠٢٠.

\* المصدر: بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع  
(<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور

## ٢- دور المنخفض الجوي في الطبقات العليا ٥٠٠ ملليبار في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

تناولت العديد من الدراسات العلاقة بين المنخفض الجوي في الطبقات العليا ٥٠٠ ملليبار وقوة وشدة الأحوال الجوية وكمية الأمطار الساقطة المصاحبة لها، ومنه دراسة (El Dessouky, 1980) التي انتهت إلى وجود علاقة قوية بين مدى تعمق وزيادة شدة المنخفض العلوي ٥٠٠ ملليبار وكمية الامطار الساقطة على الأراضي المصرية، فكلما زاد تعمق المنخفض العلوي وزادت استمراريته زادت كمية الامطار في الأراضي المصرية عن متوسطها بمقدار ١٨٠٪، فمع زيادة تعمق وشدة المنخفض العلوي تزداد قوة التيارات الهوائية الدافئة الرطبة القادمة من الجنوب. ودراسة (ياسر أحمد السيد، ٢٠٠٣) التي انتهت إلى أن موقع المنخفض العلوي ٥٠٠ ملليبار أسهم في التأثير على كمية الامطار خلال الفترة من ١٩٥٠-١٩٦٥ من حيث غزارة وقلة المطر وفقاً لموقعه من شرق أو غرب أو وسط البحر المتوسط، حيث كان موقع المنخفض العلوي أعلى منتصف البحر المتوسط خلال موسم المطر الغزير الذي شهدته البلاد خلال موسم ١٩٥٦-١٩٥٧. وهو ما يتفق مع رأي (Zohdy, 1971) (P101) في أن السنوات التي يتمركز فيها المنخفض العلوي ٥٠٠ ملليبار أعلى الجزء الشرقي من البحر المتوسط، تحدث أقصى ذبذبة لأذرع الرطوبة فوق البحر الأحمر، كما تحدث أقصى ذبذبة جنوبية للتيار النفاث القطبي البارد وأقصى ذبذبة شمالية للتيار النفاث المداري الدافئ الرطب، مما يخلق منطقة تجمع عنيف للهواء فوق الأراضي المصرية تتكون على أثرها كتل سحابية من المزن الركامي الضخمة والتي تمتد لعشرات الدرجات العرضية وتشهد مصر خلالها عواصف برق ورعد وأمطار غزيرة. ويرى (Lasheen, 1971, P27) أن وجود وامتداد مجموعة من الألسن الرطبة

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

منسلخة من المنخفض السوداني نحو الشمال ليشغل مناطق الخليج العربي والبحر الأحمر والمغرب العربي قد يشكل دور هام في التأثير المتبادل بين المناطق المدارية وتحت المدارية من جهة، ومناطق العروض الوسطى من جهة أخرى، وهو ما يمثل عاملا مهما في نمو سحب المزن الركامي والطبقي المسببة للأمطار على مصر، وعلاقة حركة تلك الاذرع الرطبة بحركة التيارات النفاثة القطبي والمداري.

ويطلق على المنخفض الجوي العلوي ٥٠٠ ملليبار بظاهرة "تذبذب البحر المتوسط Mediterranean Oscillation MO" أو التذبذب ثنائي القطب للضغط الجوي. فعندما يحدث ارتفاع متطرف للضغط في غرب المتوسط؛ يتزامن معه انخفاض عميق أيضًا في شرقه والعكس (Feidas et al, 2007). وتتشأ تلك الظاهرة نتيجة حدوث ارتفاع استثنائي في درجة الحرارة وما يصاحبه من ضغط منخفض شديد في شرق المتوسط، ويصاحب ذلك من انخفاض في درجات الحرارة وارتفاع الضغط الجوي بشكل استثنائي في غرب المتوسط ينتج عنه رياح شمالية وغربية فوق شرق المتوسط ويسمى الوجه السالب للتذبذب (Maheras P., Kutiel H., 1999). وينطبق ذلك خلال فترة حدوث المنخفضات الجوية محل الدراسة، حيث يلاحظ أن تذبذب البحر المتوسط كان في وجهه السالب وتمركز المنخفض الجوي العلوي ٥٠٠ ملليبار أعلى منطقة شرق المتوسط خاصة خلال الفترة من أواخر سبتمبر إلى أكتوبر ٢٠١٩ كما يتضح من خلال شكل (١٧).

### ٣- دور التغيرات المناخية في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

تشير العديد من الدراسات إلى أن منطقة حوض البحر المتوسط - بما فيها الأراضي والسواحل المصرية - هي المنطقة الأكثر عرضه لآثار التغيرات المناخية

وأنها من أكثر المناخات حساسية على مستوى العالم نظرًا لموقعه في منطقة انتقالية ما بين خطوط العرض الوسطى وشبه الاستوائية والأكثر تضررًا بارتفاع درجات الحرارة نتيجة للتغيرات المناخية والتي قد تصل إلى ما يقرب من ٢.٢ درجة سيليزية بحلول عام ٢٠٤٠، وحوالي ٣ درجات سيليزية بحلول عام ٢٠٥٠، وما يقرب من ٣.٨ درجة سيليزية بحلول عام ٢١٠٠ عن مستوياتها خلال الفترة السابقة للثورة الصناعية في القرن التاسع عشر (Kuglitsch et al, 2010 & Jacob et al, 2014). حيث بلغ معدل الزيادة الحالية في المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في منطقة البحر المتوسط ١.٥ درجة سيليزية عام ٢٠١٩ مقارنة بمعدلاتها خلال الفترة السابقة للثورة الصناعية (١٨٨٠-١٨٩٩). تلك الزيادة التي تتجاوز المعدلات العالمية لزيادة درجة الحرارة والتي بلغت ١.١ درجة سيليزية على مستوى العالم (MedECC, 2019, P5 & IPCC, 2013). وأظهرت العديد من الدراسات وجود زيادة سنوية في الاتجاه العام لدرجات الحرارة بلغ ٠.٠٣ درجة سيليزية. علاوة على ما سوف تعانیه منطقة البحر المتوسط من زيادة وتكرار وشدة لأحوال الطقس المتطرفة، وزيادة حدة تساقط الأمطار المتطرفة بنسبة تتراوح بين ١٠-٢٠٪ في جميع الفصول باستثناء فصل الصيف (Toreti et al, 2013 & Toreti et al, 2015). وعلى مستوى درجة حرارة سطح البحر، فقدرت الدراسات ارتفاعها بنحو ٠.٤ درجة سيليزية لكل ١٠ سنوات خلال الفترة الممتدة من ١٩٨٥-٢٠٠٦، وتصل تلك الزيادة إلى ٠.٣ درجة سيليزية لكل ١٠ سنوات في الحوض الغربي، و٠.٥ درجة سيليزية لكل ١٠ سنوات في الحوض الشرقي للبحر المتوسط (Nykjaer, 2009). حيث حدد (Giorgi, 2006) منطقة البحر المتوسط بأنها أحد أهم النقاط الساخنة التي سوف تتعرض لتغيرات المناخ في المستقبل.

ويشير شكل (١٥) إلى تغير درجات حرارة المياه السطحية للبحر المتوسط خلال الفترة الممتدة بين ١٩٨٢ و ٢٠٢٠، ومنه يلاحظ ارتفاع درجات حرارة المياه السطحية لمنطقة شرق البحر المتوسط بقيم تراوحت بين ٢، و ٢.٥ درجة سيليزية عن المعدلات الطبيعية لها، وبلغت أعلى قيمة لها خلال الفترة الممتدة بين أول أكتوبر ومنتصف نوفمبر ٢٠١٩ عن الأعوام السابقة عنها خلال القرن العشرين. حيث سجلت درجة حرارة سطح مياه شرق البحر المتوسط قيم تراوحت بين ٢٦، و ٢٨ درجة سيليزية مقابل درجات حرارة تراوحت بين ٢٢، و ٢٤ درجة سيليزية للمنطقة الوسطى، ودرجة حرارة تراوحت بين ١٧، و ٢٠ درجة سيليزية في غرب البحر المتوسط. وهو ما أسهم في زيادة عمق وقوة المنخفض الاعصاري أكتوبر ٢٠١٩ Medicane في شرق البحر المتوسط، حيث أن المياه الدافئة تكون أكثر دعماً للعواصف غير العادية من نوع Medicane وفقاً لرأي (Korosec. M., 2019). ويتضح من قوة هذا المنخفض الاعصاري مدى تأثير الميزانية الحرارية لحوض البحر المتوسط وشمال افريقيا في تشكل مثل هذه الظواهر الاستثنائية، حيث تنشأ تلك العواصف المدارية فوق أكثر مياه البحر المتوسط حرارة خلال تلك الفترة من العام.

وينشأ أعلى البحر المتوسط نطاق من الضغط المنخفض نتيجة لدفع المياه السطحية، يحيط به إقليم من الضغط الجوي المرتفع المتصل بالضغط المرتفع الأزوري (Abdel-Kader, A. Ali., 1987, p117). حيث يتحرك المنخفض الايسلندي باتجاه الجنوب حتى عروض تتراوح بين ٤٠، و ٤٥ درجة شمالاً بدلاً من عروضه الطبيعية عند ٦٠ درجة شمالاً (يوسف فايد، ١٩٧٢، ص ١١)، وفي تلك المنطقة تلتقي كتل هوائية متباينة من حيث الحرارة والرطوبة قادمة من مناطق الضغط المرتفع الأزوري والسيبيري، فتتولد عنها منخفضات جوية تسلك مسار البحر المتوسط المفضل

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

لها حيث يتجدد نشاطها فتتحرك من الغرب إلى الشرق في ركاب الرياح الغربية العكسية.

وانتهت العديد من الدراسات إلى زيادة قوة المنخفضات الاعصارية من نوع Medicane بنهاية القرن استجابة لتغير المناخ ومنها دراسة (وليد عباس عبد الراضي، ٢٠٠٩ & El-Asrag et al, 1999)، وتوافقت معها الدراسة الحالية في زيادة عمق وقوة المنخفضات في منطقة البحر المتوسط وشمال افريقيا مع زيادة الاحترار العالمي والتغيرات المناخية. وتوقعت دراسة (Romero & Emanuel, 2017) حدوث ذلك التباين الإقليمي في تكرارية المنخفضات الجوية الاستثنائية "Medicane" وحدث المزيد من الاحداث المتطرفة في منطقة شرق البحر المتوسط، وزيادة احتمالية حدوثها خلال شهر أكتوبر بشكل عام.

ويرتبط ذلك بتقرير الهيئة المعنية بالتغيرات المناخية (IPCC, 2007) والذي يتوقع انخفاض كمية المطر وعدد الأيام الممطرة خلال القرن الحالي على منطقة شمال أفريقيا مع زيادة كثافة تساقط المطر خلال أيام قليلة وهو ما قد يؤدي إلى زيادة السيول والفيضانات. وفي دراسة للبنك الدولي (World Bank, 2014) انتهت إلى أنه من المتوقع أن يؤدي زحزحة نطاق ITCZ نحو الشمال إلى زيادة كميات الرطوبة والمطر على الأجزاء الجنوبية حتى دائرة عرض ٢٥ درجة شمالا. بينما انتهت بعض الدراسات الأخرى إلى فرضية تقول بأنه مع زيادة الاحترار العالمي والتغيرات المناخية سوف تؤدي إلى ضعف منخفضات العروض الوسطى وقلّة عمقها نتيجة لارتفاع درجات الحرارة في تلك العروض مما سوف يُضعف من التناقض الحراري في نصف الكرة الشمالي بين المنطقتين الاستوائية والقطبية، وهو التناقض الحراري المُحرك للمنخفضات والمتحكم في قوتها وعمقها (Houghton, J. T., 1993).

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

#### ٤- تأثير الدورات العامة للهواء Circulation والذبذبات الضغطية الرئيسية في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

أوضحت العديد من الدراسات أن مناخ البحر المتوسط خاصة المناطق الغربية منه تتأثر خلال فصل الشتاء بالتقلبات الطقسية التي تحدث في منطقة غرب المتوسط ونشاط الأعاصير، وتذبذبات شمال الأطلسي الضغطية<sup>٤</sup> North Atlantic Oscillation (NAO) (Hurrell, 1996 & Alpert et al. 2006 & Hatzianastassiou et al. 2009). بينما تتأثر المناطق الشرقية من حوض البحر المتوسط بالتذبذبات الضغطية لشرق الأطلسي (The East Atlantic EA) oscillation (Trigo et al, 2006). وأوضحت دراسة (Bronnimann. S., 2007) أن هناك ارتباطاً وثيقاً بين حدوث ظاهرة النينو<sup>٥</sup> El Nino وحدث تباينات

<sup>٤</sup> عبارة عن تذبذب واسع النطاق لتبادل الكتل الهوائية في الغلاف الجوي بين النطاق شبة المداري المرتفع والنطاق تحت القطبي المنخفض (Rogers, 1990). ويمتد تأثيرها على مناخ المناطق المحيطة التي تشمل جميع أنحاء أوروبا وإقليم البحر المتوسط وشرق أمريكا وشمال كندا. وهو أحد الأنماط المناخية المؤثرة في تغيير النظام المناخي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، ويظهر تأثيره بشكل أكبر خلال فصل الشتاء (Barnston & Livezey, 1987).

