مجلة
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
كلية الآداب - جامعة المنوفية

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: 2357-0091
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: 2735-5284

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

Egyptian Knowledge Bank
بنك المعرفة المصري

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمَة

السادة أعضاء هيئة تحرير المجلة	
أ.د/ لطفي كمال عبده عزاز	رئيس التحرير
أ.د/ إسماعيل يوسف إسماعيل	مساعد رئيس التحرير
أ.د/ عبد الله سيدي ولد محمد أبنو	السادة أعضاء هيئة التحرير
أ.د/ سهام بنت صالح سليمان العلولا	
أ.د/ موسى فتحي موسى عتلم	
أ.م.د/ أماني عطية أحمد الإمام	
أ.د/ سالم خلف بن عبد العزيز	
أ.م.د/ طوفان سطام حسن البياتي	
أ.م.د/ أمين إسماعيل بركة	
أ.م.د/ عمر أحمد عبد الجليل محمد	
د/ أحمد محمد حسن القصبي	
د/ محمد مرتضى صادق	المحرر اللغوي
د/ حازم أحمد جلهوم	
د/ صلاح محمد صلاح دياب	المحرر التنفيذي والفني
أ/ هنية منشاوي	سكرتير التحرير

موقع المجلة على بنك المعرفة المصري: https://mkgc.journals.ekb.eg/

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ٢٣٥٧-٠٠٩١
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٢٧٣٥-٥٢٨٤

تتكون هيئة تحكيم إصدارات المجلة من السادة الأساتذة المحكمين من داخل وخارج اللجنة العلمية الدائمة لترقية الأساتذة والأساتذة المساعدين في جميع التخصصات الجغرافية

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
بكلية الآداب – جامعة المنوفية
مجلة علمية مُحَكمَّة

النمذجَة المُناخيَّة لمُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري وتَأثِيراتِها البيئيَّة في دِول حوض البَحر المُتوسط باستخدام البيانات المُسْتَشعَرة عن بُعد في بيئةِ نُظم المعلومَات الجُغرافيَّة

إعداد

د. محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف عنبر

مُدرس المُناخ والبيئة – قِسم الجُغرافيَا – كُليَّة الآداب – جَامِعَة القَاهِرة

mahabdfatah@cu.edu.eg

أ. شيماء جمال فتحي محمود الحداد

مُعيدة – قِسم الجُغرافيَا – كُليَّة الآداب – جَامِعَة القَاهِرة

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

بحث:

النمذجة المُناخيَّة لمُؤشِّرات التطَرُّف الحَراري وتأثيراتها البيئيَّة في دول حوض البَحر المُتوسط باستخدام البيانات المُستشعَرة عن بُعد في بيئة نُظم المعلومات الجُغرافيَّة

(١) د. محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف عنبر
مُدرس المُناخ والبيئة - قِسم الجُغرافيا - كُليَّة الآداب - جَامِعَة القَاهِرة
(٢) أ. شيماء جمال فتحي محمود الحداد
مُعيدة - قِسم الجُغرافيا - كُليَّة الآداب - جَامِعَة القَاهِرة

مُلخص البحث:

تَهدِفُ هذه الدراسةُ إلى تَحليلِ النمذَجة المُناخيَّة **لِخَمْسَةِ عَشْر مُؤشِّرًا للتَطَرُّفَاتِ الحَراريَّة**، مَع رَصدِ نَمَاذِجٍ لتأثيراتِها البيئيَّة في دِول حوض البَحر المتوسط. اعتمَدت الدراسةُ على بَياناتٍ مُناخيَّةٍ مُتعَدِّدةِ النمَاذِج، خِلال الفَترةِ (١٩٩٣-٢٠٢٢)، تَمَّ تَقسيمُ هذه الفَترة إلى **ثلاثِ فَتراتٍ عَشْريَّةٍ**، الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢)، والفَترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢)، والفَترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢)، وذلك مِن أَجْلِ تَحليلِ نتائج مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، ومُقارنتها **بفَترتين مُستقبليتين**، مُنتصف القَرن (٢٠٤١-٢٠٦٠)، ونِهاية القَرن (٢٠٨١-٢١٠٠)، ضِمْن **ثلاثة سيناريوهات مِن انبعاثات الغَازات الدفيئة**، هي (**أقل** انبعاثات **RCP 2.6**)، و(**مُتوسط** الانبعاثات **RCP 4.5**)، و(**عَال** الانبعاثات **RCP 8.5**)، والتي تَمَّ اعتمَادُها مِن قِبَل الهَيئة الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ (IPCC) في تَقريرِ التقييم الخَامس عام **٢٠١٣م**، اعتمادًا على بَياناتٍ مِن مَشروع النمَاذِج المُناخيَّة العَالميَّة (**CMIP5**).

اتَّبَعَتْ الدراسةُ مَنْهَجِيَّةً جَمَعَتْ فيها بين التحليلِ الإحصائيّ، والنمذجةِ المُناخيَّةِ، والأساليبِ الكارتوجرافيَّةِ، إضافةً إلى استخدامِ تِقنيات الاستشعَار عَن بُعد وتَطبيقات نُظم المَعلومات الجُغرافيَّة.

كَشَفَتْ الدراسةُ عَن آثارٍ بيئيَّةٍ مُقْلِقَةٍ، تَمَثَّلَتْ في تِكْرَارِ نَوْبَات الجَفاف وتَراجع الغِطاء النباتي، وحدوث الفَيضانات المُدَمِّرة، وارتفاع وَتيرة حَرائق الغَابات، إلى جَانبِ وقَسْوَة مَوْجات الحَر التي تَسَبَّبَت في هَلاكِ الإنسان والحيوان والنبات، خَاصَّةً في دولِ شَمال حوض البَحر المُتوسط.

وقد أَظْهَرَتْ **نَتائجُ** الدراسة تَصَاعدًا مُستمرًا في دَرَجَاتِ الحَرارةِ العُظمى والصغرى، وكَذلك زِيادة مَلحوظة في عَدَدِ الأيَّام الحَارة، والليَالي المَداريَّة، خُصوصًا في السيناريو الأسوأ "**عال الانبعاثات**". كَمَا أَكَّدَتْ التحليلات وجود فُروق إحصائيَّة ذَات دلالة بين الفَترات، مَا يُشيرُ إلى تَفَاقُم آثَار التغيُّرات المُناخيَّة.

تُوصِي الدراسةُ بضَرورةِ إدْمَاج مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري في السياساتِ المُناخيَّةِ الوطنيَّةِ، وتَعزيزُ أنظمة الرصد المُبكِّر، وتَحقيقُ تَكَامُل إقليمي في تَبادُلِ البيانات والمَعلومات المُناخيَّة، بما يُسْهِمُ في تَعزيزِ قُدرة دول حوض البَحر المُتوسط على التكيُّفِ مَع تَحدِيَّاتِ المُستقبل المُناخي.

الكَلِمَات المِفْتَاحيَّة:
تَغيُّر المُناخ، النمَاذِج المُناخيَّة، سِيناريُوهَات، مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري، دِول حوض البَحر المُتوسط.

مُصطلحات الدراسة:

تَحتوي الدراسة على عِدَّةِ مُصطلحاتٍ واختصاراتٍ، كَمَا يُوضِّحُها **الجَدول (١)**.

جدول (١) المُصْطَلَحَات والاختصَارات الواردة في الدراسةِ

Abb.	Abbreviation	التفسير
AMS	**A**merican **M**eteorological **S**ociety.	جَمعيَّة الأرصاد الجَويَّة الأمريكيَّة.
AR5	**A**ssessment **R**eport **F**ifth.	تَقرير التقييم الخامس للهيئةِ الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ.
CMIP5	**C**oupled **M**odel **I**ntercomparison **P**roject.	مَشروع مُقارنة النمَاذِج المُناخيَّة المُزدوجة، المَرحلة الخامسة، عام ٢٠١٣م.
ETCCDI	**E**xpert **T**eam on **C**limate **C**hange **D**etection and **I**ndices.	مَجموعة فَريق الخُبَراء المَعنيين بالكَشفِ عن تَغيُّر المُناخ وتقييم مُؤشّراته.
IPCC	**I**ntergovernmental **P**anel on **C**limate **C**hange.	الهَيئة الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ.
NAO	**N**orth **A**tlantic **O**scillation.	تَذبذُبُ شَمال الأطلنطي.
NASA	**N**ational **A**eronautics and **S**pace **A**dministration.	الوَكَالة الوطنيَّة للمِلاحَةِ وإدارة علوم الفَضاء.
NetCDF	**N**etwork **C**ommon **D**ata **F**ormat	المَكتبة الإلكترونيَّة لتجهيز البيانات، لِجميع المُتخصّصين في علومِ الطقس والمُناخ. وتُعَدُّ طَريقة الوصول لِجَمْعِ البيانات، ومُشاركتها عَبْر الإنترنت. وتُسَمَّى البيانات التي يَتِمُّ الحصولُ عليها مِن هذا المُوديل **Reanalysis Datasets**، وهي بيانات مُدخلة بواسطةِ مُوديلات خَاصَّة؛ لتحليلها بَعد جَمْعِهَا مِن خِلالِ عمليَّات الرصد الجوّي المُختلفة، التي تُؤخذُ مِن خِلالِ السفن والأقمار الاصطناعيَّة ومَحطات الأرصاد الأرضيَّة، ومَحطات الراديو ساوند، والرادار.
NOAA	**N**ational **O**ceanic and **A**tmospheric **A**dministration.	الوَكَالة الوطنيَّة للمُحيطات والغُلاف الجَوّي.
RCPs	**R**epresentative **C**oncentration **P**athway.	سِيناريوهات مَسارات انبعاثات الغَازات الدفيئة، المُسبّبة للاحتباسِ الحَراري، مُنذ عام ٢٠١٤م.
SRES	**S**pecial **R**eport on **E**missions **S**cenarios.	سِيناريوهات المُناخ، التي استُخدِمَت في تَقرير التقييم الثاني للهَيئةِ الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ، عام ١٩٩٥م.
USGS	**U**nited **S**tates **G**eological **S**urvey.	هَيئة المِساحة الجيولوجيَّة الأمريكيَّة.
WMO	**W**orld **M**eteorological **O**rganization.	المُنظّمَة العَالميَّة للأرصَادِ الجَويَّة.

المُقدِّمة:

تُعَدُّ التطرُّفَاتُ الحَراريَّةُ(١) مِن أَبرزِ التحدِّيَات التي تُواجِه الأنسان في القَرنِ الحَادي والعَشرين، كَمَا أنَّها إحدى أَهَم الخَصائص المُناخيَّة التي تَتَسِمُ بها كَثيرٌ مِن مَناطق العَالَم، خُصوصًا المَناطق الداخليَّة للقَارات. وقد أصبحَت التطرُّفَاتُ الحَراريَّةُ ظَاهرةً مَلْموسةً، تَتَكَرَّرُ أحداثُها في كُلِّ مَكَانٍ، تَقريبًا، على سَطْحِ الأرض؛ إذ أَكَّدَتْ المُنظَّمةُ العَالميَّةُ للأرصَادِ الجَويَّةِ WMO على أنَّ عام **٢٠٢٤م** هو أَحَر عَام في القَرنِ الحَادي والعَشرين، حيثُ ارتفعَ مُتوسطُ دَرَجَة حَرارة الكُرة الأرضيَّة بمِقْدَارِ **١,٤٥° س**، عَمَّا كَانت عليه قَبْل الثورة الصناعيَّة مُنذ عام ١٩٠٠م، وقَد أَرجعت تِلك الزيادة الواضحة إلى غَازات الاحتباس الحَراري(٢). كَمَا تُعَدُّ مَظَاهِرُ التطرُّف الحَراري، **مِثل:** مَوْجَات الحَر Heat Waves ، وارتفاع دَرَجَات الحَرارة القُصوى Tmax، وارتفاع دَرَجَات الحَرارة الدُنيا Tmin، وزيادة عَدد الأيَّام الحَارة، والليَالي المَداريَّة Tropical nights، مِن أَبرزِ مَظاهر تَغيُّر المُناخ التي تُؤثِّرُ، بشَكَلٍ مُباشرٍ، على النظم البيئيَّة، وعلى صِحَّةِ الإنسان، وعلى القِطَاعَات الاقتصاديَّة المُختلفة.

تُعَدُّ النمَاذِجُ المُناخيَّةُ Climate Models(٣) مِن أهَمِّ الطُّرق والأساليب البَحثيَّة في دِراسةِ اتجاه المُناخ المُستقبلي؛ إذ إنَّها تُمكِّن البَاحثين مِن مُحَاكَاةِ التغيُّرات المُناخيَّة المُحتملة، استنادًا إلى سيناريوهاتٍ مُختلفةٍ لانبعَاثات الغَازات الدفيئة. وتُستخدمُ هذه النمَاذِجُ لِتقديرِ مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، وتَحليل تَوزيعها الزماني والمَكاني (الزمكاني)، بمَا يُسَاعِدُ في رَسمِ صُورةٍ مُستقبليَّةٍ دَقيقةٍ، نِسبيًّا، لِمُناخِ المَنطقةِ المَدروسة.

أهتمَّت الدراسة بتحليلِ **مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري** لِمَنطقةِ دِول حوض البَحر المُتوسط، والتي يَتمُّ حِسَابُها وِفْق مَعايير مُناخيَّة دَقيقة، وكَذلك وِفق مَا طَوَّرته وحَدَّدته **مَجموعة الخُبَراء المَعنيين بالكَشفِ عَن التغيُّرات المُناخيَّة وتَقييم مُؤشِّراته ETCCDI**، التابعة للمُنظمةِ العَالميَّةِ للأرصادِ الجَويَّةِ، وذلك خِلال الفَترة **(١٩٩٣ – ٢٠٢٢م)**. وقد تَمَّ تَقسيمُ هذه الفَترة إلى **ثلاثِ فَترات عَشْريَّة**، الفَترة **الأولى** مِن **(١٩٩٣ – ٢٠٠٢م)**، والفَترة **الثانية** مِن **(٢٠٠٣ – ٢٠١٢م)**، والفَترة **الثالثة** مِن **(٢٠١٣ – ٢٠٢٢م)**، وذلك مِن أجلِ تَحليلِ نتائج مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري، ومُقارنتها مَع بَعضِها البَعض على مَدارِ **الثلاثة عقود**؛ لِتقييمِ الاتجاهات الزمنيَّة والمَكانيَّة لدَرَجَات الحَرارة العُظمى والصغرى اليَوميَّة في دِول حوض البَحر المُتوسط.

قَامَت الدراسةُ بعَقْدِ مُقارنةٍ إحصائيَّةٍ بين مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري لِفَترة الدراسة **(١٩٩٣ – ٢٠٢٢م)**، وفَترتي **مُنتصف ونِهاية القَرن الحَادي والعشرين، هي: (٢٠٤١ – ٢٠٦٠م) و(٢٠٨١ – ٢١٠٠م).**

---

(١) **التطرُّفُ الحَراري Thermal Extreme** يُقصَدُ به شذوذ دَرَجَات الحَرارة عَن مُعدَّلاتها الطبيعيَّة، وقَد يَكونُ التطرُّف الحَراري يَومي، أو شَهري، أو سَنوي **(عبد الزبيدي، ٢٠١٣، ص ٣٩)**.

(٢) **المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَويَّة WMO**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **ديسمبر** ٢٠٢٤).
- https://wmo.int/ar/media/news/almnzmt-alalmyt-llarsad-aljwyt-twkd-2024-hw-alam

(٣) **النمَاذِجُ المُناخيَّةُ Climate Models** هي مُحاكاة رياضيَّة حَاسوبيَّة للنظامِ المُناخي، تُستخدمُ لِفهم المَاضي، والتنبؤ بالمُستقبل، تتضمَّنُ مُعادلات تَصفُ التفاعلات بين الغُلاف الجَوّي، والمُحيط، واليَابس، والجليد.

اعتَمَدَتْ الدراسةُ على **(١٥) مُؤشِّرًا**، كَمَا يُوضِّحُهَا **الجَدول (٤)**، وهي أَكْثَر مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري شُهرةً واستخدامًا، كَمَا استندتْ الدراسةُ على بَياناتِ نتائج مَجموعة مِن النماذِج المُناخيَّة العَالميَّة والإقليميَّة، كَمَشروعِ مُقَارنةِ النماذِج المُزدوجةِ، و**نَمَاذِج المُنَاخ المَرحلة الخامسة**[(١)] **(CMIP5) Coupled Model Intercomparison Project**، و**مَجموعة** [(٢)] **Med-CORDEX**، مَدفوعةً **بثلاثةِ سِيناريوهات** لِمَسَارات انبعاثات الغَازات الدفيئة **(RCPs)** Representative Concentration Pathway، **وهي:** (**أقل** انبعاثات **RCP2.6**)، و(**مُتوسط** الانبعاثات **RCP4.5**)، و(**عَال** الانبعاثات **RCP8.5**)، والتي تَمَّ اعتمَادُها مِن قِبَل الهَيئة الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّرِ المُناخ **IPCC** في تَقريرِ التقييم الخَامس عام **٢٠١٣م**، كما يَتَضِحُ مِن **الشكل (٤)**، الذي يُظْهِرُ مَراحل تَطوُّر بيانات النمَاذِج المُناخيَّة لمَشروعِ **CMIP**.

مَنطقة الدراسة:

تَقَعُ مَنطقةُ **حوض البَحر المُتوسط** بين دائرتي **عرض** ٣٠° إلى ٤٦° ٥٠´ ١٠ً **شمالًا**، وبين خَطي **طُول** ٩° ٤٩´ ٤٤° **شرقًا** و ٤١ ٦´ ١٣° **غربًا**. أي إنَّها تَشغَل نحو ٣١° **دَرَجَة عَرضيَّة**؛ مِمَّا جَعَلُها تَتَسِمُ بتنوُّعٍ مُناخِيٍّ كَبيرٍ، في **شَمَالِها** مُناخٌ مُعتدلٌ رَطِبٌ، وفي **جَنوبها** مُناخٌ حَارٌ جَافٌ.

كَمَا تَتَمَيَّزُ مَنطقةُ الدراسةُ **بمَوقِعٍ جُغرافيٍّ فَريدٍ**؛ إذ إنَّها تَجمَعُ بين **قَارات العَالَم القَديم الثلاث** (أسيَا، أفريقيَا، أوروبَّا)، وفي وسَطِهم **البَحر المُتوسط**، أَحَد أَهَم بحار العَالَم في حَركةِ التجارة الدوليَّة.

ويُمْكِنُ تَقسيمُ مَنطقةُ الدراسة إلى **ثلاثةِ نِطَاقَاتٍ جُغرافيَّةٍ**، هي: **شمال البَحر المُتوسط** (مُقاطعة جَبَل طَارق، إسبانيا، فرنسا، موناكو، إيطاليا، مَالطا، سلوفينيا، كرواتيا، البوسنة والهرسك، الجبل الأسود، ألبانيا، اليونان)، و**شرق البَحر المُتوسط** (تركيا، قُبرص، سوريا، لبنان، فلسطين)، و**جنوب البَحر المُتوسط** (مِصر، ليبيا، تونس، الجزائر، المَغرب)، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشَكل (١)**.

يَتَضِحُ مِن **شكل (١)** عِظَمِ مِساحة مَنطقة الدراسة، التي تَتَكَوَّنُ مِن **٢٢ دولة**، وتَبْلُغُ مِساحتها نَحو **٩ مليون كم**^{٢} (بدون مِساحة البَحر المُتوسط)، وهذه المِساحة تَقريبًا **رُبع** مِساحة قارة **آسيا**، ونَحو **ثُلُث** مِساحة قارة **أفريقيَا**، وتقتربُ مِن مِساحة قارة **أوروبَّا**.

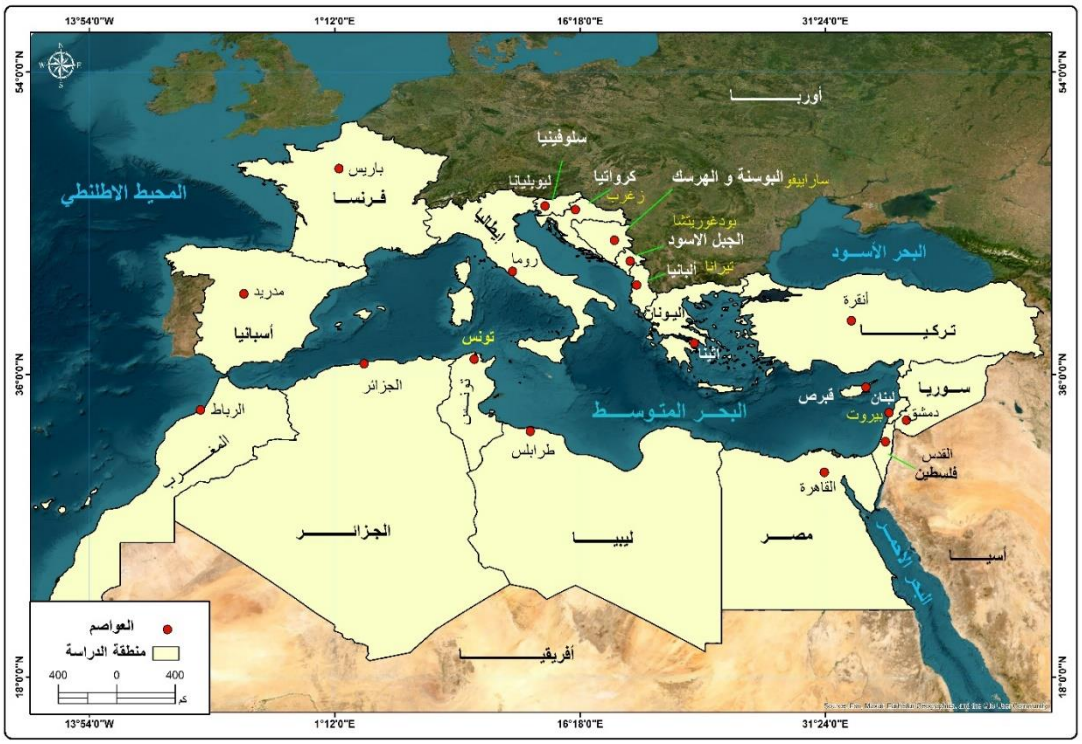
أَسْهَمَ هذا المَوقعُ في جَعْلِ مَنطقةِ الدراسةِ مَمَرًا دائمًا لِعبورِ المُنخفضاتِ الجَوِّيَّةِ العَرضيَّةِ، التي تَقطعُها مِن الغَربِ إلى الشرقِ، تلك المُنخفضات التي تُعَدُّ السَّببُ الرئيس في **جُلِّ** التقلُّباتِ الجَويَّةِ، والتَطَرُّفَات الحَراريَّة التي تَحدُث بمَنطقةِ الدراسةِ، بَل يُعَدُّ الجُزءُ الشرقيُّ مِن مَنطقةِ الدراسةِ مَوطنًا لِتَكَوُّنِ مُنخفضات قُبْرص الجَويَّة. فَضلًا على تَأثُّرِ مَنطقة الدراسة **بجُلِّ** أنواع الكُتل الهوائيَّة، التي تَأتيها مِن جَميعِ الاتجاهات، وباختلافِ مَصادرِ تَكوِّنها، وبالتالي اختلاف خَصائصها (دَرَجَة الحَرارة، الرطوبة).

---

(١) في **عام ٢٠٠٨** أَقَرَّت مَجموعة **WCRP** المَعنيَّة بالنمذجةِ المُناخيَّة، والتوقُّعَات المُستقبليَّة للمُناخ في دروتِها الـ١٢ عَمل **برتوكول CMIP5**، الذي حَدَّدَ **٣٥** تَجربة لِنمَاذج المُناخ المُصمَّمة؛ لتُفيد في تقييم ظروف المُناخ في ظِلِّ انبعاثات غَازات الاحتباس الحَراري، ثُمَّ دِراسة ومَحاولة التنبؤ بالمُناخ، وتقييم ذلك التنبؤ. تمَّ الاسترجاع **في:** (**٣٠ يونيو ٢٠٢٤**).
- https://wcrp-cmip.org/cmip5/

(٢) استُخدِمَت **نَماذج Med-CORDEX** لِتوفير نَماذج خَاصَّة بالنظامِ المُناخي الإقليمي لِمَنطقةِ البَحر المُتوسط وتقييمها؛ وذلك لأن المَنطقة مِن أكثر المَناطق حَساسيَّة لتغيُّر المُناخ؛ فهي عِبارة عن إقليم مُميز وفَريد.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المَصدر: اعتمادًا على Shape file لِشركة Esri للعَالَم، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3

شكل (١) مَوقع مَنطقة الدراسة

أهميَّة الدراسة ومُشكلتها:

تُعَدُّ مَنطقةُ حوض البَحر المُتوسط مِن بين أَكْثرِ مَناطق العَالَم عُرضةً لتأثيرات تَغيُّر المُناخ، فَهي تُمَثِّلُ **نُقطةٌ سَاخنةٌ Hotspot للتطرُّفَات الحَراريَّة**؛ حيثُ إنَّها تَتَكَوَّنُ مِن أَنظِمةٍ بيئيَّةٍ شَديدةِ الحَسَاسيَّة لِتلك التطرُّفَات؛ إذ تَشغلُ الأراضي الجَافَّة وشِبْه الجَافَّة جنوب مَنطقة الدراسة، مِمَّا يَجعلُ جُزءٌ كَبيرٌ مِنها يُعاني مِن نَقصِ المَوارد المَائيَّة والغِذائيَّة، التي تَتَأَثَّرُ بشَكلٍ قَويٍّ لأيّ تَغيُّرٍ يَطْرأُ على الخَصائص المُناخيَّة لهَا، مِن ارتفاعِ دَرَجَات الحَرارة، وقِلَّة الأمطار؛ كنتيجةٍ مُباشرةٍ لِمَا يَشهَده العَالَم مِن تَغيُّراتٍ مُناخيَّةٍ. ويُتَوقَّعُ أن تُواجِه مَنطقةُ حوض البَحر المُتوسط، في العُقودِ المُقْبِلَةِ، زيادةً واضحةً في مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، مِمَّا يَجعَلُها مَيْدانًا مُهِمًّا لِدراسةِ وتَحليل سِيناريوهات مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري، اعتمادًا على بياناتٍ ونَماذِجٍ مُناخيَّةٍ مُعتمدةٍ دوليًّا، وانعكاس ذلك على **الأثارِ البيئيَّةِ** بالمَنطقةِ. ومِن هُنا تَبْرُزُ أَهميَّة هذه الدراسة في دَعمِ جهود التكيُّف المُناخي في دِول حوض البَحر المُتوسط، وتوجيه السياسات العَامَّة نَحو تَعزيزُ القُدرة على مُواجهةِ تَحديَّات التطرُّف الحَراري المُتزايدة.

فَرضيَّات الدراسة:

مِن أَجْلِ الوصولِ إلى حَلِّ مُشكلة الدراسة تَمَّ وَضع فَرضيَّات، تَسعى الدراسة إلى اختبارِها؛ للتأكُّدِ مِن صِحَّتها **أو** عَدَم صِحَّتها، باعتبارِها مَسْلَكًا أَوَّليًّا لِتحقيقِ أهداف الدراسة، وعليه تَمَّ فَرض الفَرضيَّات **الأتية:**

١) **هل** تُسَجِّلُ مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، ودَرَجَات الحَرارة تَشَابُهًا في قِيمها، بَين فَترة الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**، وفَترتَي المُستقبل اللتين تُمثِّلان مُنتصف ونِهاية القَرن الحَادي والعشرين، **أي (٢٠٤١–٢٠٦٠م) و(٢٠٨١–٢١٠٠م)** ؟ **أم** أنَّ هُناك اختلافًا بَين الفَترات، يَتَجَلَّى في اتجاهٍ تَصَاعُدِيٍّ لِدَرَجَات الحَرارة؛ نتيجة ازدياد انبعاثات غَازات الاحتباس الحَراري، خِلال فَترتي المُستقبل، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة ؟

٢) **هل** هذا الاختلافُ (إن وجِدَ) اختلاف مَعنوي أم لا ؟

ولِكَي يَتِمُّ اختبار وقِياس تِلك الفَرضيَّات تَمَّ استخدامُ **نَوْعَيْن مِن الاختبارات الإحصائيَّة**، لِكُلِّ مُؤشِّر، **وهمَا:** اختبار **(T–Test)** لِلمُؤشِّرات ذات البيانات المُوزعة توزيعًا طَبيعيًّا، واختبار **التجانُس (Marginal Homogeneity)** لِلمُؤشِّرات ذات البيانات غَيْر المُوزعة توزيعًا طَبيعيًّا، عند **مُستوى الدلالة الإحصائيَّة 0.05 (5%)، ودَرَجة ثِقة 95%**.

الدراسَات السابقة:

- **دِراسة (Lissner et al, 2016). ورقة بَحثيَّة** تناولت ظَاهرة الاحتباس الحَراري، ودورها في ارتفاعِ دَرَجَة حَرارة سَطْح الأرض بين ١,٥° إلى ٢° دَرَجَة سِيليزيَّة، في ظِلِّ مَجموعةٍ مِن السيناريوهات، مَع إلقاءِ الضوء على المَخَاطِرِ المُناخيَّة المُستقبليَّة، في حَالِ استمرارِ هذا الارتفاع في دَرَجَةِ الحَرارة.
- **دِراسة (Lange, 2019). ورقة بَحثيَّة** اختصَّت بدراسَةِ آثار تَغيُّر المُناخ على مَنطقةِ شَرق البَحر المُتوسط، ومَنطقة الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا، والترابط بين المِياه والطاقة وأمنهما في المَنطقةِ.
- **دِراسة (Burak et al, 2020). تَقرير** تناولَ التقييم المُتوسطي الأوَّل للمُناخِ والتغيُّر البيئي في دول حوض البَحر المُتوسط في الوضعِ الحَالي، والمَخاطر المُستقبليَّة.
- **دِراسة (Gaaloul et al, 2020). ورقة بَحثيَّة** هَدَفت إلى دِراسة تَقييم آثار تَغيُّر المُناخ وإدارة المَوارد المَائيَّة في دول جنوب البَحر المُتوسط، وبخَاصَّةٍ على قِطاعِ الزراعة، وكذلك الوقوف على التحديَّات التي تواجه المَنطقة؛ بسبَبِ تَغيُّر المُناخ.
- **دِراسة (Lionello & Scarascia, 2020). ورقة بَحثيَّة** نَاقَشَت عَلاقة الأحداث المُناخيَّة المُتطَرِّفَة بالاحتباسِ الحَراري في مَنطقةِ حوض البَحر المُتوسط، والتبايُن بين دول الشمال، ودول والجنوب.
- **دِراسة (Guion, et al, 2021).** أَلْقَت الضوء على حَالات الجَفاف ومَوْجَات الحَر في غَرب مَنطقة حوض البَحر المُتوسط، وتأثيرها على الغِطاءِ النباتي، وزيادة حَرائق الغابات، باستخدامِ مَجموعة مِن النمَاذِج الإقليميَّة، بالإضافةِ إلى قِياسِ هذه الأحداث بشَكلٍ إحصائي.
- **دِراسة (Tramblay, et al, 2021). ورقة بَحثيَّة** جَاءت بدراسةِ حَالات الجَفاف في مَنطقةِ حوض البَحر المُتوسط في ظِلِّ السيناريوهات المُناخيَّة المُستقبليَّة.
- **دِراسة (Androulidakis & Krestenitis, 2022). ورقة بَحثيَّة** رَصَدَت تَغيُّر دَرَجَة حَرارة سَطْح البَحر المُتوسط SST، ومَوْجَات الحَر البَحريَّة فوق بَحر إيجة، ومَنطقة البَحر الأيوني، خِلال الفَترة مِن (٢٠٠٨–٢٠٢١)، باعتبارها عاملًا ومُؤشِّرا مُهمًّا على جَوْدَة مِياه البَحر، وأَظْهَرت الدراسة اتجاهًا مُتزايدًا في حدوثِ مَوْجَات الحَر البَحريَّة؛ نتيجة ارتفاع دَرَجَات الحَرارة خِلال السنوات الأخيرة.

- **دِراسة (Flaounas, et al, 2022). ورقة بَحثيَّة** اهتمَّت بنشأةِ وحَركَة أعاصير البَحر المُتوسط، وديناميكيَّات التنبؤ بها، مع تقييم الآثار المُدمِّرة التي سَتترتبُ عليها، في حَالِ تِكراريَّة حدوثها.
- **دِراسة (Hochman, et al, 2022). ورقة بَحثيَّة** رَكَّزَت على أحداثِ الطقس المُتطرِّف في شَرقِ مَنطقة حوض البَحر المتوسط، مِن خِلالِ رَصد الاتجاهات الحَاليَّة والتوقُّعَات المُستقبليَّة، وكَذلك رَصد الآثار الاجتماعيَّة والبيئيَّة المُترتبة على ارتفاعِ دَرَجَات الحَرارة، وحَالات الجَفاف بالمَنطقةِ.
- **دِراسة (Zittis, et al, 2022).** تناولت تَغيُّر المُناخ، والظواهر الجَويَّة المُتطرِّفة في مَنطقةِ شرق البَحر المُتوسط، ومَنطقة الشرق الأوسط.
- **دِراسة (Unnisa, et al, 2023).** اهتمَّت بدراسةِ اتجاهات التوازن المَائي في ظِلِّ التغيُّرات المُناخيَّة في حوض البَحر المُتوسط، خِلال العقود السابقة، باستخدامِ عمليَّات المُحاكاة المُناخيَّة، خِلال الفَترة مِن ١٩٩٠م حتى عام ٢٠٢٠م.
- **دِراسة (Wedler, et al, 2023).** رَصَدَت تِكْراريَّة حدوث مَوْجَات الحَر الأكْثر دوامًا واستمراريَّةً، خِلال القَرن الحَادي والعشرين، فَوق مَنطقة شرق البَحر المُتوسط، وكذلك رَصَد تأثير هذه المَوْجَات على زيادة حَالات الوفاة نتيجة التعرُّض للإجهادِ الحَراري.
- **دِراسة (Ben Miloud & Elmaremi, 2024). ورقة بَحثيَّة** شَخَّصَت الخَصائص الجَويَّة والبيئيَّة، التي سَاهَمَت في تَكوُّن العاصفةِ دانيال، التي ضَرَبَت مَدينة دِرنة في شَرقِ ليبيا، خِلال الفترة مِن (٨–١١ سبتمبر ٢٠٢٣)، مع التركيزِ على ذُرة العاصفة في (١٠ سبتمبر ٢٠٢٣).
- **دِراسة (Davison, et al, 2024). ورقة بَحثيَّة** هَدَفَت إلى تحليلِ التوزيع للأعاصير التي تَمُرُّ في حوض البَحر المُتوسط والشبيهة بالأعاصيرِ الاستوائيَّة "Mediterranean Tropical-like Cyclones"، كذلك فهم تأثير التداخل بين المَوْجَات الناتجة عَن الرياح المَحليَّة Wind Sea والمَوْجَات المُتولّدة عَن الرياح البَعيدة Swell على تكوين المَوْجَات القُصوى.
- **دِراسة (Pantillon, et al, 2024). ورقة بَحثيَّة** سَاعَدَت في تحسين فَهم ودِقة تَوقُّع الأعاصير المَداريَّة في البَحر المُتوسط، مَع التركيز على حَالة إعصار "**إيانوس**"، الذي حدث في سبتمبر ٢٠٢٠. وكذلك فَهم دَور تيَّارات الحَمْل الحَراري العَميق في تَطوير الأعاصير، ومَدى تَأثيرها على مَسار وشِدَّة الإعصار.

بالرغمِ مِن كَثْرةِ الدراسات السَّابقة، وارتباط مَوضوعاتها بمَوضوعِ الدراسة، سَواءً بشَكلٍ مُباشرٍ أو غَيْرِ مُباشرٍ، يُلاحظُ أنَّ جُلَّهَا تَنَاولَت التطرُّفات الحَراريَّة مِن وجهاتِ نَظرٍ غَيْر جُغرافيَّةٍ، أي مِن وجهةِ نَظر فيزيائيَّة الهَواء، وربط كَيفيَّة حدوثها بالأعاصير. كَمَا أنَّ البَعضَ مِنها، التي تناولَت النمَاذِج المُناخيَّة، رَكَّزت على آليَّةِ تَشغيل النمَاذِج وربطها بالمُؤشِّراتِ الحَراريَّةِ، بالإضافةِ إلى أنَّ هذه الدراسات لَم تَشمل مَنطقة حوض البَحر المُتوسط، بشَكلٍ شُموليٍّ، لَكِن في هذه الدراسة، سَوف يَقومُ الباحثان بدراسةِ: ***النمذجَة المُناخيَّة لمُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري وتَأثيراتِها البيئيَّة في دِول حوض البَحر المُتوسط باستخدامِ البيانات المُستَشعَرة عن بُعد في بيئةِ نُظم المعلومَات الجُغرافيَّة.***

أهداف الدراسة:

تَرتبطُ أهدافُ الدراسة، باستكمالِ مَا انتهَت إليه الدراسات السابقة، أو بالإضافةِ عليها، فَكانت الأهدافُ، التي تَسعى هذه الدراسةُ إلى تَحقيقِها، **ثلاثة أهداف رئيسة، كالتالي:**

١) **تَحليل** مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، في دولِ حوض البَحر المُتوسط، والتنبُّؤ بها، مِن خِلالِ الإسقَاطات المُستقبليَّة (السيناريوهات)؛ لِمَعرفةِ الاتجاهِ العَام لهَا، ومِقْدَار التغيُّر، باستخدامِ التحليل الإحصائي للمُؤشِّرات الدَّالة عليها.

٢) **إظهار** نَمَاذِج مِن الآثارِ البيئيَّةِ، المُترتِّبَة على التطرُّفاتِ الحَراريَّةِ في دولِ حوض البَحر المُتوسط.

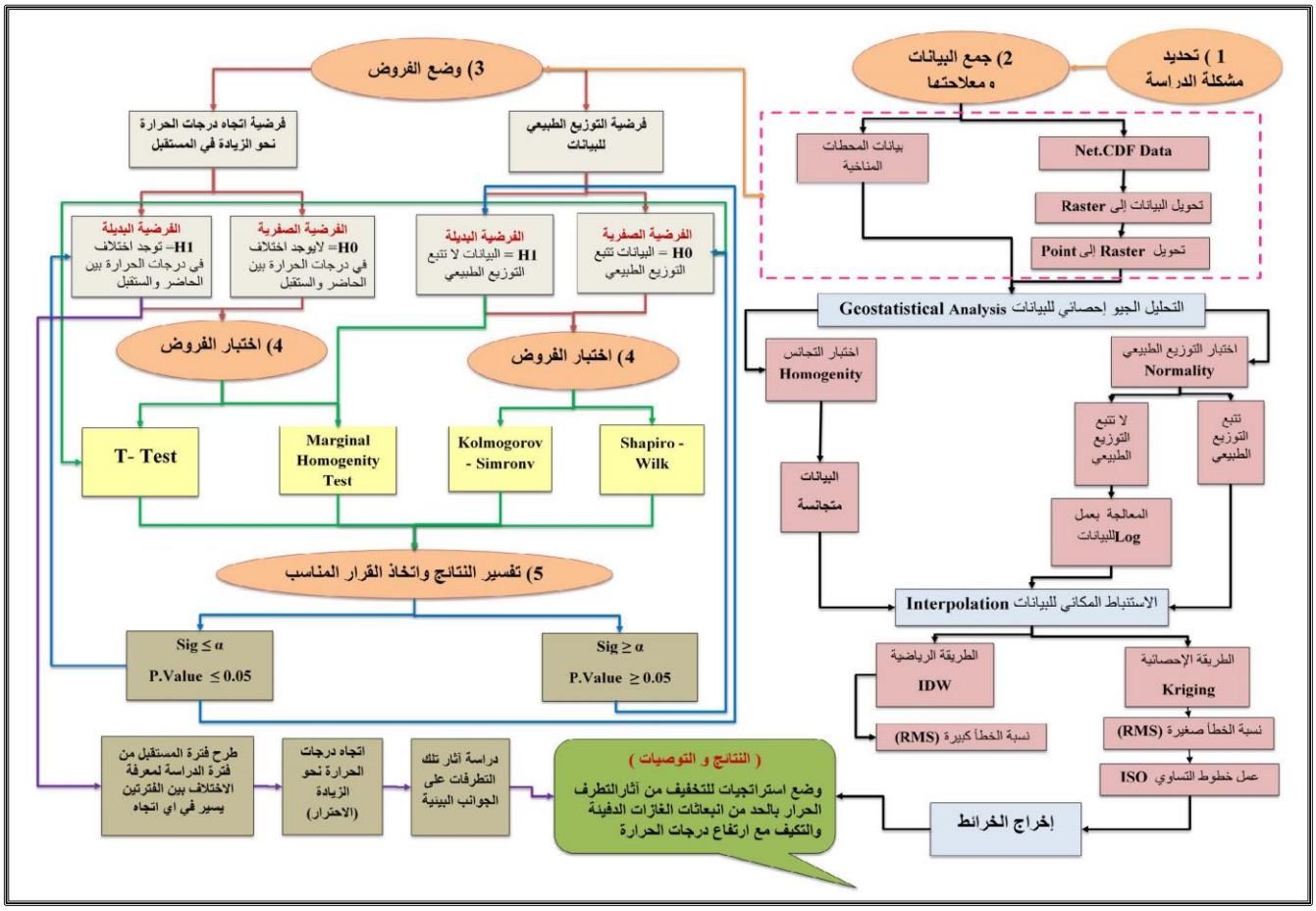
٣) **اقتراح** بَعض التوصيَّات؛ مِن أَجلِ تَخفيفِ أخطَار التطرُّفاتِ الحَراريَّةِ، التي أصبحت أَكْثَر تِكْرَارًا وعُنفًا، خِلال العقود الأخيرة.

مَناهِج وأَسَاليب وطَريقة الدراسة:

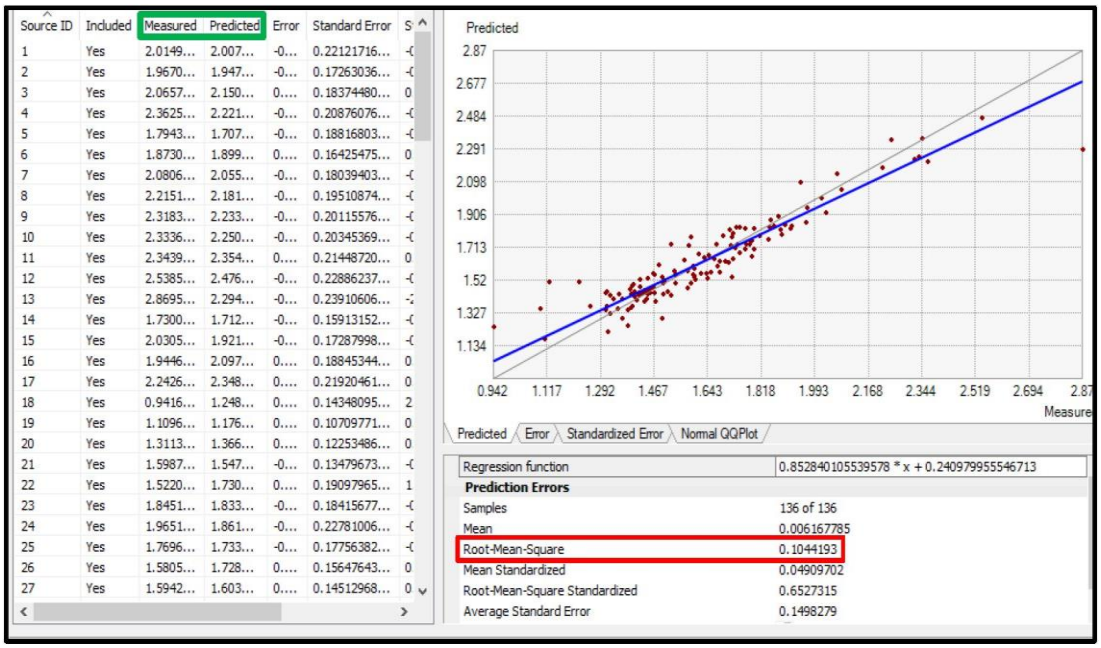
مِنْ أَجلِ تَحقيقِ أهدافِ الدراسة، اتبعَ البَاحثان مَراحِلَ مَنهَجيَّةً، وأساليبَ وطُرقًا بَحثيَّةً؛ للوصولِ إلى نتائجٍ وتوصيَّاتٍ وحلُولٍ لمُشكلةِ الدراسةِ، كَمَا يَتَضِحُ مِن **شكل (٢)**. ومِن أَهَمّ **المَناهج** المُستخدمَة في الدراسة، **المَنهج الإقليمي**، وبه تَمَّ تَحديدُ مَنطقة الدراسة، وهي **دول حوض البَحر المُتوسط**؛ حيثُ إنَّها تُمَثِّلُ إقليمًا مُحدَّدًا جُغرافيًّا، وله سِمَاته المُناخيَّة. كَمَا تَمَّ اسْتِخْدَامُ **المَنهج المَوضوعي**، وبه تَمَّ دِراسة مَوضوع **النمَاذِج المُناخيَّة وسِيناريُوهَات مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري**. كَمَا اسْتُخْدِمَ **المَنهج التاريخي**، في عَقد مُقارنة إحصائيَّة بين مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري لِفَترة الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**، وفَترتي **مُنتصف ونِهاية القَرن الحَادي والعِشرين، أي (٢٠٤١–٢٠٦٠م) و(٢٠٨١–٢١٠٠م)**. بالإضافةِ إلى اسْتِخْدَامِ **المَنهج التطبيقي**، في تَحديدِ نَمَاذِج مِن الآثار البيئيَّة التي تُسَبِّبُهَا التَطَرُّفَات الحَراريَّة، واقتراح بَعض الحُلولِ؛ للمُساعدةِ في تَخفيفِ وَطْأَة التطرُّفات الحَراريَّة، إحدى أَبْرَز مَظاهر التغيُّرات المُناخيَّة بمَنطقةِ الدراسة. فَضلًا على **المَنهج الوصفي التحليلي**، الذي لا تَخلو مِنه أيَّة دِراسة جُغرافيَّة؛ لِوصفِ وتَحليلِ الظاهرة مَحل الدراسة.