<sup>٥</sup> تتعلق ظاهرة النينو بارتفاع درجات حرارة سطح المياه Sea Surface Temperature SST في وسط وشرق المحيط الهادي وكافة المحيطات المدارية بقيم تزد على ٤ درجات سيليزية عن معدلاتها الطبيعية (علي حسن موسى، ٢٠٠٠، ص ٣٤-٤١). حيث تزداد عمليات تسخين المياه المدارية في نهاية فصل الصيف، بالإضافة إلى نشاط الرياح التجارية التي تعمل على إزاحة تلك المياه الدافئة السطحية عن المياه الباردة نسبياً من شرق المحيطات إلى غربها، فتنتقل كميات من بخار المياه وما يحمله من حرارة كامنة إلى طبقات الجو الدنيا بغرب المحيطات المدارية وشرق القارات. ومع زيادة كميات بخار الماء تزداد عمليات التكاثف وسقوط الامطار وتتكون مراكز للهواء الساخن الذي ينشأ عنه الأعاصير المدارية المؤثرة على شرق القارات والتي تزداد عمقاً مع زيادة عمليات التبخر والتكاثف، تلك الظروف المناخية تتعلق بظاهرة اللانينا La Nina. وعلى العكس من ذلك، فمع ضعف نشاط الرياح التجارية وعدم قدرتها على إزاحة المياه الدافئة السطحية من شرق المحيطات، فقتل المياه الدافئة هي المسيطرة على أسطح شرق المحيطات المدارية وغرب القارات، فتنتقل الظروف المناخية السابقة من شرق القارات إلى غربها، مما يعمل على زيادة التباين في كميات تساقط الامطار على مستوى العالم.

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مدكور

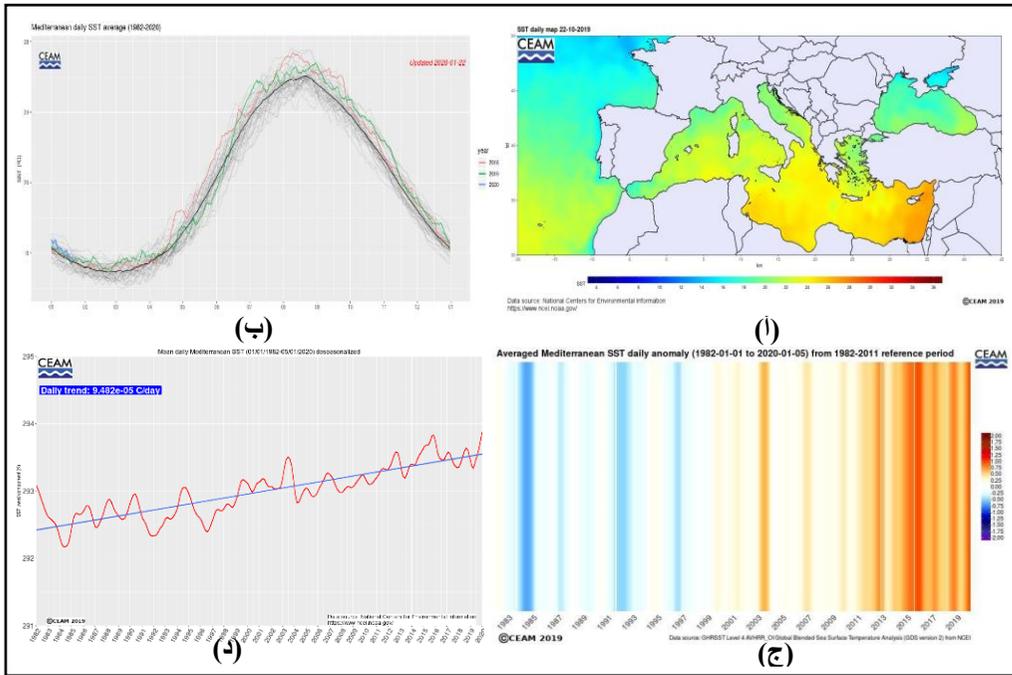
في مناخ أوروبا والبحر المتوسط يشمل انخفاض في درجات الحرارة وزيادة في تساقط الامطار في الأجزاء الجنوبية والشرقية من المتوسط. وكانت أكثر تلك القيم وضوحًا خلال عامي ١٩٨٣ و ١٩٩٢. علاوة على العديد من الدراسات ومنها (van Loon and Madden, 1981; Gouirand and Moron, 2003; Moron and Plaut, 2003) التي أكدت ارتباط ظاهرة النينو El Nino بزيادة الأعاصير والمنخفضات الجوية العميقة على الأجزاء الوسطى والجنوبية من البحر المتوسط (Hess and Brezowsky, 1969) وانخفاض عددها فوق وسط أوروبا وفقًا لنموذج المضغط الجوي الأوروبي "European Grosswetterlagen"<sup>6</sup>، وعلى العكس من ذلك أثناء ظاهرة اللانينا La Nina. وأوضحت دراسات (Xoplaki, 2002; Mariotti et al., 2005; Alpert et al., 2006) تأثير النينو El Nino الذي يحدث في منطقة جنوب شرق آسيا وغرب المحيط الهادي على أمطار البحر المتوسط. علاوة على دراسة (Sardeshmukh et al., 2000) التي انتهت إلى إنتاج نموذج غير خطي لارتباط ظاهرة النينو El Nino مع زيادة تساقط الامطار في شرق البحر المتوسط.

وانتهت دراسة (Fraedrich and Muller, 1992) إلى انخفاض معدلات المطر في جنوب غرب أوروبا ومنطق البحر الأسود أثناء ظاهرة اللانينا الباردة La Nina وزيادة في معدلات المطر أثناء ظاهرة النينو El Nino الدافئة في نفس المناطق. ودراسة (Wu and Hsieh, 2004a, 2004b) التي انتهت إلى وجود ارتباط غير خطي بين حدوث ظاهرة النينو El Nino ونطاق الضغط فوق المداري Extratropical Sea Level Pressure خلال أشهر الشتاء من ديسمبر إلى

6 (GWL) Grosswetterlagen هو تصنيف لأنماط الضغط الجوي فوق وسط أوروبا، ويشمل ٢٩ نمطًا مختلفًا من الضغط الجوي.

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

مارس. ودراسة (Price et al, 1998) التي انتهت إلى وجود ارتباطاً إيجابياً قوياً بين زيادة تساقط الامطار خلال الفترة من أكتوبر إلى مارس وظاهرة النينو El Nino خلال ٢٥ عاماً من الدراسة في منطقة فلسطين جنوب البحر المتوسط، حيث كانت كميات الامطار أكثر من معدلاتها الطبيعية بحوالي ٢٥٪ وكان أقصاها خلال عام ١٩٩٢ وبلغ معدل الارتباط بينهما ٠.٥٩، بينما عملت الانينا La Nina على سيادة ظروف الجفاف. ووجد (Arpe et al, 2000) ارتباطاً واضحاً بين مستوى بحر قزوين وظاهرة النينو El Nino وزيادة معدلات الرطوبة وبشكل أكثر وضوحاً خلال فصل الخريف.



شكل (١٥) تغير درجات حرارة المياه السطحية للبحر المتوسط خلال الفترة الممتدة بين ١٩٨٢ و٢٠٢٠

(أ) درجة حرارة سطح المياه يوم ٢٢ أكتوبر ٢٠١٩، (ب) تغير درجة الحرارة الشهرية للمياه السطحية للبحر المتوسط خلال الفترة ١٩٨٢-٢٠٢٠، (ج) تغير درجة الحرارة التراكمية للمياه السطحية للبحر المتوسط خلال الفترة ١٩٨٢-٢٠٢٠، (د) اتجاه درجة حرارة المياه السطحية للبحر المتوسط خلال الفترة ١٩٨٢-٢٠٢٠.

\* المصدر: (NCEI, 2020) National Centers for Environmental Information

(<https://www.ncei.noaa.gov/>)

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مدكور)

ودراسة (Poza-Va'zquez et al., 2005a) التي أوضحت الارتباط غير الخطي بين معدلات تساقط الأمطار في شرق المتوسط مع ظاهرة النينو El Nino. ودراسة (Felis et al, 2000 and Rimbu et al, 2003) التي انتهت إلى وجود ارتباط قوي بين ظاهرة النينو El Nino ومناخ منطقة شمال البحر الأحمر وجنوب المتوسط على مدار ٢٤٥ عام وان هناك تأثير للنينو على مناخ الشرق الأوسط وشمال البحر الأحمر. وتشير دراسات (Mariotti et al.2002; Shaman and Tziperman 2011) إلى أن غرب البحر المتوسط يستقبل أمطار أكثر بنسبة ١٠٪ خلال فترات الخريف وبدايات الشتاء التي تسبق النينو. بينما تزداد الأمطار خلال أواخر الخريف على منطقة شرق المتوسط، خاصة فيما بعد منتصف السبعينيات (Price et al.1998; Alpert et al.2006)، حيث عمل التحول المناخي the Climate Shift في أواخر السبعينيات على تغيير دورات الغلاف الجوي Atmospheric Circulation وأنماط الاتصال عن بعد Teleconnection Patterns في نصف الكرة الشمالي (Trenberth 1990; Trenberth and Hurrell 1994).

وتعمل ظاهرة النينو على زيادة تدفق الهواء شديد الرطوبة القادم من المحيط الهندي وإفريقيا الاستوائية خلال فصلي الخريف والربيع، فتعمل على زيادة شدة العواصف المدارية في منطقة البحر المتوسط (Krichak et al, 2013). حيث تشير دراسة (Hatsushika and Yamazaki, 2001) إلى أن ظاهرة النينو El Nino تؤثر على طبقة الاستراتوسفير ونطاق التروبوبوز فوق منطقة المحيط الهادي الاستوائي، حيث يكون ارتفاع التروبوبوز أقل في المنطقة الغربية للمحيط الهادي وأكثر ارتفاعاً في المنطقة الاستوائية الشرقية منه خلال فترة النينو El Nino مقارنة بفترات

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

اللاينينا La Nina، علاوة على تأثير النينو El Nino على الاستراتوسفير في نطاق فوق المدارين Extratropical. ويرتبط حدوث النينو El Nino بانخفاض نشاط التذبذبات الضغطية الشمال اطلسية (Bronnimann et al., 2007b).

وتؤثر النينو El Nino على مناخ مصر من خلال تبريد الهواء الهابط من طبقات الهواء العليا، مما يزيد من تشكيل مرتفعات جوية قوية في منطقة شمال غرب أفريقيا وغرب أوروبا وزيادة هيمنة المرتفع الأزوري، مما يعيق حركة وتعمق المنخفضات الجوية المتوسطة المتحركة من غرب المتوسط إلى شرقه. تلك الظروف الجوية الاستثنائية تعمل على ترك المجال مفتوحًا أمام اندفاع وتعمق المنخفض السوداني الموسمي إلى الشمال والشمال الشرقي بما يحمله من معدلات مرتفعة من الرطوبة الجوية والهواء الدافئ، وفي الجهة المقابلة تندفع الكتل الهوائية قطبية الباردة والمنخفضات الجوية نحو شرق أوروبا وشرق البحر المتوسط متوغلة من الشمال إلى الجنوب مبتعدة عن المرتفعات الجوية في غرب أوروبا وشمال غرب أفريقيا، فيحدث الالتقاء الاعصاري بين الجبهتين، وينشأ عنه زيادة في تعمق المنخفض الجوي ليتطور إلى إعصارًا في بعض الأحيان أو عاصفة جوية. وهو ما يمكن به تفسير نشأة وحركة المنخفضات الجوية الاعصارية في أكتوبر ٢٠١٩، ومارس ٢٠٢٠. حيث تعمل النينو على تعديل حركة الجو بشكل عام وينشأ عنها تغيرات في أنماط الطقس الاعتيادية في العديد من المناطق في العالم، وأهمها تغير موضع التيار النفاث في نصف الكرة الشمالي، فترتفع درجة الحرارة عن معدلاتها في كل من أمريكا الشمالية وأوروبا وشرق آسيا ونصف الكرة الشمالي بشكل عام، مما يسبب أمطار غزيرة أعلى من معدلاتها في أجزاء من أوروبا والشرق الأوسط.

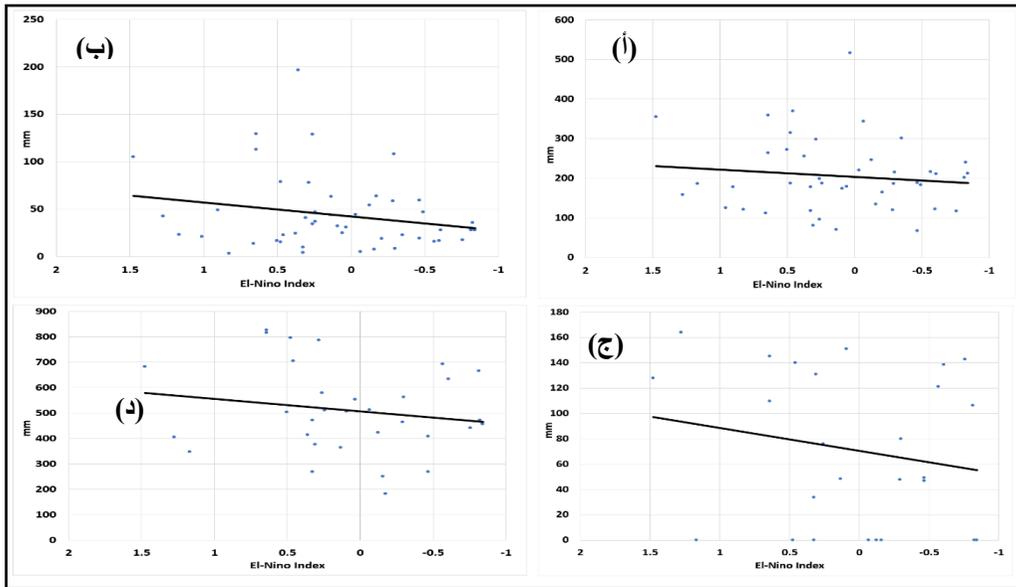
(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

وخلال فترة الدراسة لموسم المطر ٢٠٢٠/٢٠١٩ الممتد بين شهري أكتوبر ومارس، بلغت النينو أقصى قيمة لها ١.٥ على مؤشر النينو El Nino Index وما ارتبط بها من زيادة لكمية الامطار على مناطق جنوب غرب الولايات المتحدة الامريكية وبيرو ووسط أوروبا، وحدثت الجفاف في مناطق شرق الولايات المتحدة الامريكية وأستراليا والتي أدت إلى اندلاع الحرائق المدمرة للغابات شرق استراليا وحرائق غابات الامازون بشرق أمريكا الجنوبية في صيف وخريف ٢٠١٩. وطبقت الدراسة الحالية معامل الارتباط بيرسون بين بيانات المطر التاريخية على مصر للفترة الممتدة بين ١٩٥٧-٢٠٢٠ ومؤشر تذبذب شرق المحيط الهادي النينو El Nino خلال نفس الفترة شكل (١٦)، ومنه يلاحظ أن هناك ارتباط موجب بين كمية المطر المتساقطة وحدثت ظاهرة النينو بقيم تتراوح بين ٠.١١ و٠.٣٠، لكمية الامطار المتساقطة على كل من الإسكندرية للفترة ١٩٥٧-٢٠٢٠، والعريش للفترة ١٩٨٧-٢٠٢٠ على الترتيب. وبلغت قيمة الارتباط ٠.٢١ بين مؤشر النينو وكمية الامطار المتساقطة على القاهرة للفترة ١٩٥٨-٢٠٢٠، بينما بلغت ٠.١٧ بين مؤشر النينو وكمية المطر المتساقط على اجمالي جمهورية مصر العربية للفترة ١٩٨٦-٢٠٢٠.

وتتوافق تلك النتائج مع دراسة (محمد عبد العال إبراهيم، ٢٠١٢، ص ٣٥٧) التي انتهت إلى الارتباط بين ظاهرة النينو التذبذب الجنوبي والتذبذب الشمالي في المحيط الاطلنطي NAO وتغيرات الامطار على السواحل. وانتهت الدراسة إلى وجود ارتباط يتراوح بين المتوسط والضعيف بين النينو والمطر في السواحل المصرية وزيادة كمية الامطار خلال سنوات النينو خاصة خلال فصلي الخريف والربيع. وتتفق تلك الدراسة أيضًا مع دراسة (Colin, et al, 1998) عن وجود ارتباط موجب ٠.٥٨ بين المطر الشتوي في شمال فلسطين والنينو خلال الربع الأخير من القرن العشرين،

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

وجود زيادة في كميات المطر خلال سنوات النينو عن المعدل الطبيعي للمطر. وكذلك دراسة (Rocha, 1999) التي توصلت إلى وجود ارتباط بين الزيادة في أمطار الخريف فوق شبة جزيرة أيبيريا والنينو. ودراسة (Quadrelli, et al, 2001) عن تغيرات الامطار الشتوية للبحر المتوسط وعلاقتها بالدورات الهوائية الاستثنائية واسعة النطاق خلال النصف الثاني من القرن العشرين.



شكل (١٦) معامل الارتباط بين بيانات كمية المطر على مصر ومؤشر تدبذب شرق المحيط الهادي النينو El Nino للفترة ١٩٥٧-٢٠٢٠

(أ) الاسكندرية، (ب) القاهرة، (ج) العريش، (د) اجمالي جمهورية مصر العربية.

\* المصدر: من عمل وحسابات الباحث اعتمادًا على بيانات المطر (NASA, 2020) المستخرجة من الموقع (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)، وبيانات مؤشر النينو (NOAA, 2020a&b) المستخرج من الموقع:

([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php))

ودراسة (Mariotti et al, 2002) والتي انتهت إلى وجود ارتباط موجب بين التغيرات الفصلية لأمطار أوروبا والبحر المتوسط وظاهرة النينو خلال الفترة

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

١٩٤٨-١٩٩٦، حيث زادت معدلات الامطار خلال فصل الخريف بنسبة ١٠٪ في غرب المتوسط، في حين وجود ارتباط سلبي بين النينو وأمطار الربيع. ودراسة (Hasanean, 2004) التي أوضحت وجود ارتباط موجب بين المطر خلال فصلي الربيع والخريف وظاهرة النينو في منطقة جنوب ووسط وشرق المتوسط خلال الفترة ١٩٥١-١٩٩٨. ودراسة (Marcella & El tahir, 2008) التي انتهت إلى وجود ارتباط بين تغيرات المطر الفصلي والسنوي في الكويت والنينو خلال الفترة ١٩٠٠-٢٠٠٢. ودراسة (Yosef et al, 2009) التي انتهت إلى وجود ارتباط بين المطر السنوي في شمال ووسط اسرائيل والنينو خلال الفترة ١٩٥٠-٢٠٠٤.

علاوة على دراسات (Yakir et al. 1996; Price et al, 1998) التي انتهت إلى وجود ارتباط كبير بين حدوث ظاهرة النينو وتساقط الامطار في الشتاء في إسرائيل، حيث تزداد كمية الامطار خلالها على العكس من أمطار الشتاء خلال اللانينا التي تتخفف فيها كميات الامطار إلى أقل من معدلاتها، ووجود ارتباط موجب قوي 0.67 بين زيادة كمية تصريف المياه الموسمية في نهر الأردن وظاهرة النينو. وأظهرت دراسة (مصطفى راشد محمد جرار، ٢٠١٨) وجود ارتباط موجب طردي بين الامطار السنوية في فلسطين والنينو، وعلاقة عكسية مع ظاهرة اللانينا.

وتشير دراسة (Alpert et al, 2006) إلى أن تذبذبات النينو يمكن لها أن تقسر ما يقرب من ٤٥٪ من التباين السنوي في تساقط الامطار في فصل الشتاء في فلسطين وشرق المتوسط، وهو ما يمكن إرجاعه إلى موقع التيار النفاث في الطبقة العليا من التروبوسفير فوق شرق البحر المتوسط خلال فصل الشتاء، والذي يتخذ من دائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً موقعاً له، وخلال سنوات النينو يتزحزح التيار النفاث فوق البحر المتوسط إلى الجنوب موقعه بحوالي ٥٠-١٠٠ كم. وخلال سنوات اللانينا،

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

يتزحزح نطاق التيار النفاث إلى شمال موقعه. وترى الدراسة أن سنوات النينو زادت فيها معدلات الامطار خلال ٧٥٪ من احداث النينو خلال الفترة من ١٩٧٠-٢٠٠٠، مقابل سيادة نسبة الجفاف وانخفاض المطر خلال ٧٥٪ من سنوات حدوث اللانينا. وأظهرت الدراسة وجود زيادة في تواتر وشدة أحداث النينو منذ منتصف السبعينيات وهو المرتبط بزيادة كميات الامطار في شرق المتوسط، وهو ما يتفق أيضاً مع دراسة (Trenberth and Hoar, 1997 & Wuethrich, 1995) والتي اقترحت وجود تحول في نظام المناخ العالمي خلال السبعينيات، والذي ربما أدى إلى ارتباط أقوى بين أحداث المحيط الهادي والعروض الوسطى خلال الفترة الماضية. ويشير (Walker 1923) إلى أن النينو تعمل على تغيير حركة دوران الغلاف الجوي وزيادة قوة التيارات النفاثة المدارية شمال وجنوب خط الاستواء.

ويوضح شكل (١٧) الوجه الموجب لتذبذب شمال الاطلنطي NAO والسالب لتذبذب البحر المتوسط MO نهاية سبتمبر ٢٠١٩، ومنه يلاحظ ارتفاع قيم الضغط الجوي بدرجة كبيرة في نطاق الضغط المرتفع الأزوري غرب أوروبا ونطاق الضغط المرتفع فوق بحر قزوين - فيما يسمى تذبذب بحر الشمال بحر قزوين<sup>٧</sup> North Sea-Caspian Pattern NCP -، وانخفاض قيم الضغط الجوي بدرجة أقل من معدلاتها الطبيعية في نطاق الضغط المنخفض الأيسلندي شمال أوروبا، ويفسح المجال لتوغل الكتل الهوائية القطبية الباردة جنوباً نحو شرق البحر المتوسط

<sup>٧</sup> هو اختلاف لقيم الضغط الجوي العلوي ٥٠٠ ملليبار بين منطقتي بحر الشمال وبحر قزوين وهو ما يؤثر على اتجاهات الكتل الهوائية فوق أوروبا ومنطقة البلقان والتأثير على درجات الحرارة والامطار. وللتذبذب وجه سلبي يكون فيه الضغط المرتفع أعلى بحر قزوين "القطب الشرقي" والضغط المنخفض أعلى بحر الشمال "القطب الغربي" وينتج عنه دوران للرياح عكس عقارب الساعة حول القطب الغربي وينتج عنه دورات هوائية باتجاه جورجيا وأرمينيا وشرق وغرب تركيا والبلقان (Kutieli, 2002). Benaroch,

كما يلاحظ من شكل (١٧). وينتج عن هذه الفروق الضغطية الكبيرة رياح غربية وعواصف مدارية قوية ذات هواء دافئ رطب غزيرة المطر على مناطق وسط وجنوب شرق وشمال أوروبا، ومناطق شرق البحر المتوسط. وتزامن ذلك مع الوجه السالب للتذبذب القطبي في نصف الكرة الشمالي<sup>١</sup> the Arctic Oscillation AO شكلا (١٧ و١٨) والذي تنخفض فيه قيم الذبذبة الضغطية ويسيطر ضغط مرتفع غير عادي على الدائرة القطبية، مع وجود ضغط منخفض غير عادي فوق العروض الوسطى شمال دائرة العرض ٤٥ شمالا، وينتج عن ذلك رياح غربية أضعف من المعتاد في طبقات الجو العليا وتسمى بالدوامة القطبية Polar Vortex في النصف الشمالي، ويتزحزح نطاق الهواء القطبي البارد نحو الجنوب، وتتعرض النطاقات شبة المدارية لرياح تجارية أضعف - مما يزيد من قوة ظاهرة النينو -، وتتكرر العواصف الكبرى في منطقة البحر المتوسط وتزداد كمية الامطار. علاوة على دور تذبذب البحر المتوسط MO أو التذبذب ثنائي القطب في وجهه السالب بتمركز منخفض جوي علوي عميق ٥٠٠

<sup>١</sup> عبارة عن تباينات في الضغط الجوي فوق العروض الوسطى والعليا الشمالية، ويمتد في نصف الكرة الشمالي إلى الشمال من دائرة عرض ٢٠ شمالا (Xoplaki, 2002)، ويمتد رأسيا في طبقات الجو العليا حتى ارتفاع ٣٠ كم في الاستراتوسفير (Jovanovic, 2008). ويُعد أحد أهم وأكبر الذبذبات المؤثرة في مناخ نصف الكرة الشمالي على اعتبار انه يمتد في طبقة التروبوسفير في نصف الكرة الشمالي وفي الجزء الأدنى من طبقة الاستراتوسفير، ويمكن اعتبار أن ظاهرة التذبذب في شمال الاطلنطي NAO جزءاً منه (Rigor, 2004 & Thomason, Wallace, 1998; Cohen et al. 2005; Stephenson et al. 2006; Deser 2000; Wallace and Thompson 2002). وترى العديد من الدراسات الأخرى أن هناك اختلافات كبيرة بين الظاهرتين، حيث وجد (Ambaum et al. 2001) أن NAO يعكس الارتباط بين تغير الضغط السطحي في المناطق المختلفة، بينما AO يعتمد على الضغط العلوي ٥٠٠ ملليبار (Ambaum et al. 2001; Rogers and McHugh 2002; Kodera and Kuroda 2004). وأن معظم أحداث AO تحدث في الاستراتوسفير ثم تنتشر إلى أسفل في طبقة التروبوسفير والذي يستغرق عدة أسابيع (Baldwin and Dunkerton 1999; Christiansen 2001).

ملليبار على منطقة شرق البحر المتوسط وتأثيره على نشأة العواصف المدارية والاعاصير في شرق البحر المتوسط، كما سبق إيضاحه.

وفي حالة أن بلغ الفارق بين الضغط المنخفض الايسلندي الدائم والضغط المرتفع الأزوري درجات كبيرة في القيمذبذبة شمال الاطلنطي NAO، فإن مناطق شمال أفريقيا وجنوب أوروبا تتعرض لنشاط كبير للعواصف والامطار وتتزحزح مسارات العواصف نحو البحر المتوسط وخاصة خلال الفترة (أكتوبر-ابريل)، حيث تعمل الذبذبة على إحداث تغيرات في توزيع درجات الحرارة والرطوبة وشدة العواصف وعددها وتكراريتها، وقد زادت قوتها وتكراريتها في الفترة الحالية عن الفترة السابقة لعام ١٩٤٤ (Rohli et al, 2005, & David W. J. Thompson et al , 2003).