أمَّا عَن **الأساليبِ**، فَقد اسْتَخْدَمَت الدراسةُ **الأسلوب الإحصائي**، وذلك في تَحليلِ مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، وتَطبيقُ بَعض الاختبارات الإحصائيَّة عليها، **مِثل:** اختبار **T–Test**، واختبار **التجانُس Marginal Homogeneity**؛ لِمَعرفةِ الاتجاهِ العَام لهَا ومِقْدَار التغيُّر بها، خِلال فَترتي المُستقبل. وذلك بالاستعانةِ ببعضِ التطبيقات الحَاسوبيَّة، **مِثل: (Microsoft Excel, SPSS)** التي اسْتُخْدِمَت في مُعالجةِ البيانات المُناخيَّة، وكذلك البيانات النقطيَّة الناتجة عَن **مَلف NetCDF**، واختبارها إحصائيًّا، كَمَا يَتَضِحُ مِن **شَكل (٣)**. و**الأسلوب الكارتوجرافي**، الذي اعْتُمِدَ عليه في تَمثيلِ البياناتِ الرقميَّةِ والجَداولِ إلى خرائطٍ وأشكالٍ؛ يَسْهُلُ قِراءتها وتَفسيرها. كَمَا تَمَّ اسْتِخْدَامُ **الأسلوب التِّقَني**، المُتَمَثِّلُ في استخدامِ **تَطبيقات الاستشعَار عَن بُعد، مِثل:** برنامج **ENVI**، وبرنامج **Google Earth Pro**، وكذلك استخدام **تَطبيقات نُظم المَعلومات الجُغرافيَّة، مِثل:** برنامج **ArcGIS**، الذي اسْتُخْدِمَ في تَحويلِ البيانات **NetCDF** مِن **Raster** إلى **Point**، بهَدفِ القِيامِ بالتحليلِ **الجيو إحصائي** للبياناتِ.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

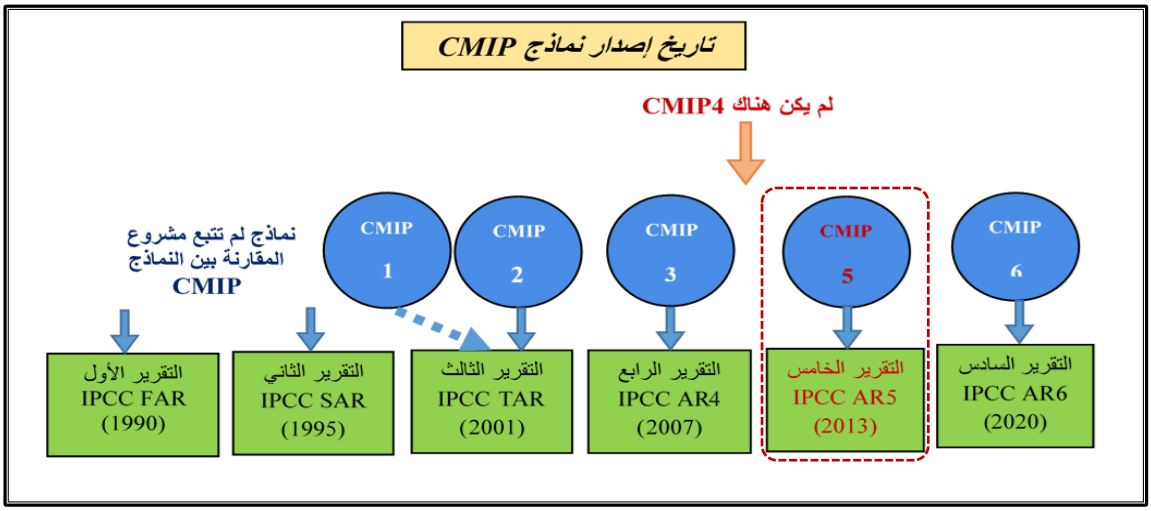


شكل (٢) مَراحِل ومَنهجيَّة الدراسة



شكل (٣) نَموذج تقييم نتيجة الاستيفاء المَكاني، بالاعتمادِ على نِسبةِ الخطأ بين القيم المُتوقعة والأصليَّة (RMS)

بالنسبةِ **للبياناتِ المُناخيَّةِ**، فَقد **اسْتَخْدَمَت الدراسة بيانات ملف NetCDF** في دراسةِ وتَحليلِ مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، خِلال **فَترة الدراسة (١٩٩٣–٢٠٢٢م)**، و**فَترتي المُستقبل (٢٠٤١–٢٠٦٠م) و (٢٠٨١–٢١٠٠م)**. ويَتِمُّ الحصولُ على هذه البيانات مِن **مُتوسطِ بيانات مَجموعة مِن النمَاذِج المُناخيَّة العَالميَّة المُتَعَدِّدة Malti Models Ensample Mean (٥٤ نَموذج عَالمي)**، كنمَاذِجِ المُناخ لِمَشروعِ المُقارنة للمَرحلةِ الخامسة **CMIP5**، والذي تَمَّ اعتمَاده عام **٢٠١٣م**، في تَقريرِ التقييم الخَامس للهَيئةِ الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ **IPCC**، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكلِ (٤)**، الذي يُظْهِرُ مَراحل تَطوُّر بيانات النمَاذِج المُناخيَّة لِمشروع **CMIP**، و**الجدول (٢)**، الذي يُظْهِرُ النمَاذِجُ المُناخيَّة القَائم عليها مُخرجات بيانات **ملف NetCDF** لِمُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري.



المَصدر: اعتمادًا على https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤) مَراحل تَطوُّر بيانات النمَاذِج المُناخيَّة لمَشروع CMIP

ونَظرًا لِكَبَرِ مِساحة مَنطقة الدراسة، وتَبايُن سَطْح الأرض بها، وتَداخُل اليَابس مع المَاءِ فِيها، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكلِ (٥)**، كَانَ مِنَ الصَّعبِ، إن لَم يَكُنْ مُستحيلًا، توزيع مَحطات الأرصاد الجَويَّة عليها توزيعًا مِثاليًّا يُحقِّقُ التمثيلُ المُناخي الأمْثل؛ ولذلك تَمَّ الاستعَانة **بمَلف الـ NetCDF** للحُصولِ على البياناتِ المُناخيَّةِ، وذلك بَعد **تحويله** مِن **Raster** إلى **Point**؛ إذ إنَّه مَلف مِساحي يَحتوي على عَدَدٍ مِنْ الخَلايا **Pixel** (يُمْكِنُ اعتبارها مَحطات أرصاد جَويَّة)، وفي وَسَطِ كُلِّ خَليَّةٍ قِيمة، تَحملُ قِيمة العُنصر المُناخي المُراد تَمثيلُه.

يَحتوي **مَلف الـ NetCDF** الذي يُغَطِّي مَنطقة الدراسة، على **٢٨٠ خَليَّة** (كمَحَطات أرصاد جَويَّة)، تَمَّ **الاجتهاد في اختيار ٣٠ مَحطة أرصاد جَويَّة**، يُوضِّحُهَا **الجدول (٣)**؛ للوصولِ إلى أقربِ تَمثيل مُناخي لِمَنطقةِ الدراسة، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكل (٦)**، وكذلك المُساعدة في تَحليلِ مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري بدولِ حوض البَحر المُتوسط. مَثلًا في **الدولِ كَبيرة المِساحة** تَمَّ اختيارُ **مَحطَّتين**، الأولى تُمَثِّلُ عاصمة الدولة، بما أنَّها مَركَز الثقل في التركُّز السُّكَّاني والنشاط البَشري، والمَحطة الأخرى تَمَّ اختيارها وفقًا لِسِجلِّهَا التاريخي، مع التَطَرُّفَات الحَراريَّة، في تَقارير التغيُّرات المُناخيَّة. وبالنسبةِ **للدولِ صغيرة المِساحة**، فقد تَمَّ اختيار **مَحطة أرصاد واحدة فقط**، وغالبًا مَا تَكُونُ **عاصمة الدولة**.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

جدول (٢) النمَاذِجُ المُناخيَّة القَائِم عليها مُخرجات بيانات مَلف NetCDF لِمُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري

م	اسم النموذج	الوكالة التابع لها النموذج	الدولة	الدقة المكانية خط الطول × دائرة العرض
1	ACCESS1.0	منظمة الكومنولث للبحوث العلمية و الصناعية / مكتب الرصاد الجوية.	أستراليا	—
2	ACCESS1.3			—
3	bcc-csm1-1	مركز بكين للمناخ، إدارة الأرصاد الجوية الصينية.	الصين	2.8×2.8°
4	bcc-csm1-1-m			1.12×1.12°
5	BNU-ESM	كلية التغيير العالمي وعلوم نظام الأرض، جامعة بكين للمعلمين.		2.8×2.8°
6	CanAM4	المركز الكندي لنمذجة وتحليل المناخ CCCMA	كندا	—
7	CanCM4			—
8	CanESM2			2.8×2.8°
9	CCSM4	المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي NCAR NSF-DOE-NCAR	الولايات المتحدة الأمريكية	1.25×0.94°
10	CCSM1(BGC)			—
11	CCSM1(CAM5)			—
12	CCSM1(CAM5.1,FV2)			—
13	CCSM1(FASTCHEM)			—
14	CCSM1(WACCM)			—
15	CMCC-CESM	المركز الأورو متوسطي حول تغير المناخ CMCC	إيطاليا	—
16	CMCC-CM			—
17	CMCC-CMS			—
18	CNRM-CM5	المركز الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية و البحوث الطبية والمركز الأوروبي للبحوث.	فرنسا	1.4×1.4°
19	CNRM-CM5-2			—
20	CSIRO-MK3-6-0	منظمة الكومنولث للبحوث العلمية و الصناعية / مركز التميز لتغير المناخ في كوينز لاند	أستراليا	1.8×1.8°
21	EC-EARTH	المركز الأيرلندي للحوسبة المتطورة.	هولندا / أيرلندا	—
22	FIO-ESM	المعهد الأول لعلوم المحيطاتSOA	الصين	—
23	FGOALS-g2	معهد دراسة الغلاف الجوي، وأكاديمية العلوم LASG		3.0×3.0°
24	GFDL-CM3	المختبر الديناميكي للسوائل الجيوفيزيائية بالولايات المتحد الأمريكية NOAA	الولايات المتحدة الأمريكية	2.0×2.0°
25	GFDL-ESM2M			2.5×2.0°
26	GFDL-ESM2G			2.5×2.0°
27	GFDL-CM2.1			—
28	GFDL-HIRAM-C180			—
29	GFDL-HIRAM-C360			—

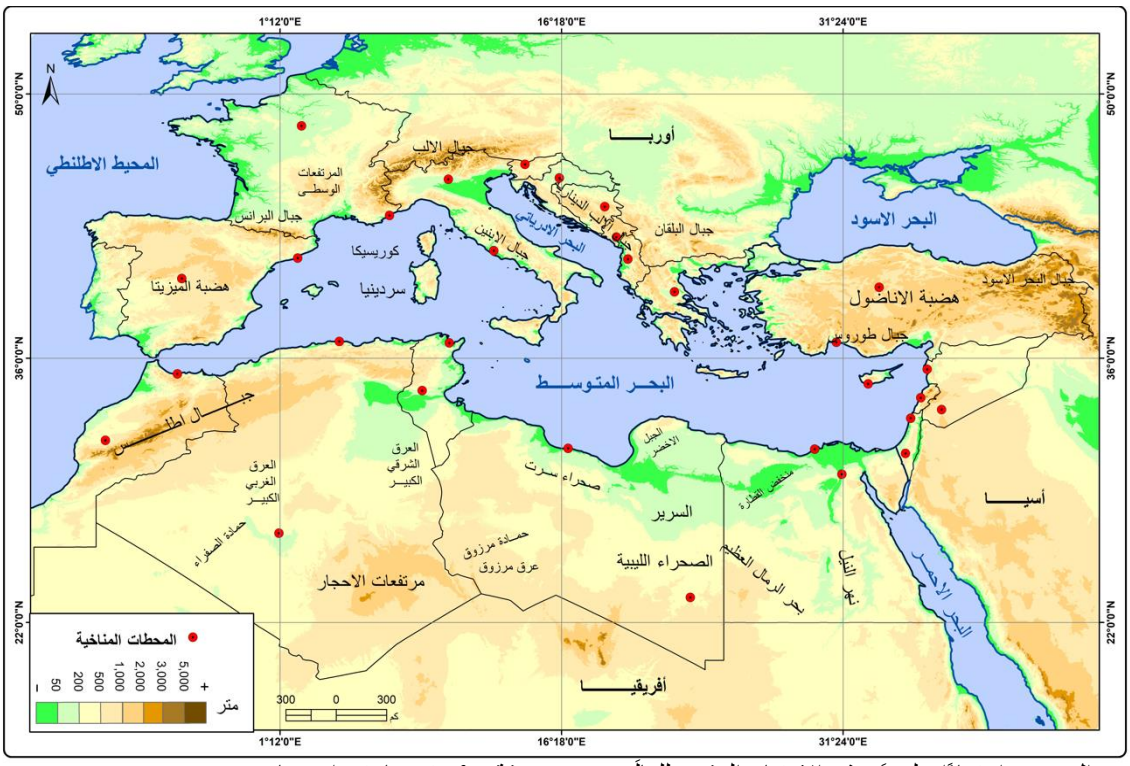
(تابع) النمَاذِجُ المُناخيَّة القَائم عليها مُخرجات بيانات مَلف NetCDF لِمُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري

م	اسم النموذج	الوكالة التابع لها النموذج	الدولة	الدقة المكانية خط الطول × دائرة العرض
30	GISS-E2-H	معهد جودار للدراسات الفضائية مكتب الأرصاد الجوية الأمريكية NASA	الولايات المتحدة الأمريكية	—
31	GISS-E2-R			—
32	GISS-E2-H-CC			—
33	GISS-E2-R-CC			2.0×2.0°
34	HadGEM2-AO	المعهد الوطني لأبحاث الأرصاد الجوية، إدارة الأرصاد الجوية.	كوريا الجنوبية	—
35	HadGEM2-ES	المعهد المحلي لأبحاث الفضاء.	البرازيل	—
36	HadCM3	مركز هادلي Hadley Center	المملكة المتحدة	—
37	HadGEM2-A			1.88×1.25°
38	HadGEM2-CC			1.88×1.25°
39	INM-CM4.0	معهد الرياضيات الرقمية، وأكاديمية العلوم.	روسيا	2.0×1.5°
40	IPSL-CM5A-LR	معهد بيير سيمون لابلاس Simon Pierre Laplace	فرنسا	3.75×1.8°
41	IPSL-CM5A-MR			2.5×1.25°
42	IPSL-CM5B-LR			2.75×1.8°
43	MIROC5	معهد أبحاث الغلاف الجوي والمحيطات (جامعة طوكيو)، والمعهد الوطني للدراسات البيئية، والوكالة اليابانية لعلوم وتكنولوجيا الأرض والبحار.	اليابان	1.4×1.4°
44	MIROC-ESM			2.8×2.8°
45	MIROC-ESM-CHEM			2.8×2.8°
46	MPI-ESM-LR	معهد بحوث الأرصاد الجوية الألمانية.	ألمانيا	1.8×1.8°
47	MPI-ESM-MR			—
48	MPI-ESM-P			—
49	MRI-CGDM3	معهد بحوث الأرصاد الجوية اليابانية.	اليابان	1.1× 1.1°
50	MRI-AGCM3.2H			—
51	MRI-AGCM3.2S			—
52	MRI-ESM1			—
53	NorESM1-M	مركز بيركنيس لبحوث المناخ، و المعهد النرويجي للأرصاد الجوية.	النرويج	2.5×1.9°
54	NorESM1-ME			—

المَصدر: (Lynch & Thibeault, 2015, P.350) & (Taschetto, et al., 2014, P.2864)

- https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/en/overview/methodology/list-models/
- https://ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/AR5/Reference-Archive.html
- https://www.climatologylab.org/cmip5-models.html

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المصدر: اعتمادًا على نَموذج الارتفاع الرقمي للعَالَم **DEM**، بدقة **٩٠ متر**، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3

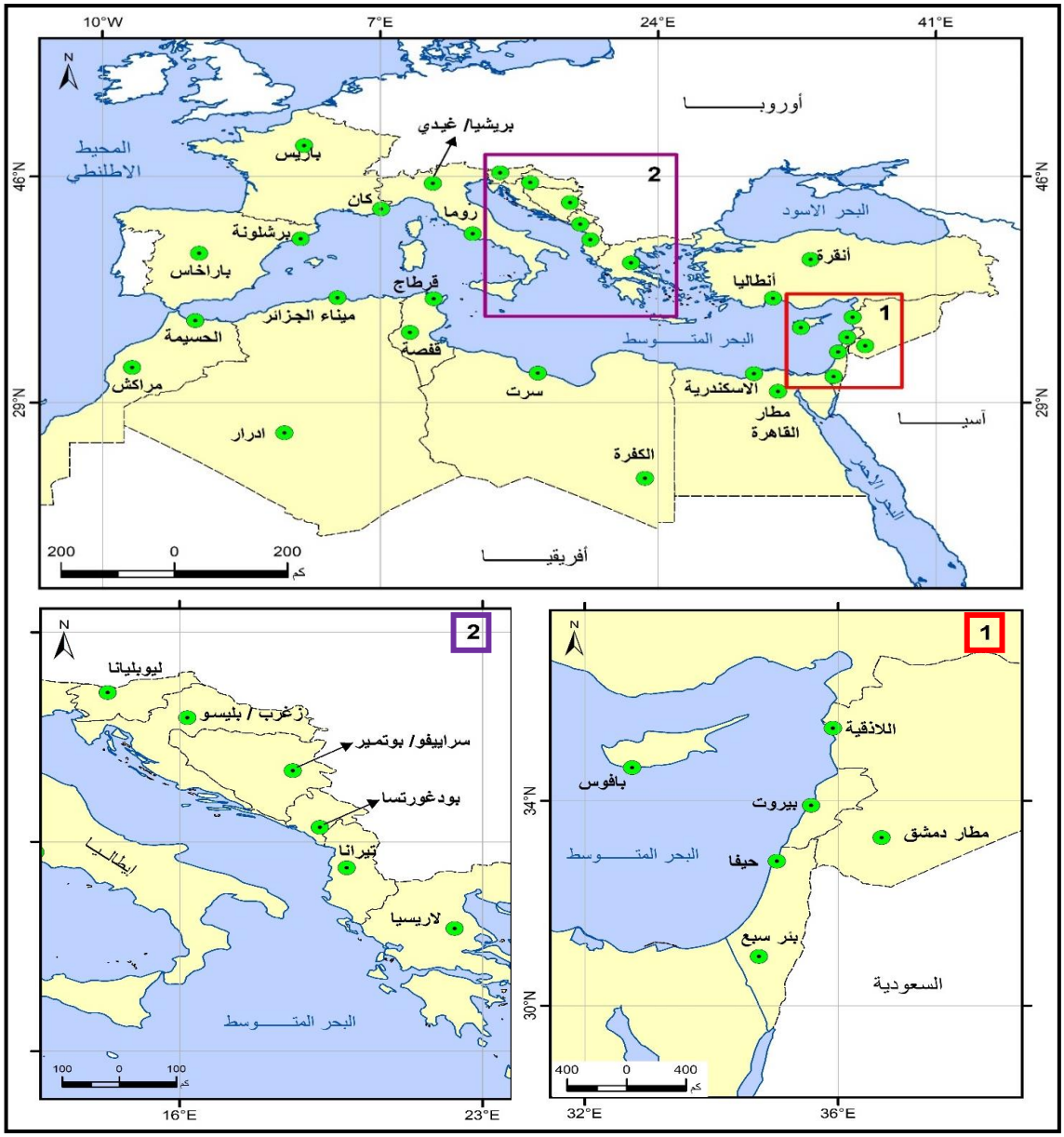
شكل (٥) مَظاهر سَطح الأرض بمَنطقة الدراسة

جدول (٣) المَحطات المُناخيَّة التي اعتمدَت عليها الدراسة

القَارة	اسم الدولة	اسم المَحطة	الكود الدولي للمَحطة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع فوق مستوى سطح البحر (متر)
أفريقيـا	مصر	لأسكندرية / النزهة	623180	31.2	29.95	-2
		مطار القاهرة	623660	30.13	31.4	64
	ليبيا	مطار طرابلس	620100	32.66	13.5	80
		الكفرة	622710	24.21	23.3	417
	تونس	تونس/ قرطاج	607150	36.83	10.23	3
		قصفة	607450	84.41	8.81	313
	الجزائر	ميناء الجزائر	603690	36.76	3.1	12
		أدرار	606200	26.5	0.28	263
	المغرب	مراكش	602300	31.61	-8.03	468
		الحسيمة	601070	35.18	-3.85	27
أوربـا	أسبانيا	مدينة برشلونة	81800	41.41	2.15	178
		مدريد/ بارخاس	82210	40.45	-3.55	609
	فرنسا	كان	76840	43.53	6.95	3
		مطار باريس	71570	49.01	2.53	118
	إيطاليا	بريشيا / غيدي	160880	45.41	10.28	102
		روما	162400	41.9	12.48	95
	سلوفينيا	ليوبليانا	130140	46.21	14.48	385
	كرواتيا	زغرب / بليسو	142410	45.73	16.06	106
	البوسنة والهرسك	سراييفو / بوتمير	133530	43.81	18.33	511
	الجبل الأسود	بودغورتسا	134620	42.36	19.25	33
	ألبانيا	تيرانا	136150	41.33	19.78	89
	اليونان	لاريسا	166480	39.63	22.41	73
آسيـا	قبرص	مطار بافوس	176000	34.71	32.48	11
	تركيا	أنقرة	171280	40.11	33	953
		أنطاليا	173000	36.86	30.73	1156
	سوريا	مطار دمشق	400800	33.4	36.51	608
		اللاذقية	400220	35.53	35.76	7
	لبنان	مطار بيروت	401000	33.81	35.48	29
	فلسطين	بئر سبع	401910	31.23	34.78	275
		حيفا	401550	32.8	35.03	8

المَصدر: موقع البيانات المُناخيَّة https://en.tutiempo.net/climate

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المَصدر: اعتمادًا على: Shape file لِشركة Esri للعَالَم، باستخدام برنامج Arc GIS 10.3، وبيانات **جدول (٣)**.

شكل (٦) المَحطات المُناخيَّة التي اعتمدَت عليها الدراسة

عَناصر الدراسة:

بُنِيَتْ هذه الدراسةُ على **عُنصرين أَسَاسيّين**، في مُحاولةٍ مِن البَاحثين لِتحقِيقِ أهدافِهَا، وهَذين العُنصرين، **هُما:**

أولًا: مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري وسِيناريوهَاتها المُستقبليَّة في دِول حوض البَحر المُتوسط.

ثانيًا: نَمَاذِجٌ مِن الآثارِ البيئيَّةِ، المُترتِّبَة على التَطَرُّفاتِ الحَراريَّةِ في دولِ حوض البَحر المُتوسط.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

أولًا: مُؤشِّرات التطرُّف الحَراري وسيناريوهاتها المُستقبليَّة في دول حوض البَحر المُتوسط:

قَامَت مَجموعة الخُبَراء مِن المُنظَّمةِ العَالميَّة للأرصادِ الجَويَّة WMO بتصميم **٤٠ مُؤشِّرًا لِتَطَرُّفِ دَرَجَات الحَرارة وكميَّة المَطر**، ولَكِن بَعد المُراجعة تَمَّ اعتمادُ **٢٧ مُؤشِّرا فقط**، كَأسَاسٍ للتَطَرُّفِ اليَومي لِدَرَجَات الحَرارة وكِميَّة المَطر. اعتمَدت هذه الدراسةُ على **١٥ مُؤشِّرًا** لِدَرَجَات الحَرارة وكِميَّة المَطر.

تَستندُ بَعض مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري اليَوميَّة على قِيمٍ **ثَابتةٍ** كَحَدٍّ حَرِجٍ لِلمُؤشِّر، **مِثل:** مُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة، الذي يَعتمدُ على دَرَجَة حَرارة عُظمى أَكْبَر مِن ٢٥°س، وتَكُونُ ثَابتةً في كُلِّ مَحطاتِ أرصادِ العَالَم، وبَعض المُؤشِّرات **تَتَغَيَّر** قِيمتها وفقًا لِمَوقعِ المَحطة، **مِثل:** مُؤشِّر الأيَّام الحَارة أو البَاردة، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الجدول (٤)**.

جدول (٤) مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري اليَوميَّة المُسْتَخْدَمَة في الدراسة

م	المُؤشِّر	اسم المُؤشِّر	تَفسير المُؤشِّر	وحدة المُؤشِّر
1	TXx	القيمة القُصوى الشهريَّة لدرجة الحَرارة العُظمى اليوميَّة	أعلى درجة حَرارة عظمى يوميَّة (أحَر يوم)	°س
2	TXn	القيمة الدنيا الشهريَّة لدرجة الحَرارة العُظمى اليوميَّة	أقل درجة حَرارة عظمى يوميَّة (أبْرد يوم)	°س
3	TNx	القيمة القُصوى الشهريَّة لدرجة الحَرارة الصغرى اليوميَّة	أعلى درجة حَرارة صغرى يوميَّة (أدفأ ليلة)	°س
4	TNn	القيمة الدنيا الشهريَّة لدرجة الحَرارة الصغرى اليوميَّة	أقل درجة حَرارة صغرى يوميَّة (أبْرد ليلة)	°س
5	DTR	المَدى الحَراري اليَومي	الفرق بين درجات الحَرارة العُظمى والصغرى اليوميَّة	°س
6	TX90p	الأيَّام الحَارة	وهي نسبة الأيَّام التي تكون فيها درجة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أكثر من 90% من سلسة البيانات	% من الأيَّام
7	TX10p	الأيَّام البَاردة	وهي نسبة الأيَّام التي تكون فيها درجة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أقل من 10% من سلسة البيانات	% من الأيَّام
8	TN90p	اللَيَالي الدافئة	وهي نسبة الليالي التي تكون فيها درجة الحَرارة الصغرى أكثر من 90% من سلسة البيانات	% من اللَيَالي
9	TN10p	اللَيَالي البَاردة	وهي نسبة الليالي التي تكون فيها درجة الحَرارة الصغرى أقل من 10% من سلسة البيانات	% من الليالي
10	SU	الأيَّام الصيفيَّة	مَجموع أو عدد الأيَّام التي تكون درجة الحَرارة العُظمى بها أكبر من 25° س	يوم
11	TR	اللَيَالي المَداريَّة	مَجموع أو عدد الليالي التي تكون درجة الحَرارة الصغرى بها أكبر من 20° س	لَيْلَة
12	FD	أيَّام الصقيع	مَجموع أو عدد الأيَّام التي تكون درجة الحَرارة الصغرى بها أقل من صفر° س	يَوم
13	ID	أيَّام الثلج	مَجموع أو عدد الأيَّام التي تكون درجة الحَرارة العُظمى بها أقل من صفر° س	يَوم
14	CDD	مُؤشِّر أطول فترة جَفاف	الحَد الأقصى للأيَّام المُتتاليَة التي يَكُونُ بها إجمالي التساقط أقل من 1 ملم في اليوم	يَوم
15	CWD	مُؤشِّر أطول فترة رَطبة	الحَد الأقصى للأيَّام المُتتاليَة التي يَكُونُ بها إجمالي التساقط أكبر من 1 ملم في اليوم	يَوم

- https://interactive-atlas.ipcc.ch/
- https://climate-modelling.canada.ca/data/climdex/climdex
- http://etccdi.pacificclimate.org/indices

تَمَّ تَحليلُ مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري، ومُقارنتها مَع بَعضِها البَعض، خِلال فَترات **العقود الثلاثة**، وفَترتي المُستقبل؛ وذلك لِتقييمِ الاتجاهَات الزمنيَّة والمَكانيَّة لِدَرَجَاتِ الحَرارة العُظمى والصغرى اليَوميَّة بمَنطقةِ الدراسةِ. وقد وضِعَت فَرضيَّة لِمَعرفةِ الاتجاهِ العَام للمُؤشِّرات، ومِقْدَار التغيُّر بها، وفقًا **لاختبار Shapiro-Wilk** ، و**اختبار Kolmogorov-Smirnov**، عِند **مُستوى الدلالة الإحصائيَّة 0.05 (5%)**، **ودَرَجة ثِقة 95%**؛ لِمَا يَترتَّبُ عليه تَحديدُ نُوع **اختبار التجانس**، الذي إمَّا أن يَكُونَ **اختبار الـ(T–Test)** للمُؤشِّرات ذات البيانات المُوزعة توزيعًا طَبيعيًّا[1]، أو **اختبار الـ Marginal Homogeneity)** للمُؤشِّرات ذات البيانات غَيْر المُوزعة توزيعًا طَبيعيًّا.

١) <u>مُؤشِّر أَعلى دَرَجَة حَرارة عُظمى يَوميَّة (أَحَر يوم TXx)</u>:

يَتَضِحُ مِن **شَكل (٧)** أنَّ المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر **(أَحَر يوم TXx)**، خِلال الفَترة مِن **(١٩٩٣–٢٠٢٢)** قد سَجَّلَ أناده في شَمالِ مَنطقة الدراسة؛ حيثُ بَلَغ **٣٢,٥°س**، وسَجَّلَت مَحطة **بريشيا/غيدي بإيطاليا** أدنى مُعَدَّل في مَنطقةِ الدراسة **٣٠°س**، وذلك لارتفاعِ مَناسيب سَطح الأرض هُناك. كَمَا يُلاحظُ زيادة قِيم المُؤشِّر بالاتجاهِ جنوبًا، حيثُ بَلَغَ المُعَدَّل في جنوب مَنطقة الدراسة **٤٢,٤°س**، ويَتضِحُ ذلك مِن قِيمة المُؤشِّر في مَحطة **أدرار بالجزائر**؛ حيثُ سُجلت بها أعلى قِيمة لِلمُؤشِّر في مَنطقة الدراسة **٤٦,٥°س**؛ نَظرًا لتأثُّرِها بالمُناخ القَاري الذي يُؤثِّرُ، بشَكلٍ فَعَّالٍ، في جَميعِ المُؤشِّرات. بينما بَلَغَ المُعَدَّل في شَرقِ مَنطقة الدراسة **٣٥,٦°س**. كَمَا أنَّه يَزداد كذلك في السنوات الأحدث، فيُلاحظُ أنه سَجَّلَ أدناه في الفَترة العَشْريَّة الأولى (١٩٩٣–٢٠٠٢)، فَقد تَراوحَ بين ٢٧° – ٤٧°س، ثُمَّ ازدادَ المُعَدَّل السنوي في الفَترة العَشْريَّة الثانية (٢٠٠٣–٢٠١٢)، لِيصلَ إلى ٢٧° – ٤٨,٢°س، بَينما بَلَغَ أقصاه في الفَترة العَشْريَّة الثالثة (٢٠١٣–٢٠٢٢)، لِيتراوحَ بَين ٢٧,٢° – ٤٨,٩°س.

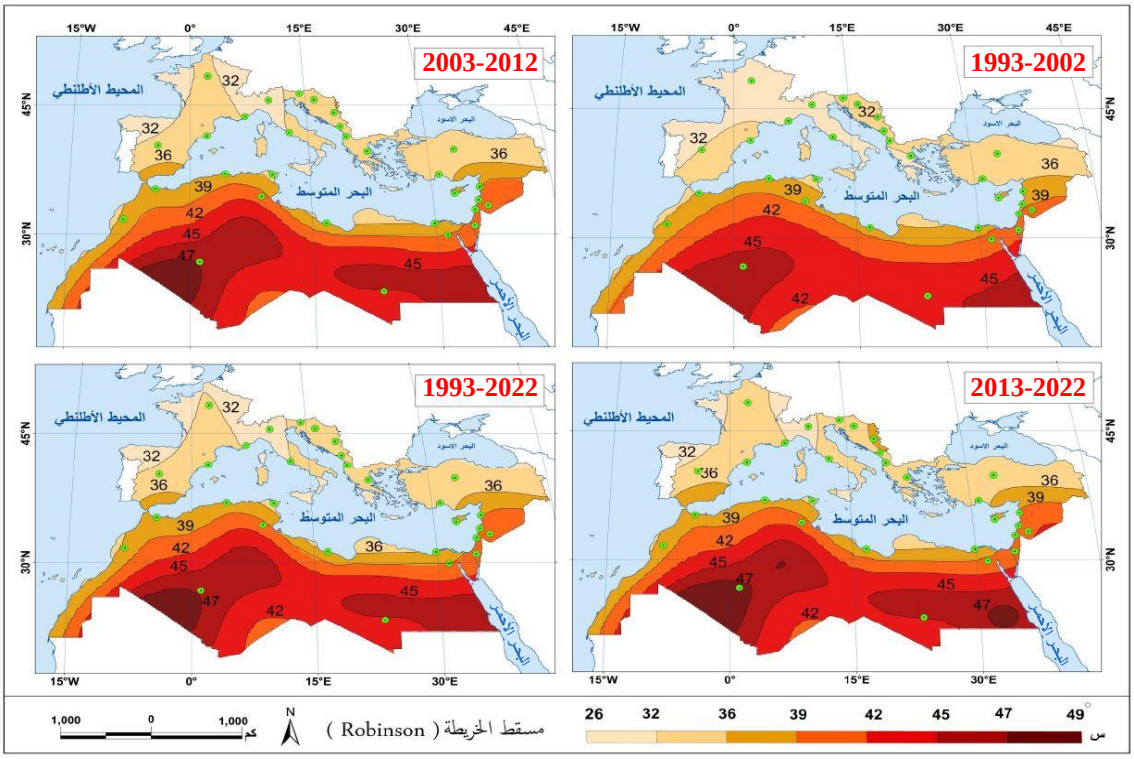
في يوم (١٧ **يوليو٢٠٢٢**)، ضَرَبَت مَوْجَةٌ حَارةٌ جنوب غرب فرنسا واليونان، وقد ارتفعَت دَرَجَة العُظمى إلى **٤٠°س**، وفقًا لِمَا سَجَّلَته هيئة الأرصاد الجَويَّة الفرنسيَّة؛ مِمَّا أدَّى إلى حَرائقِ الغَابات، وغَطَّى الدخان نَحو ١١ ألف هكتار مِن الغابات، وفي إسبانيا دَمَّرت الحَرائق نحو ٤٤٠٠ هكتار مِن الغابات. وكذلك في يوم (١٢ **أغسطس٢٠٢٢**) اشتعلت الحَرائق في إسبانيا وجنوب غرب فرنسا، وتَمَّ إحراق أكثر مِن ١٧٠٠٠ ألف فدان، وتَمَّ إجلاء أكثر مِن

https://www.dw.com/ar/

صورة (١) حرائق الغابات منطقة Aliveri اليونان يوم (١٧ يوليو٢٠٢٢)

(١) **اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات:** عِبارة عَن توزيع نَظري للبيانات المُتجمّعة، ويَظْهَرُ على شَكْلِ **جَرس** يُسمَّى (**مُنحنى كاوس**). ويَكُونُ التوزيعُ مُتماثلًا أو طَبيعيًا عندما تتطابقُ فيه قِيم مَقاييس النزعة المركزية (الوسط - الوسيط - المنوال). وثَمَّة عِدَّة طُرق لاختبار البيانات. وفي هذه الدراسة تَمَّ الاعتمادُ على **اختبار Kolmogrov – Simrnov**، و**اختبار Shapiro – Wilk**، في مَعرفةِ التوزيع الطبيعي لبياناتِ مَنطقة الدراسة.

٣٢٠٠٠ مواطن، وبَلَغَت دَرَجَة الحَرارة العُظمى **٣٩°س**، وأعلنت اليونان أنها سترسل مُساعدات إلى فرنسا. وكان السبب الرئيس في هذه الحَرائق جَفَاف الغِطاء النباتي، وانخفاض مُستويات الرطوبة في التربة بشَكلٍ كبيرٍ(١).



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٧) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَحَر يوم TXx بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أظْهَرَت نتيجة اختبار التوزيع الطبيعي لبيانات مُؤشِّر أَحَر يوم **(TXx) قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي**؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **(P-Value) لاختبار Shapiro-Wilk** في شمال وشرق المَنطقة، **واختبار Kolmogorov–Smirnov** في الجنوبِ **أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الجدول (٥)** الذي يُظْهِرُ التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أَحَر يوم **(TXx)**، و**الشكل (٨)** الذي يُوضِّحُ المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أَحَر يوم **(TXx)** لِفَترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين.

يُلاحظُ مِن **الجَدول (٥) والشكلِ (٨)** أن المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أَحَر يوم **(TXx)**، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)**، أن هناك زيادة في دَرَجَة الحَرارة العُظمى لا تَتَجَاوز **٢°س**، خِلال فَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن الحَادي والعشرين، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**.

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** فَقد يَتشابه المُعَدَّل، إلى حَدٍّ مَا مع سيناريو الانبعاثات الأدنى، خِلال فَترة مُنتصف القَرن. بينما يَزدادُ في نِهاية القَرن، وذلك في الأجزاءِ

(١) https://www.dw.com/ar/ ، تمَّ الاسترجاع **في:** (١٧ **مايو** ٢٠٢٤).

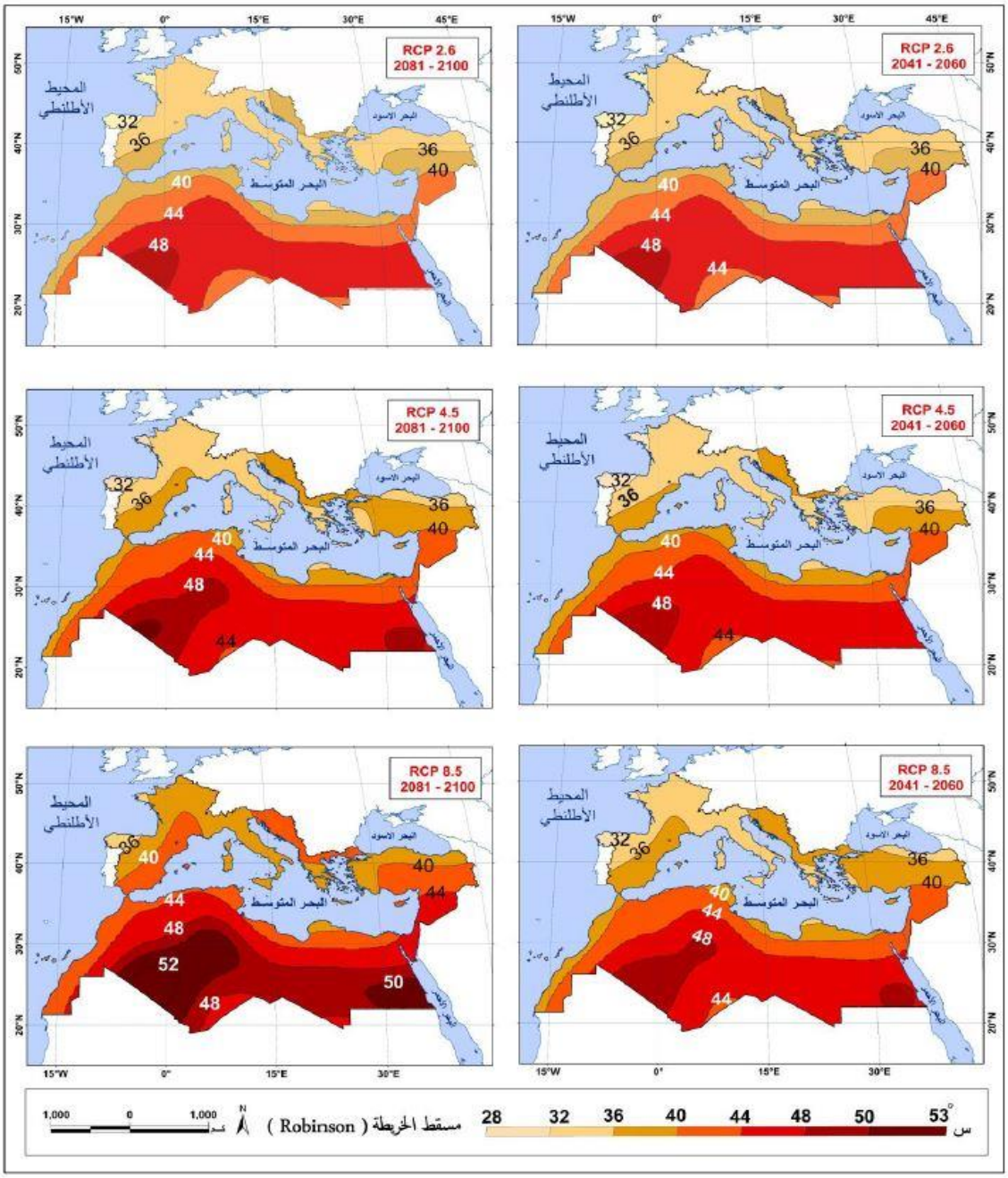
الجنوبيَّة الغَربيَّة مِن مَنطقةِ الدراسة **(الجزائر)**. وقد يَبْلُغُ أعلى فَارق في الزيادة، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة، في شمال منطقة الدراسة.

وفي حَالِ سيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، الذي يُعَدُّ السيناريو الأسوأ مِن حيثُ النتائج والأكْثر تَشاؤمًا في توقّعاتِه، أنّه مِن المُتوقَّع زيادة كبيرة في دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة، قد تَتَجَاوزُ **٢,٨°س** في جنوب مصر والجزائر.