ومن العرض السابق، يلاحظ أن تلك التذبذبات الضغطية مجتمعه أسهمت في نشأة وتطور المنخفضات الجوية الاعصارية محل الدراسة بصورة أو بأخرى، وينسب تفاوت في مدى وقوة تأثيرها على نشأة وتطور ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة. وهو ما يتفق مع العديد من الدراسات التي انتهت إلى تأثير الذبذبات الضغطية المختلفة على المنخفضات والاحوال الجوية المصاحبة لها، من خلال دراسة تأثيرها على كمية المطر المصاحب لتلك المنخفضات الاعصارية. ومنها دراسة (محمد عبد العال إبراهيم، ٢٠١٢، ص ص ٣٦٦-٣٨٧) التي انتهت إلى وجود ارتباط موجب تتراوح درجته بين المتوسط والضعيف بين ظاهرة التذبذب الشمالي للمحيط الاطلنطي NAO وظاهرة التذبذب القطبي الشمالي AO والوجه السالب لتذبذب البحر المتوسط MO وتذبذب بحر الشمال - بحر قزوين من ناحية، وتغيرات كمية المطر في السواحل المصرية خلال جميع الفصول. وحددت دراسة (Ulbrich and Christoph 1999) الأنماط الخمسة للدورات الغلاف الجوي أو أنماط الاتصال بعيد المدى الأكثر تأثيراً في

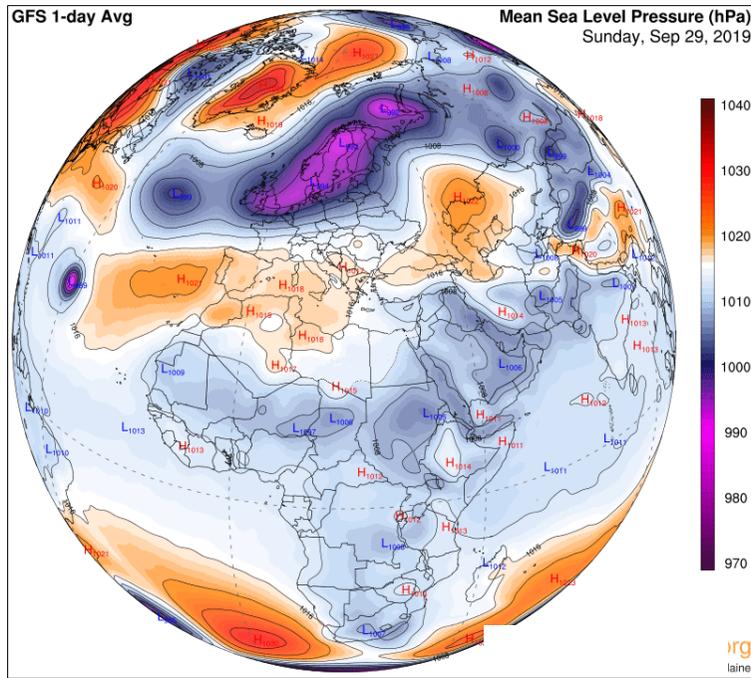
(الاحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

تساقط المطر في منطقة البحر المتوسط في تذبذب شمال الاطلنطي NAO وتذبذب القطب الشمالي AO ونمط شرق الاطلنطي غرب روسيا EAWR والنينو ENSO والتذبذب الاسكندنافي SCAND.

علاوة على دراسة (Hafez & Hasanean, 2000) التي انتهت إلى وجود ارتباط موجب بين المطر السنوي وNAO خلال الفترة ١٩٦١-١٩٩٩. ودراسات (Xoplaki, 2002 & Xoplaki et al, 2006) والتي انتهت إلى وجود علاقة ارتباط موجبة بين الامطار وNAO الموجب في الجزء الجنوبي والجنوبي الشرقي للبحر المتوسط، وعلاقة سالبة بين الامطار والوجه السالب NAO على شمال المتوسط وأوروبا وشمال غرب أفريقيا خلال الفترة ١٩٥٠-١٩٩٩. ودراسة (Lopez-Moreno, 2010) التي انتهت إلى وجود ارتباط موجب بين NAO والمطر الشتوي في شمال شرق افريقيا وجنوب شرق المتوسط بقيم تتراوح بين ٠.٢ - ٠.٤ للفترة ١٩٥٠-٢٠٠٥. ودراسة (Xoplaki, 2002) التي انتهت إلى وجود ارتباط موجب بين الامطار والتذبذب القطبي AO في وجهه الموجب خلال فصل الشتاء للفترة ١٩٥٠-١٩٩٩ مع زيادة كمية المطر فوق البحر المتوسط. ودراسة (Kutiel, Paz, 1998) والتي انتهت إلى وجود ارتباط موجب بين زيادة كمية الامطار في فلسطين ووجود الضغط المنخفض أعلى شرق المتوسط خلال الفترة ١٩٦١-١٩٩٠، ووجود ارتباط موجب بين نقص كمية الامطار ووجود الضغط المرتفع في شرق المتوسط. ودراسة (Yosef et al, 2009) التي انتهت إلى وجود ارتباط موجب بين أحداث المطر اليومي الغزير السنوي في فلسطين وبين وجود المنخفض في شرق المتوسط خلال الفترة ١٩٥٠-٢٠٠٣.

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مدكور)

وتشير العديد من الدراسات (Butler and Polvani 2011) إلى أن ظاهرة النينو تعمل على تضاعف وزيادة تواتر الاحترار المفاجئ في الاستراتوسفير Stratospheric sudden warmings SSWs والتي بدورها تعمل على زيادة تواتر AO السلبية التي تحدث غالبًا بعد أحداث الاحترار المفاجئ للاستراتوسفير SSW وأن المزيد من الاحترار في الاستراتوسفير يقابله المزيد من أحداث AO السلبية والمزيد من الظواهر الجوية المتطرفة على منطقة أوراسيا والبحر المتوسط.



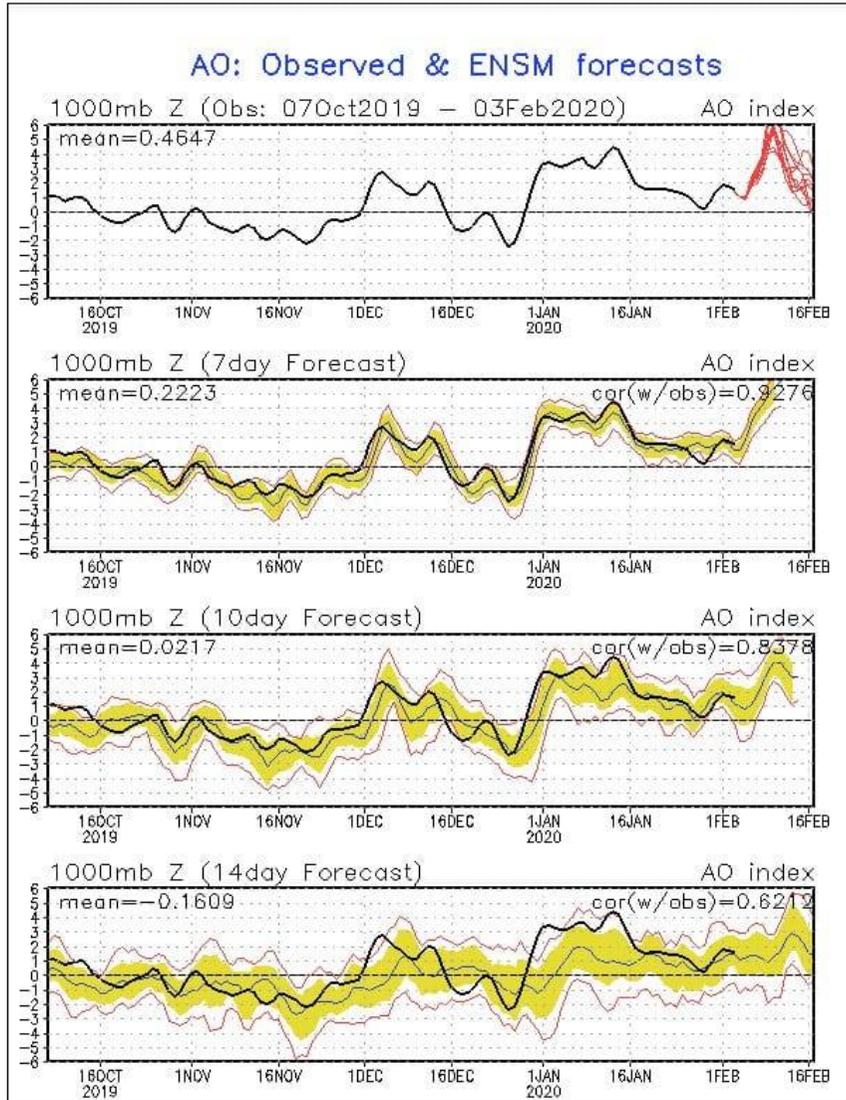
شكل (١٧) الوضع السينوبيتيكي للذبذبات الضغطية المؤثرة على الأحوال الجوية الاستثنائية في مصر خلال نهاية سبتمبر ٢٠١٩

\* المصدر: بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع  
(<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

## ٥- دور التيارات النفاثة في نشأة ومسارات المنخفضات الجوية محل الدراسة.

تتأثر منطقة حوض البحر المتوسط وشمال أفريقيا بتيارين هوائيين رئيسيين، هما التيار النفاث<sup>٩</sup> القطبي الذي أسفل طبقة التروبوبوز عند مستوى ٥٠٠ ملليبار، ويقع مساره شمالي البحر المتوسط ويتزحزح جنوباً أعلى منطقة حوض البحر المتوسط وشمال أفريقيا خلال فصل الشتاء الشمالي مع تدفق الهواء القطبي البارد في طبقات الجو العليا (نعمان شحادة، ١٩٨٦، ص ٢٣)، وهو تيار حراري ينشأ عن فارق التسخين بين المناطق القطبية والمعتدلة. والتيار الآخر هو التيار شبه المداري الذي يتزحزح شمالاً أعلى المنطقة خلال فصل الصيف الشمالي ويصاحبه حالة من الاستقرار في الأجواء (أحمد الفقي، ١٩٩٩، ص ٥٥).

<sup>٩</sup> عرفت منظمة الأرصاد الجوية WMO التيارات النفاثة عام ١٩٥٧ بأنها تيار هوائي متدفق بسرعة عالية جداً في وسط هواء يتحرك بسرعة عادية، ومحوره شبه أفقي يتمركز في التروبوسفير الأعلى والأستراتوسفير الأدنى، ويتحرك من الغرب إلى الشرق ويتخذ شكل حزمة ضيقة لا يزيد سمكها عن ١٠٠٠ متر ويتراوح عرضها بين ٥٠٠-٦٥٠ كم، ولا تقل سرعة الهواء عن ٣٠ م/ث أو ١٠٠ كم/ساعة، وسرعتها تزيد في الشتاء عن الصيف (علي حسن موسى، ١٩٨٦، ص ١٨١). ولا تسير التيارات النفاثة مستقيمة بل تتعرج وتتموج في سيرها، ويكون مستواها في فصل الصيف أعلى من الشتاء.



شكل (١٨) التغير في مؤشر تذبذب القطب الشمالي AO Index في وجهه السالب خلال الفترة الممتدة بين ١٦ أكتوبر، وبداية ديسمبر ٢٠١٩

\* المصدر: بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع

(<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

ويتسم التيار النفاث القطبي بأنه أكثر تغيراً في موقعه واستمراريته وارتفاعه وسرعته التي تبلغ في الشتاء ١٠٥ م/ث أو ٣٨٠ كم/ساعة، بينما تبلغ ٧٨ م/ث أو ٢٨٠ كم/ساعة في الصيف (Reiter, 1963, P122). ويشد تأثيره على مصر في الشتاء عندما يصل إلى أقصى إزاحة جنوبيه له عند دائرة عرض ٣٢ درجة شمالاً حيث يعمل على تعميق المنخفضات الجوية (طارق زكريا سالم، ١٩٩٣، ص ١٧٢). بينما ينشأ التيار النفاث شبه المداري بسبب تجمع الرياح العكسية القادمة من المنطقة الاستوائية في طبقات الجو العليا عند دائرة عرض ٢٥-٣٥ درجة شمالاً خلال فصل الصيف ويصبح محوره فوق البحر المتوسط، وفوق الصحراء الافريقية شتاءً (نعمان شحادة، ١٩٨٦، ص ٢٣). ويتواجد على ارتفاع ١٢ كم أو ٢٠٠ ملليبار، وتصل سرعته إلى ٨٣ م/ث أو ٣٠٠ كم/ساعة وتزداد في الشتاء عن الصيف. فخلال فصل الشتاء والربيع تكون مصر إلى الشمال من محوره فتكون الرياح في حالة صعود، مما ينشأ عنها حالة من عدم الاستقرار.

وفي حالة أن يتقابل التيار النفاث القطبي أثناء أقصى إزاحة جنوبية له بصحبة منخفض أطلسي مع التيار النفاث شبه المداري في إزاحته الشمالية في أوائل الربيع مع وجود منخفض جوي سطحي في شرق المتوسط، تنشأ حالة شديدة من عدم الاستقرار تؤدي إلى تعمق المنخفض وتنشط الرياح وتتكون السحب الرعدية غزيرة الامطار. وفي حالة منخفض أكتوبر ٢٠١٩، يلاحظ أن تلك الأحوال المرتبطة بالإزاحة الجنوبية القصوى لتيار النفاث القطبي قد حدثت خلال فصل الخريف ٢٠١٩ والتقاؤه مع التيار النفاث شبه المداري في أقصى إزاحة شمالية له بما يمثل استثناءً في توقيت الحدوث والتلاقي، ويلاحظ ذلك من خلال شكل (١٩) الذي يشير إلى التقاء التيار النفاث القطبي مع التيار النفاث شبه المداري خلال الفترة الممتدة بين ١٩

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مدكور

سبتمبر إلى نهاية أكتوبر ٢٠١٩، وتزامن ذلك مع المنخفض الجوي العلوي بشرق المتوسط ومنخفض البحر الأحمر RST الممتد شمالاً، ونتج عنه تكون المنخفض الجوي الاستثنائي والذي وصل إلى فئة العاصفة المدارية على مقياس بيفورت للرياح - كما أوضحت الدراسة الحالية - في أكتوبر ٢٠١٩.

وتتفق تلك النتائج مع دراسة (El Guindy, 1971 P51) التي انتهت إلى أنه خلال الفترة التي يحدث فيها تذبذب التيارات النفاثة والتقاؤها أعلى الأراضي المصرية وتزحزح نطاقات الرطوبة نحو الشمال، يحدث تفاعل ديناميكي بين طبقتي التروبوسفير والجزء السفلي من الاستراتوسفير واضطراب في حركة الهواء الرأسية بينهما مما يزيد من قوة التيار النفاث في التروبوسفير، مما يزيد من الفروق الحرارية بين الكتل الهوائية المتقابلة مما يزيد من تكاثف بخار الماء في شكل كتل سحابية مزنية ضخمة. علاوة على أنه خلال ظاهرة النينو El Nino يكون التيار النفاث شبه المداري في أقوى مراحل مقارنة بضعفه خلال فترات لانينا (Bengtsson La Nina et al, 1996; Roeckner et al, 1996; Martineu et al, 1999). وهو ما حدث في حالة المنخفض الاعصاري أكتوبر ٢٠١٩.

#### ٦- دور البقع الشمسية في نشأة وتطور المنخفضات الجوية محل الدراسة.

ربطت العديد من الدراسات (أحمد عبد الحميد الفقي، ١٩٩٩ & وليد عباس عبد الراضي، ٢٠٠٩) بين البقع الشمسية في أقصى قيمة لها وعمر المنخفضات الجوية وخاصة الربيعية منها، حيث يزداد عمر وقوة المنخفضات الجوية في سنوات أقصى بقع شمسية نتيجة التراكم الحراري الناجم عنها مما يؤدي لنشأة منخفضات جوية إعصارية عنيفة تعمل على تصريف ذلك التراكم الكبير في فترات وجيزة، وهو ما حدث خلال إعصار ٣ فبراير ١٩٩٢، وإعصار ٢ مايو ١٩٣٨.

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور

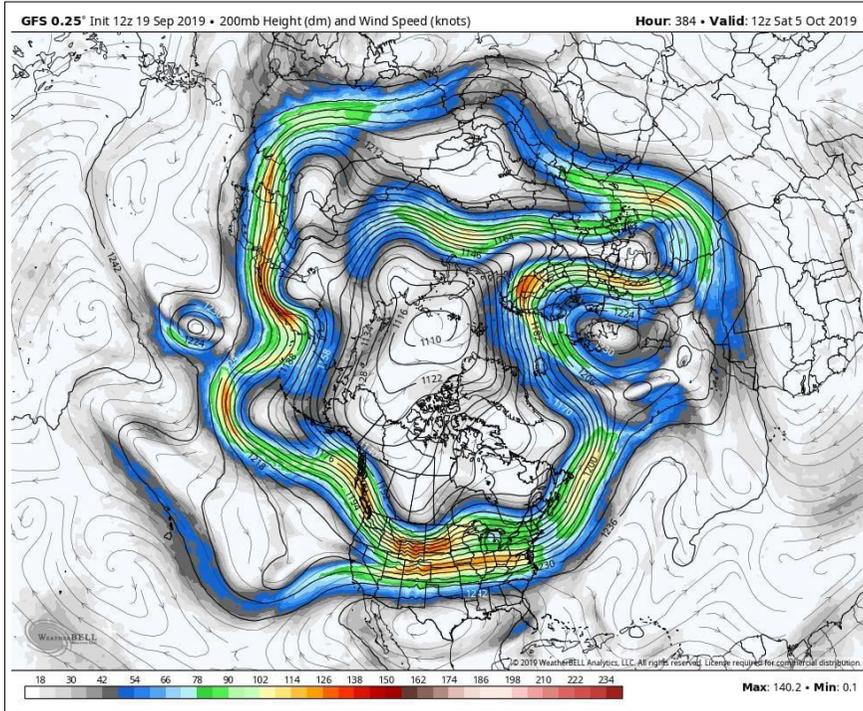
ويلاحظ من شكل (٢٠) أنه خلال فترة الدراسة الحالية الممتدة لموسم المطر ٢٠١٩/٢٠٢٠ لم تكن البقع الشمسية في أقصى قيمة لها، بل كانت في أدنى قيمة لها - فترة الحضيض الشمسي - خلال الفترة الانتقالية بين دورتين للبقع الشمسية ٢٤ التي استمرت لمدة إحدى عشر عاما من ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٩، وبداية الدورة ٢٥ عام ٢٠٢٠. وهو ما يتفق مع دراسات (شحاته سيد أحمد طلبة، ١٩٩٠ & محمد عبد العال إبراهيم، ٢٠١٢، ص ٤٠٢) بعدم وجود علاقة ارتباط واضحة بين المطر في السواحل المصرية والبقع الشمسية خلال النصف الثاني من القرن العشرين، مضافاً إليها علاقتها بالمنخفضات الجوية الاعصارية في هذه الدراسة. ويمكن القول بأن الربط بين حدوث أقصى قمة للبقع الشمسية وحدث المنخفضات الاعصارية في الأجواء المصرية ومنطقة شرق البحر المتوسط بشكل عام تحتاج لمزيد من الدراسة.

#### نتائج الدراسة:

انتهت الدراسة إلى أن الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر ٢٠١٩/٢٠٢٠ ارتبطت بمجموعة من العوامل التي ساعدت على نشأتها وتطورها بهذا الشكل الاستثنائي، تلك العوامل التي ترتبط بشكل نادر الحدوث والتي تمثلت في حركة الذبذبة الشمالية لمنخفض السودان الموسمي واخذود البحر الأحمر RST صاحبه تعمق لمنخفض جوي بارد في طبقات الجو العليا ٥٠٠ ملليبار، وتزامن معهما ارتفاع في درجة حرارة المياه السطحية لمنطقة شرق البحر المتوسط في حالة أكتوبر ٢٠١٩، والتقاء التيار النفاث القطبي والمداري في عروض أعلى الأراضي المصرية. وارتباط تلك العوامل بالذبذبات الضغطية الرئيسية والثانوية في العالم وأهمها تزامن تلك الاحداث مع حدوث ظاهرة النينو EL Nino متزامنة مع الوجه الموجب لتذبذب شمال الاطلنطي NAO والوجه السالب

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

للتذبذب القطبي في نصف الكرة الشمالي AO والوجه السالب لتذبذب البحر المتوسط MO والوجه السالب لتذبذب بحر قزوين - بحر الشمال.



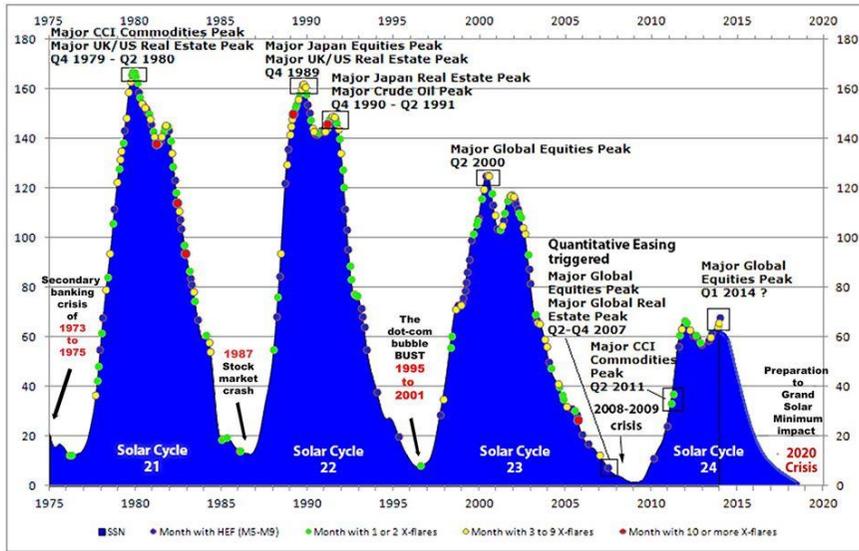
شكل (١٩) التقاء التيار النفاث القطبي مع التيار النفاث شبه المداري خلال الفترة الممتدة بين ١٩ سبتمبر إلى نهاية أكتوبر ٢٠١٩

\* المصدر: بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع  
(<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

وأوضحت الدراسة الحالية أن المنخفض الاعصاري مارس ٢٠٢٠ كان أكثر عمقاً وأكبر تأثيراً من منخفض أكتوبر ٢٠١٩، وهو ما يرتبط بزيادة قوة الدورة الهوائية العامة في حوض البحر المتوسط وازدياد التدرج الحراري الأقصى في الجبهة المتوسطة التي تفصل الكتل القطبية من جهة والكتل المدارية وكتل البحر المتوسط الثانوية من جهة أخرى. ويرافق ذلك ظهور أحواض الضغط المنخفض العلوية مما

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور

يؤدي إلى تدفق الهواء البارد نحو المنطقة، حيث تعمل المنخفضات العلوية الباردة على زيادة الحركة الاعصارية للمنخفضات السطحية وجعلها أكثر عمقًا وأطول مدة كما أوضح (نعمان شحادة، ١٩٩٤، ص ٣).



شكل (٢٠) الدورات الشمسية Solar Cycles خلال الفترة ١٩٧٥ - ٢٠٢٠

\* المصدر: بيانات النماذج المناخية (ECMWF & GFS) المستخرجة من موقع

(<https://www.ventusky.com/> & <https://www.windy.com/>)

وتُعد المنخفضات الخريفية أقل عمقًا من الشتوية والربيعية - كما سبق إيضاحه - بسبب نقص حرارة التيارات الهوائية الساخنة القادمة من الجنوب نتيجة لانخفاض الحرارة في السودان بعد موسم المطر، ونقص برودة التيارات الهوائية الشمالية لأن حوض البحر المتوسط يكون محتفظ ببعض حرارة الصيف، حيث أن الطاقة اللازمة لتوليد المنخفضات تُستمد من فرق الحرارة بين الكتلة الهوائية الساخن والكتل الباردة/ وكلما نقص هذا الفرق كلما قلت حدة المنخفض الجوي (محمود حامد محمد، ١٩٤٦، ص ٣٣٧). حيث كان التسخين على أشده في السودان خلال

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مذكور

المنخفضات الجوية محل الدراسة أكتوبر ٢٠١٩ ومارس ٢٠٢٠، وبالتالي تحركت كتله هوائية دافئة مع سيطرة المرتفع الأزوري على غرب المتوسط خلال فترة التذبذب في شمال الاطلنطي NAO مما سمح للكتل الهوائية القطبية شديدة البرودة مصاحبة لمنخفض جوي علوي بارد للتوغل عبر شرق المتوسط وتقابلها مع الكتلة الدافئة السودانية، وهذا الفارق الحراري الكبير نتج عنه تكون منخفضات عميقة قوية عاصفة يمكن وصفها بالاعصارية.

## المصادر والمراجع:

## أولاً المصادر والمراجع باللغة العربية:

١. أحمد عبد الحميد الفقي، ١٩٩٩، الرياح في مصر دراسة في الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس
٢. زهران بسيوني زهران، ٢٠١٥، التباين الزمني والمكاني لمنخفض السودان الموسمي وعلاقته بالأمطار في شرق مصر، مجلة كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر، العدد الخامس عشر، يونيو ٢٠١٥.
٣. شحاته سيد أحمد طلبة، ١٩٩٠، المطر في مصر دراسة في الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
٤. طارق زكريا إبراهيم سالم، ١٩٩٧، دور المنخفضات الجوية في مناخ مصر دراسة في الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافية، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
٥. طارق زكريا إبراهيم، ١٩٩١، العواصف وأثارها على النشاط البشري، الأرصاد الجوية والتنمية المستدامة نحو القرن
٦. طارق زكريا سالم، ١٩٩٣، مناخ شرق مصر وشبه جزيرة سيناء، قسم الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق .
٧. عبد الحميد طنطاوي علي عنبدة، ١٩٦٧، محضر اجتماع اللجنة الفرعية للأرصاد الجوية، الجامعة العربية، الدورة التاسعة، القاهرة.
٨. عبد العزيز عبد اللطيف يوسف، ١٩٩٨، التباين المناخي على السواحل المصرية، المجلة الجغرافية العربية العدد الثاني
٩. عبد القادر عبد العزيز علي، ٢٠٠١، تأثير الذبذبات المناخية في الاطلنطي الشمالي، مجلة الارصاد الجوية، الهيئة العامة للأرصاد الجوية، العدد ٢١، السنة السادسة، القاهرة، ص ص ٣٦-٣٨.
١٠. عبد الناصر رشاش علي، ٢٠١٠، الذبذبات المناخية وأثارها على البيئة في ساحل مصر الشمالي الغربي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراة، كلية الآداب، جامعة طنطا .
١١. على حسن موسى، ١٩٩٤، أساسيات علم المناخ، دار الفكر المعاصر، بيروت

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

١٢. علي حسن موسى، ١٩٨٦ أ، المعجم الجغرافي المناخي، دار الفكر، دمشق
١٣. علي حسن موسى، ١٩٩٢، جنوح الطقس والمناخ، دار الانوار، دمشق.
١٤. علي حسن موسى، ٢٠٠٠، النينو El Nino، سلسلة العلم والحياة، دار الفكر المعاصر، بيروت
١٥. محمد ابراهيم محمد خطاب، عمرو محمد صبري محسوب، ٢٠٢٠، التحليل الهيدروجيوميورفولوجي لحوض وادي علم وأثره على السيول - باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف، عدد خاص مايو ٢٠٢٠.
١٦. محمد داود، ١٩٩٨، مؤتمر الأرصاد الجوية والتنمية المستدامة الثالث، الهيئة العامة للأرصاد الجوية بالقاهرة
١٧. محمد محمد عبد العال ابراهيم، ٢٠١٢، التغيرات المناخية لأمطار السواحل المصرية دراسة في الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة.
١٨. محمد محمد عبد العال ابراهيم، ٢٠١٤، الاقلمة المكانية لعلاقات الارتباط بين تغيرات الامطار في مصر وأهم أنماط دوران الغلاف الجوي خلال الفترة ١٩٦١-٢٠٠٦، المؤتمر السنوي الدولي لمعهد البحوث والدراسات الافريقية - الآثار المحتملة للتغيرات المناخية على القارة الافريقية، جامعة القاهرة، ١٨-٢٠ مايو، الجزء الأول، ص ص ٦٨٣-٧١٩.
١٩. محمد محمد عبد العال ابراهيم، ٢٠٢٠، اتجاهات التغير في الجفاف المناخي والهيدرولوجي وعلاقتها بالدورات الهوائية العامة في الدلتا المصرية خل الفترة ١٩٥٠-٢٠١٥، المجلة الجغرافية العربية، العدد الخامس والسبعون، الجزء الأول، الجمعية الجغرافية المصرية .
٢٠. محمود حامد محمد، ١٩٤٦، الميتورولوجيا ظواهر الجو في الدنيا ومصر خاصة، مطبعة الاعتماد، القاهرة .
٢١. مصطفى راشد محمد جرار، ٢٠١٨، استخدام طريقة الترابط بعيدة المدى في دراسة التغيرات المناخية مع التطبيق على مناخ فلسطين، مجلة كلية التربية الاسلامية للعلوم التربوية والانسانية، جامعة بابل، العدد ٣٩ .
٢٢. مهدي أمين التوم، ١٩٧٤، مناخ السودان، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة .
٢٣. نعمات محمد نظمي، ٢٠٠٩، كارثة السيول في مصر بالتركيز على دراسة لإحدى القرى المنكوبة قرية "درنكة" بمحافظة أسيوط، مجلة القطاع الهندسي (الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر..). د. خالد محمد مذكور