جدول (٥) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أَحَر يوم (TXx)

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـــمرنوف & شابيرو – ويـــلك	المتوسط درجة س	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.719	32.5	_	3.2	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.591	34.0	1.5	3.4	0.99	0.001	0.000
	(2081 – 2100)	2.6	0.655	33.8	1.3	3.4	0.99	0.000	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.585	34.3	1.8	3.5	0.99	0.006	0.004
	(2081 – 2100)	4.5	0.495	35.1	2.6	3.6	0.99	0.003	0.004
	(2041 – 2061)	8.5	0.402	35.3	2.8	3.6	0.94	0.004	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.055	39.1	6.5	7.1	0.92	0.028	0.009
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.246	35.6	_	3.4	_		_
	(2041 – 2061)	2.6	0.263	37.2	1.6	3.4	0.99	0.008	0.010
	(2081 – 2100)	2.6	0.250	37.1	1.5	3.4	1	0.006	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.294	37.4	1.7	3.5	0.98	0.006	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.292	38.2	2.5	3.5	0.97	0.002	0.003
	(2041 – 2061)	8.5	0.383	38.4	2.8	3.4	0.97	0.004	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.370	41.6	6.0	3.5	0.92	0.020	0.006
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.000	42.4	_	4.1	_		_
	(2041 – 2061)	2.6	0.032	43.5	1.1	4.1	0.99	0.003	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.033	43.4	1.0	4.1	0.99	0.003	0.011
	(2041 – 2061)	4.5	0.000	43.8	1.4	4.2	0.97	0.000	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.008	44.5	2.1	4.3	0.97	0.002	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.037	44.3	1.9	4.1	0.97	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.019	47.3	4.9	4.4	0.92	0.000	0.000

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

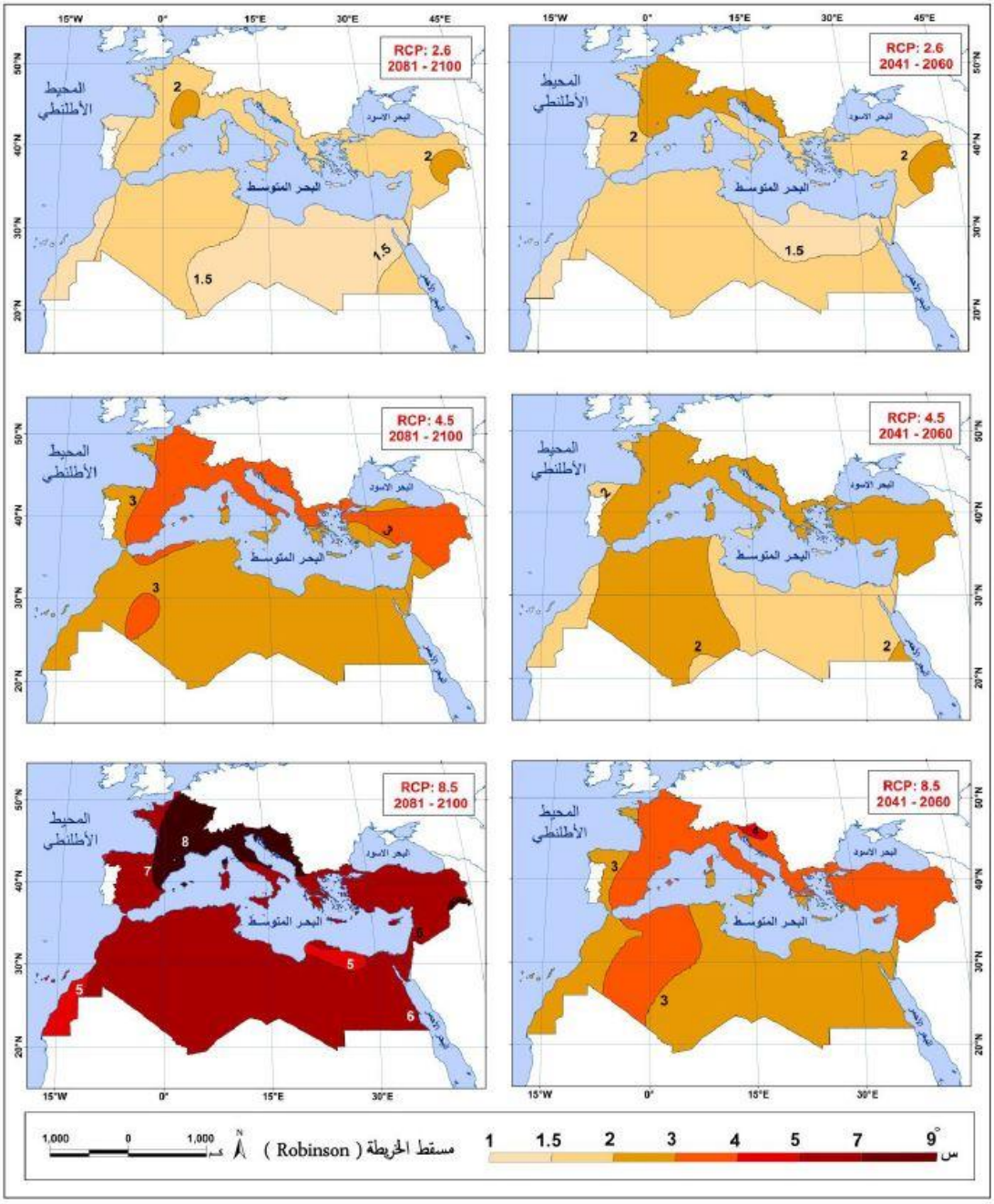


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٨) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَحَر يوم TXx لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

يَتَضِحُ مِن **الشكلِ (٩)** أن المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِزيادةِ دَرَجَة الحَرارة العُظمى يَظَلُّ **أقل مِن ٢°س**، في مُعظمِ دول حوض البحر المُتوسط، خِلال فَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن الحَادي والعشرين، بالنسبةِ للفترةِ المَرجعيَّة (١٩٨١–٢٠١٠م)، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**، لكن يَظَلُّ هذا السيناريو غَيْر آمنٍ؛ نَظرًا لارتفاعِ قِيم الانبعاثات الحَاليَة.

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيلاحظ أنَّ الزيادة قَد تَصلُ إلى **٣°س** في مَنتصفِ القَرن، وقد تَتَجَاوزُ **٣,٨°س** بحلولِ نهاية القرن. وعلى حَسَب تَقديرات السيناريو **(RCP 8.5)**، هو السيناريو الأشدّ حِدةً والأكثر تَشاؤمًا، أن المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِزيادةِ دَرَجَة الحَرارة العُظمى قد تَتَجَاوزُ **٥°س**، في مُنتصف القرن، وتَتَجَاوزُ **٧°س**، مع نِهاية القَرن الحَادي والعشرين؛ مِمَّا يَترتب عليه تَأثيراتٌ كبيرةٌ على البيئةِ الطبيعيَّة والبَشريَّة في دولِ حوض البَحر المُتوسط، مِثل تِكْرار حدوث مَوْجَات الحَر، ومَوْجَات الجَفَاف، وما يَتبع ذلك مِن تدهور اقتصاد كثير مِن دولِ مَنطقة الدارسة.



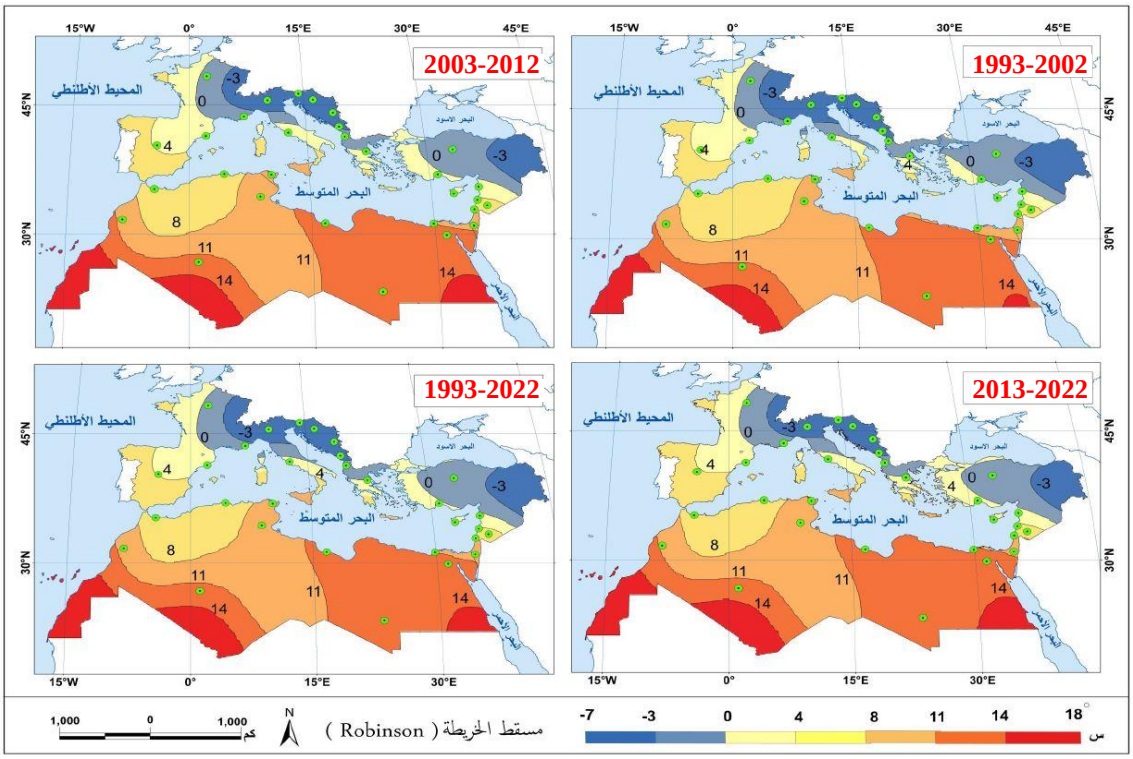
المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٩) مِقْدَار التغَيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَحَر يوم TXx في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

٢) مُؤشِّر أَقل دَرَجَة حَرارة عُظمى يَوميَّة (أَبْرَد يوم TXn):

يَتَضِحُ مِن **شكل (١٠)** أنَّ المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر **(أَبْرَد يوم TXn)** خِلال الفَترة مِن **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)** قد سَجَّلَ أناده في شرقِ مَنطقة الدراسة؛ حيثُ بَلَغ **-١,٣٠°س**، وسَجَّلَت مَحطة **أنطاليا بتركيا** أدنى قِيمة لِدَرَجَة الحَرارة العُظمى في الشرقِ بمُعدل **-٢,٧°س**، بينما سَجَّلت مَحطة **بريشيا/غيدي بإيطاليا**، أدنى قِيمة في مَنطقةِ الدراسة **-٦,٢°س**. وذلك نَظرًا لارتفاعِ سَطْح الأرض بتلك المَناطق، كهضبةِ الأناضول، وجبال الألب.

يُلاحظُ زيادة قِيم المُؤشِّر بالاتجاهِ جنوبًا؛ حيثُ بَلَغَ المُعَدَّل في جنوبِ مَنطقة الدراسة **١١,٣°س**. وسَجَّلَت مَحطة **الأسكندريَّة/النزهة** أعلى قِيمة في مَنطقةِ الدراسة بأكملِها **١٢,٤°س**. بينما بَلَغَ المُعَدَّل في شمال مَنطقة الدراسة **٠,٧٥°س**. كَمَا أنه سَجَّل أدناه في الفَترة الأولى **(١٩٩٣-٢٠٠٢)** فقد تَراوحَ بين **-٦,٨° : ١٧,١°س**، ثُم زَاد المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية **(٢٠٠٣-٢٠١٢)** لِيصلَ إلى **-٦,٨° : ١٧,٨°س**، بينما بَلَغ أقصاه في الفترة الثالثة **(٢٠١٣-٢٠٢٢)**، لِيتراوحَ بين **-٥,٨° : ١٧,٩°س**، وسَجَّلَت: تركيا، والبوسنة والهرسك، وكرواتيا، وسلوفينيا، وشمال إيطاليا أدنى مُعدلات لِقيم المُؤشِّر، بينما أعلاها كانت في جنوب مِصر، والجزائر، والمَغرب.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٠) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَبْرَد يوم TXn بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

أظْهَرَت نتيجة اختبار التوزيع الطبيعي لبيانات مُؤشِّر أَبْرَد يوم **(TXn)** **قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، التي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي**؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **(P-Value) لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro-Wilk** في شمال وشرق المَنطقة، كانت ٠,١١، ٠,٩٥ على التوالي. بينما **اختبار كولوموغروف–سِمرنوف Kolmogorov–Smirnov** في الجنوبِ ٠,٠٩ **أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الجدول (٦)**، الذي يُظْهِرُ التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر **(TXn)**.

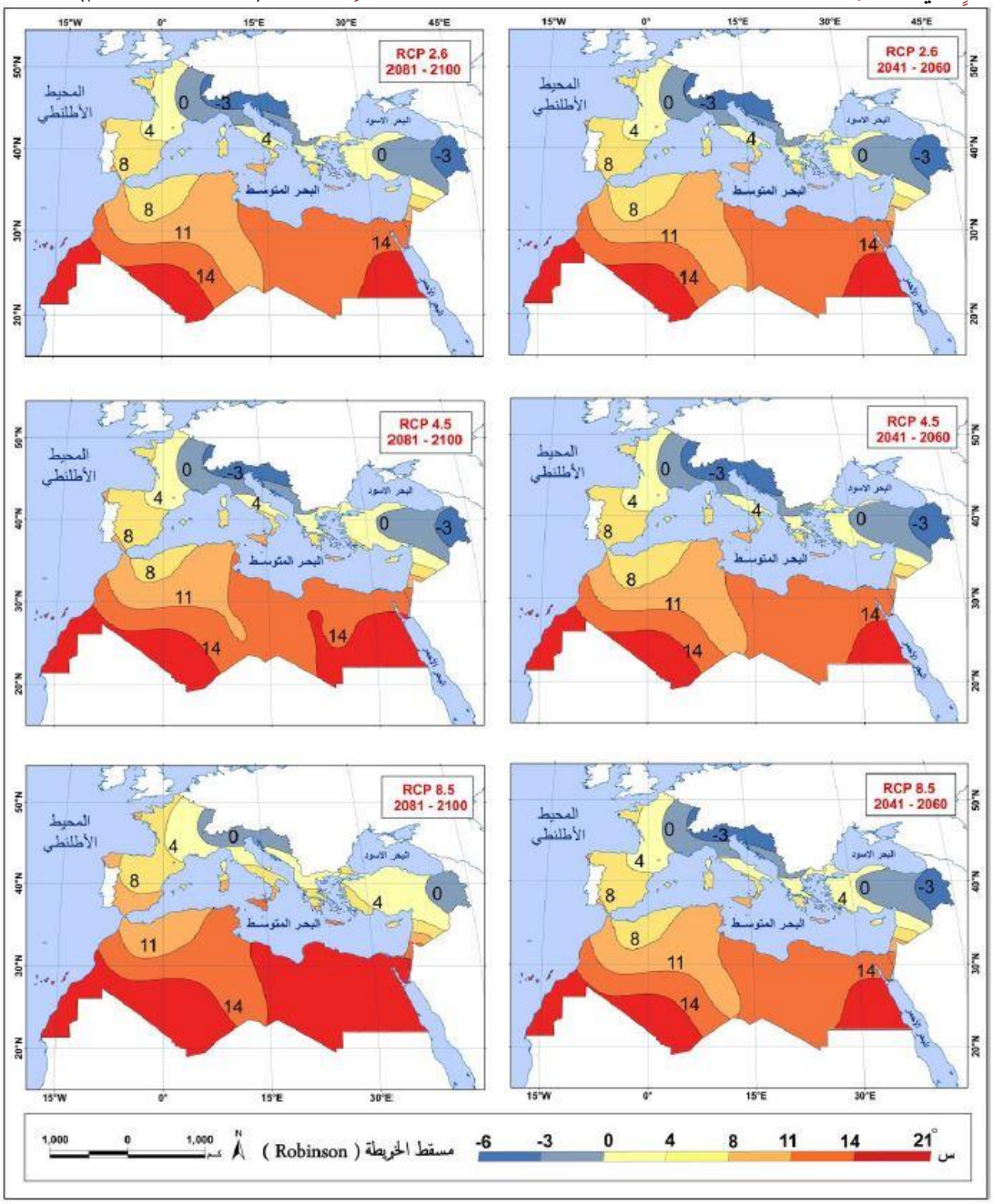
جدول (٦) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أَبْرَد يوم (TXn)

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـــمرنوف & شابيرو – ويـــلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.117	0.75	_	3.6	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.130	1.74	0.9	3.7	1	0.000	0.000
	(2081 – 2100)	2.6	0.142	1.86	1.1	4.0	1	0.000	0.002
	(2041 – 2061)	4.5	0.123	1.42	0.6	4.6	0.99	0.001	0.004
	(2081 – 2100)	4.5	0.126	2.09	1.3	4.6	0.99	0.001	0.005
	(2041 – 2061)	8.5	0.137	1.97	1.2	4.3	0.99	0.000	0.003
	(2081 – 2100)	8.5	0.200	4.32	3.5	4.2	0.97	0.009	0.003
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.959	-1.30	_	3.1	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.950	-0.40	0.9	3.0	1	0.000	0.000
	(2081 – 2100)	2.6	0.959	-0.08	1.2	3.0	1	0.001	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.762	-0.63	0.6	3.1	0.99	0.006	0.002
	(2081 – 2100)	4.5	0.801	0.16	1.4	3.1	0.99	0.003	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.764	-0.10	1.2	3.2	0.98	0.004	0.008
	(2081 – 2100)	8.5	0.573	2.35	3.6	3.1	0.95	0.028	0.008
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.091	11.3	_	2.7	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.042	12.2	0.9	2.7	0.99	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.065	12.3	1.0	2.7	1	0.000	0.000
	(2041 – 2061)	4.5	0.061	12.3	1.0	2.8	0.97	0.000	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.085	12.9	1.6	2.8	0.97	0.002	0.003
	(2041 – 2061)	8.5	0.088	12.6	1.3	2.7	0.98	0.002	0.006
	(2081 – 2100)	8.5	0.088	14.9	3.6	2.7	0.93	0.002	0.006

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ**، https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجَدول (٦) والشكلِ (١١)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر أَبْرَد يوم (TXn)** يَشْهَدُ اتجاهًا نَحو الزيادة في قِيم دَرَجَات الحَرارة العُظمى، أي نُقصانٍ في الأيَّام البَاردةِ، لِجميعِ السيناريوهات المُستقبليَّة؛ نَظرًا لزيادة نِسَب غازات الاحتباس الحَراري، التي تَتَسَبَّبُ في زيادةِ دَرَجَات الحَرارة العُظمى والصغرى، على حَدٍّ سواءٍ، فبالنظر لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)** يُلاحظُ زيادة لا تَتَجَاوز **١,٥°س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.

وبالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَزدادَ المُعَدَّل السنوي لِيتراوحَ بين **٥,٢- °: ١٨,٥°س** في مُنتصفِ القَرن، وبين **٤,٧- °: ١٩°س** في نِهايةِ القَرن، وبأعلى تَغيرٍ في جنوبِ مَنطقة الدراسة قد يَصلُ إلى **١,٦°س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.

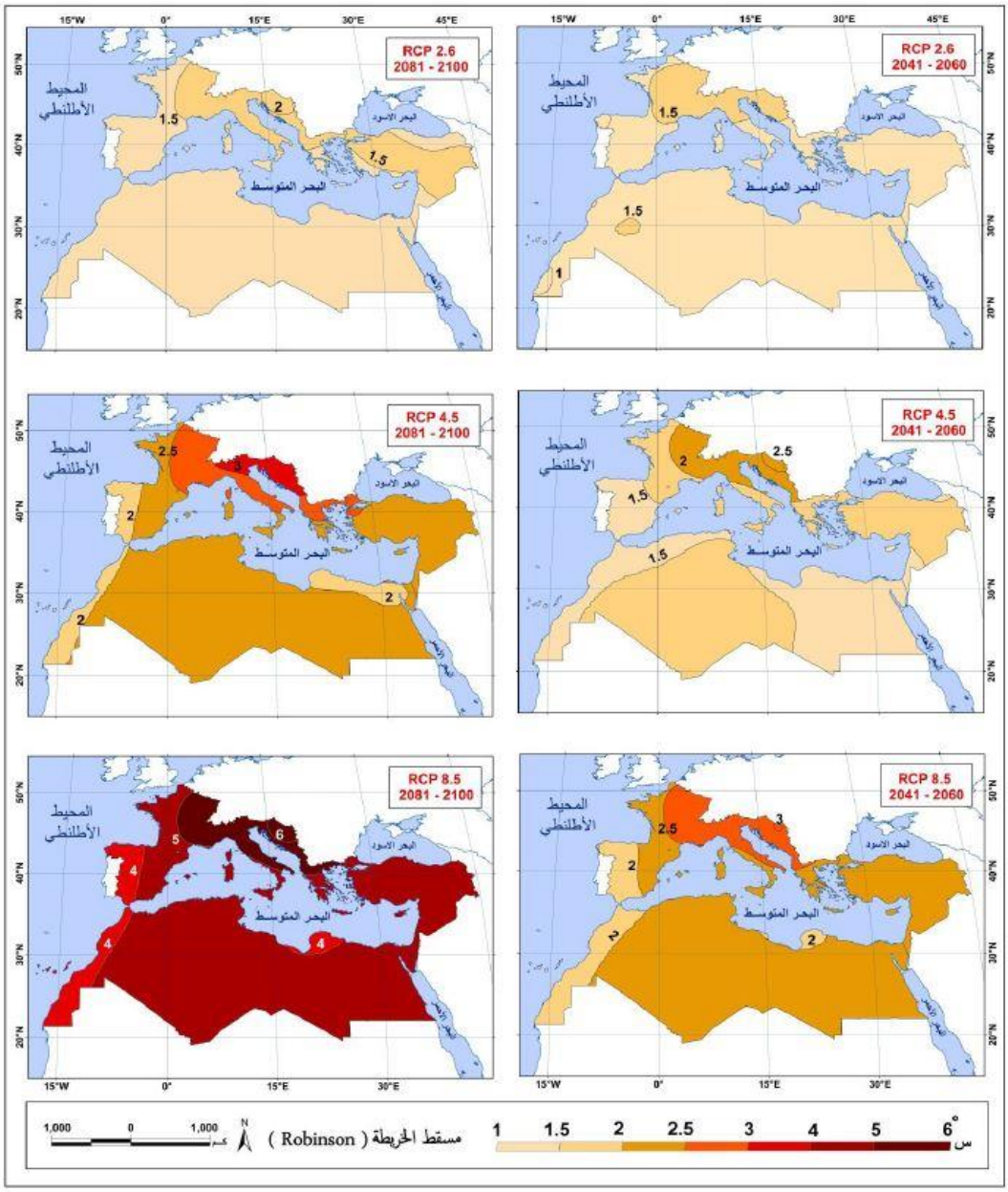


المصدر: اعتمادا على: بيانات المَنظمَه العَالميه للارصادِ الجوّيه، **بتصرف** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١١) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَبْرَد يوم TXn لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، قد تَتَجَاوزُ دَرجة الحَرارة العُظمى، خِلال الأيَّام البَاردة **٢٠°س** في بَعض المَناطق الجنوبيَّة، **كأدرار بالجزائر** لِتأثُّرِها بالمُناخِ القَاري، وبأعلى تَغيرٍ في شمال منطقة الدراسة **١,٣°س** في مُنتصف القَرن، ويَتَجَاوزُ **٣,٥°س** في نِهاية القَرن. وهذه الزيادة لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

أمَّا مِقْدَار التغيُّر في دَرَجَة الحَرارة العُظمى، بالنسبةِ للفَترةِ المَرجعيَّة **(١٩٨١-٢٠١٠م)**، فيَظَلُّ المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِزيادةِ دَرَجَة الحَرارة العُظمى **أقل** مِن **٢°س**، في مُعظم دول حوض البحر المُتوسط، خِلال فَترتي مُنتصف ونهاية القَرن الحادي والعشرين، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكلِ (١٢)**.



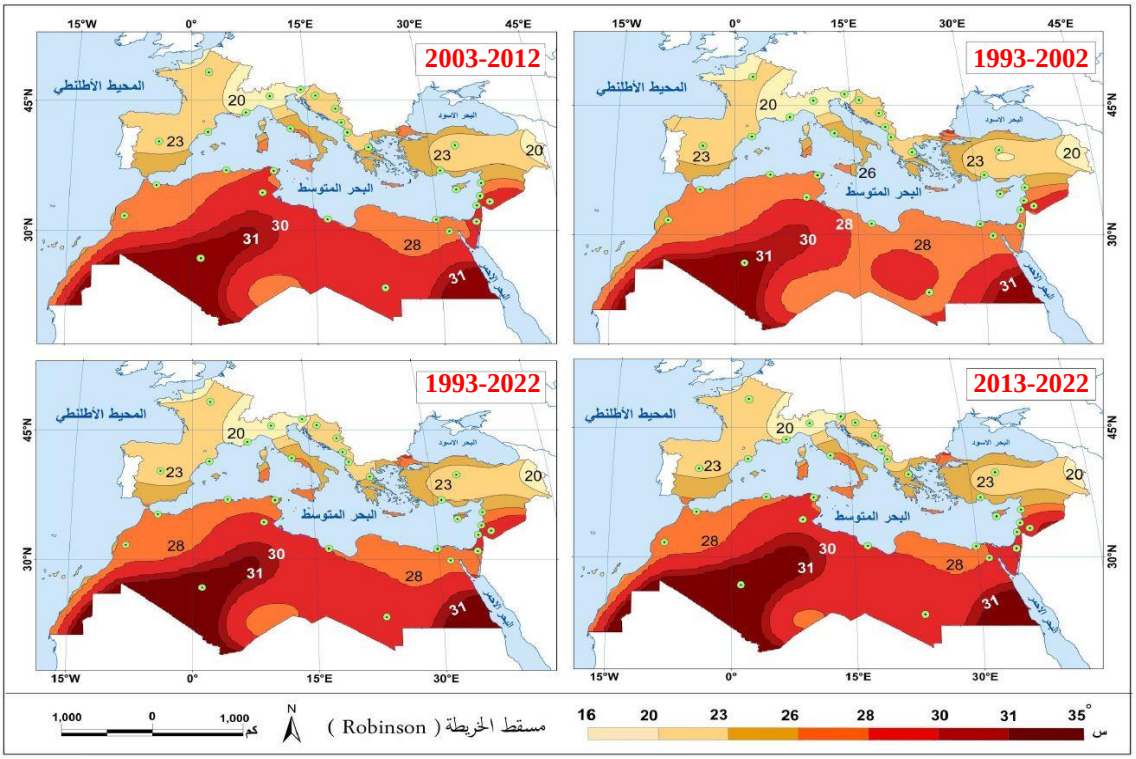
المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٢) مِقْدَار التغيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَبْرَد يوم TXn في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظ أنَّ الزيادةَ قَد تَصلُ إلى **٢,٨°س** في مُنتصفِ القَرن، وقد تَتَجَاوزُ **٣,٧°س** بحلُولِ نهاية القَرن. وعلى حَسَب تَقديرات السيناريو الأسوأ **(RCP 8.5)**، فإنَّ المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِزيادةِ دَرَجَة الحَرارة العُظمى قد يَصل إلى **٤°س**، في مُنتصفِ القَرن، ويَتَجَاوزُ **٥,٥°س**، مع نِهايةِ القَرن الحَادي والعشرين؛ نتيجة تزايد انبعاثات غازات الاحتباس الحَراري.

٣) <u>مُؤشِّر أعلى دَرَجَة حَرارة صُغرى يَوميَّة (أَدْفَأ لَيْلَة TNx)</u>:

يَتَضِحُ مِن **شكل (١٣)** أنَّ المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر **أَدْفَأ لَيْلَة TNx** خِلال الفَترة مِن **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)** قد سَجَّلَ أناده في شَمالِ مَنطقة الدراسة؛ حيثُ بَلَغ **٢١,٨°س**، وسَجَّلَت مَحطة **بريشيا/غيدي بإيطاليا** أدنى مُعَدَّل في مَنطقةِ الدراسة **١٧,٨°س**، بينما سَجَّلَت مَحطة **أدرار بالجزائر** أعلى مُعَدَّل **٣٢°س**. وتَزداد قِيم المُؤشِّر بالاتجاهِ جنوبًا؛ إذ بَلَغَ المُعَدَّل في جنوبِ مَنطقة الدراسة **٢٩°س**. كَمَا أنَّه سَجَّلَ أدناه في الفَترة الأولى **(١٩٩٣-٢٠٠٢)** حيثُ تَراوحَ بين ١٦° : **٣٣,٣°س**، ثُمَّ ازدادَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية **(٢٠٠٣-٢٠١٢)** لِيصلَ إلى ١٦° : **٣٣,٧°س**، بينما بَلَغَ أقصاه في الفَترة الثالثة **(٢٠١٣-٢٠٢٢)** لِيتراوحَ بين ١٧° : **٣٤,٢°س**، حيثُ سَجَّل أدنى مُعدَّلاته في شرق تركيا، وشمال إيطاليا، وأعلاها بمَنطقةِ حلايب جنوب مِصر، وأدرار بالجزائر.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٣) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أعلى دَرَجَة حَرارة صُغرى يَوميَّة (أَدْفَأ لَيْلَة TNx) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أظْهَرَت نتيجة اختبار التوزيع الطبيعي لبيانات مُؤشِّر **أدْفَأ لَيْلَة (TNx) قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار Shapiro-Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٢١، في حين تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أن البيانات **لا تتبع التوزيع الطبيعي** في شرق وجنوب منطقة الدراسة، وفقًا لاختبار **شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk**، واختبار **كولوموغروف–سِمرنوف Smirnov–Kolmogorov** ، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (٧)**، الذي يُظْهِرُ التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أدْفَأ لَيْلَة (TNx).

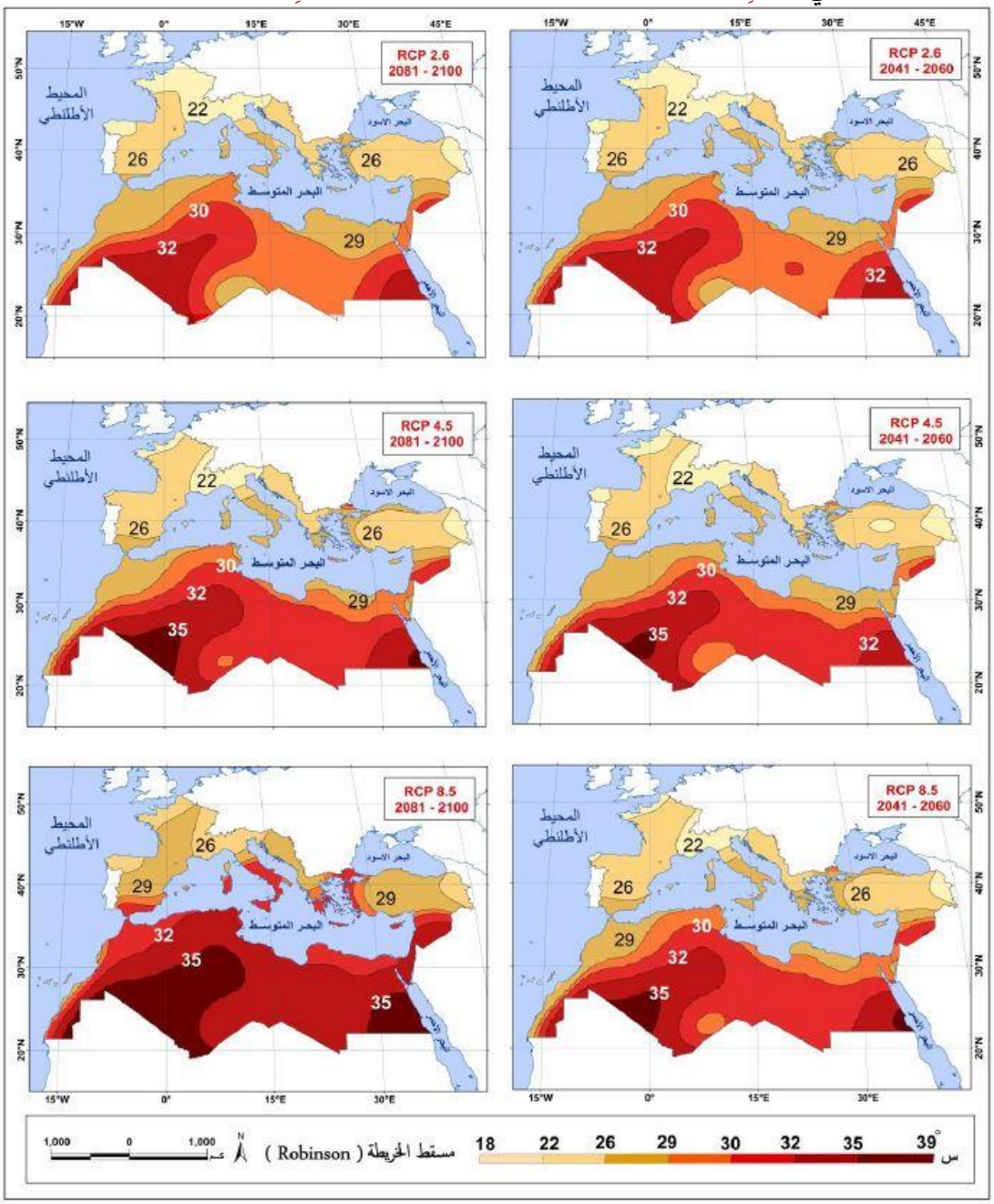
جدول (٧) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أدْفَأ لَيْلَة (TNx)

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـــمرنوف & شابيرو – ويـــلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.218	21.8	_	2.3	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.246	23.1	1.2	2.4	098	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.267	22.9	1.1	2.4	098	0.002	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.274	23.8	1.2	2.4	0.96	0.002	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.300	23.8	2.0	2.3	0.94	0.002	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.438	24.0	2.1	2.4	0.91	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.541	27.3	5.4	2.3	0.94	0.002	0.001
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.037	23.2	_	2.6	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.057	24.6	1.3	2.6	0.99	0.030	0.003
	(2081 – 2100)	2.6	0.053	24.6	1.3	2.6	0.99	0.003	0.003
	(2041 – 2061)	4.5	0.070	24.3	1.0	2.6	0.97	0.046	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.073	25.0	1.7	2.6	0.97	0.002	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.071	25.2	1.9	2.5	0.98	0.004	0.002
	(2081 – 2100)	8.5	0.062	28.4	5.1	2.4	0.90	0.001	0.003
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.001	29.0	_	1.8	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.001	30.2	1.1	1.8	0.99	0.002	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.002	30.0	1.0	1.8	0.99	0.008	0.005
	(2041 – 2061)	4.5	0.062	30.5	1.4	1.9	0.92	0.001	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.028	31.1	2.1	2.0	0.96	0.003	0.003
	(2041 – 2061)	8.5	0.005	31.0	1.9	1.9	0.98	0.000	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.037	34.1	5.0	2.2	0.96	0.002	0.001

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (٧) والشكلِ (١٤)** أنَّ المُعَدَّلَ السنوي **لِمُؤشِّر أدْفَأ لَيْلَة TNx** يَشْهَدُ اتجاهًا نَحو الزيادة في جميعِ السيناريوهات المُستقبليَّة، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة. يُلاحظُ في سيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)** أنَّ قِيمَ المُؤشِّر سوف تتراوحُ بين **١٧,٦° : ٣٥°س** لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، أي أن هناك زيادة لا تَتَجَاوز **١,٣°س**، مُقارنةً بفترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.

وبالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** مِنَ المُتوقَّعِ أن يَزدادَ المُعَدَّل السنوي لِيتراوحَ بين **١٧,٧° : ٣٥,٣°س** في مُنتصفِ القَرن، وبين **١٨,٥° : ٣٦°س** في نِهايةِ القَرن، وبأعلى مِقْدَار مِن التغيُّر في جنوبِ مَنطقة الدراسة قد يَتجَاوزُ **٢°س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة.

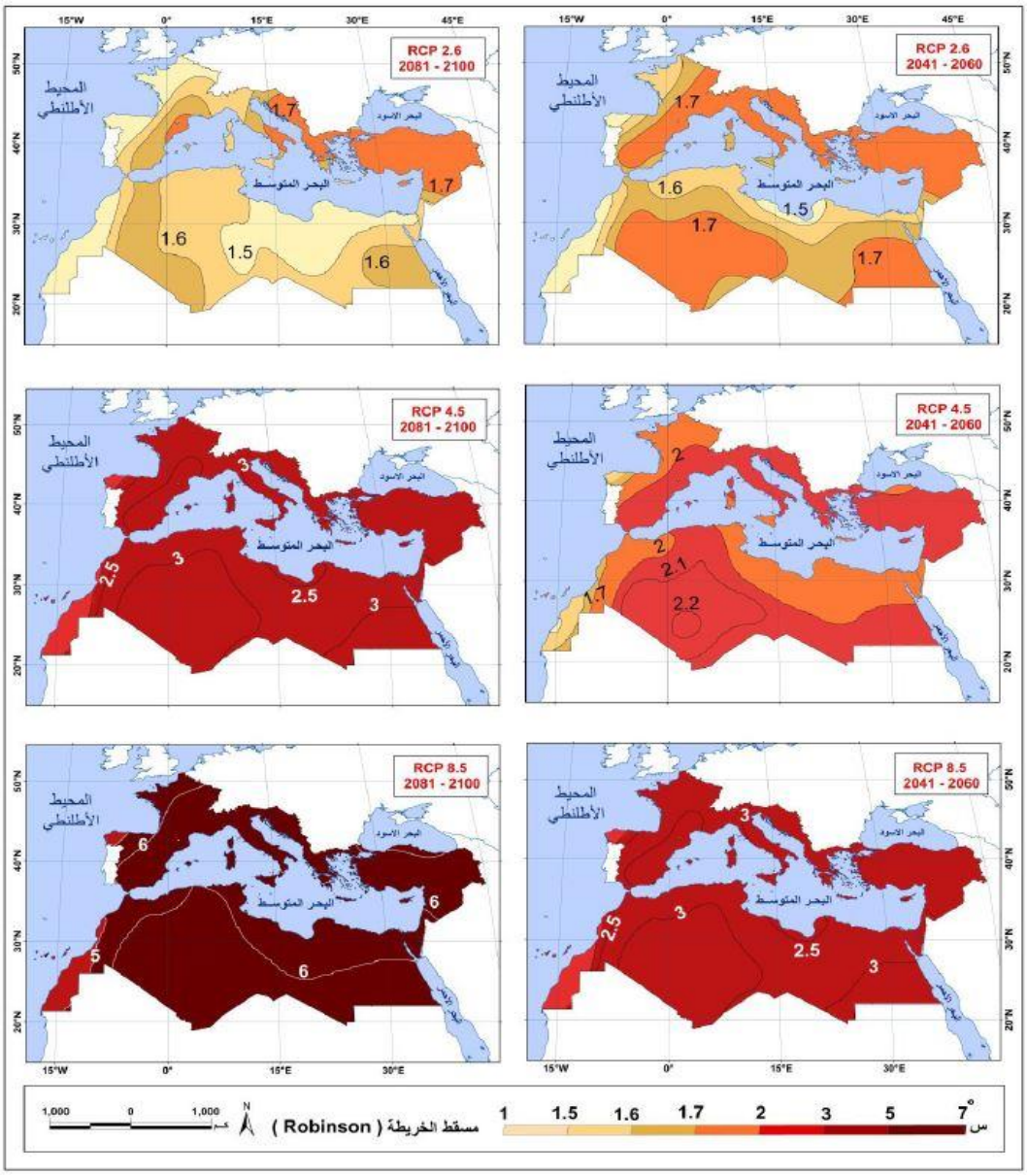


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظمَة العَالميّة للأرصادِ الجَوّيّة، **بتصرُّف** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٤) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أدْفَأ لَيْلَة TNx لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

مِنَ المُتوقَّع زيادة قِيم **مُؤشِّر أَدْفَأ لَيْلَة TNx**، بشَكلٍ أَكْثرِ تَطرُّفًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، فقد تَصلُ إلى **٣٦,٥°س**، في بَعض المَناطق الجنوبيَّة مِن مَنطقة الدراسة، **كأدرار بالجزائر، ورأس حِدْرِبَة بمِصر**. وهذه الزيادة تَكُونُ بتَجاوز **الـ٥°س** بنهايةِ القَرن الحَادي والعشرين. وهذه الزيادة لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

ومِنَ **الشكلِ (١٥)** يَتَضِحُ أن مِقْدَار التغيُّر في دَرَجَة الحَرارة الصغرى، بالنسبة للفَترةِ المَرجعيَّة (١٩٨١–٢٠١٠م)، يَظَلُّ المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِزيادةِ دَرَجَة الحَرارة العُظمى **أقل** مِن **٢°س**، في مُعظم دول حوض البَحر المُتوسط، خِلال فَترة مُنتصف القَرن، وتُمَثِّلُ تركيا، وشرق الأدرياتيك، وجنوب إيطاليا مَركزًا لأعلى مِقدار مِن الزيادة في نهاية القرن، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

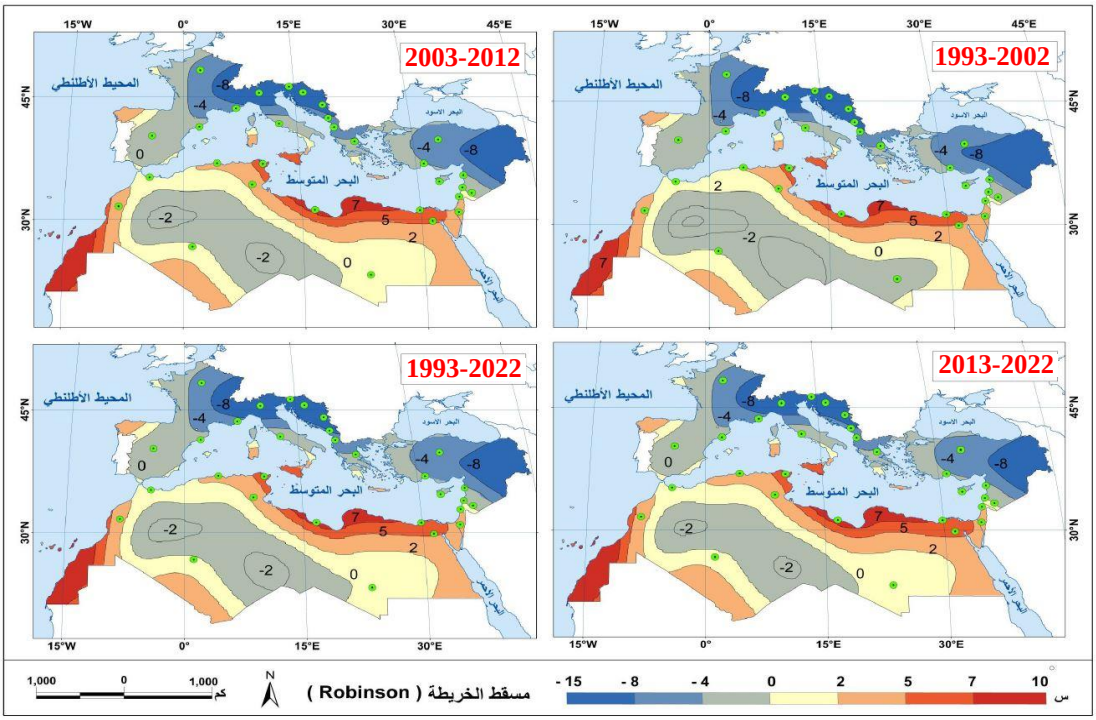
شكل (١٥) مِقْدَار التغيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَدْفَأ لَيْلَة TNx في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظُ أنَّ الزيادةَ قَد تَصلُ إلى **٢,٥°س** في مُنتصفِ القَرن، وقد تَتَجَاوزُ **٣°س** بحلُولِ نهاية القَرن. كَمَا أنها قد تصِلُ إلى **٣,٣°س**، في مُنتصفِ القَرن، وقد تَتَجَاوزُ **٦°س**، مع نِهايةِ القَرن الحَادي والعشرين، وفقًا لِقُديرات السيناريو الأكثر تَشاؤمًا **(RCP 8.5)**؛ نتيجة تَزايد انبعاثات غازات الدفيئة.

٤) <u>مُؤشِّر أَقل دَرَجَة حَرارة صُغرى يَوميَّة (أَبْرَد لَيْلَة TNn)</u>:

يَتَضِحُ مِن **شَكل (١٦)** أنَّ المُعَدَّلَ السنوي لِمُؤشِّر **أَبْرَد لَيْلَة TNn** خِلال الفَترة مِن **(١٩٩٣ – ٢٠٢٢)** قد سَجَّلَ أناده في شرق مَنطقة الدراسة؛ حيثُ بَلَغ **–٧,١°س**، وسَجَّلَت مَحطة **بريشيا / غيدي بإيطاليا** أدنى مُعَدَّل في مَنطقةِ الدراسة بقيمةِ **–١٣,٥°س**، بينما سَجَّلَت مَحطة **مراكش بالمغرب** أعلى مُعَدَّل **٩,٣°س**. وتَزداد قِيم المُؤشِّر بالاتجاهِ جنوبًا؛ حيثُ بَلَغ المُعَدَّل في جنوبِ مَنطقة الدراسة **٢°س**، ولكنه بَلَغَ في شمالِ مَنطقة الدراسة **–٤,١°س**.