- لجامعة الأزهر، العدد الثاني عشر، المجلد الرابع، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، القاهرة .
٢٤. نعمان شحادة، ١٩٨٦، فصلية الامطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، نشرة بحوث قسم الجغرافيا بكلية الآداب، الكويت، العدد ٨٩ .
٢٥. نعمان شحادة، ١٩٩٤، سنوات الرطوبة والجفاف في الاردن، بحوث ندوة المياه في الوطن العربي، المجلة الجغرافية المصرية.
٢٦. وليد عباس عبد الراضي حسان، ٢٠٠٩، التغير في بعض عناصر المناخ بدلنا النيل خلال القرن العشرين دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جمعة عين شمس.
٢٧. ياسر أحمد السيد، ٢٠٠٣، تواتر سنوات الجفاف والمطر في جمهورية مصر العربية دراسة في الجغرافيا المناخية، الاصدار التاسع عشر، مجلة كلية الآداب، جامعة الاسكندرية.
٢٨. يسري فؤاد زغلول، ١٩٧٧، الانواع المناخية في دول حوض النيل، قسم الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة .
٢٩. يوسف عبد المجيد فايد، ١٩٧٢، مناخ لبنان بين البحر والجبل، جامعة بيروت العربية
٣٠. يوسف عبد المجيد فايد، عبد القادر عبد العزيز علي، عبد العزيز عبد اللطيف يوسف، شحاته سيد أحمد طلبه، ١٩٩٤، مناخ مصر، دار النهضة العربية، مطبعة جامعة القاهرة، القاهرة.

#### ثانياً المصادر والمراجع باللغة الإنجليزية:

1. Abdel-kader, A. Ali. (1987). "On the Genesis and Structure of Winter Depressions "Bull. Of the Faculty of Arts Cairo Univ, Vol. xxxiv and xxxv, part 1., pp111-132.
2. Ahrens. C. D. (2008). Essentials for Meteorology an Invitation to The Atmosphere , fifth edition, Thomson Learning Academic Resource Center, USA ,P.198
3. Alpert P, Baldi M, Ilani R, Krichak SO, Price C, Rodo X, Saaroni H, ZivB, Kishcha P, Barkan J, Mariotti A, and Xoplaki E. (2006). Relations between climate variability in the Mediterranean region and the tropics: ENSO, South Asian and

- African monsoons, hurricanes and Saharan dust. In: Lionello P, Malanotte-Rizzoli P, Boscolo R(eds) Mediterranean climate variability, 4. Elsevier, Amsterdam, pp149–177
4. Alpert, P., and Ziv, B. (1989). The Shara cyclone, observations and some Theoretical considerations. Journal of Geophysical Research, Volume 94, 18495–18514.
  5. Alpert, P., Osetinsky, I., Ziv, B., & Shafir, H. (2004a). Semi-objective classification for daily synoptic systems: application to the EM climate change. Int. J. Climatol, 24, 1001-1011.
  6. Alpert, P., Osetinsky, I., Ziv, B., & Shafir, H. (2004b). A new seasons definition based on the classified daily synoptic systems: an example for the EM. Int. J. Climatol, 24, 1013-1021.
  7. Ambaum, M. H. P., Hoskins. B. J., and Stephenson. D. B. (2001). Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? American Meteorological Society. J. Climate, 14, 3495–3507, doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<3495:AONAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3495:AONAO>2.0.CO;2).
  8. Andronova, N. G., and M. E. Schlesinger, (2000). Causes of global temperature changes during the 19th and 20th centuries. Geophys. Res. Lett., 27, 2137–2140.
  9. Anna Wiczorek. (2015) "Medicanes – the Hurricane of the Mediterranean?", DWD, wetterdienst.de, 1 September 2015, Accessed 15 December 2019, [https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema\\_des\\_Tages/1880/medicanes-die-hurrikane-desmittelmeeres](https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/1880/medicanes-die-hurrikane-desmittelmeeres)
  10. Arpe, K., L. Bengtsson, G. S. Golitsyn, I. I. Mokhov, V. A. Semenov, and P. V. Sporyshev. (2000). Connection between Caspian Sea level variability and ENSO, Geophys. Res. Lett., 27, 2693–2696

11. Artale, V., Calmanti, S., Malanotte-Rizzoli, P., Pisacane, G., Rupolo, V., & Tsimplis, M. (2006). Chapter 5 The Atlantic and Mediterranean Sea as connected systems. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 283–323. doi:10.1016/s1571-9197(06)80008-x
12. ATTAHER, S. M., MEDANY, M. A., and EL-GINDY, A. (2010). Feasibility of some adaptation measures of on-farm irrigation in Egypt under water scarcity conditions. *Options Mediterraneennes*, 2010. 95, 307-312
13. Badawy, M.M., Abdel Aziz, A.O., Mamtimin, B. (2016). Flash floods in the Sahara: a case study for the 22 January 2013 flood in Qena, Egypt *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7-1: 215-236.
14. Baldwin, M. P., and T. J. Dunkerton. (1999). Propagation of the Arctic Oscillation from the stratosphere to the troposphere. *J. Geophys. Res.*, 104, 30 937–30 946, doi: <https://doi.org/10.1029/1999JD900445>.
15. Barnston Ag., Livezey Re. (1987). Classification, Seasonality and Persistence of Low Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 115, 1083-1126.
16. Bengtsson, L., K. Arpe, E. Roeckner, and U. Schulzweida. (1996). Climate predictability experiments with a general circulation model, *Clim. Dyn.*, 12, 261–278.
17. Bjerknes, J. (1966). A possible response of the atmospheric Hadley circulation to anomalies of ocean temperature, *Tellus*, 18, 820–829.
18. Boscolo R (eds) *Mediterranean climate variability*. Elsevier,
19. Bronnimann. S. (2007). Impact of El Niño–Southern Oscillation on European Climate, *Reviews of Geophysics*, 45, RG3003 / 2007, the American Geophysical Union.

20. Bronnimann, S., E. Xoplaki, C. Casty, A. Pauling, and J. Luterbacher. (2007b). ENSO influence on Europe during the last centuries, *Clim. Dyn.*, 28, 181–197.
21. Butler, A. H., and Polvani, L. M. (2011). El Niño, La Niña, and stratospheric sudden warmings: A reevaluation in light of the observational record: El Niño, La Niña, and SSWS. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L13807, doi: <https://doi.org/10.1029/2011GL048084>.
22. Butler, A. H., Polvani, L. M. and Deser. C. (2014). Separating the stratospheric and tropospheric pathways of El Niño–Southern Oscillation teleconnections. *Environ. Res. Lett.*, 9, 024014, doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/2/024014>.
23. Cavicchia and Storch, V. (2011). “The Simulation of Medicanes in A High-Resolution Regional Climate Model”, Springer-Verlag, vol. 39, November 2011, *Climate Dynamic*, doi:10.1007/s00382-011-1220-0.
24. Cavicchia, L., von Storch, H., and Gualdi, S. (2014). "A Long-Term Climatology of Medicanes". *Climate Dynamics*, September 2014, Vol. 43, pp. 1183–1195, doi:10.1007/s00382-013-1893-7.
25. Christiansen, B. (2001). Downward propagation of zonal mean zonal wind anomalies from the stratosphere to the troposphere: Model and reanalysis. *J. Geophys. Res.*, 106, 27 307–27 322, doi: <https://doi.org/10.1029/2000JD000214>.
26. Cohen J, Barlow M. (2005). The NAO, the AO, and global warming: how closely related? *J Clim* 18:4498–4513
27. Cohen, J., Frei, A. and Rosen, R. D. (2005). The role of boundary conditions in AMIP-2 simulations of the NAO. *J. Climate*, 18, 973–981.
28. Colin P., Stone L., Huppert A., Rajagopalan B., and Alpert P. (1998). A possible Link Between El Nino and

- Precipitation in Israel , Geophysical Research Letters, Vol.25, No.21
29. Cook B.I, Anchukaitis K.J, Touchan R., Meko D.M., and Cook, E.R. (2016). Spatio-temporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 10.1002/2015JD023929.
30. Copernicus. (2020). Near surface meteorological variables from 1979 to 2018 derived from bias-corrected reanalysis, European Union, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/derived-near-surface-meteorological-variables?tab=form>
31. Cramer W, Guiot J, Fader M, Garrabou J, Gattuso J-P, Iglesias A, Lange MA, Lionello P, Lla-sat MC, Paz S, Peñuelas J, Snoussi M, Toreti A, Tsimplis MN, and Xoplaki E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. Nature Climate Change 8, 972-980, doi: 10.1038/s41558-018-0299-2 [https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet\\_EN\\_WEB.pdf](https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_EN_WEB.pdf)
32. Dai. P., and Benkui. T. (2017). The Nature of the Arctic Oscillation and Diversity of the Extreme Surface Weather Anomalies It Generates. American Meteorological Society. J. Climate (2017) 30 (14): 5563–5584. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0467.1>.
33. David W.j. Thomson , John M. and Wallace. (1998). The Arctic Oscillation Signature in The Wintertime Geopotential Height and Temperature Fields, Geophysical Research Letters, Vol.25, N.9.
34. David W.j. Thomson, S Lee, MP Baldwin. (2003). Atmospheric processes governing the northern hemisphere

- annular mode/North Atlantic oscillation. Geophysical Monograph-American Geophysical Union 134, 81-112
35. Dayan, U., & Abramski, R. (1983). Heavy rain in the Middle East related to unusual Jet Stream properties. Bulletin of the American Meteorological Society, 64, 1138-1140
36. Dayan, U., Ziv, B., Margalit, A., Morin, E., & Sharon, D. (2001). A severe autumn storm over the Middle East: synoptic and mesoscale convection analysis. Theor. Appl. Clim., 69, 103-122
37. Delworth, T. L., and Mann. M. E. (2000). Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere. Climate Dyn., 16, 661–676.
38. Deser, C. (2000). On the teleconnectivity of the “Arctic Oscillation.” Geo phys. Res. Lett., 27, 779–782, doi: <https://doi.org/10.1029/1999GL010945>.
39. Donald Ahrens C. (2008), Essentials for Meteorology an Invitation to The Atmosphere ,Fifth Edition Thomson learning Academic Resource Center ,USA .
40. El Dessouky. T.M. (1980). Forecasting Winter rainfall over Egypt using the (1000 - 500 mb) thickness and the 500 mb anomalies in Autumn and Summer, Meteorological Department, Cairo.
41. El Guindy. M.F. (1971). Dynamical Interaction between Troposphere and Lower Stratosphere in Spring 1967, Meteorological Department, Cairo.
42. El-Asrag, A. M. (1999). Climate Change over Egypt and Its Relevance to Global Change, The fourth conference meteorology and sustainable development to 21 st century 7-9 march, the Egyptian Meteorology Authority, pp. 85-114
43. El-Asrag, A. M. and Hassan, A. S. (1997). Climatological Study of Spring Depressions Over North Africa In Last Five

- Foregoing Decades., Conference of Meteorology and Environmental Cases; March 2-6, Egyptian Meteorological Authority, pp. 113-126.
44. El-Fandy. M.G. (1948). the effect of the Sudan monsoon low on the development of thundery condition in Egypt, Palestine and Syria, Quart. J., R. Met. Soc, Vol.74.
45. El-Fandy. M.G. (1949). Oscillation of the Sudan monsoon low, Quart.J., R. Met. Soc., Vol. 94.
46. Enfield, D. B., Mestas-Nunez, A. M. and Trimble. P. J. (2001). The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. Geophys. Res. Lett., 28, 2077–2080.
47. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ECMWF. (2020). <https://www.ecmwf.int/>
48. Fecht. S. (2017). What we Know about Medicanes Hurricane-Like Storms in the Mediterranean. Phys.org, November 2017, Accessed 14 December 2019, <https://phys.org/news/2017-11-edicaneshurricane-like-storms-mediterranean.html>.
49. Feidas H., Nouloupoulou Ch., Makrogiannis T., and Bora-Senta E. (2007). Trend Analysis of Precipitation Time Series in Greece and Their Relationship with Circulation Using Surface and Satellite Data : 1955–2001, Theor. Appl. Climatol., 87, 155–177.
50. Feldstein SB, and Dayan U. (2008). Circum global teleconnections and wave packets associated with Israeli winter precipitation. Q J R Meteorol Soc 134:455–467
51. Felis, T., J. Pa'tzold, Y. Loya, Fine, M. Nawar, A. H. and Wefer. G. (2000). A coral oxygen isotope record from the northern Red Sea documenting NAO, ENSO, and North Pacific teleconnections on Middle East climate variability since the year 1750, Paleoceanography, 15, 679–694

52. Flocas, H.A., J. Kouroutzoglou, K. Keay and M. Hatzaki1. (2009). Cyclonic Tracks Over the Eastern Mediterranean In the Present Climate, 312-319.
53. Flood Control Center. (2003). San Diego County Hydrology Manual, 322 p. (San Diego: San Diego County Flood Control Advisory Commission).
54. Fraedrich K, and Muller K. (1992). Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes. *Int J Climatol* 12:25–31
55. Funk, C., Peterson P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., and Michaelsen, J. (2015). "The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes". *Scientific Data* 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66 2015.
56. Giorgi F. (2006). Climate change hot spots. *Geophys Res Lett*
57. Givati A, and Rosenfeld D. (2013). The Arctic Oscillation, climate change and the effects on precipitation in Israel. *Atmospheric Research* 132–133, 114–124
58. Gordana, J. (2008). The influence of Arctic and North Atlantic Oscillation on Precipitation Regime in Serbia, *IOP Conf. Series, Earth and Environmental Science*, 4, P.3.(3)
59. Gouirand, I., and Moron. V. (2003). Variability of the impact of El Niño–Southern Oscillation on sea-level pressure anomalies over the North Atlantic in January to March (1874–1996), *Int. J. Climatol.*, 23, 1549–1566.
60. Greatbatch, R. J. (2000). *The North Atlantic Oscillation, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Montreal, Version as of May 4, Entretiens Jacques-Cartier, Montreal.