كَمَا أنَّه سَجَّلَ أدناه في الفَترةِ الأولى **(١٩٩٣–٢٠٠٢)** حيثُ تَراوحَ بين **–١٥° : ٩,٤°س**، ثُمَّ ازدادَ المُعَدَّل السنوي في الفَترةِ الثانية **(٢٠٠٣–٢٠١٢)** لِيصلَ إلى **–١٣,٨° : ٩,٨°س**، بينما بَلَغَ أقصاه في الفَترةِ الثالثة **(٢٠١٣–٢٠٢٢)** لِيتراوحَ بين **–١٣,٥° : ٩,٩°س**، حيثُ كانت أَبْرَد الليالي في المُرتفعات، شمال منطقة الدراسة، لانخفاضِ دَرَجَاتِ الحَرارةِ، وكانت أعلاها على السواحلِ الجنوبيَّة للبَحر المُتوسط؛ نَظَرًا لِتأثيرِ المُؤثِّرات البَحريَّة.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٦) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَقل دَرَجَة حَرارة صُغرى يَوميَّة (أَبْرَد لَيْلَة TNn) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أظْهَرَت نتيجة اختبار التوزيع الطبيعي لبيانات مُؤشِّر **أَبْرَد لَيْلَة (TNn)** **قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، التي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي**، في شمال وشرق مَنطقة الدراسة؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **(P-Value) لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro-Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**، وكانت على التوالي **٠,٢٢**، **٠,٦٤**. وتَمَّ **قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ البيانات **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في جنوب منطقة الدراسة، وفقًا **لاختبار كولوموغروف–سِمرنوف Kolmogorov–Smirnov**؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**، **بقيمة ٠,٠٠١**، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الجدول (٨)**، الذي يُظْهِرُ التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر **أَبْرَد لَيْلَة (TNn)**.

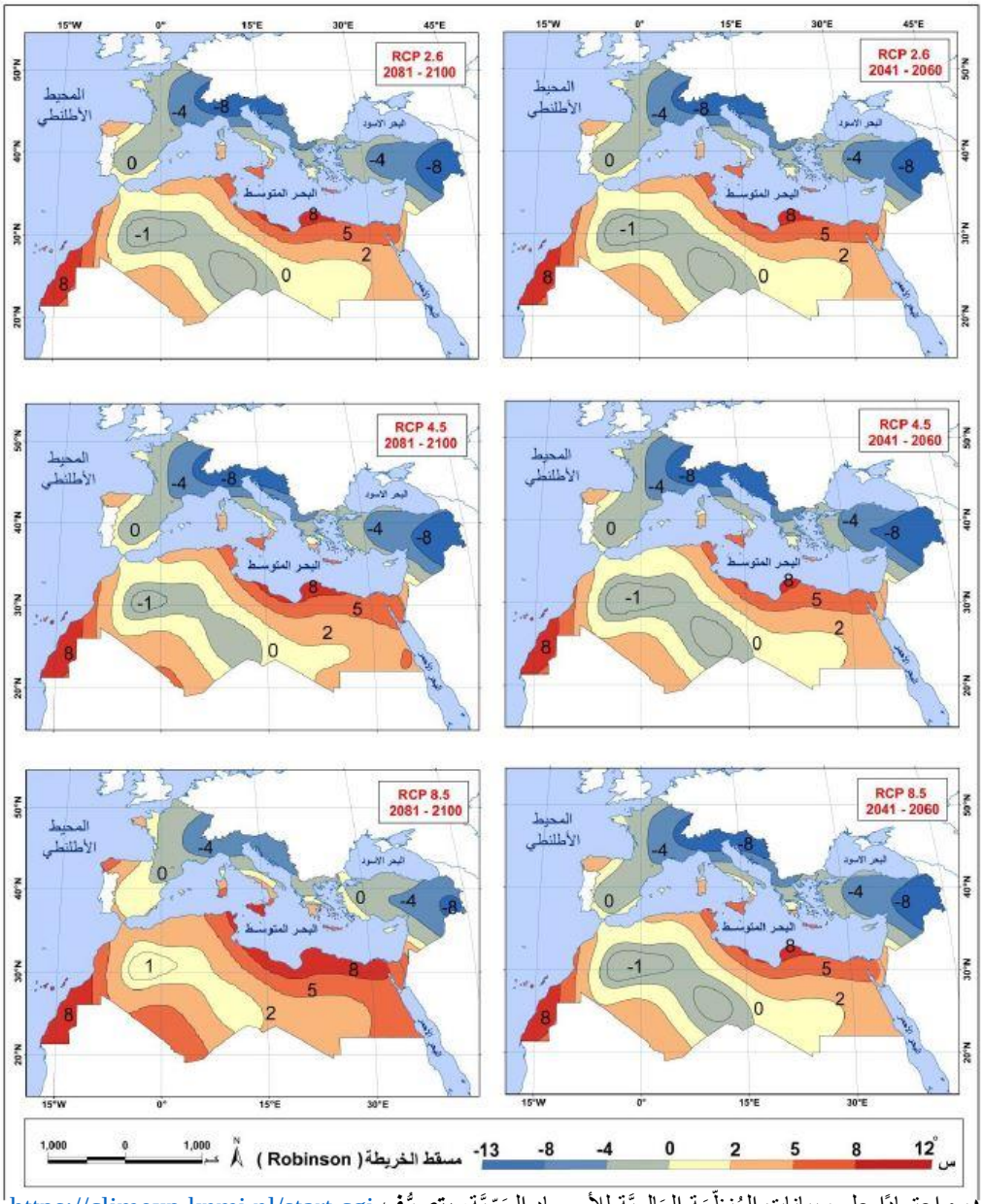
جدول (٨) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أَبْرَد لَيْلَة (TNn)

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِمرنوف & شابيرو – ويلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	**(1993 – 2022)**	_	0.268	-4.14	_	5.9	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.228	-3.17	0.9	5.6	1	0.001	0.008
	(2081 – 2100)	2.6	0.254	-3.05	1.0	5.9	099	0.001	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.209	-4.00	0.1	5.9	0.98	0.003	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.208	-3.29	0.8	6.0	0.97	0.001	0.005
	(2041 – 2061)	8.5	0.203	-3.39	0.7	5.7	0.98	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.110	-1.00	3.1	5.3	0.91	0.002	0.001
شرق البحر المتوسط	**(1993 – 2022)**	_	0.647	**-7.12**	_	5.3	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.702	-6.16	0.9	5.1	1	0.007	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.727	-5.87	1.2	5.0	1	0.007	0.003
	(2041 – 2061)	4.5	0.738	**-7.12**	**0**	5.1	0.98	0.040	**1.000**
	(2081 – 2100)	4.5	0.833	-6.28	0.8	5.0	0.98	0.002	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.806	-6.47	0.6	4.9	0.99	0.003	0.008
	(2081 – 2100)	8.5	0.795	-3.72	3.3	4.4	0.95	0.001	0.003
جنوب البحر المتوسط	**(1993 – 2022)**	_	0.001	1.92	_	3.6	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.002	2.72	0.8	3.6	0.99	0.002	0.005
	(2081 – 2100)	2.6	0.002	2.75	0.8	3.6	1	0.001	0.005
	(2041 – 2061)	4.5	0.003	2.70	0.7	3.6	0.92	0.006	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.008	3.29	1.3	3.6	0.91	0.003	0.004
	(2041 – 2061)	8.5	0.005	2.81	0.8	3.6	0.93	0.000	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.001	5.13	3.2	3.5	0.90	0.002	0.001

المَصدر: اعتمادًا عَلى: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (٨) والشكلِ (١٧)** أنَّ المُعَدَّلَ السنوي **لِمُؤشِّر أَبْرَد لَيْلَة (TNn)** يَشْهَدُ اتجاهًا نحو الزيادة في قِيمِ دَرَجَات الحَرارة الصغرى لِجميعِ السيناريوهات في المُستقبل، مُقَارنةً بفَترةِ الدراسة. فوفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)** يُلاحظُ أنَّ قِيم المُؤشِّر ستَتَراوحُ بين **-١٢,٥° : ١٠,٥°س** لِفَترتي مُنتصف ونهاية القَرن الحَادي والعشرين، أي أنَّ هناك زيادة لا تَتَجَاوز **١°س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.

وفي سيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** مِن المُتوقَّعِ أن يَزدادَ المُعَدَّل السنوي لِيتراوحَ بين **-١٣,٣° : ١٠,٣°س** في مُنتصفِ القَرن، وبين **-١٢,٣° : ١٠,٧°س** في نِهايةِ القَرن. وقد تَشابه المُعَدَّل السنوي لِفَترة مُنتصفِ القَرن وفَترة الدراسة لهذا السيناريو في شرق مَنطقة الدراسة **-١٢,٧°س**، وأعلى مِقْدَار مِن التغيُّر في جنوبِ مَنطقة الدراسة **١,٣°س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.

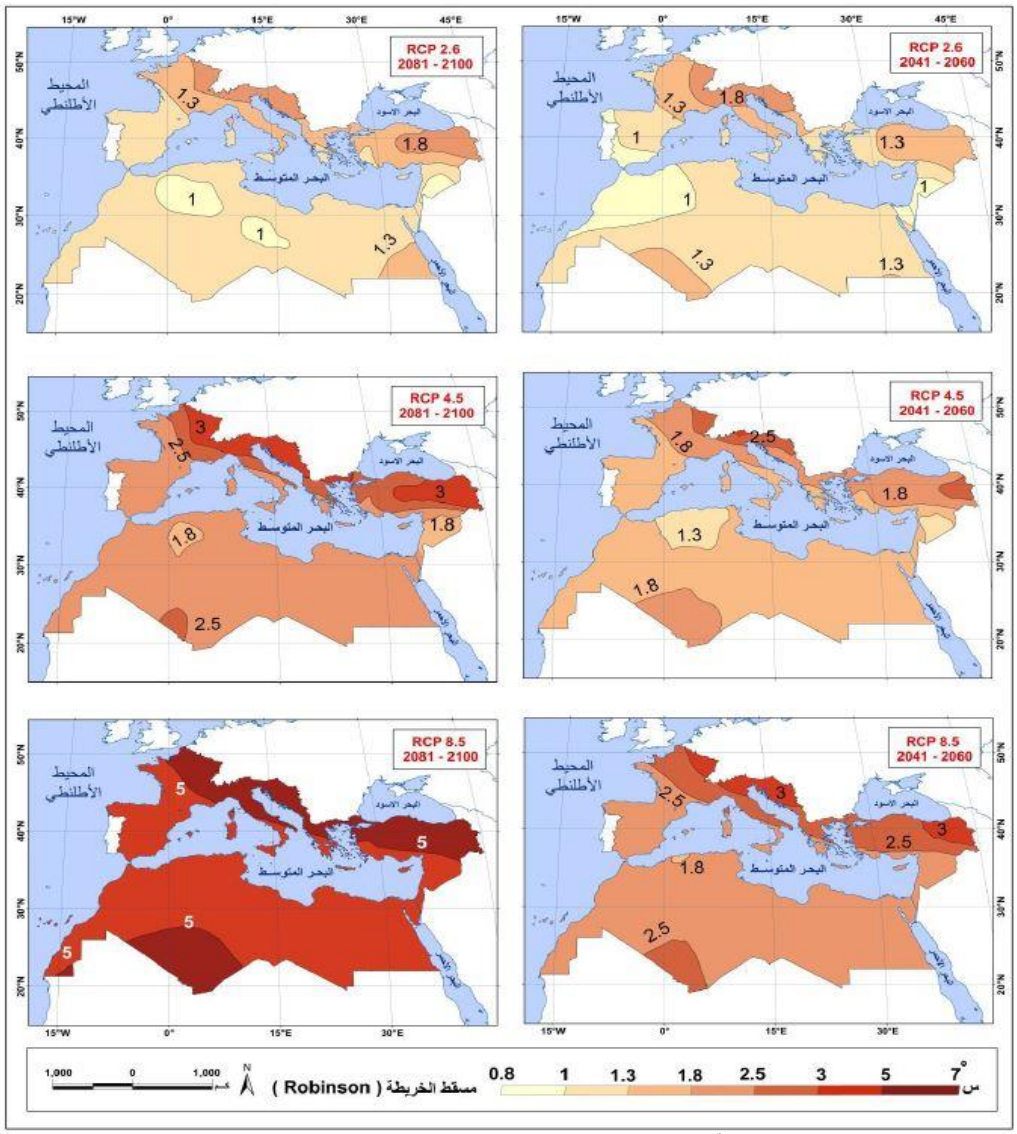


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٧) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أَبْرَد لَيْلَة (TNn) لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

كَمَا أنَّه مِنَ المُتوقَّع زيادة قِيم دَرَجَات الحَرارة الصغرى، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، لِيتراوحَ بين **٨,٥°** – **١٢,٣°س** في نهاية القرن، فقد تَصِلُ إلى **١١,٥°س** في بَعض المناطق الجنوبيَّة مِن مَنطقةِ الدراسةِ، كالصحراءِ الغَربيَّة بالمَغرب، بأعلى تَغيُّر في جنوبِ مَنطقة الدراسة **٠,٨°س** في مُنتصف القَرن، و**٣,٣°س** في شَرق مَنطقة الدراسة بنهايةِ القَرن. وهذه الزيادة لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**، أي بنسبةِ ثِقة تَتَجَاوزُ **٩٥٪**، لَكِنَّها دون دلالة إحصائيَّة بين فترة الدراسة ومُنتصف القَرن في شرقِ مَنطقة الدراسة، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)**، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الجدول (٨)**.

يَتَضِحُ مِنَ **الشكلِ (١٨)** أن مِقْدَار التغيُّر في دَرَجَةِ الحَرارة الصغرى، بالنسبة للفَترةِ المَرجعيَّة **(١٩٨١–٢٠١٠م)**، المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِزيادةِ دَرَجَة الحَرارة الصغرى **أقل** مِن **١,٥°س**، في مُعظم دول حوض البَحر المُتوسط، خِلال فَترتي مُنتصف ونهاية القَرن، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

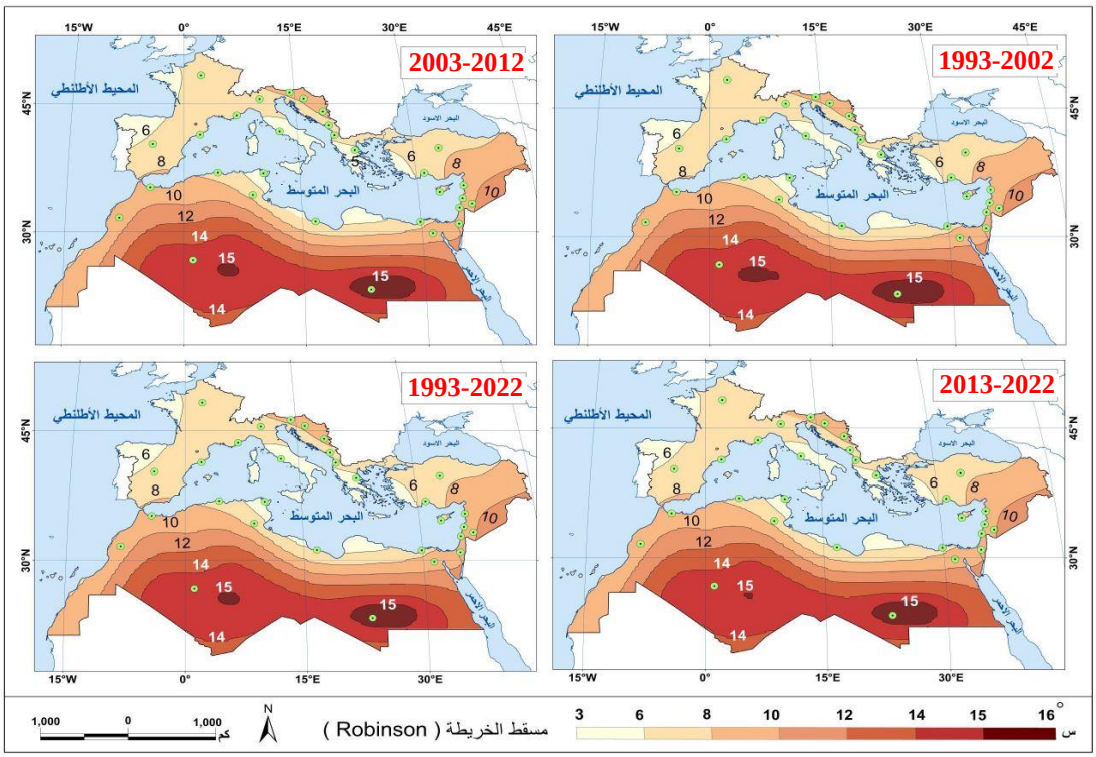
شكل (١٨) مِقْدَار التغَيُّر في المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أَبْرَد لَيْلَة (TNn) في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظُ أنَّ الزيادةَ قَد تَصلُ إلى **٣°س** في مُنتصفِ القَرن، وإلى **٣,٥°س** بحلُولِ نهاية القَرن. وقد تَتَجَاوزُ **٥,٥°س**، مع نِهايةِ القَرن الحَادي والعشرين؛ نتيجة تزايد انبعاثات غازات الاحتباس الحَراري، على حَسَبِ تَقْدِيرات السيناريو الأسوأ **(RCP 8.5)**.

٥) مُؤشِّر المَدى الحَراري اليَومي (DTR):

بدراسةِ **الشكل (١٩)** يَتَضِحُ أنَّ المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر **المَدَى الحَراري اليَومي DTR**، خِلال الفَترة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)** قد سَجَّلَ أناده في شَمالِ مَنطقة الدراسة؛ حيثُ بَلَغ **٦,٥°س**، وسَجَّلَت مَحطة **قرطاج بتونس** أدنى مُعَدَّل في مَنطقةِ الدراسة **٢°س**، بينما سَجَّلَت مَحطة **الكَفْرَة بليبيا** أعلى مُعَدَّل **١٤,٦°س**. ويَزدادُ الفَارق بين دَرَجَات الحَرارة العُظمى والصغرى بالاتجاهِ جنوبًا؛ حيثُ بَلَغَ المُعَدَّل في جنوبِ مَنطقة الدراسة **١١,٩°س**، ويَتَضِحُ تَأثيرُ المُناخ القَاري على تَطرُّف هذه القِيم.

كَمَا أنَّه سَجَّلَ أدناه في الفَترة الأولى **(١٩٩٣-٢٠٠٢)** حيثُ تَراوحَ بين **٣,٣ °** : **١٥,٣°س**، ثُمَّ ازدادَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية **(٢٠٠٣-٢٠١٢)** لِيصلَ إلى **٣,٤ °** : **١٥,٣°س**، بينما بَلَغَ أقصاه في الفترة الثالثة **(٢٠١٣-٢٠٢٢)** لِيتراوحَ بين **٣,٤ °** : **١٦°س**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (١٩) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر المَدَى الحَراري اليَومي (DTR) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أظْهَرَت نتيجة اختبار التوزيع الطبيعي لِبيانات مُؤشِّر **المَدَى الحَراري اليَومي DTR قُبول الفَرضيَّة البَديلة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال وجنوب مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو-ويلك Shapiro-Wilk**، **واختبار كولوموغروف-سمرنوف Smirnov–Kolmogorov** ، **أقل** من مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**

بقيمةِ ٠,٠١ و ٠,٠٠٣ بالترتيب، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (٩)**، في حين تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، والتي تَنُصُّ على أن البيانات **تَتبعُ التوزيع الطبيعي** في شرق مَنطقة الدراسة؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة للمَنطقةِ **أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥ بقيمة ٠,٠٠٧.

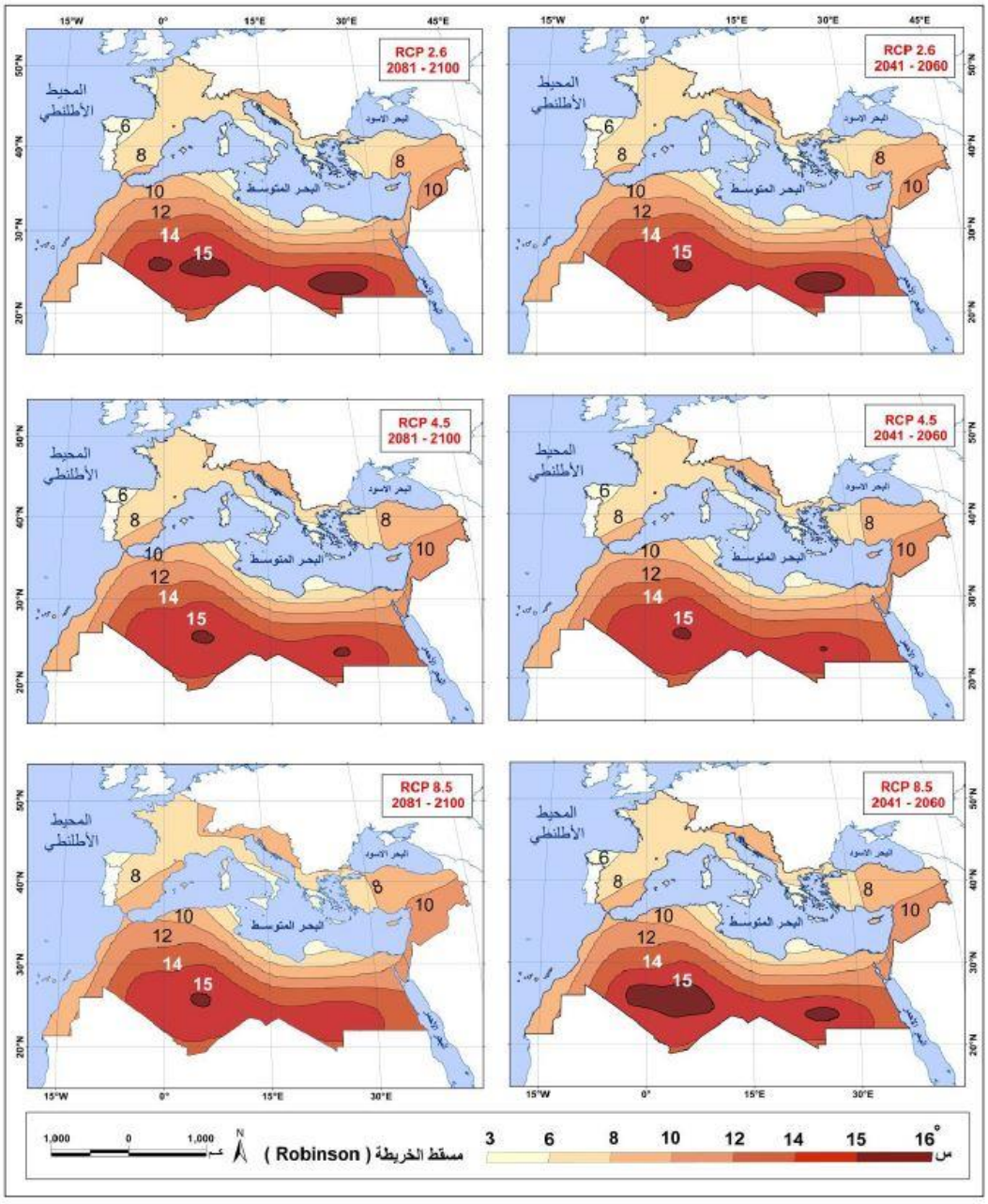
جدول (٩) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر المَدَى الحَراري اليَومي (DTR)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سمرنوف & شابيرو – ويلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.016	6.52	–	2.1	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.021	6.70	0.1	2.2	1	0.002	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.027	6.64	0.1	2.2	1	0.009	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.017	7.03	0.5	2.4	0.99	0.002	0.009
	(2081 – 2100)	4.5	0.018	7.12	0.5	2.4	0.97	0.001	0.009
	(2041 – 2061)	8.5	0.024	7.15	0.6	2.4	0.97	0.009	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.022	7.44	0.9	2.5	0.97	0.002	0.007
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.070	8.49	–	2.1	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.064	8.69	0.2	2.2	1	0.008	0.005
	(2081 – 2100)	2.6	0.065	8.69	0.1	2.2	1	0.005	0.004
	(2041 – 2061)	4.5	0.071	9.3	0.8	2.3	0.97	0.005	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.072	9.4	0.9	2.3	0.97	0.004	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.050	9.4	0.9	2.2	0.97	0.003	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.043	9.8	1.3	2.3	0.98	0.002	0.006
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.003	11.9	–	3.3	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.002	11.9	0.03	3.3	1	0.001	0.003
	(2081 – 2100)	2.6	0.008	11.9	0.08	3.3	1	0.009	0.004
	(2041 – 2061)	4.5	0.011	12.0	0.1	3.2	0.94	0.009	0.004
	(2081 – 2100)	4.5	0.020	12.1	0.2	3.2	0.93	0.003	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.000	12.2	0.3	3.2	0.94	0.002	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.009	12.2	0.3	3.1	0.90	0.007	0.004

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

مِن خِلال دِراسة **الجدول (٩) والشكلِ (٢٠)** يُلاحظُ أنَّ المُعَدَّلَ السنوي **لِمُؤشِّر المَدَى الحَراري اليومي DTR** يَشْهَدُ ارتفاعًا طَفيفًا؛ نتيجة زيادة دَرَجَات الحَرارة الصغرى والعُظمى، مَع مُلاحظةِ أنَّ دَرَجة الحرارة الصغرى تَزدادُ بمُعَدَّلٍ أعلى مِن دَرَجة الحرارة العُظمى، في جميعِ السيناريوهات المُستقبليَّة، مُقارنةً بفترةِ الدراسة. فمع سيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)** يُلاحظُ أنَّ قِيمَ المُؤشِّر سوف تَتَراوحُ بين **٣,٥° : ١٥,٣°س** لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، أي أن هناك زيادة لا تَتَجَاوز **٠,١°س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة (**١٩٩٣–٢٠٢٢م**).

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّع أن يَتَراوحَ المُعَدَّلُ السنوي بين **٣,٨ °** : **١٤,٨ °س** في مُنتصفِ القَرن، وبين **٣,٨ °** : **١٥ °س** في نِهايةِ القَرن، وأعلى مِقْدار مِن التغيُّر في شرق مَنطقة الدراسة **لم يَتجَاوز ١ °س**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة.



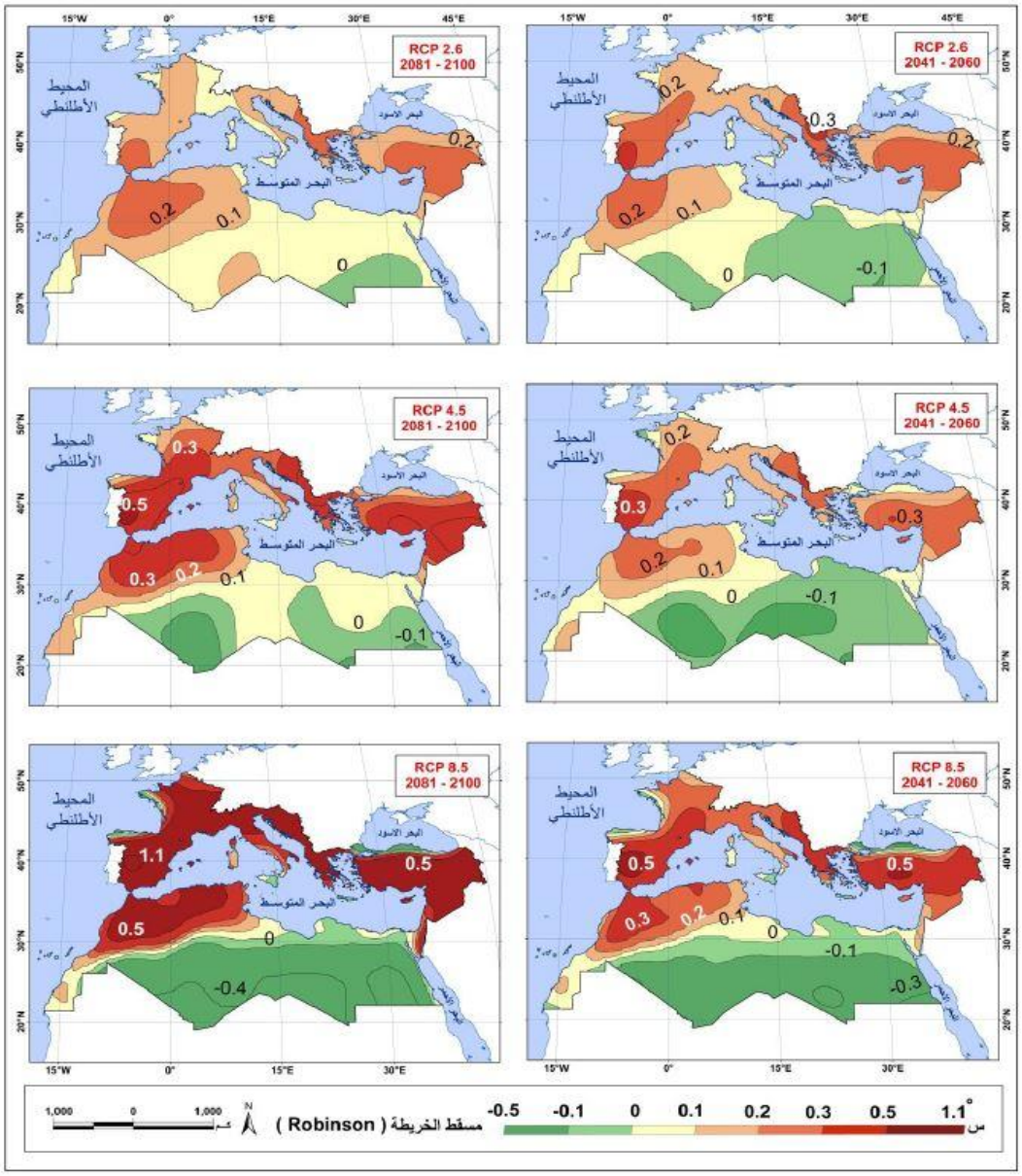
المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٠) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر المَدَى الحَراري اليَومي (DTR) لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

مِنَ المُتوقَّع زيادة قِيم **مُؤشِّر DTR**، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، لِيَتَراوحَ بين **٣,٨ °** : **١٥,٣ °س** في مُنتصفِ القَرن، وقد تَصلُ قِيم المُؤشِّر إلى **١١,٥ °س** في بَعضِ المَناطق الجنوبيَّة بالصحراءِ الكُبرى، كجنوب الجزائر، وبأعلى تَغيُّر في شَرق المنطقة **٠,٩ °س** لِمُنتصفِ القَرن، وبقيمةِ **١,٣ °س** بنهايةِ القَرن. وهذه الزيادة لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** مِن **٠,٠٥**.

يَتَضِحُ مِن دِراسة **الشكلِ (٢١)** أن مِقْدَار التغيُّر في **مُؤشِّر المَدَى الحَراري DTR**، بالنسبةِ للفَترةِ المَرجعيَّة **(١٩٨١–٢٠١٠م)** تَشَابُه المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِتغيُّرِ المُؤشِّر مع الفَترةِ المُستقبليَّةِ، في بعضِ الأجزاءِ الجنوبيَّة الشرقيَّة بمنطقة الدراسة. وسوفَ يَزدادُ في المَناطق الشرقيَّة والشماليَّة، خِلال فَترتي مُنتصف ونهاية القَرن الحادي والعشرين، وذلك وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**.

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظ أنَّ مُعَدَّل الزيادة لا يَزيد على **٠,٣°س** في مُنتصفِ القَرن، و**٠,٧°س** في نهاية القَرن، وذلك في شمال وشرق مَنطقة الدراسة. بينما يَقِلُّ المُعَدَّل عن ذلك في الأجزاءِ الجنوبيَّة مِن منطقةِ الدراسة **–٠,١°س**. وقد يَصلُ مِقْدَار التغيُّر في **مُؤشِّر المَدَى الحَراري DTR** إلى **١,١°س** في شمال وشرق منطقة الدراسة، بحلول نهايةِ القَرن، وفقًا لسيناريو **(RCP 8.5)**.

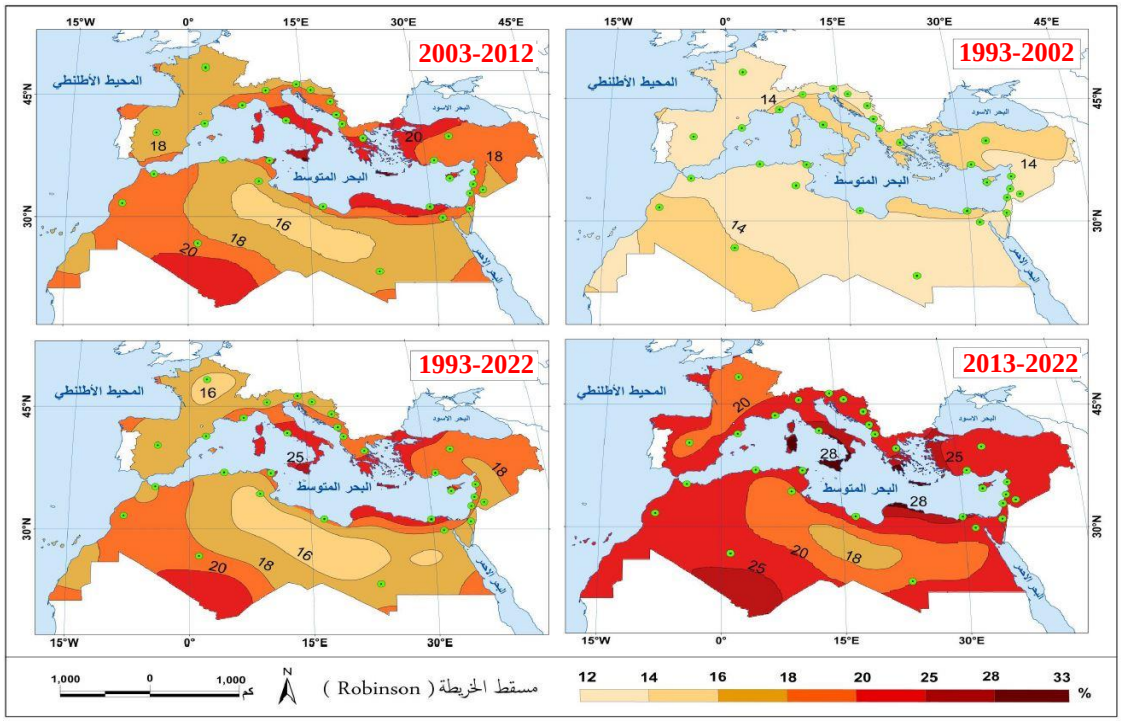


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢١) مِقْدَار التغيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر المَدَى الحَراري DTR في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

٦) مُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شكل (٢٢)** أنَّ **مُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p)**، التي **تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أكثر مِن ٩٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، والتي بَلغت أعلى نِسبة لها في شرق مَنطقة الدراسة ١٩٪ مِن الأيَّام، وأدنى نِسبة في الجنوب ١٧,٣٪، بينما وصلت إلى ١٨٪ في الشمال، وتراوح المُعَدَّل لها خِلال الفَترة مِن (١٩٩٣-٢٠٢٢) بين ١٤٪ : ٢٧٪. سَجَّلت مَحطة **باريس بفرنسا** أدنى نِسبة مِن الأيَّام الحَارة في مَنطقةِ الدراسة بمُعدَّل ١٥,٧٪، بينما سَجَّلت مَحطة **حيفا بفلسطين** أعلى نِسبة مِن الأيَّام الحَارة بمُعدَّل ٢٦,٤٪، وسَجَّلت جَميع المَحطات اتجاهًا مُتزايدًا خِلال السنوات الأخيرة. فقد سَجَّلَ المُؤشِّر أدناه في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢) حيثُ تَراوحَ بين ١٢ : ١٦٪، ثُمَّ ازدادَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيصلَ إلى ١٥ : ٢٩٪، بينما بَلَغَ أقصاه في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ١٧ : ٣٣٪ مِن الأيَّام الحَارة في مَنطقةِ الدراسة.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٢) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أَظْهَرَت نتيجة اختبار التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p) قُبول الفَرضيَّة البديلة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في مَنطقةِ الدراسة؛ حيثُ إنَّ جميعَ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو-ويلك Shapiro–Wilk**، واختبار **كولوموغروف- سمرنوف Smirnov–Kolmogorov** ، **أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠٠١ و ٠,٠٠٢ على التوالي، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٠)**.

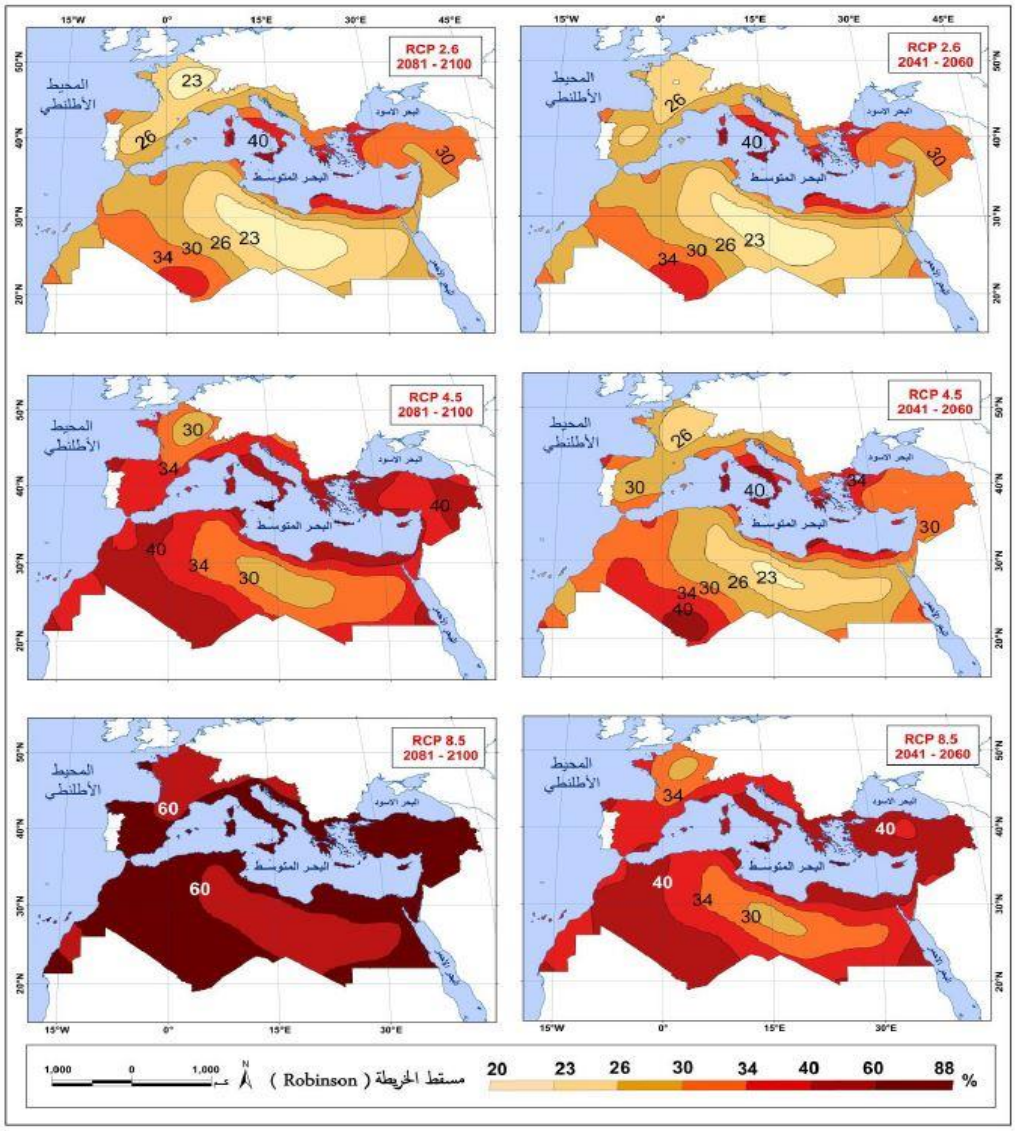
جدول (١٠) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـــمرنوف & شابيرو – ويـــلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993– 2022)	_	0.001	18.1	_	2.5	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.011	29.2	11.0	6.6	096	0.001	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.028	28.6	10.4	6.8	093	0.001	0.002
	(2041 – 2061)	4.5	0.032	31.4	13.2	7.1	0.90	0.002	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.002	38.4	20.2	9.2	0.98	0.001	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.005	38.9	20.7	8.6	0.97	0.001	0.009
	(2081 – 2100)	8.5	0.010	63.0	44.9	9.6	0.95	0.004	0.003
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.002	19.0	_	2.0	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.025	31.8	12.7	4.8	0.96	0.020	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.042	31.9	12.8	4.8	0.96	0.011	0.003
	(2041 – 2061)	4.5	0.023	33.4	14.3	5.0	0.92	0.036	0.002
	(2081 – 2100)	4.5	0.005	41.6	22.5	6.3	0.91	0.012	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.019	43.1	24.0	5.7	0.90	0.004	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.001	67.6	48.5	5.9	0.84	0.001	0.003
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.001	17.3	_	0.2	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.002	27.6	10.2	4.0	0.16	**0.133**	0.000
	(2081 – 2100)	2.6	0.034	27.4	10.1	4.0	0.15	**0.145**	0.008
	(2041 – 2061)	4.5	0.010	30.4	13.0	4.9	0.18	**0.080**	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.008	37.4	20.0	6.1	0.18	**0.087**	0.007
	(2041 – 2061)	8.5	0.016	38.9	21.5	6.0	0.16	**0.117**	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.027	64.0	46.7	7.1	0.18	**0.081**	0.006

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٠) والشكلِ (٢٣)** أنَّ المُعَدَّلَ السنوي **لِمُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p)** يَشْهَدُ اتجاهًا نحو الزيادة وفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)**، حيثُ تَتَراوحُ قِيم المُؤشِّر بين ٢٠ : ٥٠٪ مِن الأيَّام الحَارة لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، وتجاوزُ ٤٠٪ في سيرديميا وكريت وصقلية، أي أن هناك زيادة تَجاوزت ١٠٪، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة (١٩٩٣–٢٠٢٢م).

بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَزدادَ المُعَدَّل السنوي، بشَكلٍ ملحوظٍ، في مُنتصفِ القَرن، لِيتراوحَ بين ٢٢٪ : ٥٦٪، بينما قد يَصلُ إلى ٢٧ : ٦٦٪ مِن الأيَّام الحَارة بحلولِ نهاية القرن.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

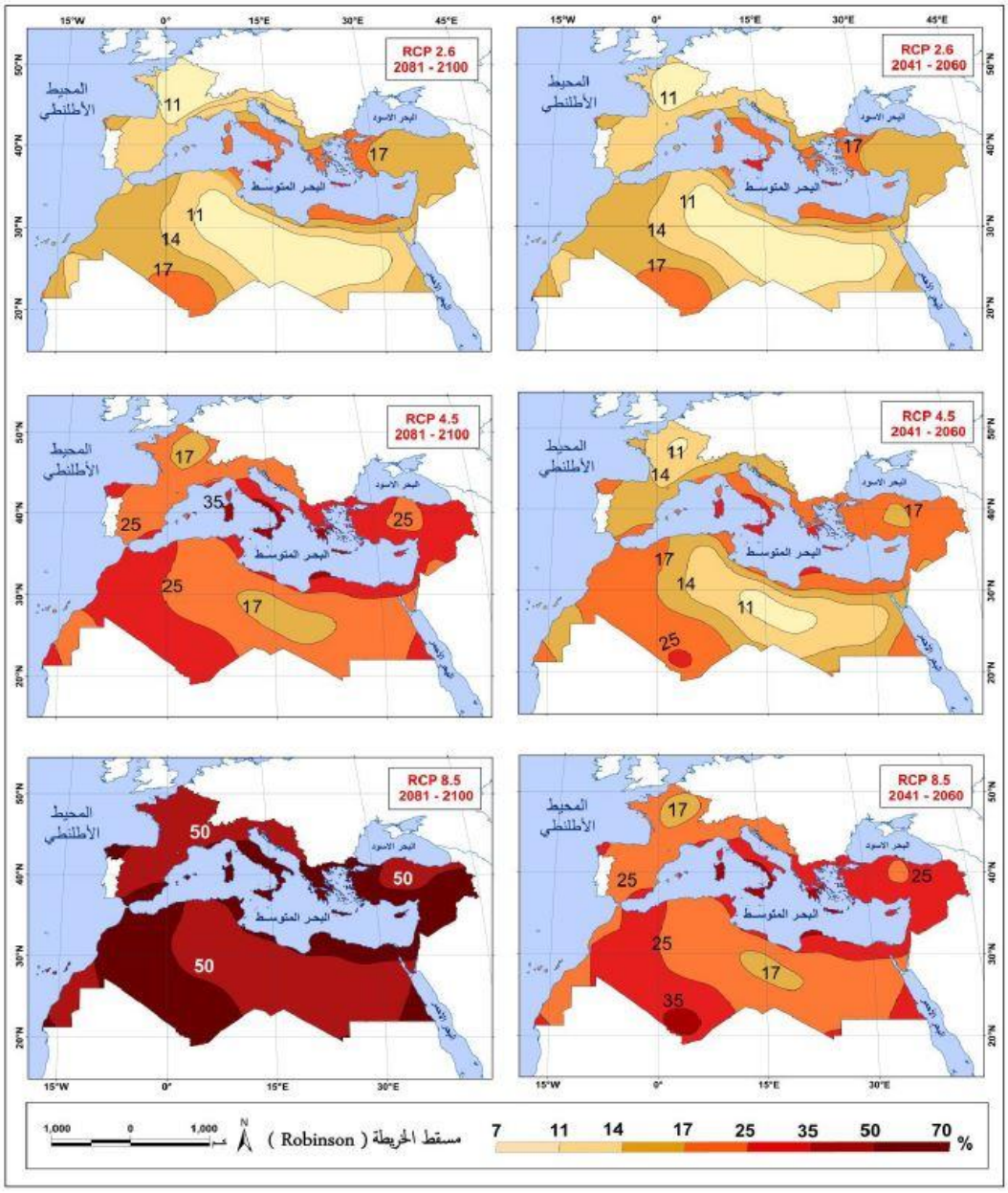
شكل (٢٣) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الأيَّام الحَارة (TX90p) لِفترتي

مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

تَشهدُ أجزاءٌ كبيرةٌ مِن **الجزائر** و**المغرب** و**تركيا** أعلى نِسب زيادة لِلمُؤشِّر، وقد يَبلغ أعلى مقدار للزيادةِ، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة، في شرق مَنطقة الدراسة؛ حيثُ يَصلُ إلى **٢٢,٥**٪ من الأيَّام الحَارة في نهايةِ القرن.

مِنَ المُتوقَّع زيادة قِيم نِسبة **مُؤشِّر الأيَّام الحَارة**، بشَكلٍ أَكْثر تطرُّفًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، فقد تَصلُ النسبة إلى **٦٥**٪، في مُنتصف القَرن، و **٨٨**٪ بنهاية القَرن، وتَتَجَاوزُ النسبة **٧٠**٪ مِن الأيَّام الحَارة في مُعظم منطقة الدراسة، بحلولِ نهاية القرن، بأعلى مِقْدار مِن الزيادةِ في شرق مَنطقة الدراسة بنسبةِ **٤٨,٥**٪ مِن الأيَّام الحَارة. وهذه الزيادة لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

يَتَضِحُ مِنَ **الشكلِ (٢٤)** أنَّ هناك زيادة مُتطرِّفة للمُعدَّل السنوي المُتوقَّع لِنسبة الأيَّام الحَارة أقل مِن ٢٠٪ لِمعظم مَنطقة الدراسة لفترتي مُنتصف ونهاية القرن بالنسبةِ للفَترةِ المَرجعيَّة (١٩٨١–٢٠١٠م)، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP2.6)**. أمَّا بالنسبةِ لسيناريو **(RCP4.5)** فيُلاحظ أن الزيادة قد تَصلُ إلى ٣٠٪ في مُنتصفِ القَرن، وتَتَجَاوزُ ٣٥٪ بحلولِ نهاية القَرن. كَمَا أنها قد تَتَجَاوزُ ٦٠٪ مِن الأيَّام بحلولِ نهاية القَرن، وفقًا للسيناريو الأسوأ **(RCP8.5)**، وبالتالي زيادة تِكرار مَوْجَات الحَر، ومَا يَترتبُ عليها مِن تأثيراتٍ كَبيرةٍ على البيئةِ الطبيعيَّة والبَشريَّة في دول حوض البَحر المُتوسط، كَمَا سَيَتضحُ بَعد قَليلٍ.

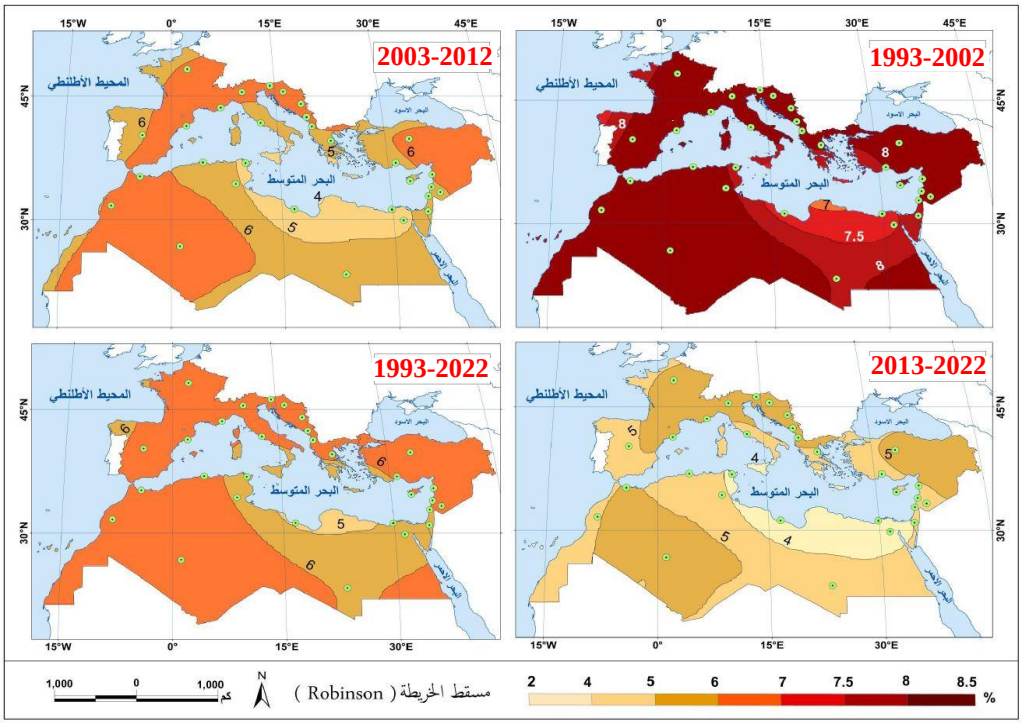


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٤) التغَيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الأيَّام الحَارة TX90p في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

٧) مُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX10p):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شكل (٢٥)** أنَّ **مُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX10p)**، التي **تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أقل مِن ١٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، والتي بَلغت أعلى نِسبة لها في شرق منطقة الدراسة ٦,٥٪ مِن الأيَّام، وأدنى نِسبة في الجنوب ٦٪، بينما وصلت إلى ٦,٣٪ في الشمال، وتراوح المُعَدَّل لها خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢م) بين ٤٪ : ٧٪. سَجَّلت مَحطة **الأسكندريَّة/النزهة** أدنى نِسبة مِن الأيَّام الحَارة في مَنطقةِ الدراسة بمُعدَّل ٤,٦٪، بينما سَجَّلت مَحطة **بودغوريتسا بالجبل الأسود** أعلى نِسبة مِن الأيَّام البَاردة بمُعدَّل ٦,٩٪ مِن الأيَّام البَاردة. أمَّا الاتجاه العَام في كُلِّ المَحطات يُشيرُ إلى الانخفاض في نِسبةِ الأيَّام البَاردة خِلال السنوات الأخيرة. فَقد سَجَّلَ المُؤشِّر أعلى نِسبة له في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢)، حيثُ تَراوحَ بين ٦ : ٨٪، ثُمَّ انخفض المُعَدَّل السنوي في الفَترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيصلَ إلى ٣ : ٦٪، بينما بَلَغَ أدناه (أعلى انخفاض) في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ٢ : ٥٪ مِن الأيَّام البَاردة في مَنطقةِ الدراسة.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٥) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX10p) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX10p) قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو-ويلك Shapiro–Wilk**، **أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠٠٤، بينما **قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، والتي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شرق وجنوب مَنطقةِ الدراسة؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار**

شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk، واختبار **كولوموغروف– سِمرنوف Smirnov–Kolmogorov** **أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠١٩ و ٠,٠٠٨ على الترتيب **(جدول ١١)**.

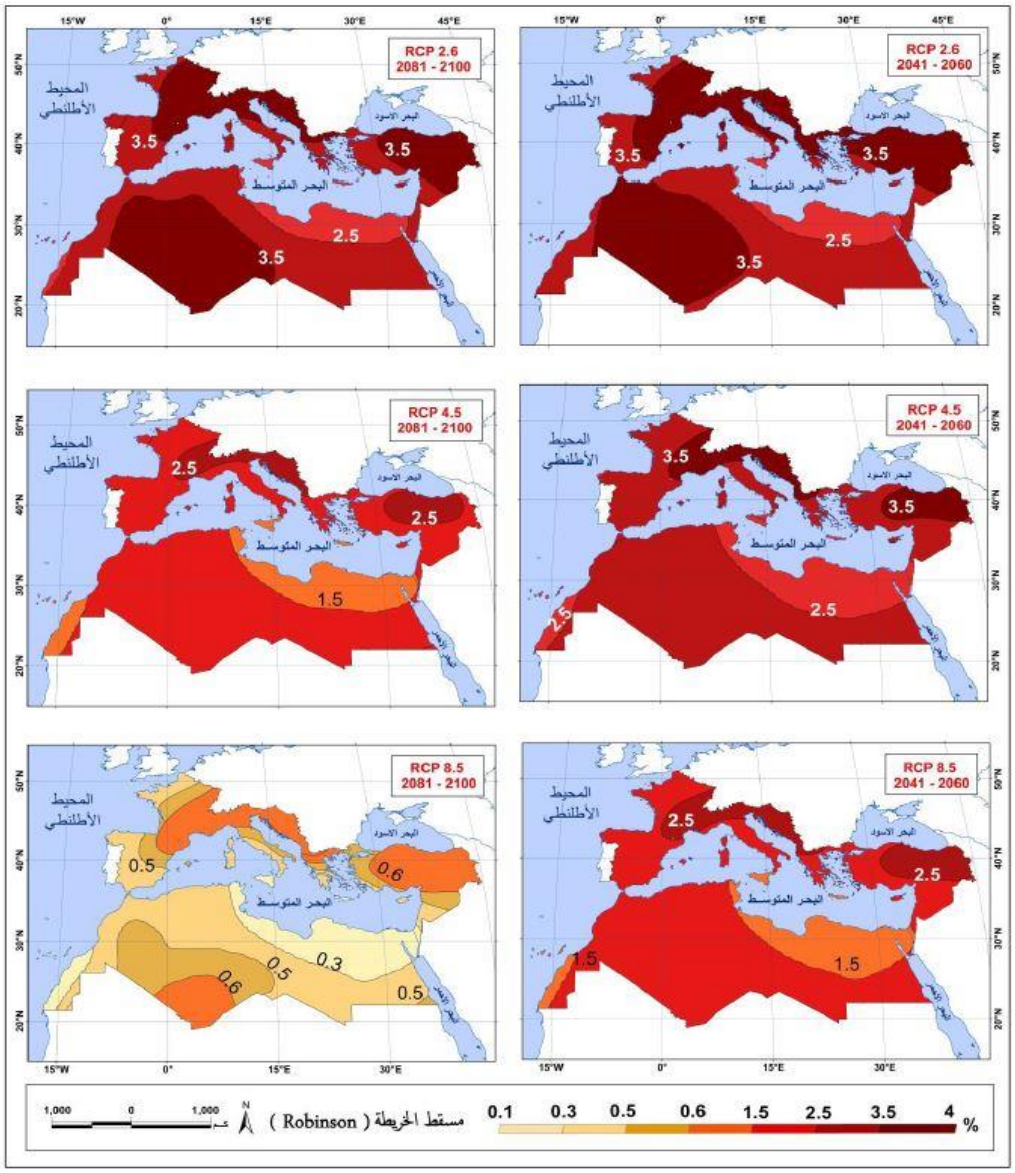
جدول (١١) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX10p)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـمرنوف & شابيرو – ويـلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.004	6.39	_	0.5	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.120	3.60	-2.7	0.5	092	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.056	3.55	-2.8	0.6	098	0.008	0.002
	(2041 – 2061)	4.5	0.200	3.16	-3.2	0.5	0.94	0.002	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.051	2.20	-4.8	0.4	0.92	0.003	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.200	2.26	-4.1	0.4	0.91	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.200	0.55	-5.8	0.1	0.88	0.004	0.003
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.192	6.50	_	0.3	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.284	3.69	-2.8	0.3	0.86	0.010	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.222	3.61	-2.8	0.3	0.92	0.001	0.003
	(2041 – 2061)	4.5	0.185	3.39	-3.1	0.3	0.82	0.036	0.001
	(2081 – 2100)	4.5	0.182	2.40	-4.0	0.3	0.72	0.002	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.101	2.41	-4.0	0.2	0.73	0.004	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.392	0.64	-5.8	0.1	0.69	0.001	0.003
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.083	6.15	_	0.6	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.002	3.15	-2.9	0.5	0.97	0.002	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.000	3.18	-2.9	0.6	0.95	0.001	0.008
	(2041 – 2061)	4.5	0.010	2.72	-3.4	0.5	0.95	0.001	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.001	1.80	-4.3	0.4	0.92	0.001	0.003
	(2041 – 2061)	8.5	0.016	1.79	-4.3	0.4	0.95	0.009	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.200	0.41	-5.7	0.1	0.87	0.002	0.001

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١١) والشكل (٢٦)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX90p)**، التي **تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أقل مِن ١٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، يَشْهَدُ انخفاضًا مُستمرًا لِجميعِ السيناريوهات، فوفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)** سوف يَتراوحُ بين ١ : ٤٪ مِن الأيَّام البَاردة، لِفترتي مُنتصف ونِهاية القَرن الحادي والعشرين، أي أنَّ هناك انخفاض بنسبةِ ٢,٥٪ يوم تقريبًا، مُقارنةً بفَترة الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢)**. مِن المُتوقع أن يَبلغ المُعَدَّل السنوي **لشمال مَنطقة الدراسة ٣,٥٪** مِن الأيَّام البَاردة، بنسبةِ انخفاض عن فترة الدراسة ٢,٧٪، ويَتشابه هذا المُعَدَّل مَع مُعدَّل

شرق منطقة الدراسة، بينما انخفض المُعَدَّل المُتوقَّع **لجنوبِ منطقة الدراسة**؛ لِيصلَ إلى **٣,١٪** مِن الأيَّام البَاردة لِفترتي المُستقبل، لكنه تَمثَّل أعلى انخفاض لِنسبةِ الأيَّام البَاردة بمُعدَّل **٢,٩٪** مِن الأيَّام البَاردة، مُقارنةً بفترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

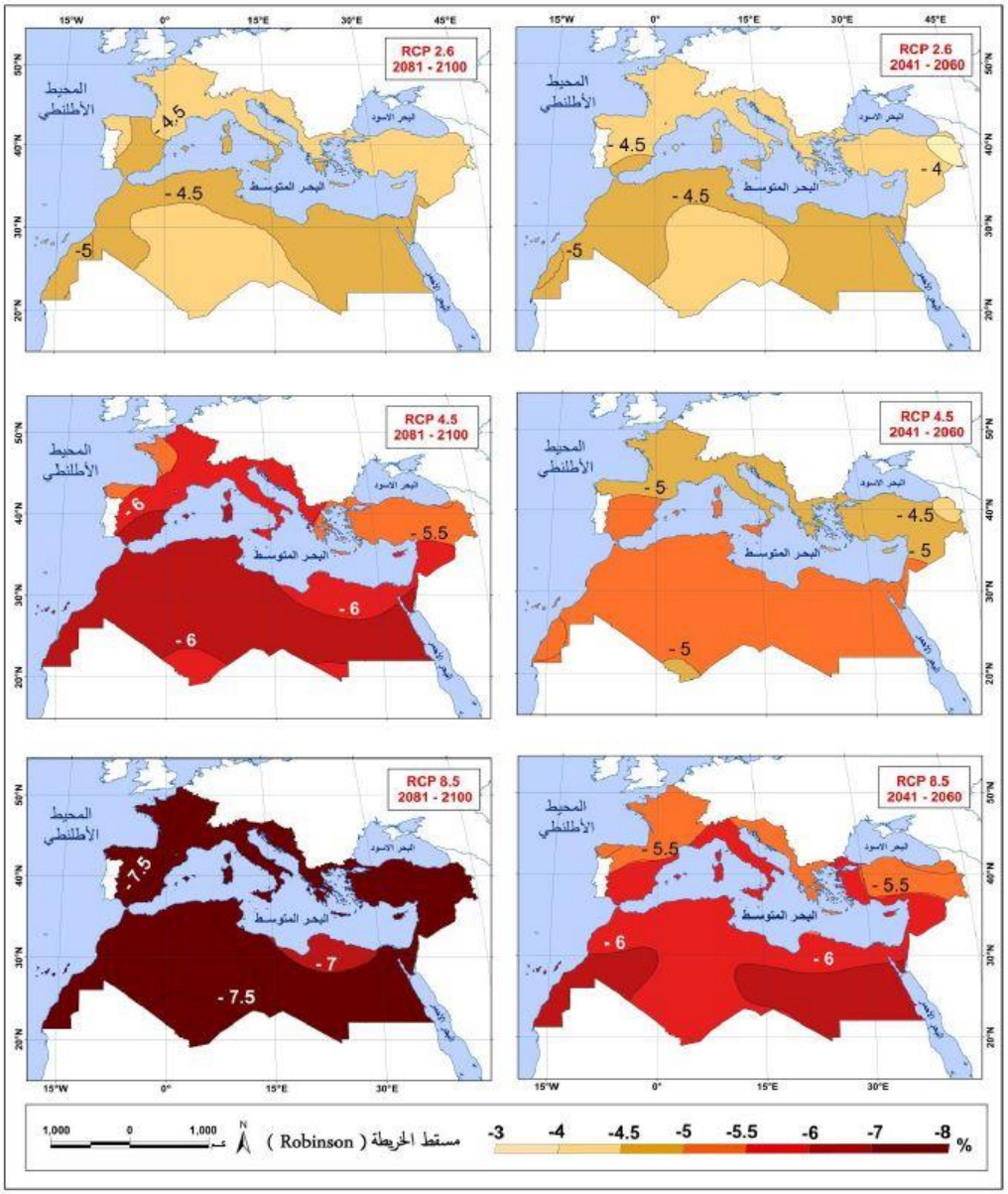
شكل (٢٦) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الأيَّام البَاردة (TX10p) لِفترتي

مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** مِنَ المُتوقَّعِ أن يَشهدَ انخفاضًا في نِهاية القَرن، بشَكلٍ ملحوظٍ، عن فترة مُنتصف القَرن فسوف يَتراوح بين ١ : ٣٪ في مُنتصف القرن، بينما قد يَصلُ إلى ١ : ٢٪ مِن الأيَّام البَادرة، بحلولِ نهاية القرن. وتَشهدُ شمال مِصر وليبيا، وجنوب غرب المَغرب أعلى نِسَب انخفاض لِلمُؤشِّر، وتوجد أعلى نِسبة انخفاض، مُقارنةً بفترةِ الدراسة، في شمالِ مَنطقة الدراسة؛ حيث تصلُ إلى **٤,٨٪** مِن الأيَّام البَادرة في نِهاية القَرن الحَادي والعشرين.

مِنَ المُتوقَّعِ انخفاض نِسبة **مُؤشِّر الأيَّام البَاردة**، بشَكلٍ كبيرٍ، بحلولِ نهاية القَرن، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)**، فقد تَصلُ النسبة إلى **٠,٩**٪، في مُنتصف القَرن، و **٠,١**٪ بنهاية القَرن، بأعلى مِقدار مِن الانخفاض في شمال وشرق مَنطقة الدراسة بنسبةِ ٥,٨٪ مِن الأيَّام البَاردة. وهذا الانخفاض والتغيُّر لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

يَتَضِحُ مِنَ **الشكلِ (٢٧)** أنَّ هناك انخفاضٌ مَلحوظٌ للمُعَدَّلِ السنوي المُتوقع لِنسبةِ الأيَّام البَاردة تراوحُ بين **٣ : ٥**٪ مِن الأيَّام البَاردة بمَنطقةِ الدراسة، لِفترتي مُنتصف ونهاية القَرن، بالنسبةِ للفَترةِ المَرجعيَّة (١٩٨١–٢٠١٠م)، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**.



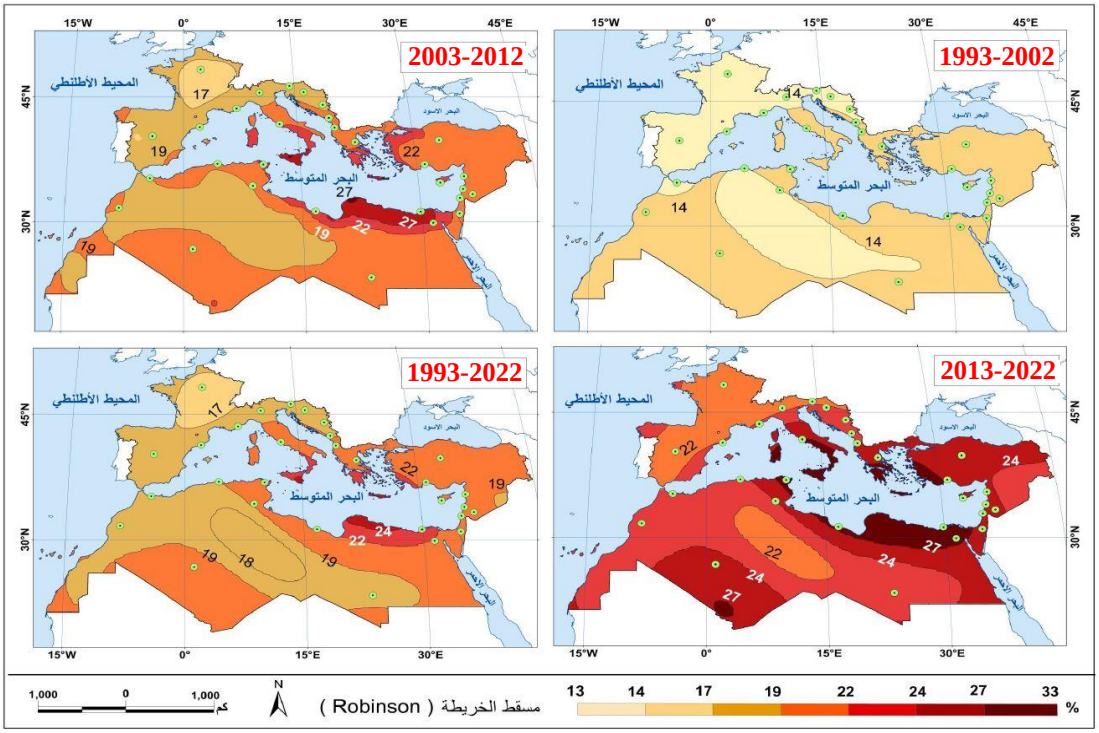
المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظمَة العَالميّة للأرصادِ الجَوّيّة، **بتصرّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٧) التغيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الأيَّام البَاردة TX10p في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

أما بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظ أن الانخفاضَ يَشهدُ استمرارًا، فقد يَصلُ إلى **٥,٥٪** في مُنتصف القَرن، ويَتجاوزُ **٦٪** بحلولِ نِهاية القَرن. وقد يَنخفض بنسبةِ **٨٪** مِن الأيَّام البَاردة بحلولِ نِهاية القَرن وفقًا للسيناريو الأكثر تشاؤمًا **(RCP 8.5)**، أي زيَادة الأيَّام الحَارة مُقابل الانخفاض في الأيَّام البَاردة؛ فيؤدّي إلى تِكرار وحدوث مَوْجَات الحَر؛ بنسبةٍ أَكْبَرِ مِن المَوْجَات البَاردة، وبصفةٍ خَاصَّةٍ في دولِ شمال حوض البَحر المُتوسط، مِثل **فرنسا وإسبانيا**، وسوف يُذْكَرُ ذلك تَفصيلًا في وَقتٍ لاحقٍ.

٨) مُؤشّر الليَالي الدافئة (TN90p):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شَكل (٢٨)** أنَّ **مُؤشّر الليَالي الدافئة (TN90p)**، التي **تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى اليوميَّة أَكثر مِن ٩٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، والتي بَلغت أعلى نِسبة لها في شرق منطقة الدراسة **١٩,٩٪** مِن الليالي، وأدنى نِسبة في الشمال **١٨,٥٪**، بينما بَلَغَت **١٩,٥٪** في الجنوب، وتراوح المُعَدَّل لها خِلال الفَترة مِن (١٩٩٣-٢٠٢٢م) بين ١٦٪ : ٢٧,٨٪. وسَجَّلت مَحطة **باريس بفرنسا** أدنى نِسبة مِن الليالي الدافئة بمَنطقةِ الدراسة بمُعدَّل **١٥٪**، بينما سَجَّلت مَحطة **قرطاج بتونس** أعلى نِسبة مِن الليالي الدافئة بمُعدَّل **٢٦,٨٪**، وشَهَدَت جَميع المَحطات اتجاهًا مُتزايدًا خِلال السنوات الأخيرة. فقد سَجَّلَ المُؤشّر أدناه في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢) حيثُ تَراوحَ بين ١٣ : ١٧٪، ثُمَّ ازدادَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيصلَ إلى ١٤ : ٣٠٪، بينما بَلَغَ أقصاه في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ١٩ : ٣٢,٧٪ مِن الليالي الدافئة في مَنطقةِ الدراسة.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٨) المُعَدَّل السنوي لمُؤشّر الليَالي الدافئة (TN90p) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢م)

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر الليَالي الدافئة (TN90p) قُبول الفَرضيَّة البديلة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال وجنوب مَنطقةِ الدراسة؛ حيث إنَّ نتائج **اختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk**، واختبار **كولوموغروف– سِمرنوف Smirnov–Kolmogorov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**، بقيمة **٠,٠٠٢ و ٠,٠٠١** على الترتيب. بينما تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شرق مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار Shapiro–Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**، بقيمة **٠,٠٠٦**، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٢)**.

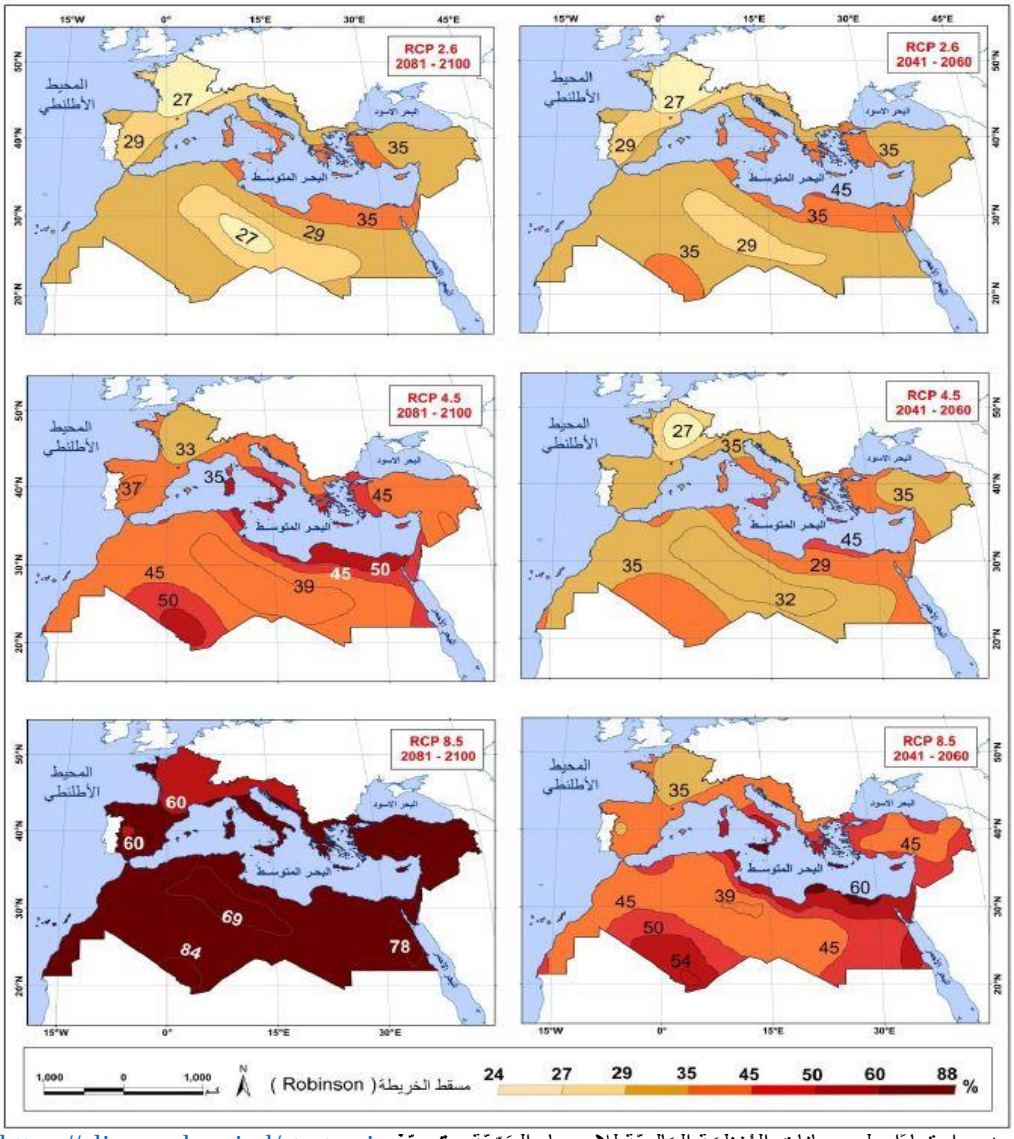
جدول (١٢) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر مُؤشِّر الليَالي الدافئة (TN90p)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِمرنوف & شابيرو – ويلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.002	18.5	–	2.9	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.020	30.2	11.7	7.2	0.96	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.003	29.9	11.4	7.1	096	0.003	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.031	32.2	13.7	7.4	0.91	0.005	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.001	39.4	20.9	9.3	0.90	0.001	0.007
	(2041 – 2061)	8.5	0.040	39.7	21.2	8.9	0.90	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.016	63.2	44.7	9.7	0.90	0.002	0.008
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.068	19.9	–	1.2	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.081	33.8	13.8	2.7	0.93	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.047	33.8	13.8	2.8	0.92	0.007	0.007
	(2041 – 2061)	4.5	0.025	35.2	15.3	2.5	0.86	0.003	0.002
	(2081 – 2100)	4.5	0.015	43.5	23.5	3.1	0.84	0.002	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.017	45.3	25.3	3.0	0.69	0.003	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.204	68.5	48.5	3.9	0.38	**0.123**	0.008
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.001	19.5	–	2.0	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.001	32.4	12.9	4.8	0.98	0.002	0.003
	(2081 – 2100)	2.6	0.002	31.5	12.0	5.0	0.95	0.005	0.005
	(2041 – 2061)	4.5	0.003	35.2	15.7	5.0	0.90	0.006	0.002
	(2081 – 2100)	4.5	0.002	43.6	24.0	6.4	0.92	0.003	0.004
	(2041 – 2061)	8.5	0.005	46.3	26.8	5.7	0.91	0.005	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.004	74.4	54.9	5.6	0.90	0.005	0.005

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٢) والشكل (٢٩)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر الليَالي الدافئة TN90p، التي تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى أَكثر مِن ٩٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، يَشْهَدُ اتجاهًا مُتزايدًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتَراوحُ قِيم المُؤشِّر بين **٢٤ : ٤٥٪** مِن الليَالي الدافئة لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، أي هناك زيادة تجاوزت **١٢٪**، مُقارنةً بفترةِ الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**.

بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أنه يَزدادَ في فَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح بين **٢٤ : ٤٥٪** في مُنتصفِ القَرن، بينما قد يَصلُ إلى **٢٩ : ٥٦٪** مِن الليَالي الدافئة، بحلولِ نهاية القَرن، وقد يَبلغ أعلى مِقدار للزيادةِ، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة في جنوبِ مَنطقة الدراسة؛ حيثُ يَصلُ إلى **٢٤٪** من الليَالي الدافئة في نِهاية القَرن الحَادي والعشرين.



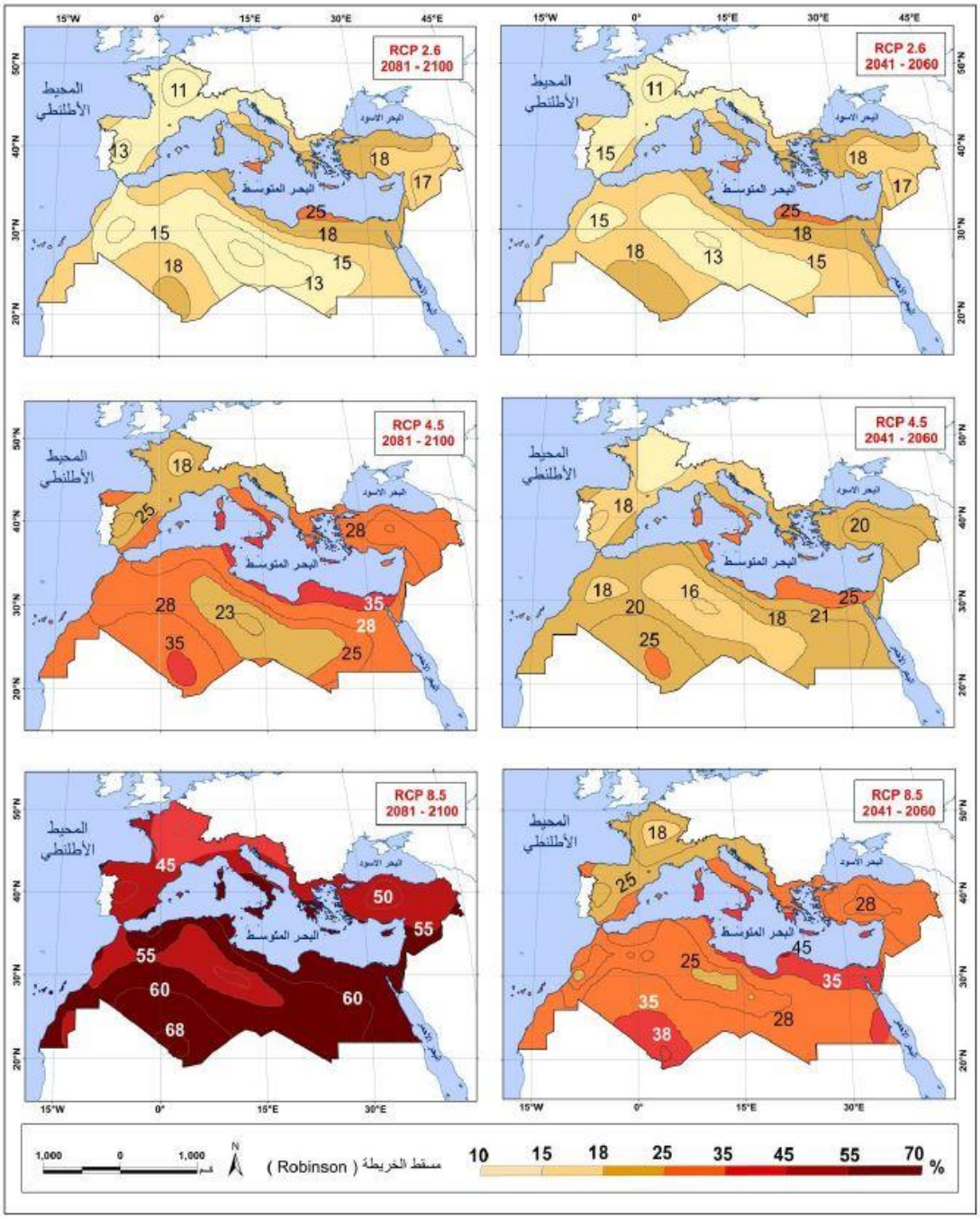
المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظمَة العَالميّة للارصادِ الجَوّيّة، **بتصرّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٢٩) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الليَالي الدافئة (TN90p) لِفترتي

مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

مِنَ المُتوقَّعِ زيادة نِسبة **مُؤشِّر الليَالي الدافئة TN90p**، بشَكلٍ كَبيرٍ، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد تَصلُ النسبة إلى **٦٩٪** مِن الليالي الدافئة، في مُنتصفِ القَرن، و **٨٨٪** بنهاية القَرن، وتَتَجَاوزُ النسبة ٧٠٪ مِن الليَالي الدافئة في مُعظم منطقة الدراسة، بحلولِ نهاية القرن، بأعلى مِقدار مِن الزيادة في جنوب مَنطقة الدراسة بنسبةِ **٥٤,٩٪** مِن الليَالي الدافئة. وهذه الزيادة لِجميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

يَتَضِحُ مِنَ **الشكلِ (٣٠)** أنَّ هناك زيادة مُتطرَّفة للمُعدَّل السنوي المُتوقَّع لِمُؤشِّر الليَالي الدافئة تصلُ إلى ٢٨٪ لِمعظم مَنطقة الدراسة لِفترتي مُنتصف ونهاية القرن بالنسبةِ للفَترةِ المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)، وفقًا للسيناريو **الأدنى (RCP 2.6)**. أما بالنسبةِ لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظ أن الزيادة قد تَصلُ إلى٣٢٪ في مُنتصفِ القَرن، وتَتَجَاوزُ ٤٠٪ بحلول نهاية القرن. كمَا أنها قَد تَتَجَاوزُ٦٨٪ مِن الليَالي الدافئة، بحلولِ نِهاية القَرن، وفقًا للسيناريو الأكثر تَشاؤمًا **(RCP 8.5)**.

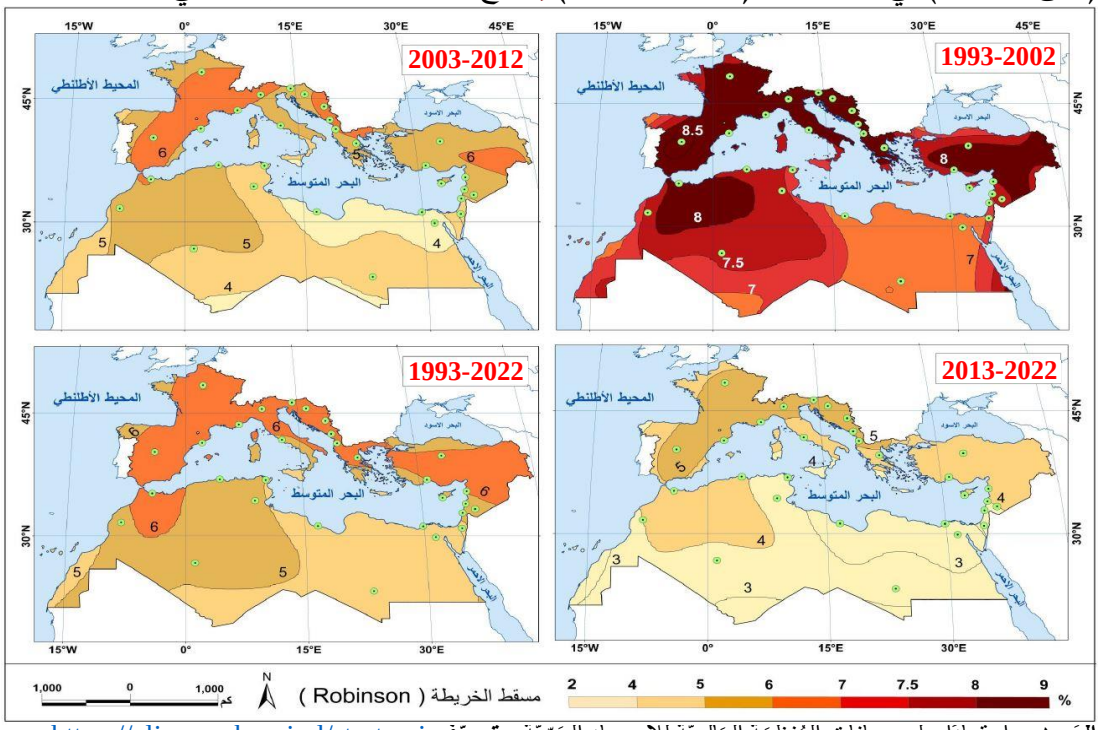


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٠) التغَيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الليَالي الدافئة TN90p في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

٩) مُؤشِّر الليَالي البَاردة (TN10p):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شكل (٣١)** أنَّ **مُؤشِّر الليَالي البَاردة (TN10p)**، التي **تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى اليوميَّة أقل مِن ١٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، والتي بَلغت أعلى نِسبة لها في شمال منطقة الدراسة ٦,٣٪ مِن الليالي، وأدنى نِسبة في الجنوب ٥٪، بينما بَلَغَت ٦٪ في الشرق، وتراوح مُعَدَّلها خِلال الفَترة مِن (١٩٩٣-٢٠٢٢م) بين ٤٪ : ٦,٩٪. وسَجَّلت مَحطة **الأسكندريَّة/النزهة** أدنى نِسبة مِن الليالي البَاردة بمَنطقةِ الدراسة بمُعدَّل ٤٪، بينما سَجَّلت مَحطة **مدريد بإسبانيا** أعلى نِسبة مِن الليالي البَاردة بمُعدَّل ٧٪. وشَهَدَت جَميع مَحطات منطقة الدراسة انخفاضًا في نِسبة الليَالي الباردة. فيُلاحظُ أنَّ المُؤشِّر قد سَجَّلَ أعلى نِسبة له في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢) تَراوحَ بين ٦ : ٨,٧٪، ثُمَّ انخفض المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيصلَ إلى ٣,٤ : ٦,٥٪، بينما بَلَغَ أدناه (أعلى انخفاض) في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ٢,٤ : ٥,٧٪ مِن الليالي الباردة.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظمَة العَالميّة للارصادِ الجَوّيّة، **بتصرّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣١) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الليَالي البَاردة (TN10p) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر الليَالي البَاردة (TN10p) قُبول الفَرضيَّة البديلة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال وجنوب مَنطقةِ الدراسة؛ حيث إنَّ نتائج **اختبار شابيرو-ويلك Shapiro–Wilk**، واختبار **كولوموغروف-سمرنوف Smirnov–Kolmogorov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠٠١ و ٠,٠٠٣ على الترتيب. بينما تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شرق مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار Shapiro–Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠١٨، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٣)**.