61. H. M. S. O. (1962). Weather in the Mediterranean I: general meteorology. 2nd ed. London, 362 p.
62. Hafez Y. Y., and Hasanean H. M. (2000). The Variability of Wintertime Precipitation in The Northern Coast of Egypt and its Relationship with The North Atlantic Oscillation, ICEHM, Cairo University, Egypt, September.
63. Hasanean H.M. (2004). Precipitation Variability Over the Mediterranean and Its Linkage With El Niño Southern Oscillation (ENSO), Journal of Meteorology ,Vol.29 ,No.289, May / June.
64. Hatsushika, H., and K. Yamazaki. (2001). Interannual variations of temperature and vertical motion at the tropical tropopause associated with ENSO, Geophys. Res. Lett., 28, 2891–2894
65. Hatzianastassiou N, Gkikas A, Mihalopoulos N, Torres O, and Katsoulis BD. (2009). Natural versus anthropogenic aerosols in the eastern Mediterranean basin derived from multiyear TOMS and MODIS satellite data. J Geophys Res 114:D24202. doi:10.1029/2009JD011982
66. Hellenic National Meteorological Service. (2017). "Significant Weather and Climatic Events in Greece during 2017", HNMS Report, 2017
67. Hess, P., and Brezowsky. H. (1969). Katalog der Grosswetterlagen Europas. 2. Neu bearbeitete und ergänzte Auflage, Ber. Dtsch. Wetterdienstes, 15(113), 56 pp.
68. Houghton, J. T. (1993). Scientific Assessment of Climate Change: Summary of the IPCC Working Group I Report, Paper in Jager, J and Ferguson, H. L., (eds), Climate Change: Science; Impacts and Policy, Cambridge University Press, Cambridge, First Published 1991, pp 23-44.

69. Hurrell J. (1996). Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperature. *Geo Res Lett* 23(6):665–668
70. Ignatius G. Rigor, and Wallace. J. M. (2004). Variations in The Age of Arctic Sea-ice and Summer Sea-ice Extent, *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, P.1.(4)
71. Ineson, S., and Scaife. A. A. (2009). The role of the stratosphere in the European climate response to El Niño. *Nat. Geosci.*, 2, 32–36, doi: <https://doi.org/10.1038/ngeo381>.
72. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change: The Physical Science Basis*, eds. S.
73. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections* [van Oldenborgh GJ et al. (eds.)]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker TF et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
74. Ionita M., Boroneanț C., and Chelcea S. (2015). Seasonal modes of dryness and wetness variability over Europe and their connections with large scale atmospheric circulation and global sea surface temperature, *Clim. Dyn.*, DOI 10.1007/s00382-015-2508-2
75. Jacob D. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563-578.
76. Jovanovic Gordana, Reljin I., and Reljin B. (2008). The Influence of Arctic and North Atlantic Oscillation on Precipitation Regime in Serbia, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 4.

77. Kahana, R., B. Ziv, Enzel, Y., & Dayan, U. (2002). Synoptic climatology of major floods in the Negev Desert, Israel. *Int. J. Clim.*, 22, 822-867
78. Kodera, K., and Kuroda. Y. (2004). Two teleconnection patterns involved in the North Atlantic/Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L20201. doi:10.1029/2004GL020933.
79. Korosec. M. (2019). Rising potential for shallow warm core development in the far eastern Mediterranean, Oct 24-25th, Server Weather Europe, <https://www.severe-weather.eu/mcd/very-warm-eastern-mediterranean-sea/>
80. Krichak SO, and Alpert P. (2005a). Decadal trends in the East Atlantic/WestRussia pattern and the Mediterranean precipitation. *Int J Climatol*25:183–192.
81. Krichak SO, and Alpert P. (2005b). Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region. *Theor Appl Climatol* 82(1–2):27–39
82. Krichak SO, Kishcha P, and Alpert P. (2002). Decadal trends of main Eurasian oscillations and the Mediterranean precipitation. *Theor Appl Climatol* 72:29–220
83. Krichak, S. O., and Alpert, P. (1998). Role of large-scale moist dynamics in November 1-5, 1994 hazardous Mediterranean Weather, 103(D16), 19453-19468
84. Krichak, S. O., Alpert, P., and Krishnamurti, T. N. (1997a). Interaction of topography and tropospheric flow - a possible generator for the Red Sea trough? *Meteorol. Atmosph. Phys.*, 63(3-4), 149-158.
85. Krichak, S. O., Alpert, P., & Krishnamurti, T. N. (1997b). Red Sea trough/cyclone development - numerical investigation. *Meteorol. Atmosph. Phys.*, 63(3-4), 159-170.
86. Krichak. S.O., Breitgand. J.S., Gualdi. S., and Feldstein. S.B. (2013). Teleconnection–extreme precipitation relationships over

- the Mediterranean region, Theoretical and applied climatology, Springer, DOI 10.1007/s00704-013-1036-4.
87. Kuglitsch. FG. (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37(4), L04802.
88. Kutiel H., Maheras P., and Guika S. (1996). Circulation Indices Over the Mediterranean and Europe and Their Relationship with Rainfall Conditions Across the Mediterranean, *Theor. Appl. Climatol.*, 54, 125-138.
89. Kutiel H., Maheras P., Turkes M., and Paz S. (2002). North Sea – Caspian Pattern (NCP) – An upper Level Atmospheric Teleconnection Affecting the Eastern Mediterranean – Implications on The Regional Climate, *Theor. Appl. Climatol.*, 72, 173–192
90. Kutiel H., and Paz S. (1998). Sea Level Pressure Departures in the Mediterranean and their Relationship with Monthly Rainfall Conditions in Israel, *Theor. Appl. Climatol.*, 60, 93-109.
91. Lamb Peter J., and Pepler Randy A. (1987). North Atlantic Oscillation :Concept and Application, *Bulletin of The American Meteorological Society*, Vol.68, No.10.
92. Lasheen. A.M. (1971). On the significance of the Humidity field in the northern Africa and in adjacent areas, *Meteorological Department, Cairo*.
93. Levi. M., 1970, the Synoptics of Hail in Israel, *Israel Journal of Earth sciences*, Vol.19, PP 77-83.
94. Li, L., Bozec, A., Somot, S., Béranger, K., Bouruet-Aubertot, P., Sevault, F., & Crépon, M. (2006). Chapter 7 Regional atmospheric, marine processes and climate modelling. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 373–397. doi:10.1016/s1571-9197(06)80010-8

95. Lionello, P., Bhend, J., Buzzi, A., Della-Marta, P. M., Krichak, S. O., Jansà, A., and Trigo, R. (2006). Chapter 6 Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 325–372. doi:10.1016/s1571-9197(06)80009-1
96. Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Alpert, P., Artale, V., Li, L., and Xoplaki, E. (2006). The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 1–26. doi:10.1016/s1571-9197(06)80003-0
97. López-Moreno J., Vicente-Serrano S.M., Morán-Tejeda E., Lorenzo J., El-Kenawy A., Zabalza, J., and Beniston M. (2010). Impact of NAO on Winter Temperature and Precipitation Modes in The Mediterranean Mountains: Implications for Snow Cover, ESF-Medclivar Workshop on " Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of The North Atlantic Oscillation in The Mediterranean Region " 24 - 27 May , Zaragoza, Spain.
98. Lopez-Moreno J.I., and Vicente-Serrano S.M. (2008). Extreme phases of the wintertime North Atlantic oscillation and drought occurrence over Europe: a multi-temporal-scale approach, *J. Clim.*, 21: 1220-1243.
99. Luterbacher, J., Xoplaki, E., Casty, C., Wanner, H., Pauling, A., Küttel, M., and Ladurie, E. L. R. (2006). Chapter 1 Mediterranean climate variability over the last centuries: A review. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 27–148. doi:10.1016/s1571-9197(06)80004-2
100. Maheras P., and Kutiel H. (1999). Spatial and Temporal Variations in The Temperature Regime in The Mediterranean And Their Relationship with Circulation During the Last Century, *Int. J. Climatol.*, 19, 745–764.

101. Manzano A. (2019). Analysis of the atmospheric circulation pattern effects over SPEI drought index in Spain, Atmospheric Research, 24 July, 104630.
102. Marcella Marc P. , and Eltahir Elfatih A. B. (2008). The Hydro climatology of Kuwait: Explaining the Variability of Rainfall at Seasonal and Interannual Time Scales, Journal of Hydrometeorology, Vol.9, October .
103. Mariotti A, Zeng N., and Lau K.M. (2002). Euro-Mediterranean Rainfall and ENSO - A Seasonally Varying Relationship, Geophysical Research Letters, Vol 29,No.12. doi:10.1029/2001GL014248
104. Mariotti, A., J. Ballabrera-Poy, and Zeng. N. (2005). Tropical influence on Euro-Asian autumn rainfall variability, Clim. Dyn., 24, 511–521
105. Martineu, C., J. Y. Caneill, and Sadourny. R. (1999). Potential predictability of European winters from the analysis of seasonal simulations with an AGCM, J. Clim., 12, 3033–3061.
106. MedECC. (2019). Risks associated to climate and environmental changes in the Mediterranean region, A preliminary assessment by the MedECC Network Science-policy interface, Union of the Mediterranean.
107. Mestas-Nuñez, A. M., and Enfield. D. B. (1999). Rotated global modes of non-ENSO sea surface temperature variability.J. Climate, 12, 2734–2746.
108. Miksovsky J., Brazdil R., Trnka M., PiSoft P. (2019): Long-term variability of drought indices in the Czech Lands and effects of external forcing and large-scale climate variability modes, Climate of the Past, 15: 827-847.
109. Moron, M., and Plaut. G. (2003). The impact of El Niño Southern Oscillation upon weather regimes over Europe and the North Atlantic boreal winter, Int. J. Climatol., 23, 363–379.

110. NASA, 2020, Power Data Access Viewer, Climate data for Egypt, <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
111. Nastos P.T., Karavana-Papadimou and Matsangouras I.T. (2015). Tropical-Like Cyclones in the Mediterranean: Impacts and Composite Daily Means and Anomalies of Synoptic Conditions. 14th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece, 3-5 September 2015, CEST2015\_00407.
112. Nastos, P.T., Papadimou, K.K., and Matsangouras, I.T. (2017). Mediterranean Tropical-Like Cyclones: Impacts and Composite Daily Means and Anomalies of Synoptic Patterns. Atmospheric Research, Vol. 208, Aug. 2018, pp. 156-166, doi: 10.1016/j.atmosres.2017.10.023
113. Nieto R., L. de la Torre, Noguerol m., Añel J.A., and Gimeno L. (2008). A Climatology Based on Reanalysis of Baroclinic Developmental Regions in the Extratropical Northern Hemisphere. Annals of the New York Academy of Sciences, Volume 1146, 235-255.
114. NOAA. (2020a). ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions, Climate Prediction Center / NCEP, [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/la\\_nina/enso\\_evolution-status-fcsts-web.pdf](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/la_nina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf)
115. NOAA. (2020b). Cold & Warm Episodes by Season, Historical El Nino / La Nina episodes (1950-present), [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php).
116. North West Knowledge. (2020). Climate Data Download, Egypt, [https://climate.northwestknowledge.net/NWTOOLBOX/formattedDownloads.php?fbclid=IwAR2sLTy82aZRA\\_3iEHdd5N\\_r-bE1QJEiEKns3JsJ5Y0t1J19Qu1mOWC-egU](https://climate.northwestknowledge.net/NWTOOLBOX/formattedDownloads.php?fbclid=IwAR2sLTy82aZRA_3iEHdd5N_r-bE1QJEiEKns3JsJ5Y0t1J19Qu1mOWC-egU)

117. Nykjaer L. (2009). Mediterranean Sea surface warming 1985-2006. *Climate Research*, 39, 11-17.
118. OMM-JCOMM-GMDSS/World Marine Weather Forecast. (2017). Limit of Met areas – 2017. WMO OMM, Accessed 15 December 2019, <http://weather.gmdss.org/metareas.html>
119. Osetinsky. I., and Alpert. P. (2006). Calendaricities and multimodality in the Eastern Mediterranean cyclonic activity, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 587–596, 2006, [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/6/587/2006/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/6/587/2006/)
120. Peter J. L, and Pepler. R. A. (1987). North Atlantic Oscillation: Concept and Application, *Bulletin American Meteorological Society*, Vol.68, No.10,P.1218
121. Pozo-Va´zquez, D., Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., and CastroDiez. Y. (2001). The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic region, *J. Clim.*, 14, 3408–3420.
122. Price, C, Stone, L., Huppert, A., Rajagopalan, B., & Alpert, P. (1998). A possible link between El Nino and precipitation in Israel. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3963-3966.
123. Quadrelli R, Pavan V, and Molteni F. (2001). Winter-time variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. *Clim Dyn* 17(5–6):457–466
124. Radinovic. D. (1987). Mediterranean Cyclones and their influence on the weather and climate, WMO, PSMP, NO. 24.
125. Reiter. E. (1963). *Jet Stream Meteorology*, Harvard Univ. Press, London.
126. Richard J. Greatbatch. (2000). *The North Atlantic Oscillation, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Entretiens Jacques-Cartier, Montreal, P.2.