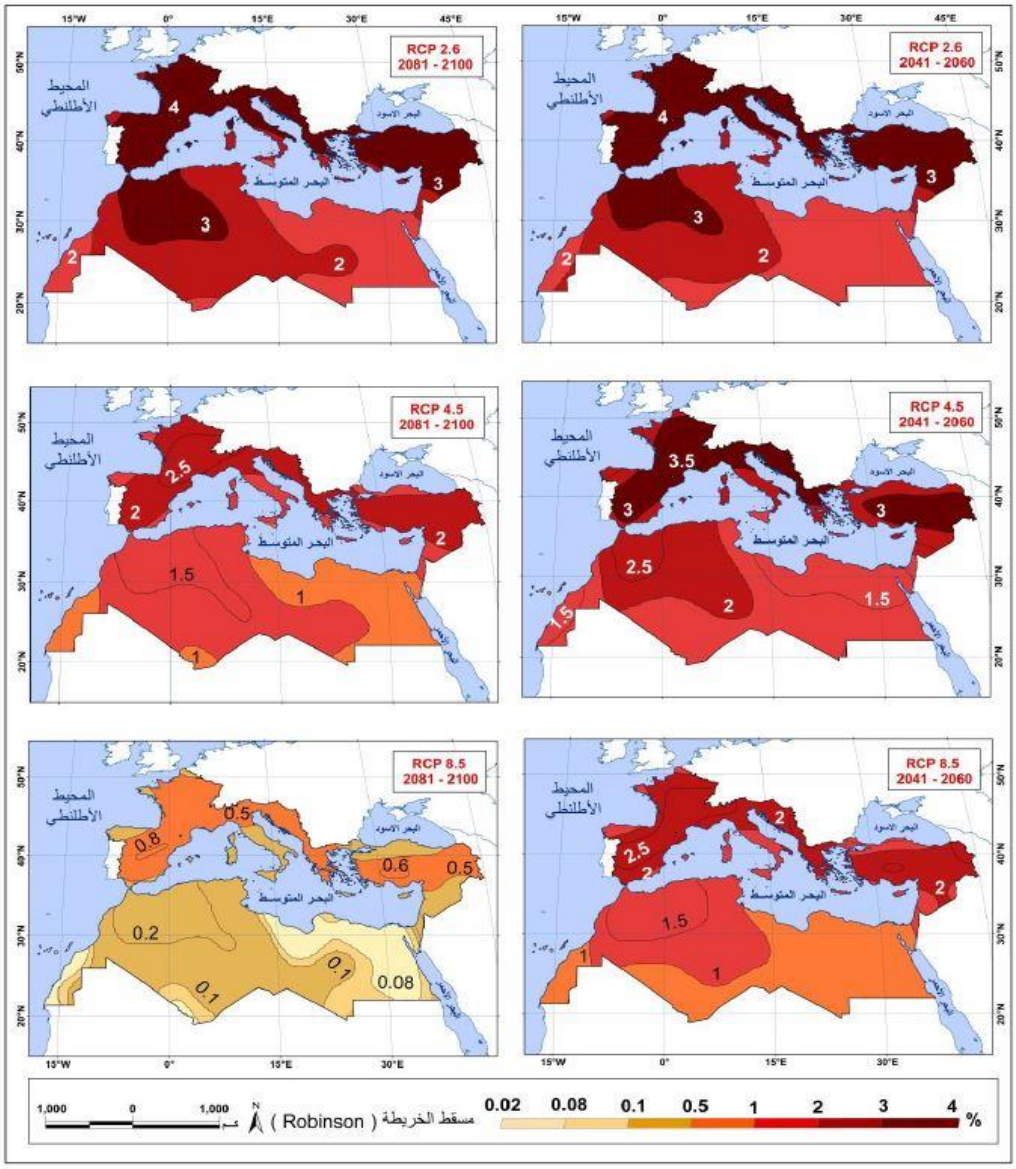
جدول (١٣) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر مُؤشِّر الليَالي البَاردة (TN10p)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـمرنوف & شابيرو – ويـلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.001	6.35	–	0.6	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.003	3.65	-2.7	0.6	0.96	0.002	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.001	3.59	-2.7	0.6	096	0.003	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.002	3.13	-3.2	0.5	0.96	0.002	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.008	2.22	-4.1	0.4	0.94	0.001	0.007
	(2041 – 2061)	8.5	0.009	2.27	-4.0	0.4	0.95	0.001	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.008	2.22	-4.1	0.4	0.94	0.002	0.007
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.186	6.13	–	0.3	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.452	3.45	-2.6	0.3	0.98	0.001	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.321	3.43	-2.7	0.4	0.99	0.005	0.004
	(2041 – 2061)	4.5	0.741	2.96	-3.1	0.3	0.95	0.004	0.002
	(2081 – 2100)	4.5	0.674	2.13	-3.9	0.2	0.98	0.004	0.004
	(2041 – 2061)	8.5	0.672	2.11	-4.0	0.2	0.93	0.003	0.007
	(2081 – 2100)	8.5	0.674	2.13	-3.9	0.2	0.98	0.001	0.006
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.003	5.05	–	0.6	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.002	2.26	-2.8	0.6	0.97	0.001	0.003
	(2081 – 2100)	2.6	0.023	2.34	-2.7	0.6	0.94	0.000	0.005
	(2041 – 2061)	4.5	0.006	1.84	-3.2	0.4	0.95	0.009	0.002
	(2081 – 2100)	4.5	0.200	1.15	-3.9	0.3	0.91	0.008	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.000	1.04	-4.0	0.3	0.92	0.005	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.200	1.15	-3.9	0.3	0.93	0.002	0.004

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٣) والشكل (٣٢)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر الليَالي البَاردة TN10p، التي تَكُونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى أَقل مِن ١٠٪ لِسلسلة البيانات اليوميَّة**، يَشْهَدُ اتجاهًا مُتناقِصًا مُقابل الزيادة في الليالي الدافئة، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأدنى **(RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتَراوحُ قِيم المُؤشِّر بين **١,٢ : ٤,٢٪** مِن الليَالي الباردة، لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، أي أن هناك انخفاضٌ لِمُؤشِّر الليَالي البَاردة تجاوزت نِسبته **٢,٥٪** ليلة، مُقارنةً بفترةِ الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**. أمَّا بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّع أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الانخفاض لفَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح بين **٠,٩ : ٣,٧٪** في مُنتصفِ القَرن، بينما قد يَنخفضُ إلى **٠,٣ : ٣٪** مِن الليَالي البَاردة، بحلولِ نهاية القَرن، وقد يَبلغ أكثر انخفاض، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة، في شمال مَنطقة الدراسة؛ بِنسبةِ **٤,١٪** من الليَالي البَاردة في نِهاية القَرن الحادي والعشرين.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

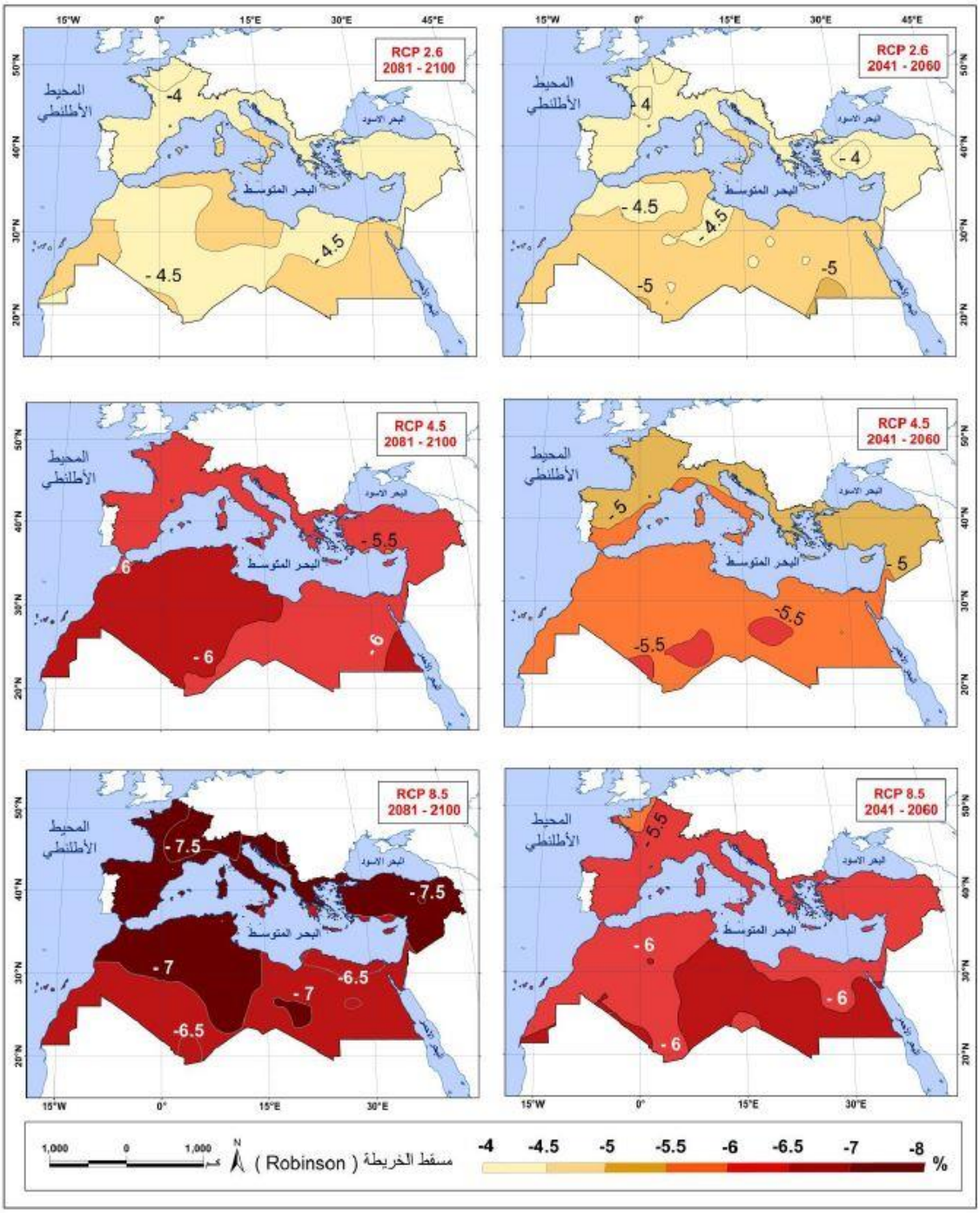
شكل (٣٢) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الليَالي البَاردة (TN10p) لِفترتي

مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

مِنَ المُتوقَّعِ انخفاض نِسبة **مُؤشِّر الليَالي البَاردة TN10p**، بشَكلٍ كَبيرٍ، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد تنخفضُ النسبة إلى **٠,٣٪**، في مُنتصف القَرن، و **٠,٢٪** بنهايةِ القَرن، ويُلاحظُ انخفاض نِسبتها إلى **٠,١٪** مِن الليالي البَاردة في جنوب منطقة الدراسة. وهذه النسب مِن الانخفاض في جميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

يَظْهَرُ مِنْ دِراسةِ **الشكلِ (٣٣)** أنَّ هناك انخفاضٌ واضحٌ في المُعَدَّل السنوي المُتوقَّع لِمُؤشِّر الليَالي البَاردة؛ إذ تنخفضُ النسبة إلى **٥٪** مِن الليالي الباردة، في مُعظم مَنطقة الدراسة، لِفترتي مُنتصف ونهاية القرن بالنسبةِ للفَترةِ المَرجعيَّة (**١٩٨١–٢٠١٠م**)، وفقًا للسيناريو الأدنى **(RCP 2.6)**.

أما بالنسبة لسيناريو **(RCP 4.5)** فيُلاحظ أن الانخفاضَ قد يَصلُ إلى٦٪ في مُنتصفِ القَرن، ويَصلُ إلى٦,٤٪ مِن الليالي الباردة، بحلولِ نهايةِ القَرن. كما أنه قد يَصلُ إلى ٨٪ مِن الليَالي البَاردة، بحلولِ نِهاية القَرن، وفقًا للسيناريو الأكثر تشاؤمًا **(RCP 8.5)**.

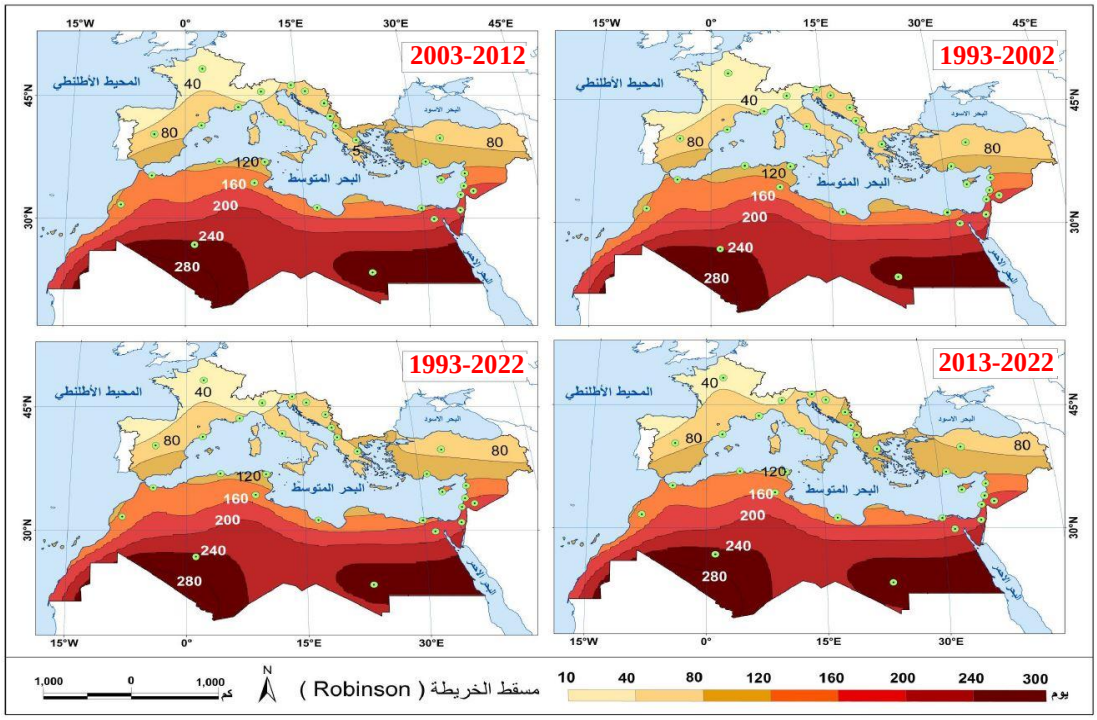


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٣) التغيُّر في المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الليَالي البَاردة TN10p في الفَترة المُستقبليَّة، مُقارنةً بالفَترة المَرجعيَّة (١٩٨١-٢٠١٠م)

١٠)مُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شكل (٣٤)** أنَّ **مُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU)**، وهي **مجموع الأيَّام التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أكبر مِن ٢٥°س**، والتي بَلَغَ أعلى مُعَدَّل سنوي لها في جنوب مَنطقة الدراسة **٢٠٥ يوم**، وأدنى مُعَدَّل في الشمال **٥٤,٤ يوم**، بينما وصل إلى **٩٤,٥ يوم** في شرق منطقة الدراسة. وتراوح مُعَدَّلها خِلال الفَترة مِن (١٩٩٣–٢٠٢٢م) بين ١١,٥ : **٢٩٣يوم**. وسَجَّلت مَحطة **كان بفرنسا** أقل مُعَدَّل مِن الأيَّام الصيفيَّة في منطقة الدراسة **٢٩ يوم**، بينما سَجَّلت محطة **الكَفرة بليبيا** أعلى مُعَدَّل مِن الأيَّام الصيفيَّة **٢٤٣ يوم**. وشَهِدَ الاتجاه العَام تَزايُدًا خِلال السنوات الأخيرة، فيُلاحظ أنَّ المُؤشِّر سَجَّلَ أدناه في الفَترة الأولى (١٩٩٣–٢٠٠٢)، حيثُ تراوحَ بين ٩,٨ : ٢٨٨ **يوم**، ثُمَّ ازداد المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣–٢٠١٢) لِيصلَ إلى ١١,٤ : **٢٩٥ يوم**، بينما بَلَغَ أقصاه في الفترة الثالثة (٢٠١٣–٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ١٤ : **٢٩٩ يوم صيفي**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٤) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU) قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال وشرق مَنطقةِ الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٤٥، ٠,١٥ **على التوالي**، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٤)**. بينما تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة البديلة**، التي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في جنوب مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار كولوموغروف–سمرنوف Smirnov–Kolmogorov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠٠١، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٤)**.

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

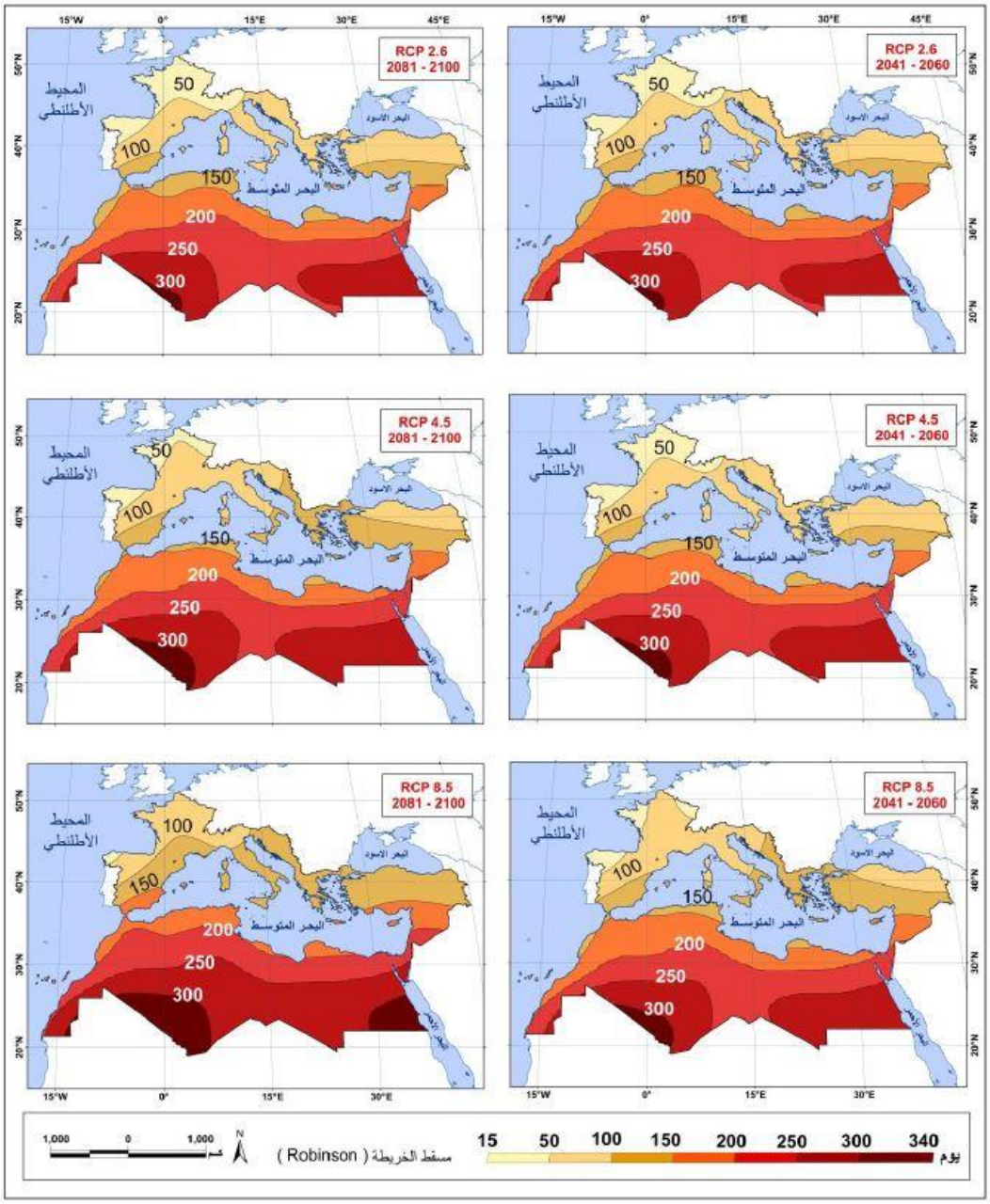
جدول (١٤) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سمرنوف & شابيرو – ويلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	—	0.457	54.4	–	28.2	—	—	—
	(2041 – 2061)	2.6	0.724	68.8	14.3	30.9	0.99	0.003	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.641	66.7	12.2	31.0	0.97	0.009	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.845	69.5	15.0	31.3	0.94	0.006	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.857	77.7	23.3	32.5	0.97	0.001	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.901	79.1	24.6	32.3	0.97	0.006	0.003
	(2081 – 2100)	8.5	0.761	110.8	56.4	34.5	0.90	0.002	0.007
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	—	0.153	94.5	–	36.1	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.170	108.5	13.9	35.1	1	0.005	0.003
	(2081 – 2100)	2.6	0.153	107.8	13.3	35.0	1	0.005	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.168	109.1	14.6	37.0	0.99	0.002	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.156	117.6	23.1	36.1	0.98	0.004	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.153	119.3	24.8	34.4	0.97	0.003	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.125	148.9	54.4	32.5	0.98	0.004	0.001
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	—	0.001	204.9	–	52.4	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.005	217.3	12.3	50.5	0.99	0.001	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.004	217.4	12.4	50.7	0.99	0.001	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.015	221.4	16.4	51.7	0.99	0.005	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.012	229.7	24.7	50.7	0.99	0.001	0.000
	(2041 – 2061)	8.5	0.020	225.6	20.6	49.5	0.94	0.002	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.200	255.8	50.8	46.2	0.91	0.001	0.004

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٤) والشكلِ (٣٥)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU)**، وهي **مجموع الأيَّام التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أكبر مِن ٢٥°س**، والتي تَشْهَدُ اتجاهًا مُتزايدًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأدنى **(RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتراوحُ قِيم المُعَدَّل السنوي للمُؤشِّر بين ١٧ : ٣٠٥ **يوم** مِن الأيَّام الصيفيَّة، لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، أي أن هناك زيادة تَجاوزت ١٢ **يوم**، مُقارنةً بفترةِ الدراسة (١٩٩٣–٢٠٢٢م). أمَّا بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الزيادةِ، بشَكلٍ ملحوظٍ، في فَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة بين ١٧ : ٣١٠ **يوم** في مُنتصفِ القَرن، وبين ٢٠ : ٣١٦ **يوم صيفي**، بحلولِ نهاية القَرن، وقد يَبلغ أعلى فارق للزيادةِ، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة، في جنوب مَنطقة الدراسة، ليَصلَ إلى ٢٥ **يوم صيفي**، في نِهاية القَرن الحَادي والعشرين.

مِنَ المُتوقَّعِ استمرار الزيادة في مُعَدَّل مُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة **SU**، بشَكلٍ أكثر تَطرُّفًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد يَصلُ المُعَدَّل إلى **٣١٢ يوم** في مُنتصف القَرن، وإلى **٣٣٩ يوم** بنهايةِ القَرن. كَمَا يُلاحظُ تجاوز المُعَدَّل **٢٥٠ يوم** في مُعظم الأجزاء الجنوبيَّة مِن مَنطقة الدراسة، بحلولِ نهايَة القَرن الحادي والعشرين. بأعلى مِقدار مِن الزيادة في شمال منطقة الدراسة بمُعَدَّل **٥٧ يوم صيفي**، وهذه الزيادة في جميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

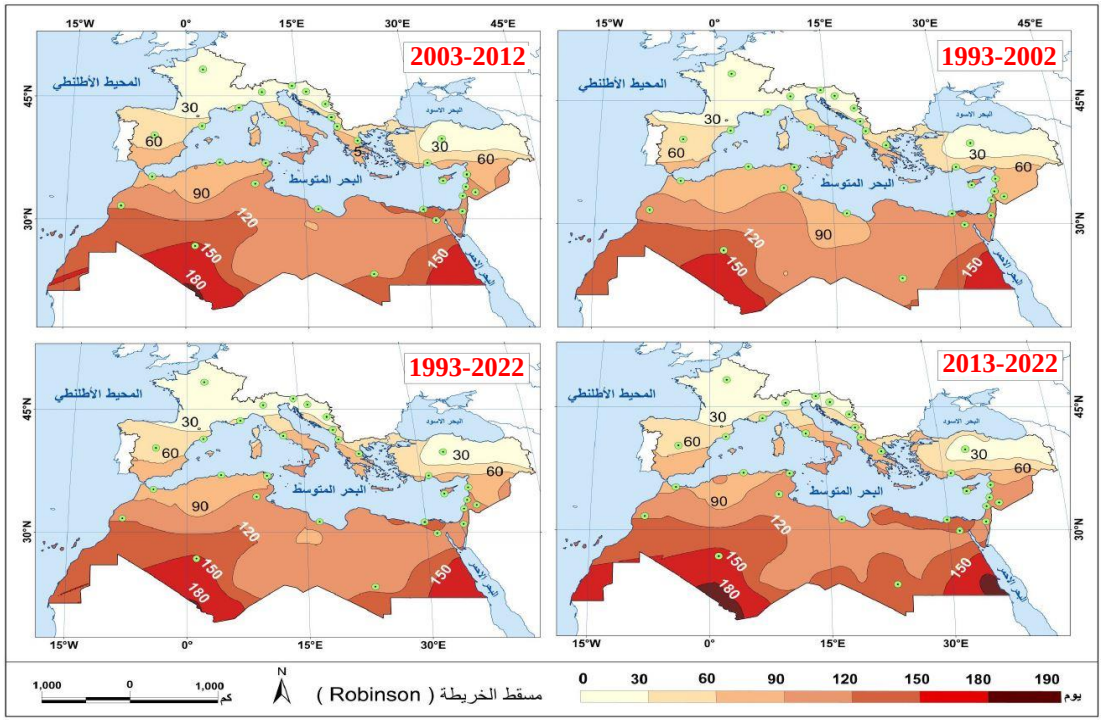


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٥) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الأيَّام الصيفيَّة (SU) لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

١١)مُؤشِّر الليالي المَداريَّة (TR):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شكل (٣٦)** أنَّ **مُؤشِّر الليَالي المَداريَّة (TR)**، وهي **مجموع عدد الليَالي التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى اليوميَّة أكبر مِن ٢٠°س**، والتي بَلَغَ أعلى مُعَدَّل سنوي لها في جنوب منطقة الدراسة **١٣٨ لَيْلَة**، وأدنى مُعَدَّل في الشمال **٤١ لَيْلَة**، بينما وصل إلى **٥٩ لَيْلَة** في شرق منطقة الدراسة. وتراوح مُعَدَّلها خِلال الفَترة مِن (١٩٩٣-٢٠٢٢م) بين **٣ : ١٨١ لَيْلَة**. وسَجَّلت مَحطة **باريس بفرنسا** أقل مُعَدَّل مِن الليالي المَداريَّة بمَنطقةِ الدراسة، **٣ لَيْلَة**، بينما سَجَّلت محطة **الكَفرة بليبيا** أعلى مُعَدَّل مِن الليالي المَداريَّة **١٨٠,٧ لَيْلَة**. وشَهِدَ الاتجاه العَام تَزايُدًا خِلال السنوات الأخيرة، فيُلاحظ أنَّ المُؤشِّر سَجَّلَ أدناه في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢)، حيثُ تَراوحَ بين **١ : ١٧٢ لَيْلَة**، ثُمَّ ازداد المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيصلَ إلى **٣ : ١٨٢ لَيْلَة**، بينما بَلَغَ أقصاه في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين **٥: ١٨٨ لَيْلَة مَداريَّة**.

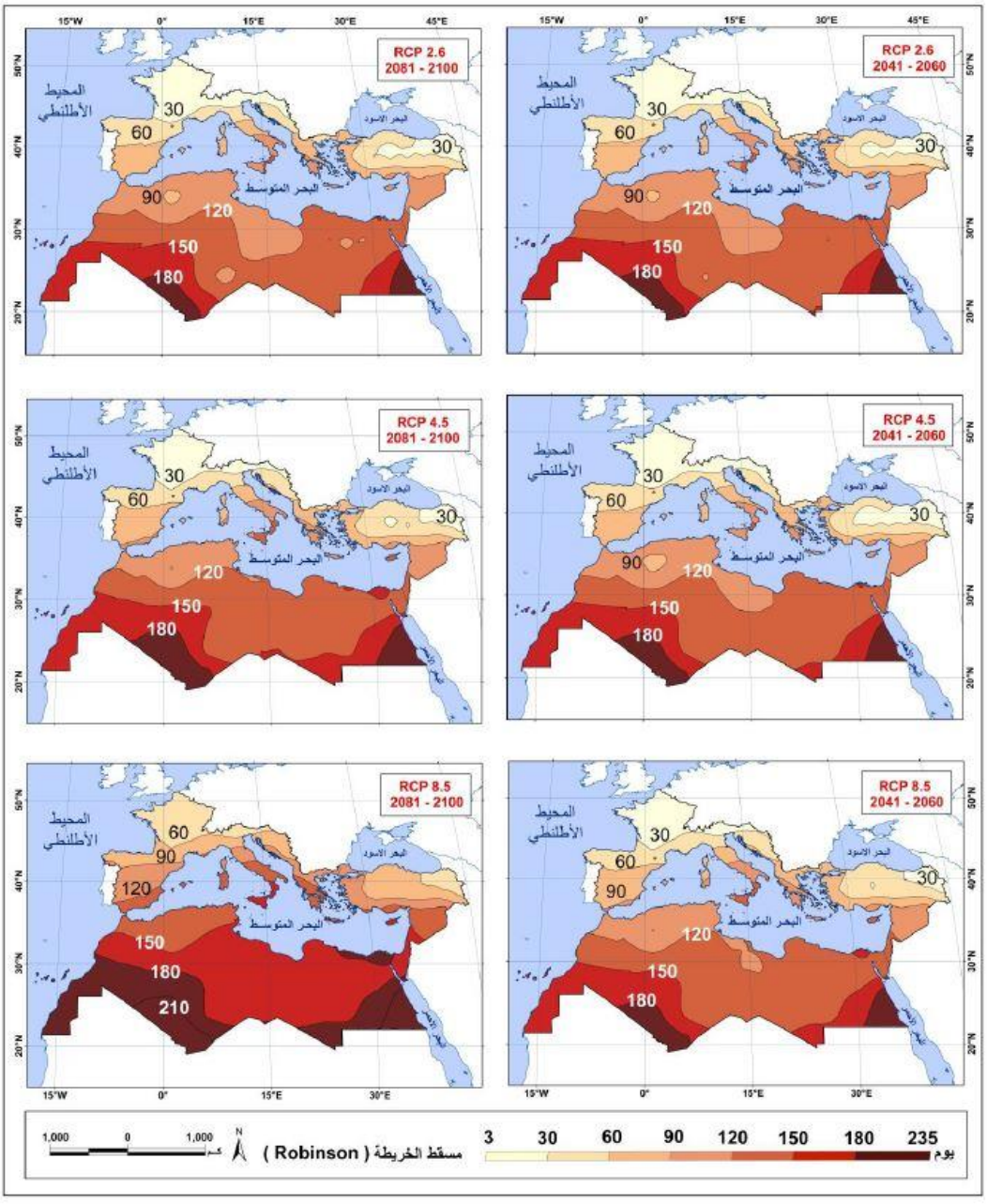


المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٦) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر الليَالي المَداريَّة (TR) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر الليَالي المَداريَّة (TR) قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، والتي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في مَنطقةِ الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو-ويلك Shapiro–Wilk**، و**اختبار كولوموغروف-سمرنوف Smirnov–Kolmogorov أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٥٥، ٠,١٨، ٠,٨٩ على التوالي.

يَتَضِحُ مِن دِراسة **الشكلِ (٣٧)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر الليَالي المَداريَّة TR**، وهي **مجموع عدد الليَالي التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى اليوميَّة أكبر مِن ٢٠°س**، التي تَشْهَدُ اتجاهًا مُتزايدًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأدنى **(RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتراوحُ قِيم المُعَدَّل السنوي لِلمُؤشِّر بين **٣ : ١٩٦ لَيْلَة**، خِلال مُنتصف القَرن، وتَنخفضُ إلى **٢,٦ : ١٩٤ لَيْلَة**، بنِهاية القَرن، أي أن هناك زيادة تجاوزت **١٠ لَيْلَة**، مُقارنةً بفترةِ الدراسة (١٩٩٣–٢٠٢٢م).



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

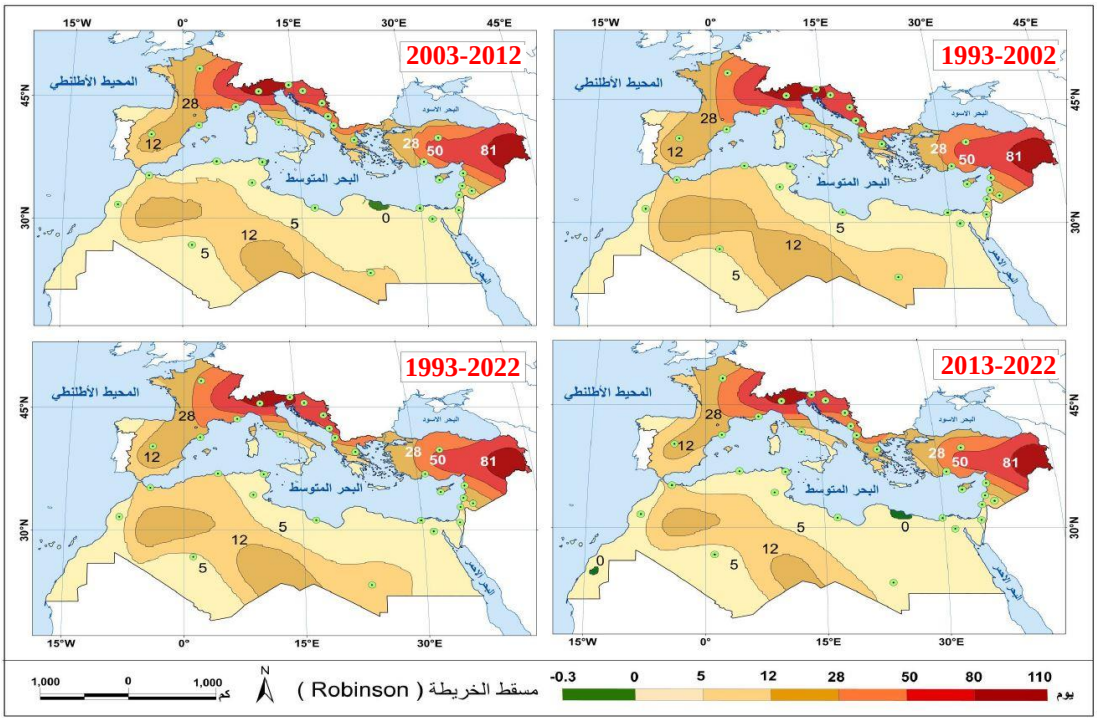
شكل (٣٧) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الليَالي المَداريَّة (TR) لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

أمَّا بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الزيادةِ، بشَكلٍ مَلحوظٍ، في فَترتي المُستقبل، حيثُ يَتراوحُ المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر الليَالي المَداريَّة بين **٣,٧ : ٢٠٠ لَيْلَة** في مُنتصفِ القَرن، ويَزدادُ عَدَد الليَالي المَداريَّة بحلول نهاية القَرن؛ ليَتراوح بين ٧ : ٢٠٨ **لَيْلَة**، بحلولِ نهاية القَرن، بمُعَدَّلِ زيادةٍ ٢٠ **لَيْلَة** تَقريبًا، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة.

ومِنَ المُتوقَّعِ استمرار الزيادة في مُعَدَّل مُؤشِّر **الليَالي المَداريَّة TR**، بشَكلٍ أكثر تَطرُّفًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد يَتراوحُ المُعَدَّل بين **٧,٥ : ٢٠١ لَيْلَة** في مُنتصف القَرن، وبين **٣١ : ٢٣٥ لَيْلَة** بحلولِ نهايةِ القَرن. بمِقدارٍ مِن الزيادة قد يَتجاوز **٥٠ لَيْلَة**، وهذه الزيادة في جميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

١٢)مُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شَكل (٣٨)** أنَّ **مُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD)**، وهي **مجموع عَدَد الأيَّام التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى اليوميَّة أقل مِن صفر °س**، والتي بَلَغَ أعلى مُعَدَّل سنوي لها في شرق منطقة الدراسة **٥١,٣ يوم**، وأدنى مُعَدَّل في الجنوب **٥ يوم**، بينما وصل إلى **٣٢ يوم** في شمال منطقة الدراسة. وتراوح المُعَدَّل خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢م) بين **٠,٠٢ : ١٠٤,٨ يوم**. وسَجَّلت مَحطة **قرطاج بتونس** أقل مُعَدَّل مِن أيَّام الصقيع في منطقة الدراسة **٠,٠٢ يوم**، بينما سَجَّلت محطة **بريشيا/غيدي** أعلى مُعَدَّل مِن أيَّام الصقيع **١٠٣,٤ يوم**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٨) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

شَهِدَ الاتجاه العَام انخفاضًا خِلال السنوات الأخيرة، فيُلاحظ أنَّ المُؤشِّر سَجَّلَ أعلى مُعَدَّل في الفَترة الأولى (١٩٩٣–٢٠٠٢)، حيثُ تراوحَ بين ٠,٠٣ : ١٠٩,٦ **يوم**، ثُمَّ انخفضَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣–٢٠١٢) لِيصلَ إلى ٠,٣ : ١٠٤,٢ **يوم**، بينما بَلَغَ أدناه في الفترة الثالثة (٢٠١٣–٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ٠,٣ : ١٠١ **يوم صقيع**.

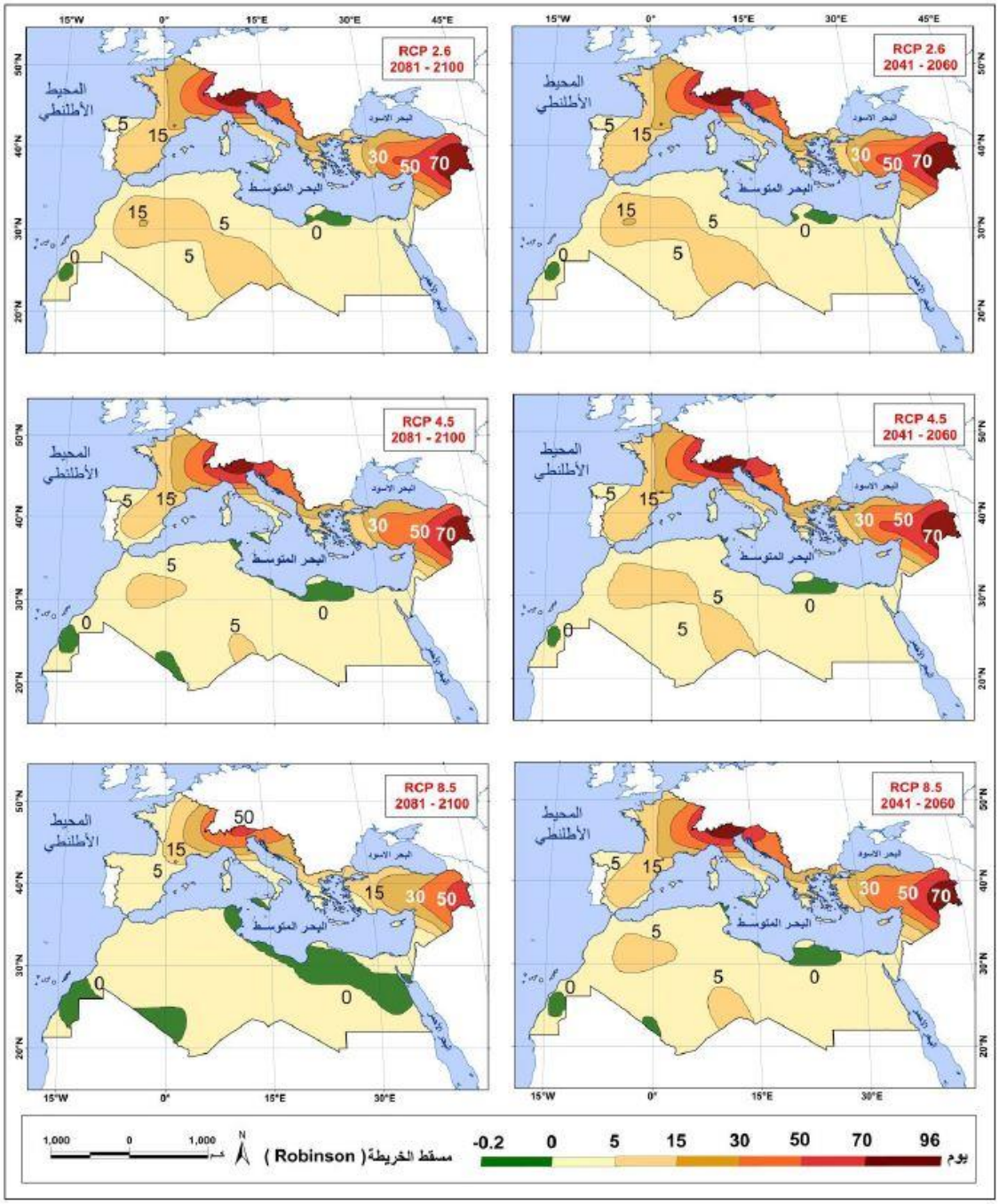
أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD) قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، التي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شرق مَنطقة الدراسة؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمةِ ٠,٠٨، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٥)**. بينما تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال وجنوب مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk، واختبار كولوموغروف–سِمرنوف Kolmogorov–Smirnov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٥)**.

جدول (١٥) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِمرنوف & شابيرو – ويلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.002	32.0	_	17.2	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.001	26.7	-5.3	17.5	0.99	0.003	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.001	26.1	-5.9	18.2	0.99	0.002	0.002
	(2041 – 2061)	4.5	0.001	26.9	-5.1	18.1	0.99	0.001	0.009
	(2081 – 2100)	4.5	0.002	23.2	-8.8	17.9	0.97	0.003	0.000
	(2041 – 2061)	8.5	0.010	24.4	-7.6	17.6	0.97	0.006	0.003
	(2081 – 2100)	8.5	0.029	13.3	-18.7	16.3	0.92	0.007	0.004
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.082	51.3	_	37.7	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.064	43.8	-7.4	34.1	1	0.001	0.008
	(2081 – 2100)	2.6	0.055	43.1	-8.1	34.2	0.99	0.003	0.002
	(2041 – 2061)	4.5	0.067	43.5	-7.7	34.5	0.97	0.003	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.058	38.7	-12.5	32.0	0.97	0.004	0.001
	(2041 – 2061)	8.5	0.073	39.9	-11.3	31.5	0.98	0.008	0.006
	(2081 – 2100)	8.5	0.031	25.0	-26.2	23.2	0.94	0.004	0.001
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.001	5.07	_	5.2	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.002	3.29	-1.7	3.9	0.99	0.001	0.007
	(2081 – 2100)	2.6	0.002	3.29	-1.7	3.9	0.94	0.008	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.009	2.69	-2.3	3.4	0.92	0.005	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.018	1.84	-3.2	2.7	0.91	0.006	0.006
	(2041 – 2061)	8.5	0.033	2.23	-2.8	3.2	0.91	0.002	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.000	0.48	-4.5	1.0	0.87	0.007	0.001

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ**، https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٥) والشكلِ (٣٩)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD)**، وهي **مجموع عَدَد الأيَّام التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة الصغرى اليوميَّة أقل مِن صفر °س** ، والتي تَشْهَدُ اتجاهًا مُتناقصًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأدنى **(RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتراوحُ قِيم المُعَدَّل السنوي للمُؤشِّر بين **-٠,٤ : ٩٦ يوم مِن أيَّام الصقيع**، لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، أي هناك انخفاض بمعدل **١٠ يوم** تقريبًا مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٣٩) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أيَّام الصقيع (FD) لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

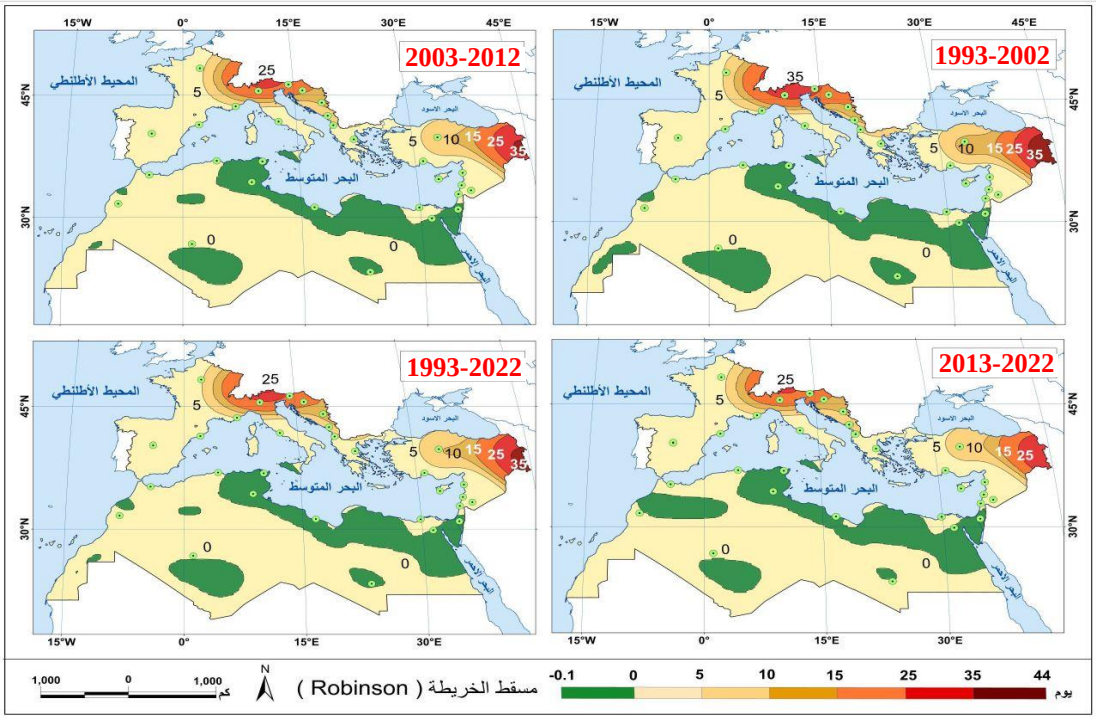
بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الانخفاض، بشَكلٍ ملحوظٍ، في فَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أيَّام الصقيع بين **-٠,٤ : ٩٢ يوم** في مُنتصفِ القَرن، وبين **-٠,٤ : ٨٨ يوم**، في نهاية القَرن، وقد تَصلُ ذُرة انخفاض المُؤشِّر إلى **١٢,٥ يوم**، في شرق مَنطقة الدراسة، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة، في نِهاية القَرن الحادي والعشرين.

مِنَ المُتوقَّعِ استمرار انخفاض مُعَدَّل مُؤشِّر أيَّام الصقيع **FD**، بشَكلٍ أكثر تَطرُّفًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد يتراوحُ المُعَدَّل بين **-٠,٤ : ٨٥ يوم** في مُنتصف القَرن، وبين **-٠,٢ : ٦٤ يوم** بنهايةِ القَرن. كَمَا يُلاحظُ تسجيل أجزاء مِن جنوبِ منطقة الدراسة **(صفر يوم صقيع)**. بأعلى مِقدار مِن الانخفاض في شرق منطقة الدراسة بمُعَدَّل **٢٦ يوم صقيع**، وهذه الانخفاض في جميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**.

١٣)مُؤشِّر أيَّام الثلج (ID):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شكل (٤٠)** أنَّ **مُؤشِّر أيَّام الثلج (ID)**، وهي **مجموع عَدَد الأيَّام التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أقل مِن صفر°س**، والتي بَلغَ أعلى مُعَدَّل سنوي لها في شرق منطقة الدراسة **١١,٥ يوم**، وأدنى مُعَدَّل في الجنوب **٠,٠٠٤ يوم**، بينما وصل إلى **٦,١ يوم** في شمال منطقة الدراسة. وتراوح المُعَدَّل خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢م) بين **٠,١ : ٣٨ يوم**.

جديرٌ بالذكرِ أن جنوب منطقة الدراسة، **لم يُسجَّل بها أي عَدَد مِن أيَّام حدوث الأيَّام الثلجيَّة؛ حيثُ كانت قِيم المُؤشِّر = صفر يوم، باستثناء المرتفعات.**



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤٠) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر عدد أيَّام الثلج (ID) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

بينما سَجَّلَت **محطة بريشيا/غيدي** أعلى مُعَدَّل مِن الأيَّام الثلجيَّة **٣٠ يوم**. وقد شَهِدَ الاتجاه العَام انخفاضًا خِلال السنوات الأخيرة، فيُلاحظ أنَّ المُؤشِّر سَجَّلَ أعلى مُعَدَّل في الفَترة الأولى **(١٩٩٣–٢٠٠٢)**، حيثُ تراوحَ بين **٠,١٩ : ٤٤ يوم**، ثُمَّ انخفضَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية **(٢٠٠٣–٢٠١٢)** لِيصلَ إلى **٠,١٦ : ٣٦,٢ يوم**، بينما بَلَغَ أدناه في الفترة الثالثة **(٢٠١٣–٢٠٢٢)** لِيتراوحَ بين **٠,١٧ : ٣٣,١ يوم ثلج**.

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **مُؤشِّر أيَّام الثلج ID قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk، واختبار كولوموغروف–سِمرنوف Kolmogorov–Smirnov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي **٠,٠٥**، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٦)**.

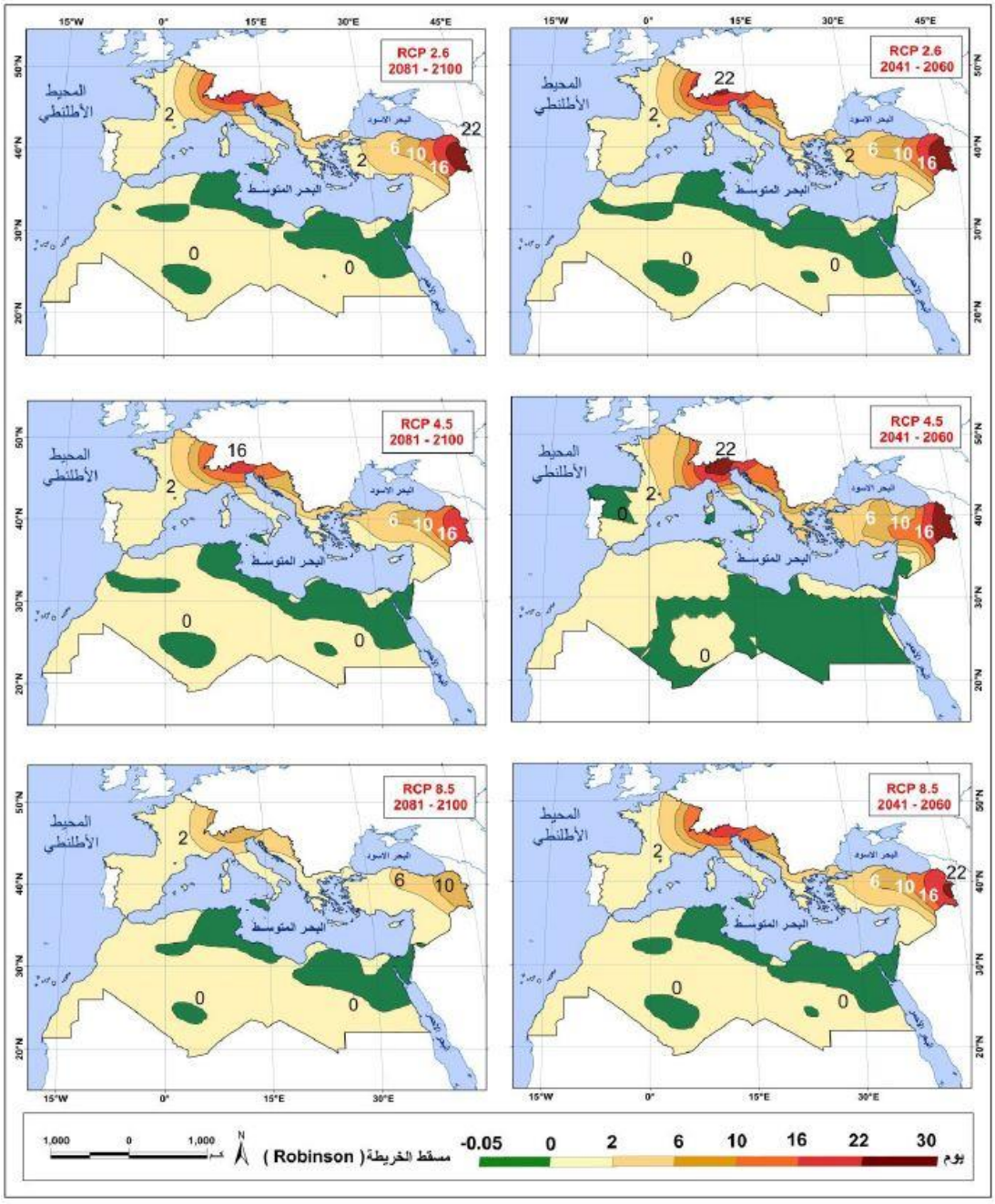
جدول (١٦) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أيَّام الثلج (ID)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـمرنوف & شابيرو – ويـلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.001	6.11	–	8.6	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.010	4.64	-1.4	6.8	0.99	0.003	0.021
	(2081 – 2100)	2.6	0.022	4.27	-1.8	6.4	0.97	0.007	0.002
	(2041 – 2061)	4.5	0.000	5.12	-0.9	6.9	0.98	0.006	0.001
	(2081 – 2100)	4.5	0.003	4.09	-2.0	5.8	0.97	0.005	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.002	4.18	-1.9	6.1	0.97	0.007	0.004
	(2081 – 2100)	8.5	0.001	1.82	-4.2	3.0	0.93	0.002	0.002
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.006	11.5	–	12.7	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.004	8.68	-2.8	9.8	0.99	0.002	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.003	8.25	-3.2	9.7	0.99	0.005	0.000
	(2041 – 2061)	4.5	0.011	8.53	-3.0	9.0	0.98	0.008	0.004
	(2081 – 2100)	4.5	0.007	6.77	-4.7	7.3	0.93	0.006	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.009	7.46	-4.0	8.0	0.93	0.006	0.003
	(2081 – 2100)	8.5	0.002	2.98	-8.5	3.6	0.93	0.006	0.001
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	–	0.001	**0.004**	–	0.01	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.001	0.002	-0.002	0.008	0.98	0.001	0.002
	(2081 – 2100)	2.6	0.002	0.001	-0.002	0.006	0.98	0.001	0.004
	(2041 – 2061)	4.5	0.002	**0.005**	**0.0008**	0.01	0.95	0.008	**0.115**
	(2081 – 2100)	4.5	0.002	0.002	-0.002	0.007	0.99	0.001	0.012
	(2041 – 2061)	8.5	0.002	0.002	-0.002	0.008	0.91	0.002	0.004
	(2081 – 2100)	8.5	0.009	0.0007	-0.004	0.003	0.91	0.001	0.004

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّف**، https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٦) والشكل (٤١)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر أيَّام الثلج (ID)**، وهي **مجموع عَدَد الأيَّام التي تَكونُ فيها دَرَجَة الحَرارة العُظمى اليوميَّة أقل مِن صفر °س**، والتي تَشْهَدُ اتجاهًا

مُتناقصًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأدنى **(RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتراوحُ قِيم المُعَدَّل السنوي لِلمُؤشِّر بين **٠,١ : ٢٧ يوم مِن أيَّام الثلج**، لِفَترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، بينما بَلَغَت ذُرة الانخفاض في شرق منطقة الدراسة، بمعدل **٣,٢ يوم**، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤١) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أيَّام الثلج (ID) لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

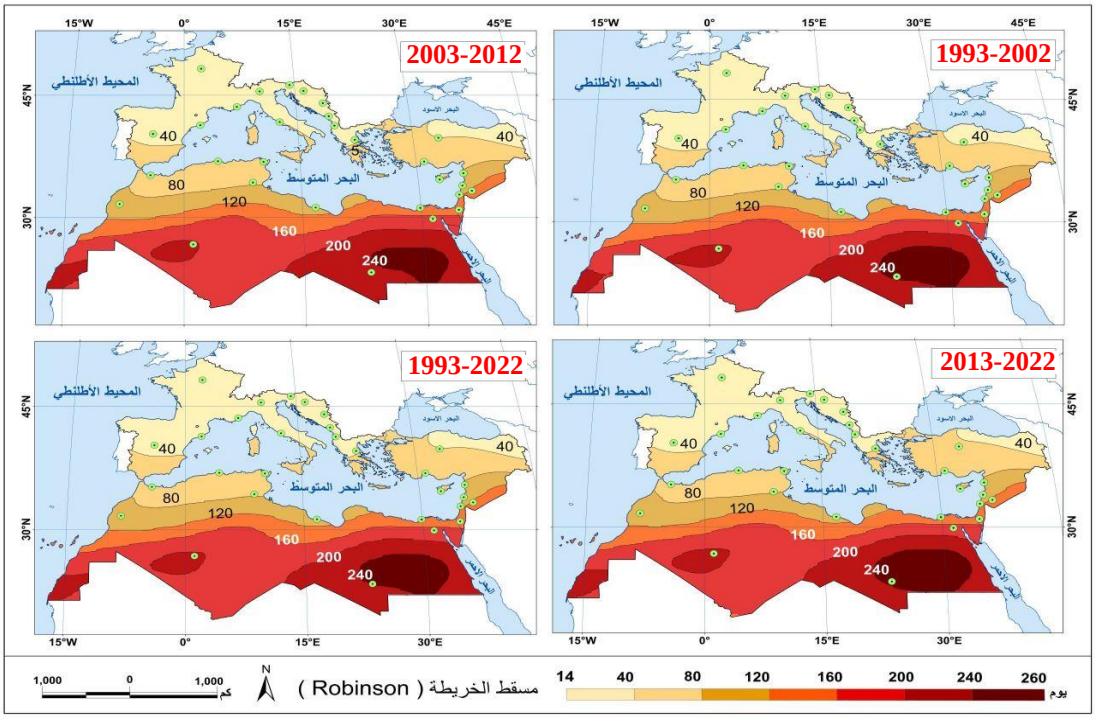
بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الانخفاض، بشَكلٍ ملحوظٍ، في فَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أيَّام الثلج بين **٠,٩: ٣٠ يوم** في مُنتصفِ القَرن، وبين **٠,١: ٢٢ يوم**، في نهاية القَرن، وقد تَصلُ ذُرة انخفاض المُؤشِّر إلى **٥ يوم**، في شرق مَنطقة الدراسة، مُقارنةً بفَترةِ الدراسة، في نِهاية القَرن الحَادي والعشرين.

مِنَ المُتوقَّعِ استمرار انخفاض مُعَدَّل مُؤشِّر أيَّام الثلج **ID**، بشَكلٍ أكثر تَطرُّفًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد يتراوحُ المُعَدَّل بين **-٠,١ : ٢٣ يوم** في مُنتصف القَرن، وبين **-٠,٠٥ : ٩ يوم** بنهايةِ القَرن.

كَمَا يُلاحظُ **عدم وجود أيَّام الثلج لِجميع السيناريوهات**، في أجزاءٍ كبيرةٍ مِن جنوبِ مَنطقة الدراسة. بأعلى مِقْدار مِن الانخفاضِ في شرقِ مَنطقة الدراسة بمُعَدَّل **٨,٥ يوم ثلج**، وهذه الانخفاض في جميع السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من **٠,٠٥**، أي بنسبةِ ثقة تَتَجَاوزُ **٩٥٪** لِجميعِ السيناريوهات، فيما عدا سيناريو الانبعاثات **المُتوسط (RCP 4.5)** لفَترةِ مُنتصف القَرن، في جنوب مَنطقة الدراسة، دون دلالة إحصائيَّة.

١٤)مُؤشِّر أطْوَل فَترة جَفاف (CDD):

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شَكل (٤٢)** أنَّ **مُؤشِّر أَطْوَل فَترة جَفَاف (CDD)**، وهي **الحَد الأقصى للأيَّام المُتتاليَة التي يَكُونُ بها إجمالي التساقُط أقل من 1 ملم في اليوم**، والتي بَلَغَ أعلى مُعَدَّل سنوي لها في جنوب منطقة الدراسة **٢٥٣ يوم**، وأدنى مُعَدَّل في الشمال **١٤ يوم**؛ نتيجة لرطوبة الهواء، بينما تراوحُ المُعَدَّل بين **٤٠ : ١٦٠ يوم** في شَرقِ مَنطقة الدراسة. وتَراوحَ المُعَدَّل خِلال الفَترة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)** بين **١٤ : ٢٥٧ يوم**. وقد سَجَّلَت مُعظم مَحطات شمال أفريقيا أعلى مُعَدَّل مِن عَدَد أيَّام الجَفاف، وزيادة في انتشارِها المَكاني، مُقابل قِلَّة واضحة في عَدَد أيَّام الجَفاف في جنوبِ أوربا.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظمَة العالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤٢) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَطْوَل فَترة جَفاف (CDD) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢م)

سَجَّلَت **مَحطة الكَفرة بليبيا** أعلى مُعَدَّل مِن الأيَّام الجَافَّة **٢٥٦ يوم**. وشَهِدَ الاتجاه العَام ارتفاعًا خِلال السنوات الأخيرة، فيُلاحظ أنَّ المُؤشِّر سَجَّلَ أعلى مُعَدَّل في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢)، حيثُ تراوحُ عدد أيَّام الجفاف بين **١٣ : ٢٥٣ يوم**، ثُمَّ انخفضَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيَتراوحَ بين **١٣,٢ : ٢٤٨ يوم**، بينما بَلَغَ أقصاه في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين **١٥ : ٢٥٩ يوم جَاف**.

أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **أَطْوَل فَترة جَفَاف (CDD) قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في مَنطقة الدراسة؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو-ويلك Shapiro–Wilk**، **واختبار كولوموغروف-سِمرنوف Kolmogorov–Smirnov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول (١٧)**.

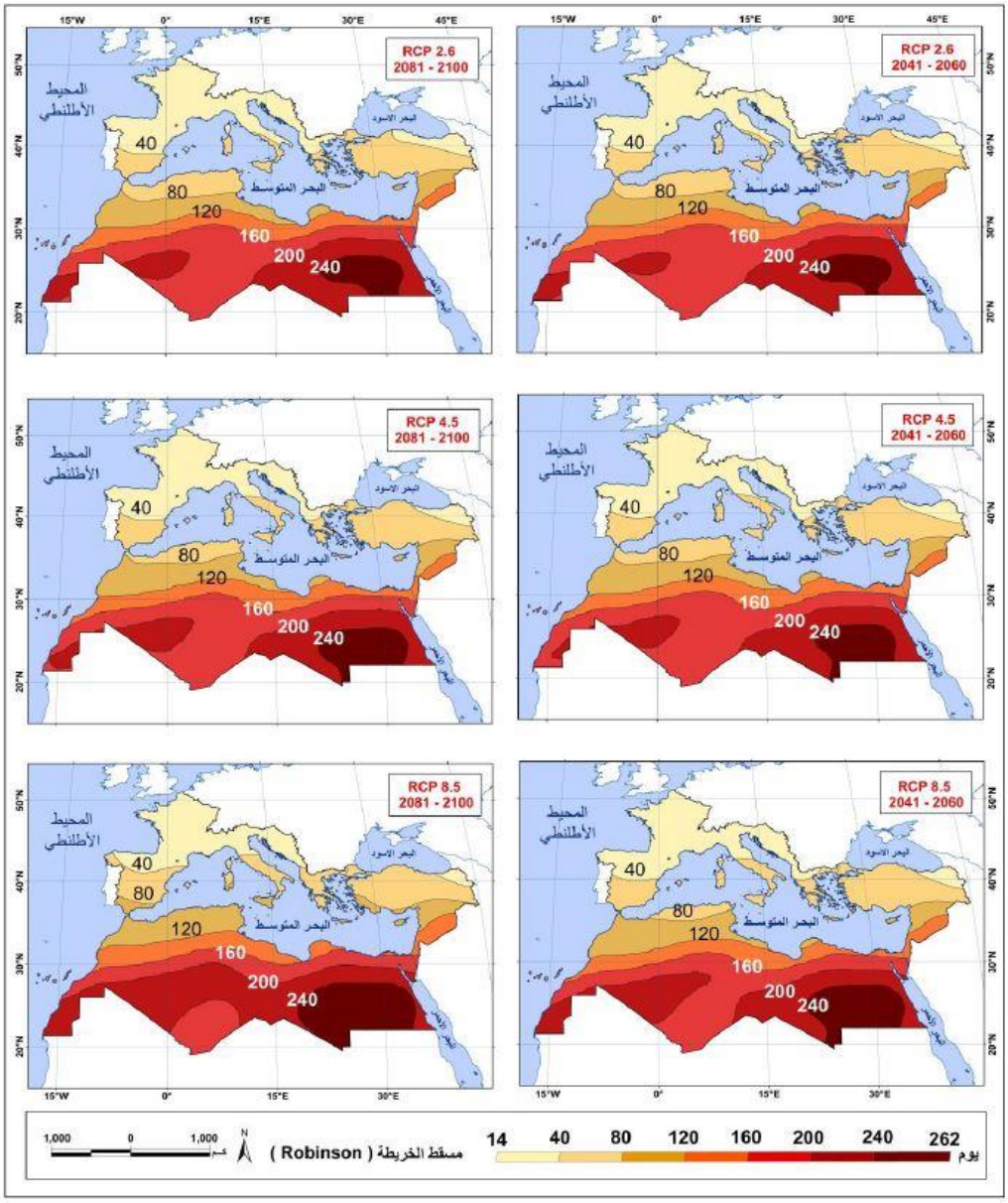
جدول (١٧) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أَطْوَل فَترة جَفَاف (CDD)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سِـــمرنوف & شابيرو – ويـــلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.001	29.7	_	16.3	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.000	31.5	1.8	17.2	1	0.003	0.000
	(2081 – 2100)	2.6	0.001	30.8	1.1	17.0	1	0.003	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.019	33.7	3.9	18.2	0.98	0.003	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.020	34.9	5.2	18.6	0.97	0.001	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.003	36.1	6.4	19.7	0.96	0.006	0.008
	(2081 – 2100)	8.5	0.001	44.3	14.6	23.2	0.90	0.001	0.002
شرق البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.035	60.5	_	26.5	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.045	63.5	**3.0**	27.0	1	0.002	0.001
	(2081 – 2100)	2.6	0.059	63.0	2.5	26.7	0.99	0.003	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.053	63.8	3.3	26.5	0.96	0.005	0.003
	(2081 – 2100)	4.5	0.076	65.5	4.9	25.8	0.96	0.004	0.001
	(2041 – 2061)	8.5	0.078	68.0	7.5	26.4	0.98	0.001	0.008
	(2081 – 2100)	8.5	0.180	77.8	17.2	26.6	0.93	0.004	0.001
جنوب البحر المتوسط	(1993 – 2022)	_	0.032	166.2	_	54.1	_	_	_
	(2041 – 2061)	2.6	0.045	168.3	2.0	52.2	0.99	0.001	0.005
	(2081 – 2100)	2.6	0.055	169.1	2.8	53.0	0.99	0.002	0.004
	(2041 – 2061)	4.5	0.200	169.6	3.4	51.9	0.97	0.002	0.004
	(2081 – 2100)	4.5	0.200	172.3	6.0	54.1	0.97	0.006	0.009
	(2041 – 2061)	8.5	0.030	178.9	12.7	54.1	0.97	0.002	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.044	191.2	24.9	47.3	0.92	0.009	0.001

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٧) والشكلِ (٤٣)** أنَّ المُعَدَّلَ السنوي **لِمُؤشِّر أَطْوَل فَترة جَفَاف CDD**، وهي **الحَد الأقصى للأيَّام المُتتاليَة التي يَكُونُ بها إجمالي التساقُط أقل من 1 ملم في اليوم**، والتي

تَشْهَدُ اتجاهًا مُتزايدًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتراوحُ قِيم المُعَدَّل السنوي لِلمُؤشِّر بين **١٤,٨ : ٢٤٩ يوم جَاف**، خِلال فَترة مُنتصف القَرن، وتَزدادُ إلى **١٤,٣ : ٢٥١ يوم جاف**، بنهاية القَرن، أي أنَّ هناك تَشابه في عَدَد الأيَّام مع فَترة الدراسة **(١٩٩٣-٢٠٢٢م)**. ويُتَوقَّعُ أن يَبلُغَ المُعَدَّل السنوي في شمال منطقة الدراسة **٣١,٥ يوم** لِمُنتصف القَرن، و**٣٠,٨ يوم** بنهايةِ القَرن، بمِقدار زيادة عن فَترة الدراسة مِن **١ : ١,٨ يوم**، كَمَا أنَّه مِن المُتوقَّع أن يَزدادَ المُعَدَّل في شرق منطقة الدراسة، لِيصلَ إلى **٦٣,٥ يوم**، خِلال فترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، بينما سَيبلغ المُعَدَّل المُتوقَّع في جنوب مَنطقة الدراسة **١٩٦ يوم** لِفترتي المُستقبل.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوِّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤٣) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أَطْوَل فَترة جَفاف CDD لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الارتفاع، بشَكلٍ ملحوظٍ، في فَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أطول فترة جفاف بين **١٥,٩: ٢٥٢ يوم** في مُنتصفِ القَرن، وبين **١٦: ٢٥٣ يوم**، في نهاية القَرن.

ومِنَ المُتوقَّعِ استمرار الارتفاع مُعَدَّل مُؤشِّر أطول فترة جَفاف، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **(RCP 8.5)** فقد يتراوحُ المُعَدَّل بين **١٧: ٢٥٩ يوم** في مُنتصف القَرن، وبين **١٩: ٢٦٣ يوم** بنهايةِ القَرن. كَمَا أنه سيزداد الانتشار المكاني لأيَّامِ الجَفاف، بأعلى مِقدارٍ مِن الزيادة في جنوبِ مَنطقة الدراسة **٢٥ يوم**، مُقَارنةً بفترةِ الدراسةِ. وهذه الزيادة لِجميعِ السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة أقل من ٠.٠٥.

ومِن الأثارِ البيئيَّة التي تَعرَّضَت لهَا مَنطقة الدراسة؛ بسَببِ مَوْجَات الجَفَاف تَأثُّر إنتاجيَّة بَعض المَحاصيل الزراعيَّة في سوريا، التي تَعرَّضَت لمَوْجَاتِ الجَفافِ، بنسبةٍ تَراوَحَت بين **٥٦٪ إلى ٦٤٪ عام ٢٠٢٠م**، ومِنَ المُتوقَّعِ أن تَكُونُ أكثر أنواع المَحاصيل عُرضًا للضَررِ، هي: القَمح، والشعير، والبُقوليات الغذائية، كـ(العدس، والحمص، والفول)، وهي أكثر أنواع المَحاصيل انتشارًا في النظمِ الزراعيَّةِ في دول حوض البَحر المُتوسط **(Tramblay, et al., 2021, Pp.5-11).**

كذلك مِن المَحاصيل الزراعيَّة المُهِمَّة التي تَأثَّرت بالتطَرُّفَات الحَراريَّة، ومَوجَات الجَفاف، التي ضَرَبَت مَنطقة الدراسة، محصول **العنب**؛ حيث خسرت الجزائر وفلسطين ما يَقرب مِن ٦٠٪ مِن إنتاجيَّة المحصول؛ نتيجة لِمَوْجة حَر شَديدة حَدثت خِلال شهر **يوليو ٢٠٢٣**[(١)]. كَمَا يُعَدُّ "**العنب**" مِن المحاصيل الاقتصاديَّة المُهِمَّة في كثيرٍ مِن الدول الأوربيَّة، **مثل: (فرنسا، وإيطاليا، وإسبانيا)**، وذلك لاستخدامِه في مُنتجات نبيذ العنب، وبتطبيقِ العَديد مِن المُؤشِّرات المُناخيَّة الحيويَّة المُتعلقة بالعنب، أظهرت النتائج إلى أنه مِن المُرجّح أن يَتأثَّر إنتاج كروم العنب سلبًا في شمال منطقة الدراسة، لِجميع السيناريوهات المُناخيَّة، بالإضافةِ إلى انخفاض جَودته مع ارتفاع درجة الحَرارة، وزيادة وطول نَوْبَات الجَفاف، خِلال موسم النمو **(Trambly, et al., 2020, p.2).**

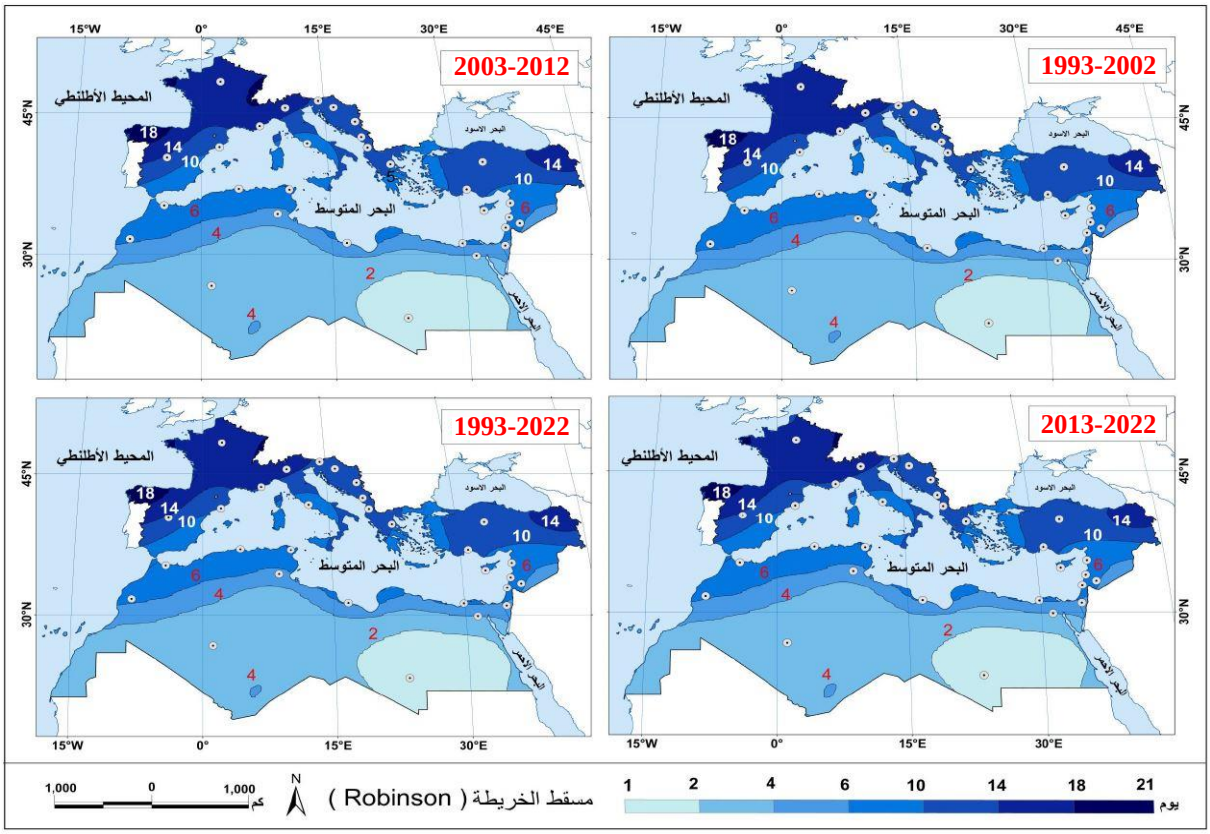
١٥)<u>مُؤشِّر أطْوَل فَترة رِطبَة (CWD)</u>:

يَتَضِحُ مِن دِراسةِ **شَكل (٤٤)** أنَّ **مُؤشِّر أَطْوَل فَترة رَطِبَة (CWD)**، وهي **الحَد الأقصى للأيَّام المُتتاليَة التي يَكُونُ بها إجمالي التساقُط أكبر من 1 ملم في اليوم**، والتي بَلَغَ أعلى مُعَدَّل سنوي لها في شمال منطقة الدراسة **٢٠ يوم**، في فرنسا، وشمال إسبانيا، وإيطاليا، بينما أدنى مُعَدَّل كان في جنوبِ منطقة الدراسة؛ حيثُ بَلَغَ مُعَدَّل مُؤشِّر أطول فَترة رَطِبَة **يوم أو يومين** في مِصر وليبيا؛ نتيجة موقعهما في الصحراء الكُبرى، وبالتالي تأثرهما بالمُناخ الصحراوي الجَاف وشِبْه الجاف، أي أن هناك عَلاقة عكسيَّة بين التوزيع المَكاني لِمُؤشِّر الأيَّام الرطبة ومُؤشِّر أيَّام الجَفاف.

(١) **صفحة الجزيرة الاخباريَّة**، تم الاسترجاع **في**: ٧ يوليو ٢٠٢٤. https://www.ajnet.me/videos/2023/7/31

تَراوحَ مُعدَّلُ مُؤشِّر أَطْوَل فَترة رَطِبَة خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٠٢) بين ١,٣ : ٢٠,٧ **يوم**، وقد سَجَّلَت مُعظم مَحطات شمال أفريقيا أدنى مُعَدَّل للأيامِ الرطبة مُقابل زيادة عَدد الأيَّام في جنوب أوربا. سَجَّلَت مَحطة **الكَفرة بليبيا** أدنى مُعَدل مِن الأيَّام الرطبة **١,٤ يوم**.

شَهِدَ الاتجاه العَام لِمُؤشِّر أَطْوَل فَترة رَطِبَة انخفاضًا خِلال السنوات الأخيرة، فيُلاحظ أنَّ المُؤشِّر سَجَّلَ أعلى مُعَدَّل في الفَترة الأولى (١٩٩٣-٢٠٠٢)، حيثُ تراوحُ مُعَدَّل عَدد الأيَّام الرطبة بين ١,٣ : ٢٠,٧ **يوم**، ثُمَّ انخفضَ المُعَدَّل السنوي في الفترة الثانية (٢٠٠٣-٢٠١٢) لِيصلَ إلى ١,٣ : ١٩,٩ **يوم**، ثُمَّ ارتفعَ المُعَدَّل مَرة أخرى في الفترة الثالثة (٢٠١٣-٢٠٢٢) لِيتراوحَ بين ١,٣ : ٢٠,٢ **يوم رَطِب**.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّف** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤٤) المُعَدَّل السنوي لمُؤشِّر أَطْوَل فَترة رَطِبَة (CWD) بمَنطقةِ الدراسة، خِلال الفَترة (١٩٩٣-٢٠٢٢)

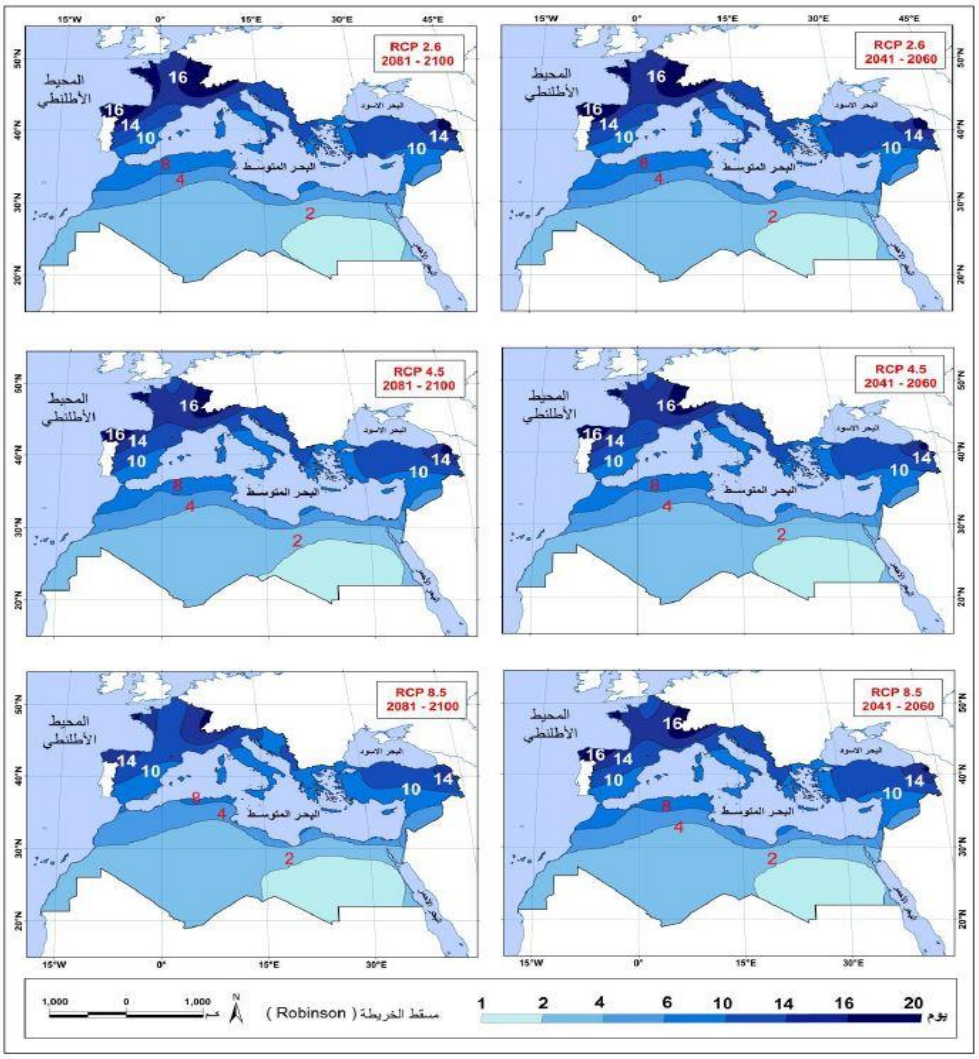
أَظْهَرَت نتيجة اختبار فَرضيَّة التوزيع الطبيعي لبيانات **أَطْوَل فَترة رطبة (CWD) قُبول الفَرضيَّة الصفريَّة**، والتي تَنُصُّ على أن بيانات المُؤشِّر **تَتبع التوزيع الطبيعي** في شمال وشرق مَنطقة الدراسة؛ حيثُ إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk أكبر** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٥٠، ٠,٠٦٦، كما يَتَضِحُ مِن **الجدول** (١٨). بينما تَمَّ **قُبول الفَرضيَّة البديلة**، والتي تَنُصُّ على أنَّ بيانات المُؤشِّر **لا تَتبع التوزيع الطبيعي** في جنوب مَنطقة الدراسة؛ حيث إنَّ النتائج الإحصائيَّة **لاختبار شابيرو–ويلك Shapiro–Wilk، واختبار كولوموغروف–سمرنوف Smirnov–Kolmogorov أقل** مِن مستوى الدلالة الإحصائي ٠,٠٥، بقيمة ٠,٠٠١.

جدول (١٨) التغيُّر في المُعَدَّلات السنويَّة لِمُؤشِّر أَطْوَل فَترة رطبة (CWD)، بين فترة الدراسة والمُستقبل

المنطقة	الفترة الزمنية	سيناريو الانبعاثات RCP	اختبار كولوموغروف – سمرنوف & شابيرو – ويلك	المتوسط	فرق متوسط الفترات	الانحراف المعياري	درجة الارتباط	الدلالة الاحصائية لدرجة الارتباط	مستوى الدلالة الاحصائية (0.05)
شمال البحر المتوسط	**(1993 – 2022)**	–	0.505	**13.2**	–	3.3	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.212	13.1	-0.1	3.3	0.95	0.003	0.020
	(2081 – 2100)	2.6	0.423	**13.2**	**0**	3.4	0.97	0.009	**0.817**
	(2041 – 2061)	4.5	0.368	12.3	-0.8	3.1	0.94	0.006	0.005
	(2081 – 2100)	4.5	0.388	12.3	-0.9	3.1	0.93	0.001	0.002
	(2041 – 2061)	8.5	0.252	12.2	-0.9	3.1	0.97	0.006	0.003
	(2081 – 2100)	8.5	0.105	11.1	-2.0	3.0	0.90	0.002	0.002
شرق البحر المتوسط	**(1993 – 2022)**	–	0.664	**10.7**	–	2.4	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.559	**10.7**	**0**	2.5	0.99	0.001	**0.529**
	(2081 – 2100)	2.6	0.681	10.6	-0.1	2.5	0.98	0.005	0.010
	(2041 – 2061)	4.5	0.733	10.3	-0.3	2.3	0.98	0.001	0.008
	(2081 – 2100)	4.5	0.715	10.3	-0.4	2.4	0.95	0.004	0.001
	(2041 – 2061)	8.5	0.638	10.3	-0.4	2.4	0.97	0.003	0.001
	(2081 – 2100)	8.5	0.746	9.38	-1.3	2.3	0.97	0.004	0.001
جنوب البحر المتوسط	**(1993 – 2022)**	–	0.001	3.47	–	1.7	–	–	–
	(2041 – 2061)	2.6	0.001	3.38	-0.09	1.6	0.99	0.001	0.006
	(2081 – 2100)	2.6	0.002	3.39	-0.08	1.6	0.99	0.001	0.001
	(2041 – 2061)	4.5	0.015	3.30	-0.1	1.5	0.99	0.005	0.000
	(2081 – 2100)	4.5	0.018	3.24	-0.2	1.5	0.99	0.001	0.009
	(2041 – 2061)	8.5	0.020	3.18	-0.2	1.5	0.94	0.002	0.000
	(2081 – 2100)	8.5	0.000	2.88	-0.5	1.2	0.91	0.001	0.004

المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi، باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS, V.25.

يُلاحظُ مِن **الجدول (١٨) والشكل (٤٥)** أنَّ المُعَدَّل السنوي **لِمُؤشِّر أَطْوَل فَترة رَطِبَة CWD**، وهي **الحَد الأقصى للأيَّام المُتتاليَة التي يَكُونُ بها إجمالي التساقُط أكبر من 1 ملم في اليوم** ، والتي تَشْهَدُ اتجاهًا مُتناقِصًا، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **الأدنى (RCP 2.6)**؛ حيثُ تَتراوحُ قِيم المُعَدَّل السنوي للمُؤشِّر بين **١,٤ : ١٩ يوم رَطِب**، خِلال فَترة مُنتصف القَرن، وبين **١,٤ : ١٩,٨ يوم**، بنهاية القَرن، أي أنَّ هناك تناقُص في عَدَد الأيَّام، بنحوِ **يومين**، مُقارنةً فَترة الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**. ويُتَوقَّعُ أن يَبلُغَ المُعَدَّل السنوي في شمال منطقة الدراسة **١٣ يوم** لِمُنتصف القَرن، و**١٣,٢ يوم** بنهايةِ القَرن، كَمَا أنَّه مِن المُتوقَّع أن يَزدادَ المُعَدَّل في شرق منطقة الدراسة، لِيصلَ إلى **٦٣,٥ يوم**، خِلال فترتي مُنتصف ونِهاية القَرن، بينما سيبلغ المُعَدَّل المُتوقَّع في جنوب منطقة الدراسة **١٩٦ يوم** لفترتي المُستقبل.



المَصدر: اعتمادًا على: بيانات المُنظّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَوّيَّة، **بتصرُّفٍ** https://climexp.knmi.nl/start.cgi

شكل (٤٥) المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أَطْول فَترة رطبة CWD لِفترتي مُنتصف ونِهايَة القَرن الحَادي والعشرين

بالنسبةِ لسيناريو الانبعاثات المُتوسط **(RCP 4.5)** فَمِنَ المُتوقَّعِ أن يَستمرَّ المُؤشِّر في الانخفاض، في فَترتي المُستقبل، فسوف يَتراوح المُعَدَّل السنوي لِمُؤشِّر أطول فترة رطبة بين **١٤ : ١٨,١ يوم** في مُنتصفِ ونهاية القَرن. وقد تَبلُغُ ذروة انخفاض المُؤشِّر في شمال منطقة الدراسة بحلول نهاية القرن **٠,٩ يوم رطب**، مُقارنةً بفترةِ الدراسة **(١٩٩٣–٢٠٢٢م)**.

ومِنَ المُتوقَّعِ استمرار انخفاض مُعَدَّل مُؤشِّر أطول فترة رطبة، وفقًا لسيناريو الانبعاثات الأعلى **(RCP 8.5)** فقد يَصلُ المُعَدَّل بين **١,٣ : ١٧,٨ يوم** في مُنتصفِ القَرن، وبين **١,٣ : ١٦ يوم** بنهايةِ القَرن، بأعلى مِقدارٍ مِن الانخفاض في شمال مَنطقة الدراسة **٢ يوم**، مُقَارنةً بفترةِ الدراسةِ. وهذه الزيادة لِجميعِ السيناريوهات ذات دلالة إحصائيَّة **أقل** من ٠.٠٥، أي بنسبةِ ثقة تَتَجَاوزُ **٩٥٪** لِجميعِ السيناريوهات، فيما عدا سيناريو الانبعاثات الأدنى **(RCP 2.6)** لفَترةِ نهاية القَرن، في شمالِ منَطقة الدراسة، وفَترة مُنتصف القَرن في شرق مَنطقة الدراسة، دون دلالة إحصائيَّة.

ثانياً: نَماذِجٌ مِن الآثارِ البيئيَّة، المُترتِّبة على التطرُّفاتِ الحراريَّةِ في دولِ حوضِ البَحرِ المُتوسط:

تَتَأثَّرُ جَميعُ دول العَالَم بالتَطَرُّفَات الحَراريَّة، الناجِمَة عَن التغيُّرات المُناخيَّة، ولا سِيَّمَا دول حوض البَحر المُتوسط، التي تُعَدُّ مِن أَكْثَرِ مَناطق العَالَم هَشَاشَةً في مُواجهةِ التَطَرُّفات الحَراريَّة، وتأثيراتها على البيئةِ الطبيعيَّةِ والبَشريَّةِ، على حَدٍّ سَواءٍ، وذلك خِلال السنوات الأخيرة. فَقد تَأثَّرتْ كَثيرٌ مِن دول حوض البَحر المُتوسط بتِكْرارِ نَوْبَات الجَفاف، والفيضانات، وحرائق الغابات، ومَوْجات الحَر التي تسَبَّبَت في هَلاكِ الإنسان والحيوان والنبات. وفي السطورِ القَادِمَةِ سَيَتِمُّ عَرضُ لِنَمَاذجٍ مِن الآثارِ البيئيَّةِ، المُترتّبة على التطرُّفاتِ الحَراريَّةِ في دولِ حوض البَحر المُتوسط.