127. Rigor Ignatius G., and Wallace John M. (2004). Variations in the Age of Arctic Sea-Ice and Summer Sea-ice Extent, *Geophysical Research Letters*, Vol. 31.
128. Rimbu, N., G. Lohmann, T. Felis, and Patzold. J. (2003). Shift in ENSO teleconnections recorded by a northern Red Sea coral, *J. Clim.*, 16, 1414–1422.
129. Rohli, R.V., Wrona, K.M. and Mchugh, M.J. (2005), January northern hemisphere circumpolar vortex variability and its relationship with hemispheric temperature and regional teleconnections. *Int. J. Climatol.*, 25: 1421-1436. doi:10.1002/joc.1204
130. Rocha, A. (1999). Low-frequency Variability of Seasonal Rainfall Over the Iberian Peninsula and ENSO. *Int. J. Climatol.*, 19, 889-901
131. Roeckner, E., J. M. Oberhuber, A. Bacher, M. Christoph, and I. Kirchner. (1996). ENSO variability and atmospheric response in a global coupled atmosphere-ocean GCM, *Clim. Dyn.*, 12, 737–754.
132. Rogers , J. C. , and McHugh. M. J. (2002). On the separability of the North Atlantic oscillation and the Arctic oscillation. *Climate Dyn.*, 19, 599–608.
133. Rogers Jc. (1990). Patterns of Low Frequency Monthly Sea Level Pressure Variability (1899- 1996) and Associated Wave Cyclone Frequencies. *Journal of Climate*, 3, P.1364,
134. Rojas. M., Li. L., Kanakidou. M., Hatzianastassiou. N., Seze. G., and Le Treut. H. (2013). Winter weather regimes over the Mediterranean region: their role for the regional climate and projected changes in the twenty-first century, *Clim Dyn* (2013) 41:551–571, DOI 10.1007/s00382-013-1823-8

135. Romem. M., Ziv. B., and Saaroni. H. (2007). Scenarios in the development of Mediterranean cyclones, *Adv. Geosci.*, 12, 59–65, 2007. [www.adv-geosci.net/12/59/2007/](http://www.adv-geosci.net/12/59/2007/)
136. Romero. R., and Emanuel. K. (2017). Climate Change and Hurricane Like Extratropical Cyclones: Projections for North Atlantic Polar Lows and Medicanes Based on CMIP5 Models, *American Meteorological Society*, Vol.30.
137. Salah. H. (2019). MEDITERRANEAN CYCLONES AND OFFSHORE STRUCTURES, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol 06. Issue:12.
138. Sardeshmukh, P. D., G. P. Compo, and Penland. C. (2000). Changes of probability associated with El Niño, *J. Clim.*, 13, 4268–4286.
139. SCS (US SOIL CONSERVATION SERVICE). (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Report 55 (Springfield, VA: USDA). [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprd\\_b044171.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprd_b044171.pdf)
140. Shaman J, and Tzipperman E. (2011). An Atmospheric teleconnection linking ENSO and Southwestern European precipitation. *J Clim* 24:124–139
141. Shehaheh, N. (1973). The spatial Variation of Rainfall Spectra in Eastern the United States, Unpublished ph.d. Thesis, Indiana University, Bloomington, U.S.A.
142. Stephenson, D. B., Pavan, V., Collins, M., M.Junge, M., and Quadrelli. R. (2006). North Atlantic Oscillation response to transient greenhouse gas forcing and the impact on European winter climate: A CMIP2 multi-model assessment. *Climate Dyn.*, 27, 401–420.

143. Stoner. A.K., Hayhoe. K., and Wuebbles. D.J. (2009). Assessing General Circulation Model Simulations of Atmospheric Teleconnection Patterns. *J. Climate* (2009) 22 (16): 4348–4372. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2577.1>
144. Sutton. L. J., and Curry. P. A., 1931, Meteorological Atlas of Egypt, Egypt. Physical Department. Giza, Survey of Egypt.
145. Thompson DWJ, Wallace JM. (2000). Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. American Meteorological Society. *J. Climate*, 13, 1000–1016, doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<1000:AMITEC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<1000:AMITEC>2.0.CO;2).
146. Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace. (1998). The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 1297–1300, doi: <https://doi.org/10.1029/98GL00950>.
147. Toreti A. (2013). Projections of global changes in precipitation extremes from Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 models. *Geophysical Research Letters*, 40, 4887-4892.
148. Toreti A, and Naveau P. (2015). On the evaluation of climate model simulated precipitation extremes. *Environmental Research Letters*, 10, 014012.
149. Tous, M. and Romero, R. (2012). Meteorological Environments Associated with Medicane development. *Int. J. Climatol.*, January 2012, vol. 33, pp. 1–14, doi.org/10.1002/joc.3428.
150. Trenberth, K. E., and Hoar, T. J. (1997). El Nino and climate chdi UgQ. *Geo phys. Res. Let.*, 24, 3057-3060.
151. Trenberth, K. E. (1990). Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere. *Bull. Amer.*

- Meteor. Soc., 71, 988–993, doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1990\)071<0988:ROICCI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1990)071<0988:ROICCI>2.0.CO;2).
152. Trenberth, K. E., and Hurrell. J. W. (1994). Decadal atmosphere–ocean variations in the Pacific. *Climate Dyn.*, 9, 303–319, doi: <https://doi.org/10.1007/BF00204745>.
153. Trigo R, Xoplaki E, Zorita E, Luterbacher J, Krichak SO, Alpert P, Jacobeit J, Saenz J, Fernandez J, Gonzalez-Rouco F, Garcia-Herrera R, Rodo X, Brunetti M, Nanni T, Maugeri M, Turkes M, Gimeno L, Ribera P, Brunet M, Trigo IF, Crepon M, and Mariotti A. (2006). Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. In: Lionello P, Malanotte-Rizzoli P, Boscolo R (eds) *Mediterranean climate variability*, 4. Elsevier, Amsterdam, pp 179–226
154. Trigo, I.F., Bigg, G.R. and Davies, T.D. (2002). A Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean. *Monthly Weather Review*, 130, 549-569.
155. Trigo, R., Xoplaki, E., Zorita, E., Luterbacher, J., Krichak, S. O., Alpert, P., and Mariotti, A. (2006). Chapter 3 Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 179–226. doi:10.1016/s1571-9197(06)80006-6
156. Tsimplis, M. N., Zervakis, V., Josey, S. A., Peneva, E. L., Struglia, M. V., Stanev, E. V. and Oguz, T. (2006). Chapter 4 Changes in the oceanography of the Mediterranean Sea and their link to climate variability. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 227–282. doi:10.1016/s1571-9197(06)80007-8
157. Ulbrich U, and Christoph M. (1999). A shift of the NAO and increasing storm track activity over Europe due to anthropogenic greenhouse gas forcing. *Clim Dyn* 15:551–559

158. Ulbrich, U., May, W., Li, L., Lionello, P., Pinto, J. G., and Somot, S. (2006). Chapter 8 The Mediterranean climate change under global warming. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 399–415. doi:10.1016/s1571-9197(06)80011-x
159. UNEP. (1992). *Climate Change Fact Sheet*, ([www.unep.ch](http://www.unep.ch))
160. van Loon, H., and R. A. Madden (1981), The Southern Oscillation. part I. Global associations with pressure and temperature in northern winter, *Mon. Weather Rev.*, 109, 1150–1162.
161. Vicente-Serrano S.M. (2016b). The Westerly Index as complementary indicator of the North Atlantic oscillation in explaining drought variability across Europe, *Clim. Dyn*, 47:845–863, DOI 10.1007/s00382-015-2875-8.
162. Walker, G. T., (1923). Correlation in seasonal variations of weather. VIII. A preliminary study of world-weather. *Mem. Indian Meteor. Dep.* , 24, (Part 4). 75–131.
163. Walker, G. T., and Bliss. E. W. (1932). *World weather V*. *Mem. Roy. Meteor. Soc.*, 4, 53–84.
164. Wallace JM. (2000). North Atlantic Oscillation/annular mode: two paradigms—one phenomenon. *Q J R Meteorol Soc* 126:791–805
165. Wallace, J. M., and Thompson. D. W. J. (2002). The Pacific center of action of the Northern Hemisphere annular mode: Real or artifact? *J. Climate*, 15, 1987–1991, doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<1987:TPCOAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<1987:TPCOAO>2.0.CO;2).
166. Wang H., Chen Y., Pan Y., and Li, W. (2015a). Spatial and temporal variability of drought in the arid region of

- China and its relationships to teleconnection indices, *J. Hydrol.*, 523: 283-296.
167. Winstanley. D. (1970). The North African Flood Disaster, Sep. 1969, Royal Meteorological Society, 1st published Sep. 1970, doi.org/10.1002/j.1477-8696.1970.tb04128.x.
168. World Bank. (2014). Turn Down the Heat: Confronting the New Climate Normal. Washington, DC: World Bank. Licence: CC BY-NC-ND 3.0IGO.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/317301468242098870/Main-report>
169. World Meteorological Organization. (1998). Guide to Wave Analysis and Forecasting. WMO no. 702, Geneva, Switzerland, 2nd Edition.
170. Wu, A., and Hsieh. W. W. (2004a). The nonlinear association between ENSO and the Euro-Atlantic winter sea level pressure, *Clim. Dyn.*, 23, 859–868
171. Wuethrich, B. (1995). El Nino goes critical. *New Scientist*, 4, (Feb), 32-35.
172. Xoplaki E. (2002). Climate Variability over The Mediterranean, PhD ,Geography Faculty of Science, the University of Bern, Switzerland.
173. Xoplaki E., Luterbacher J., Gonz´alez-Rouco J. F. (2006). Mediterranean Summer Temperature and Winter Precipitation, Large-Scale Dynamics, Trends, *IL Nuovo Cimento, Societ`a Italiana di Fisica*, Vol. 29 C, N. 1, Gennaio-Febbraio.
174. Xoplaki E, Gonzalez-Rouco JF, Luterbacher J, and Wanner H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Clim Dyn* 23:63–78. doi:10.1007/s00382-004-0422-0

175. Xoplaki, E. (2002). Climate variability over the Mediterranean, Ph.D. thesis, Univ. of Bern, Bern, Switzerland.
176. Yakir, D., Lev-Yadun, S., & Zangvil, A. (1996). El Nino and tree growth near Jerusalem over the last 20 years. *Global Change Biology*, 2, 101-105
177. Yosef Yizhak, Saaroni Hadas, and Alpert Pinhas. (2009). Trends in Daily Rainfall Intensity Over Israel 1950/1-2003/4, *The Open Atmospheric Science Journal*, 3, 196-203.
178. Ziv, B. (2001). A subtropical rainstorm associated with a tropical plume over Africa and the Middle East. *Theor. Appl. Clim.*, 69(1/2), 91-102.
179. Ziv, B., Dayan, U., & Sharon, D. (2004b). A mid-winter, tropical extreme floodproducing storm in southern Israel: synoptic scale analysis. *Meteorology and Atmospheric Physics*, doi, 10.1007/s00703-003-0054-7
180. Zohdy. H. (1971). On the interaction between Extratropical and Tropical disturbances over Africa as seen from satellite pictures, Meteorological Department, Cairo.

## **The Exceptional Climatic conditions associated with the Atmospheric depressions in Egypt during the rainy season 2019-2020 – A study in Climate Geography using Remote sensing and GIS-based analysis**

### **Abstract**

Egypt is exposed to the Atmospheric depressions that affecting its climatic conditions during the period between October and May of each year "rainy season". These depressions vary in their sources, strength, movement paths, and the extent of their impact on the Egyptian climatic conditions. The current study deals with the exceptional climatic conditions associated with the Atmospheric depressions in Egypt during the rainy season 2019/2020, and the study aims to use Remote sensing techniques and Geographic Information Systems GIS in studying the characteristics of these depressions and the exceptional weather conditions associated with them which represented in large quantities of rain was about 543 million cubic meters during the period from 22 to 26 October 2019 "Medicane", and it reached 950 million cubic meters during the period from 11 to 14 March 2020 "Dragon". In addition to recording a hurricane wind speed reached 120 km/h on 12 March 2020, and gusty winds reached 65 km/h on 25 October 2019. The Study depended on using MODIS / AQUA satellite imagery, climate satellite imagery by the PERSIANN project and CHIRPS model, outputs of the ECMWF climate model as well as outputs of the Global Climate Forecast System (GFS).

The study concluded that the atmospheric depressions under study were associated with a set of factors that coincided

---

(الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر.. د. خالد محمد مدكور)

in a rare manner and contributed to the engender and development of these depressions in this exceptional way. These factors were represented in the northern oscillation movement of the Sudan seasonal depression and the Red Sea Trough RST accompanied by a deepening of a cold depression in the upper atmosphere of 500 millibars, and a simultaneous rise in the surface water temperature of the eastern Mediterranean region in the case of October 2019, and the convergence of the polar and tropical jet stream in the upper atmosphere above The highest of Egyptian lands latitudes. And the correlation of these factors with the major and minor pressure oscillations in the world, the most important of which are the coincidence of these events with the occurrence of the El Nino phenomenon, coinciding with the positive side of the North Atlantic Oscillation NAO, the negative side of the polar oscillation in the Northern Hemisphere AO, the negative side of the Mediterranean oscillation MO, and the negative side of the Caspian Sea - North Sea Oscillation.

**Key words: Atmospheric Depressions – Climatic Conditions – Medicanes –Pressure Oscillations.**