١) الجَفَاف:

تَمَّ الاعتمادُ في دِراسة الجَفَافِ على **مُؤشِّرات فَترات الجَفَاف CDD** في ظِلِّ سيناريوهات **RCP 8.5 & 4.5 & 2.6**، كَبديلٍ لمُؤشِّرات الجَفاف القِياسيَّة، التي يَتمُّ حِسابُها على أَسَاسٍ شَهريٍّ، حيثُ تَعتمدُ مُؤشِّرات فَترات الجَفَاف في تحليلِها على سِلْسِلةٍ طَويلةٍ مِن أيَّامِ الجَفَاف المُتعَاقِبَة، والتي يُمْكِنُ أن يَكُونَ لها تأثيراتٌ شَديدةٌ على جَميع القِطاعات، وبخَاصَّةٍ مَوارد المِياه والزراعة. وقَد أشَارت نتائج تلك المُؤشِّرات إلى زيادةٍ واضحةٍ في عَددِ أيَّام الجَفَاف، بالإضافةِ إلى تَوزيعِها المَكاني، كَمَا في جنوبِ مَنطقةِ الدراسةِ، وإسبانيا، والأخيرةُ تُعَدُّ مِن بينِ أَكْثرِ دول مَنطقة الدراسة جَفافًا.

وفقًا للسيناريوهات المُستقبليَّة، المَذْكُرَة سابقًا، يُتَوقَّعُ أن تَشْهَدَ جَميعُ دول مَنطقة الدراسة زيادةً في فَترات الجَفَاف؛ نتيجةً لارتفاعِ دَرَجَاتِ الحَرارةِ العُظمى والصغرى المُتوقَّعَة فيها.

ومِنْ أَقْسَى نَوْبَات الجَفَاف التي ضَرَبَت **إسبانيا**، مَا حَدَثَ في عَامي **٢٠٠٥م و ٢٠٠٨م**؛ حيثُ قَلَّت سِعَة الخزانات الجَوفيَّة في شمال شرق كتالونيا إلى **٢٠٪**، وكانت برشلونة مِن أَكْثَرِ المناطق تَضَرُّرًا، مِمَّا أضطر عُمْدَة المدينة إلى استيرادِ مِياه الشرب مِن فرنسا[١] **(Ritter, 2018)**.

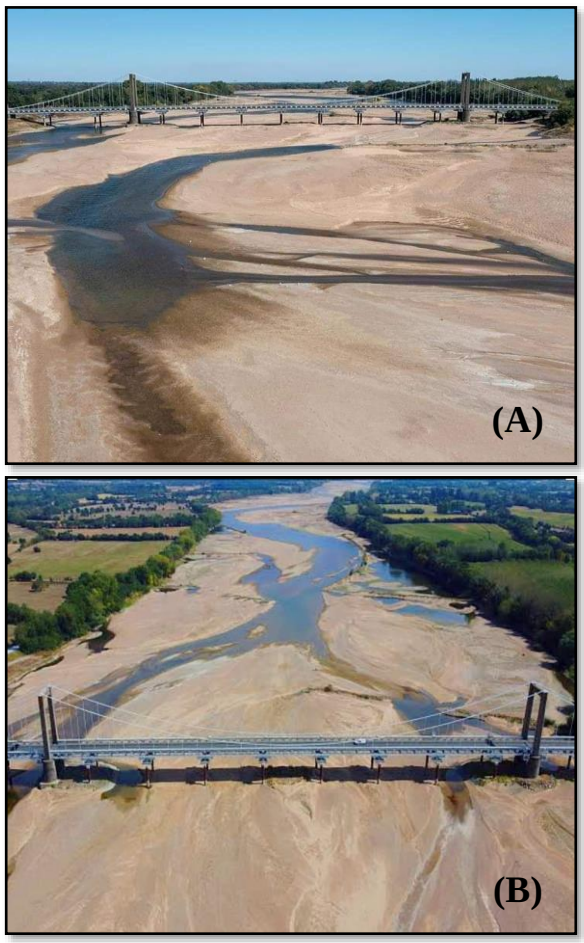
وفي فرنسا (أغسطس ٢٠١٩) تَأثَّرَ أَكْثر مِنْ ثُلثي سُكَّان **فرنسا** بمَوْجَةِ جَفافٍ شَديدةٍ، حيثُ أَعلنت الحكومة الفرنسيَّة أن القطاع الأوسط مِن البلاد تقريبًا، من نانت إلى ديجول، بالإضافةِ إلى أجزاءٍ مِن جنوب غَرب فرنسا، بالقُربِ من تولوز، لا يُمْكِنَهم استخدام المِياه إلا لِتلبيةِ الاحتياجات الأساسيَّة فقط، كالشُّربِ والاستخدامات الصحيَّة، مَع حَظْرٍ تَامٍّ لاستخدامِ المِياه في أيَّةِ أنشطةٍ أخرى، بمَا في ذلك الاستخدام الزراعي، مِمَّا أدَّى إلى التأثير على الأراضي الزراعيَّة في نَحوِ ٨٧ **مُقاطعة** بالقيودِ المَفروضة على المِياه، بمُوجَبِ هذا التنبيه[٢].

---

(١) موقع **Circle of Blue** تَمَّ الاسترجاع **في:** (٣١ **أغسطس** ٢٠٢٤).
- https://www.circleofblue.org/2018/europe/a-decade-after-barcelonas-water-emergency-drought-still-stalks-spain/

(٢) موقع **The Local France** تَمَّ الاسترجاع **في:** (١١ **سبتمبر** ٢٠٢٤).
- https://www.thelocal.fr/20190829/drought-in-france-onethird-of-the-country-is-now-in-a-crisis-situation

في **صيف ٢٠٢٢م**، ضَرَبَت نَوْبَة جَفَاف قَاسية **شمال فرنسا**؛ مِمَّا أدَّى إلى انخفاضِ مُستوى جَريَان مُعظم أنهار فرنسا، خَاصَّةً **نهر الراين**، الذي انخفضَ مَنسوبه إلى مستوياتٍ قِياسيَّةٍ، بينما **نهر اللوار Loire**، الذي يَنبُعُ مِن جنوبِ شرق فرنسا ويَصُبُّ في المُحيطِ الأطلنطي فقد تَوقَّفت فيه حَركة المِياه تمامًا **(صورة ٢)**، وبَاتَ أغلب سُكان فرنسا يَخضعون لِقيودٍ حَازِمَةٍ على استخدام المِياه؛ نتيجة الجَفَاف الذي أَصَابَ أطول أنهارها، كَمَا يَتِضِحُ مِن **الصورة (٢)**، كَمَا اختفت المياه في كَثيرٍ مِن البُحيرات الفرنسيَّة.



https://afaq.iq/contents/view/details?id=171140

صورة (٢) جَفاف نهر اللوار Loire بفرنسا (١٠ أغسطس٢٠٢٢)

في إيطاليا (صيف عَام ٢٠٠٢م)، لَم يَتَمَكَّن المَزارعون في جنوب إيطاليَا وصقلية مِن رَيِّ حقولهم؛ بسببِ أَقْسَى مَوْجَة جَفَاف أصابت البلاد، مُنذ عقودٍ. وعلى الرغمِ مِن أنَّ المَنطقةَ غَنيَّةٌ تاريخيًّا بالمَوارِدِ المَائيَّةِ، وبالتالي السماح بالزراعةِ المَرويَّة والبَعليَّة، إلا أن نَوْبَات الجَفاف ازدادت في العشرين عامًا المَاضية. بل ومِن المُتوقَّعِ حدوث زيادة أخرى في المُستقبلِ.

أَظْهَرَت إحدى الدارسات أنَّ زيادة غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 بنسبةِ ١٪ سنويًّا قَد تُؤدِّي إلى انخفاضٍ في تَغذيةِ المِياه الجَوفيَّة بنسبةِ ٢١-٣١٪، بحلولِ عام **٢٠٥٠م**، وانخفاضٍ مُماثِلٍ في المِياه الجَارية بنسبةِ ١٦-٢٣٪ في **مُستجمع كانديلارو** بجنوبِ **إيطاليا**[(١)]. كَمَا قد تَزدادُ فَترة "**الإجهاد المَائي**" في حوض **نهر كراتي** في جنوب إيطاليا بمُتوسطِ **١٥ يومًا سنويًّا**، ومِنَ المُتوقَّعِ كذلك أن يَنخفضَ مُتوسط الجَريان السطحي بنسبةٍ تَتَراوحُ بين ٢٥٪ و٤١٪ بنهايةِ القَرن الحَادي والعشرين، وفقًا لسيناريو الانبعاثات **RCP 4.5** و **RCP 8.5**[(٢)] **(Droughts Italy, 2023)**.

في تركيا، تَمَّ تَوقُّع تَغيُّرات في تَواتر نَوْبَات الجَفاف، بناءً على نتائج خَمْسة نَمَاذِج مُناخيَّة، في ظِلِّ سيناريو الانبعاثات **المُتوسط RCP 4.5 والمُرتفع RCP 8.5**، ونتيجة لهذه التوقُّعات، وبالمُقارنةِ مَع الفترة (١٩٩٣-٢٠٢٢) فإنَّ أحداث الجَفاف في الفَترة (٢٠٥٠-٢١٠٠) سوف تَزيدُ بنسبةٍ تتراوحُ

(١) **مُستجمع كانديلارو (Candelaro)**: هو حوض مَائي يَقَعُ في جنوب إيطاليا، وتحديدًا في إقليم بوليا (Puglia)، ضمن محافظة فودجا (Foggia)، ويُعَدُّ نهر كانديلارو أحد الأنهار القصيرة نِسبيًا في هذه المنطقة، وهو يُصنَّفُ ضِمن الأنهار الساحليَّة التي تَصُبُّ في بحر الأدرياتيك.

(٢) موقع **ClimateChangePost** تَمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **ديسمبر**٢٠٢٣).

• https://www.climatechangepost.com/countries/italy/droughts /

بين ٣٨–٣٥٪ في ظِلّ السيناريو **المُتوسط RCP 4.5**، وبنسبةِ ٤٧–٤١٪ في ظِلّ السيناريو **المُرتفع RCP 8.5** لتغيُّر المُناخ. ومِنْ أكْثرِ المُدن الكُبرى في تركيا عُرضةً للجَفَافِ: **(أنقرة، وإسطنبول، وإزمير)** تَعتمدُ هذه المُدن على تخزين المِيَاه العَذبة في الخزانات[١] **(Droughts Turkey, 2023)**.

في سوريا، كان عَامُ **٢٠٠٩م**، وعَامُ **٢٠١٠م** هُمَا الأسوأ والأكثر ضَرَارًا، حيثُ تَضَرَّرَت نَحو ٧٥٪ مِن المَزارع، ونُفوق مَا يَقرُب مِن ٨٥٪ مِن المَاشية، في "**حَمْص ودِمَشق**"؛ نتيجة ظروف الجَفاف القَاسية، وقِلّة كمِيَّات المَطر[٢] **(Droughts Syria, 2023)**.

في المَملكةِ المَغربيَّة، أَظْهَرَتْ صور الأقمار الاصطناعيَّة، التي نَشرتها وكالة الفضاء الأمريكيَّة **NASA** مَظاهر الجَفاف بالمَغرب، في السنوات الأخيرة، لِتكشفِ عَن تَراجعٍ كَبيرٍ في المساحات الخضراء، وبداية جَفاف واحد مِن أَكْبر سدود المَغرب، وهو "**سد المسيرة**"[٣]، الذي يَسقي كُبرى مُدن المَغرب، وهي **الدار البيضاء** ومُحيطها ومَدينة **سلطات** أيضًا، بسعةِ تَخزين قُصوى **٢,٧٦ مليار متر**^{٣}.

ويَتَضِحُ مِن **الشكل (٤٦)** مراحل جَفاف سَد المسيرة، خِلال الفَترة من ٢٠١٣ إلى ٢٠٢٣م.

المصدر: صور القَمر الاصطناعي Landsat من NASA ، عَبْر صفحة التطرف المناخي Copernicus & ٢٧ نوفمبر ٢٠٢٣م Sentinel-2 L2A

شكل (٤٦) مَراحل جَفاف سَد المسيرة من عام ٢٠١٣ (١٠٠٪) إلى عام ٢٠٢٣ (١٪)

(١) موقع **ClimateChangePost** تَمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **ديسمبر** ٢٠٢٣).
- https://www.climatechangepost.com/countries/turkey/droughts/

(٢) موقع **ClimateChangePost** تَمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **ديسمبر** ٢٠٢٣).
- https://www.climatechangepost.com/countries/Syria/droughts/

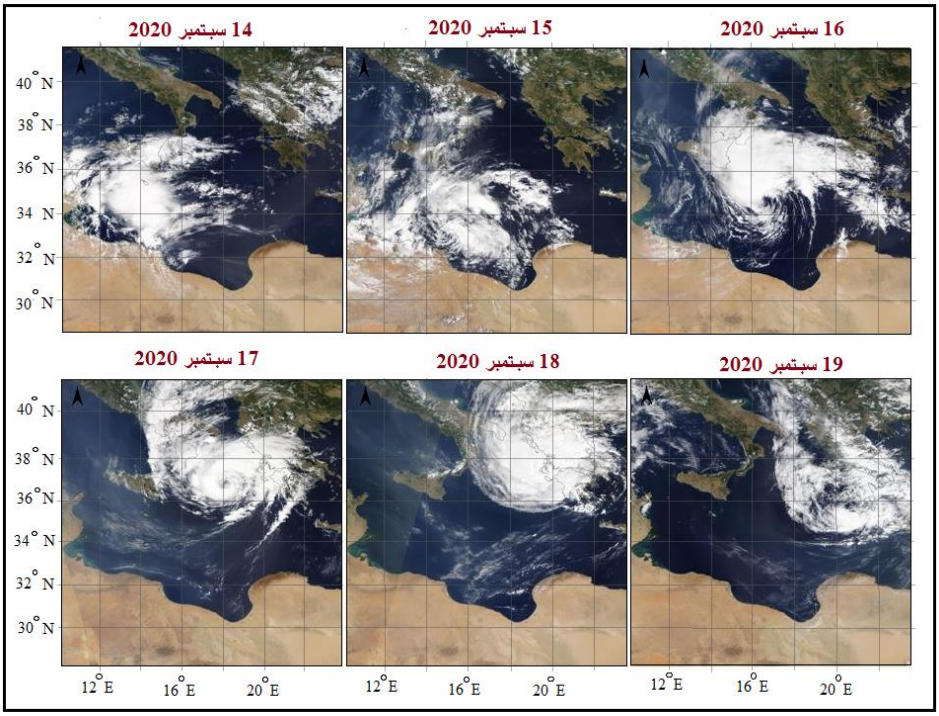
(٣) **سد المسيرة**: هو **ثاني** أكبر سَد في المَملكةِ المَغربيَّة، بعد سَد الوحدة، ويُعد من البُنى التحتيَّة الحيويَّة في البلاد مِن حيثُ المَوارد المَائيَّة، والزراعةِ والطاقةِ. ويقع على نهر **أم الربيع**، قرب مدينة **سطات**، في جهة الدار البيضاء – سطات، وتمَّ بناؤه في **أواخر سبعينيات القرن العشرين**، بسعةِ تخزينيَّة تُقَدَّرُ بنحو **٢,٧٦ مليار متر٣** مِن المياه.

مِنَ المُتوقَّع أن يُؤدِّي الاحترار العَالمي إلى زيادةِ تِكْرار مَوْجَات الحَر، وشِدَّة قَسْوة نَوْبَات الجَفَاف، وبالتالي تَصحُّر العَديد مِن نُظم البيئة البريَّة في مَنطقةِ حوض البَحر المتُوسط، فخِلالِ العقُودِ المَاضيَّة تَكيَّفت هذه النظم البيئيَّة مَع ذَبْذبات المُناخ Climate Oscillations، ومع ذلك فإنَّ ارتفاع دَرَجَات الحَرارة بمِقْدار **درجتين أو أكثر**، على المُستوى العَالَمِي، مُقارنةً مَع الفترة التي سَبَقَت الثورة الصناعيَّة، مِن شَأنِه أن يُولِّدَ أحداثًا مُناخيَّةً في نُظمِ البيئة البريَّة المُتوسطيَّة لَم يَسْبق لَها مَثيل على مَدارِ العشرة آلاف سَنةً المَاضية، فَمِنَ المُرجَّح أن تتوسَّعَ الصحاري في جنوب إسبانيا والبرتغال، وفي الأجزاءِ الشماليَّة مِن المَغرب، والجزائر، وتونس، وصقلية، وقبرص، وجنوب تركيا، وأجزاء مِن سوريا، حيثُ يُؤثِّرُ تغيُّر المُناخ الحَالي على المَناطق الجَافَّة في جنوب وشرق مَنطقة الدراسة، كَمَا سَتتأثَّرُ الواحات بالسلبِ أيضًا، بسببِ الاستغلال المُفرط للمِياه الجَوفيَّة، مِمَّا سيُؤثِّرُ على نِمو وتَوسّع أشجار النخيل **(Cramer., et al, 2019, p.13)**.

٢) <u>الفيضانات</u>:

تَتَأَثَّرُ العَديدُ مِن دول مَنطقة الدراسة، بحدوثِ **الفيضانات**، الناتجة عَن تَساقُطِ الأمطار الغَزيرة، التي غالبًا مَا تَكُونُ مَصحوبةً بالأعاصيرِ والعَواصِف الرعديَّة؛ كَرَدِّ فِعلٍ طَبيعيٍّ على زيادةِ الأحداث الحَراريَّة المُتَطَرِّفَة **(Cavicchia, et al., 2018, P.2)**.

مِنْ حِينٍ لأخرٍ، تَتَأثَّرُ مَنطقةُ حوض البَحر المُتوسط بالأعاصيرِ القَويَّة، مِثل إعصار "**إيانوس**"، الذي ضَرَبَ **اليونان** في الفَترةِ مِن ١٨–١٩ **سبتمبر** ٢٠٢٠، كَمَا هو مُوضَّح في **الشكل (٤٧)**، والذي تَسبَّبَ في وفاةِ أربعة أشخاص، وحدوث تَأثيرات مُدمّرة للطُّرقِ والمُنشآت؛ بسببِ تَساقُط الأمطار الغَزيرة، المَصحوبة بالريح العَاصفة والأمواج الشّديدة **(Flaounas et al, 2022, PP. 191-192)**.



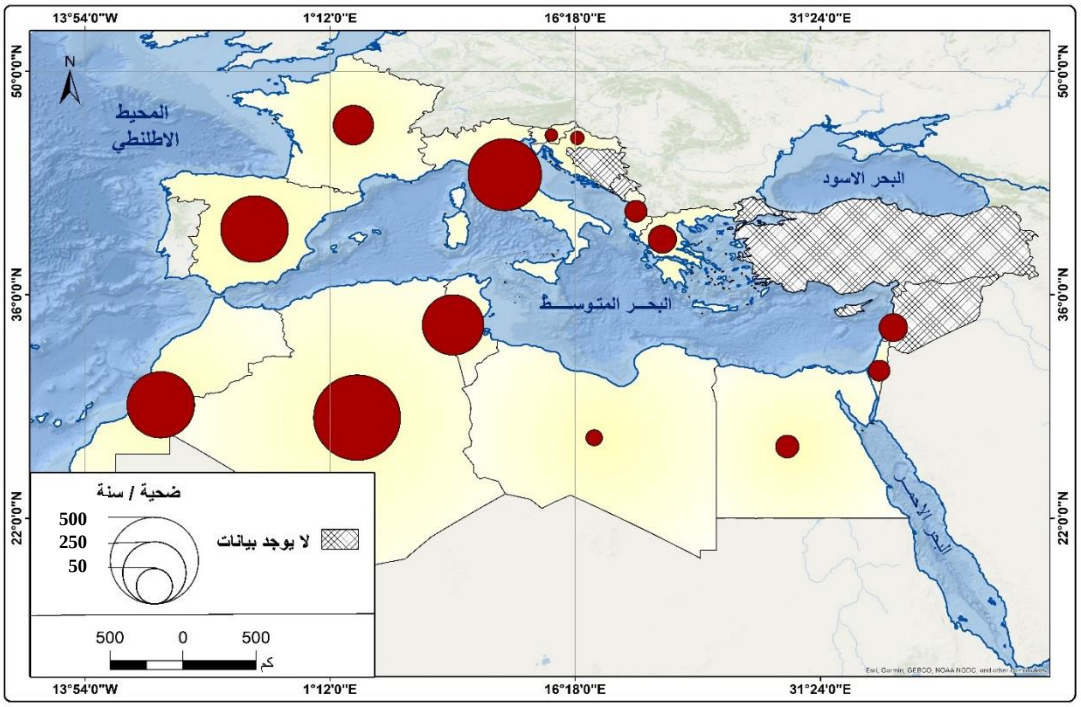
المصدر https://worldview.earthdata.nasa.gov/?v تمّ الاسترجاع في: ١٨ **مارس ٢٠٢٣**

شكل (٤٧) إعصار إيانوس الذي ضرب اليونان خِلال الفترة ١٤ إلى ١٩ سبتمبر ٢٠٢٠

يَذكُرُ **(Lange, 2020)** أنه خِلال الفَترة مِن ١٩٩٠ إلى ٢٠٠٦ تَسبَّبَت الفيضانات المُفاجئة **Flash Floods** التي ضَرَبَت مَنطقة حوض البَحر المتوسط، في وفاةِ **٤٥٦٦ شخص**، وأضرارٍ مَاديَّة تُقَدَّرُ بنحوِ **٣٠ مليار يورو (P.39).**

ومع استمرار زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحَراري، بَاتَت مَنطقة حوض البَحر المُتوسط، مَوْطِنًا لِتولُّد **أعاصير الميديكان Medicines**، وهي أعاصير شديدة، تَكتسبُ خَصائص مَداريَّة مرتبطة، شَبيه **بالأعاصيرِ المَداريَّة الدوَّارة Mediterranean Tropical-like Cyclones**، مِمَّا يُشَكِّلُ خَطرًا كبيرًا على المَناطق المُكتظَّة بالسكانِ على طُولِ ساحل البحر المتوسط، بَل ومِن المُحتملِ أن تُصبحَ أَكثر خُطورةً في أواخرِ القَرن الحَادي والعشرين، مع زيادةِ فَترة دوام أطول، وأمطار أغزر، وسُرعة رياح أشد **(Davison, et al, 2024).**

يَختلفُ حَجمُ وتَأثيرُ الفَيضانات الشَّديدة بمَنطقةِ الدراسة، مَع تَبايُنٍ واضحٍ بَين الغَرب والشرق، فالجُزء الغَربي مِن مَنطقةِ الدراسة أَكْثر تَعرضًا للفَيضاناتِ الشَّديدة، وذلك بسببِ كَثرة مرور المُنخفضات الجَويَّة الأطلسيَّة، وكذلك مُنخفضات البَحر المُتوسط، التي تَكُونُ في ذُروةِ قُوَّتِها غَرب مَنطقة الدراسة، وتَضْعُفُ بالاتجاهِ شَرقًا. ومِنَ المَناطق التي تَتَعَرَّضُ للفيضاناتِ الشَّديدةِ مَنطقة **بيدمونت في إيطاليا، وكتالونيا وفالنسيا في إسبانيا، وروسيون في فرنسا**. وكَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكلِ (٤٨)** أن أعداد ضَحايا الفيضانات في الجُزء الغربي مِن مَنطقةِ الدراسة، أَكْثرُ عَدَدًا مِن الجُزء الشرقي؛ فيُلاحظُ أن الأعداد تَتَراوحُ مِن ٢٥٠ إلى ٥٠٠ ضَحيَّة سنويًّا **(Gaume., et al , 2017, PP. 136-143).**



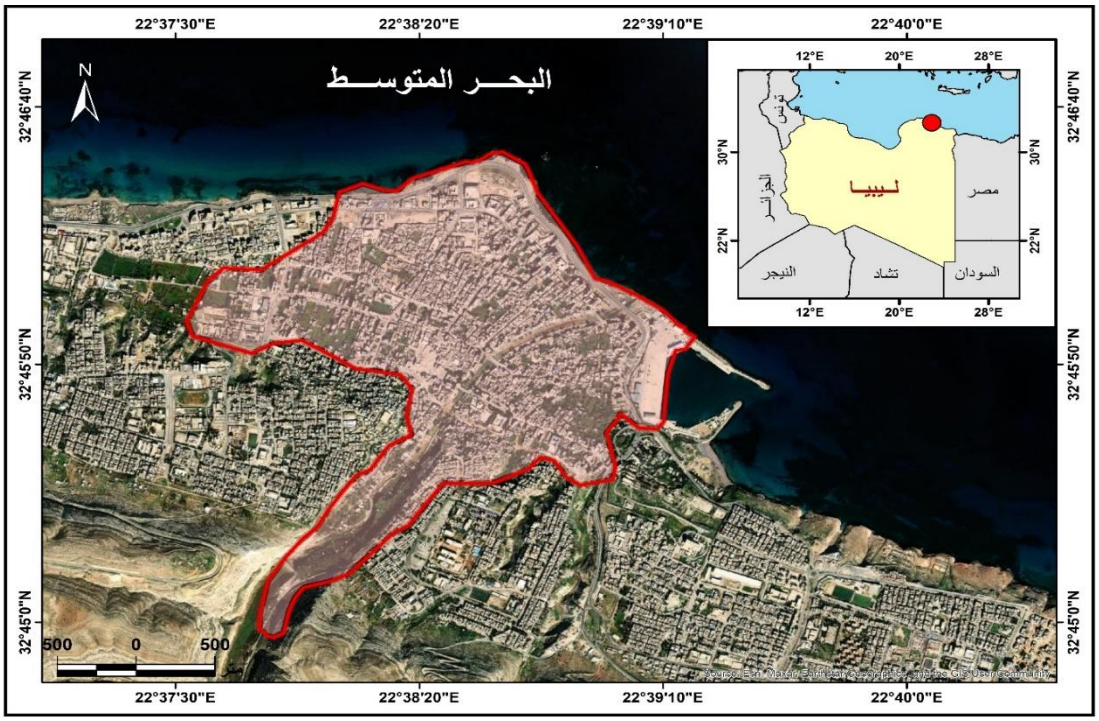
المصدر: اعتمادًا على **(Gaume et al, 2017, p. 140)**، وفقًا لقاعدة بيانات **EM-DAT**، **بتصرف**

شكل (٤٨) مُتوسط عدد الضحايا الذين تم الإبلاغ عنهم بسببِ الفيضانات،

خِلال الفترة ١٩٤٠-٢٠١٥م

تَحدُثُ **الفَيضاناتُ الشَّديدةُ** في مَنطقةِ الدراسةِ خِلال فَصلي **الشتاء والخريف**، بشَكلٍ رئيس، فَهُما مَوْسِمَا عبور المُنخفضات الجَويَّة التي تَمُرُّ بحوضِ البَحر المُتوسط مِن الغَربِ إلى الشرقِ، وبمُحَاذاةِ سَاحلي أفريقيَا وأوروبَّا. ومَا يَزيدُ مِن خُطورةِ هذه الفَيضانات، هو كِميَّات مِياه الأمطار الساقطة، التي تَزايَدَت بسَبَبِ شِدَّة التَطَرُّفَات الحَراريَّة.

وفي أَحداثٍ كَارثيَّةٍ، تَسبَّبَتْ الفَيضاناتُ الشَّديدةُ في انهيارِ السدود، كَمَا حَدَثَ في **دِرنة / ليبيا (سبتمبر ٢٠٢٣)**؛ حَيْثُ ضَرَبَتْ العَاصِفَةُ المُتوسطيَّة "**دانيال**" الساحل الشرقي لليبيا، مُتَسَبِّبَةً في أمطارٍ غَزيرةٍ، غَيْر مَسْبوقةٍ، نَتَجَ عَنها فَيضاناتٌ دَمَّرَت رُبْع **مَدينة دِرنة** تقريبًا (التي يَبْلَغُ عَدَد سُكانها حوالي ١٠٠,٠٠٠ نسمة)، وانهارَ **سَدَّان** رَئيسيَّان في **وادي درنة (سَد دِرنة، وسَد بو منصور)**، مِمَّا أَدَّى إلى إطلاقِ حَوالي **٣٠ مليون مِتر مُكعب مِن المِياه**، وجَرَفَت المِياه أَحْيَاءً كاملةً إلى البَحر المُتوسط، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكل (٤٩)**.



المصدر: اعتمادًا على: **https://www.earthengine.app/** ، **بتصرف**

شكل (٤٩) المَنطقة التي دَمَّرتها فَيَضانات إعصار دانيال، بِدرنة، في سبتمبر ٢٠٢٣

تَبَايَنت التقديرات حول عَدَدَ ضَحايا العَاصِفَة المُتوسطيَّة "**دانيال**"، التي ضَرَبَت الساحل الشرقي لليبيا، إذ أَفَادت بَعض المَصادر بمَقتلِ أكثرِ مِن **٤,٠٠٠ شخص**، بينما أشارت تَقاريرٌ أخرى إلى أن العَدَد قد يَصلُ إلى **١١,٣٠٠ قتيل**، مَع آلاف المفقودين، كَمَا تَضَرَّرَت البنية التَحيَّة، بشَكلٍ كَامِلٍ، مِنْ تَدميرٍ للجُسورِ والطُّرق والمَباني، وانقطاع الكهرباء والمياه[1]. وتُوضِّح **الصور (٣، ٤، ٥)** حَجْم الدّمَار الكبير، بسَبَبِ **فيضانات ليبيا (سبتمبر ٢٠٢٣م)**.

(١) البوابة الإلكترونيَّة **المَرصَد الليبي** تَمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **ديسمبر ٢٠٢٣**).
• *https://almarsad.co/?s=فيضانات+درنة*

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

صورة (٣)

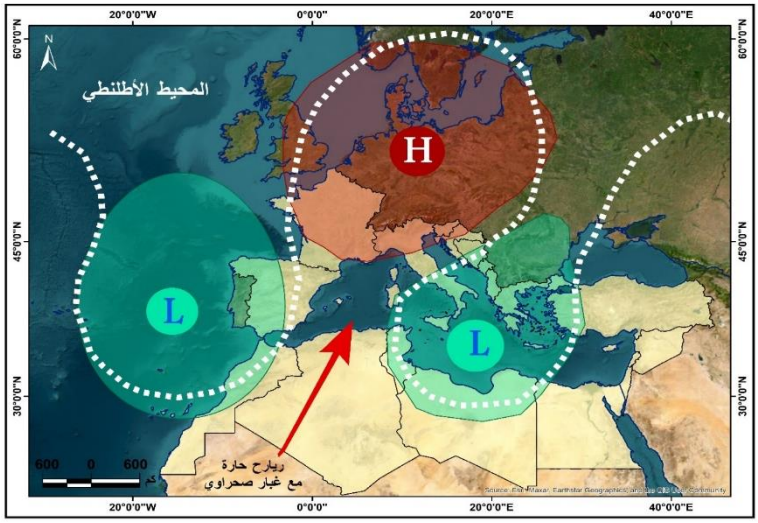
صورة (٤)

صورة (٥)

https://almarsad.co/?s=فيضانات+درنة

الدَّمَار الكَبير، بسببِ فَيَضانات إعصار دانيال، بدِرنة، في سبتمبر ٢٠٢٣م

يُفَسِّرُ عُلَمَاءُ المُناخ أنَّ قِلَّة التبايُن في دَرَجَاتِ الحَرارةِ بين القُطبين والمَناطق الاستوائيَّة؛ بسَبَبِ احترار القُطبين، خَاصَّةً القُطب الشمالي، بوَتيرةٍ سَريعةٍ أَدَّى إلى ضَعْفِ **التيَّار النفَّاث Jet Stream** وبُطء حَركَته، وبَالتالي ثَبات نُظُم الضغوط الجَويَّة في أماكِنها لِمُدَّةٍ أَطولٍ؛ بحيثُ تَكُونُ مَناطق كبيرة مِن العَالَم تَحت سَيْطَرةِ المُرتفعات الجَويَّة، حيثُ الطقس الجَاف الدافئ أو الحَار؛ مِمَّا يَزيدُ مِن مَخاطر الإجهاد المَائي وحَرائق الغَابات، ومَناطق أُخرى مِن العَالَم تَحت سَيْطَرةِ المُنخفضات الجَويَّة، حيثُ الطقس الرطب البَارد أو الدافئ؛ مِمَّا يَزيدُ مِن خُطورة الفَيضانات. أَطْلَقَ العُلَمَاءُ على هذه الوضعيَّة اسم **"Omega Block"**، وذلك لأنَّها تُشبْه الحَرف الإغريقي **"أوميجا"**، كَمَا يَتَضِحُ مِن **الشكل (٥٠)**، وسَبَب تَعَرُّجها هو عَدَم استقامة حَركة التيَّار النفَّاث. وقد حَدَثت هذه الوضعيَّة خِلال **خريف ٢٠٢٣م**، وتَحديدًا في شَهر **"سبتمبر"**، مِمَّا أَدَّى إلى **حَرائق الغابات** في وسط أوروبا، وتونس، والجزائر؛ نتيجة امتداد سَيْطَرة الضغط المُرتفع الأزوري، وفي الجانب المُقابل حَدَثَت **الفيضانات** في دِرنة بليبيا، وفي اليونان، وفي إسبانيا، و**السيول** بمناطق أخرى، في المَغرب والجزائر.



المصدر: بتصرف https://www.arabiaweather.com/ar/content/منخفض-شتوي-قوي-في-أوروبا-يزيح-الدفء-نحو-شرق-المتوسط-ويؤخر-الأمطار-التفاصيل

شكل (٥٠) وضعيَّة "Omega Block"؛ بسبب تَعرُّج حَركة التيَّار النفَّاث، في سبتمبر ٢٠٢٣م

٣) تأثير التطرُّفات الحَراريَّة على حَياة الإنسان:

تَتَسَبَّبُ التَطَرُّفَاتُ الحَراريَّةُ في إصابةِ الإنسانِ، بشَكلٍ مُباشرٍ أو غير مُباشرٍ، بكَثيرٍ مِن الأمراضِ، بَل وأحيانًا تَتَسَبَّبُ في الوفاةِ. إذ تَشْهَدُ مَنطقةُ حوض البَحر المُتوسط، حاليًا، ارتفاعًا في دَرَجَات الحَرارة، خَاصَّةً خِلال فَصل الصيف؛ مِمَّا يَجعلُ سُكان المَنطقة أَكْثر عُرضةً للإجهادِ الحَراري وضَربَات الشمس، ولا سيّما سُكان أوروبَّا، الذين لا يَألفون الارتفاع في دَرَجَات الحَرارة. وتُعَدُّ الفِئات الضعيفة، **مِثل:** كِبَار السّن، والحَوامِل، وأصحاب الأمراض المُزمنة، والأطفال دُون سِن الخامسة، أكثر الفِئات عُرضًا لِخَطر التَطَرُّفَاتُ الحَراريَّةُ. فقد لُوحِظَ أنه أثناء مَوْجَات الحَر تَزيدُ أعداد دخول حالات الطوارئ إلى المُستشفيات بنسبةِ ١,٥٪ مَع ارتفاعِ دَرَجَة الحَرارة ١°س فوق مُعَدَّلِها **(Waha, et al., 2017, P.9).**

ذَكَرَت دِارسة **(Hochman, et al., 2022)** أنَّ هُناكَ عَلاقة واضحة بين ارتفاعِ دَرَجَات الحَرارة، وزيادة عَدَد حَالات وفيات الأزمَات القَلبيَّة، والأوعيَّة الدمويَّة، والسَّكتات الدِّمَاغيَّة في دول شمال حوض البَحر المُتوسط، والذي تَمَّ تَفسيره أنه بسَببِ أحداث الطقس المُتَطَرِّف، بينما في دول جنوب حوض البَحر المُتوسط، حيثُ الاعتياد على الطقسِ الحَار، تَمَّ تَفسيرُ أسباب حالات الوفاة، في نفس الفترة، إلى الأمراض المُزمنة، واستبعاد ظروف الطقس المُتَطَرِّف **(P.752).**

في **فرنسا** تَمَّ تسجيل أكثر مِن ٦٠٠ **ألف حالة وفاة**، خِلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠١٥م)؛ نتيجة ارتفاع دَرَجَة حَرارة الهَواء والرطوبة النسبيَّة؛ مِمَّا يُؤدِّي إلى الإصابةِ **بالإجهَادِ الحَراري Heat Stress**، وبخاصَّةٍ في فِئات كِبَار السن **(Kanti, et al., 2022, P.4).**

وقَد تَوقَّعَت إحدى الدراسات أنَّ جميعَ دول حوض البَحر المُتوسط، سَوف تَشْهَدُ زِيادةً في أَعدادِ الوفيَات المُرتبطة **بالمَوْجَاتِ الحَارة Heat Waves**، مُقابل انخفاضًا في الوفيَات المُرتبطة **بالمَوْجَاتِ البَاردة Cold Waves**، حيثُ تَزدادُ الأعداد بمِقْدارِ نحو ٣-٧ **أضعاف**، في ظِلّ سيناريو **RCP 4.5**، وبنحوِ ٨-٢٠ **ضِعف**، وفقًا لسيناريو **RCP 8.5 (Lionello, & Scarascia., 2020,P. 2).**

صَرَّحَت وزيرة الصحة الفرنسيَّة **ماريسول توران**، أنَّ المَوْجَة شَديدة الحَرارة، التي اجتاحت **فرنسا** فى الفَترةِ مِن (٢٩ **يونيو-٥ يوليو** ٢٠٢٤) قد تَسَبَّبَت فى ارتفاعِ نِسبة الوفيَات بحوالي ٧٪، مُقارنةً بمُتوسطِ الحَالات في **نَفس الفَترة مِن عَام** ٢٠١٤م، أي بزيادةِ ٧٠٠ **حَالة وفاة**. وأكدت الوزيرة أنَّ حالات الوفيَات فى **صيف** ٢٠٠٣م، نتيجة ارتفاع دَرَجَات الحَرارة بَلَغَت نِسبتها ٥٥٪، وتَراوحت النسبة في بَعض أقاليم **فرنسا** بين ٣٠-٤٠٪. وقد تَضَرَّرت **إسبانيا** كذلك مِن تلك المَوْجة الحَارة(١).

يُستخلص مِمَّا سَبَق، أنَّ زيادة انبعاثات غَازات الدفيئة، المُتَسَبِّبَة في الاحتباسِ الحَراري، أدَّت إلى التَطَرُّفَات الحَراريَّة بمَنطقةِ الدراسةِ، ولا سِيَّما زيادة تِكْراريَّة مِوْجَات الحَر ذات التأثير المُباشر على صِحَّة الإنسان، حيثُ الإصابة بالإجهادِ الحَراري، وزيادة أعداد الوفيات، وبخَاصَّةٍ في فِئات كِبَار السن، وأصحَاب الأمراض المُزمنة.

(١) بوابة **ريتاج بريس الإلكترونيَّة**، تَمَّ الاسترجاع **في:** (٢٥ **يوليو** ٢٠٢٤).
• https://ritajepress.com/1226/

الخاتمة

تُبْرِزُ هذه الدراسةُ **أَهَمِيَّة تَوظيف النمَاذِج المُناخيَّة في تَحليلِ سيناريوهات التغيُّر المُناخي، ومُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري في دِولِ حوض البَحر المُتوسط**، وهي مَنطقة تُعَدُّ مِن أَكثرِ الأقاليم الجُغرافيَّة هَشاشَةً مُناخيَّةً. وقد خَلُصَتْ الدراسَةُ إلى مَجموعةٍ مِن **النتائج والتوصيَّات**، حَاوَلَ فيها البَاحثان تَحقيقُ الأهدافُ التي سَعَتْ الدراسَةُ إلى تَحقيقِها، وذلك **على النحوِ التالي:**

أولاً: النتائج:

١) **زيادة تِكْرار المَوْجَات الحَارة مُقابل الانخفاض في حدوثِ المَوْجَات البَاردة**، بدولِ حوض البَحر المُتوسط؛ نتيجة لِزيادة غَازات الدفيئة، خِلال فَترة الدراسة (**١٩٩٣–٢٠٢٢م**).

٢) ثَمَّة **اتجاه تَصاعدي مَلْحوظ** في مُؤشِّري أحَر يوم (**TXx**) وأدفأ ليلة (**TNx**)، وكذلك في مُعظمِ دول حوض البَحر المُتوسط، مِمَّا يُؤكِّدُ فَرضيَّة تَغيُّر المُناخ نَحو **الاحترار العَالَمي Global Warming**.

٣) سَجَّلَت مَناطق **الجنوب الغربي (مثل الجزائر وجنوب مصر)** أعلى زيادات حَراريَّة مُتوقَّعة، قد تَتَجَاوزُ **٧°س** في نِهايةِ القَرن.

٤) تُظْهِرُ المُؤشِّرات المُناخيَّة اليَوميَّة (**TXx, TXn, TNx**) **اختلالًا واضحًا في التوازن الحَراري**، مَا يُنْذِرُ بزيادةِ حِدَّةِ **مَوْجَات الحَر ونَوْبَات الجَفَاف**، كَما حَدَث في كَثيرٍ مِن **دِول شمال حوض البَحر المُتوسط**.

٥) ثَمَّة زيادةٌ في مُؤشِّرِ عَدِد الأيَّام الحَارة (**TX90p**)، والليَالي المَداريَّة (**TR**)، مِمَّا يُشيرُ إلى تَصاعُدِ تَأثيرات **الإجهاد الحَراري**، وزيادة عَدَد حَالات الوفاة، كَمَا حَدَثَ في **فرنسا** في **صيف ٢٠٢٤**.

٦) البيانات الإحصائيَّة أَكَّدَتْ وجود فُروقَات ذات **دلالة معنويَّة** بين فَترة الدراسة (**١٩٩٣–٢٠٢٢م**)، وفَترتي المُستقبل (مُنتصف ونِهاية القَرن الحَادي والعشرين)، هي: (**٢٠٤١–٢٠٦٠م**) و(**٢٠٨١–٢١٠٠م**).

٧) ثَمَّة **آثارٌ بيئيَّةٌ خَطيرةٌ** نَاتِجةٌ عن التَطَرُّفَاتِ الحَراريَّةِ، كزيادةِ **نَوْبَات الجَفَاف**، في مُعظم دول مَنطقة الدراسة، وحدوث **الفيضانات المُدَمِّرة** في المناطق الساحليَّة، مِثل ما شهدته **ليبيا**، وتِكْرَار **حَرائق الغابات**.

ثانياً: التوصيَّات:

١) ضَرورة تَعزيز **جهود التكيُّف المُناخي** في دِولِ حوض البَحر المُتوسط، عَبْر خِطَطٍ وطنيَّةٍ واضحةٍ، ومَدعومةٍ بأَسَانِيدٍ عِلْمَيَّةٍ؛ للتقليلِ مِن خُطورة التأثيرات البيئيَّة.

٢) ضرورة **إدْمَاج مُؤشِّرات التَطَرُّف الحَراري** ضِمْن سِيَاسَات **التخطيط العُمراني وإدارة المَوارد المَائيَّة**.

٣) أَهميَّة تَعزيز التعاون الإقليمي **لِتبَادُل البيانات المُناخيَّة**، وبناء سيناريوهات مُناخيَّة مُشتركة لِدول حوض البَحر المُتوسط.

٤) تَطوير **أنظمة الإنذار المُبكر** المُرتبطة بمَوْجَات الحَر والتَطَرُّف الحَراري بدول حوض البَحر المُتوسط.

٥) التحوُّل إلى **استخدامِ مَصادر الطاقة النظيفة**، كطاقةِ الرياح والشمس، بدلًا مِن مَصادر الطاقة الأحفوريَّة؛ لِخَفْضِ انبعاثات غَازات الدفيئة.

٦) **توعيَّة المُجتمعات بخُطورة التغيُّرات المُناخيَّة**، والظواهر المُرتبطة بها، **خُصوصًا التَطَرُّفَات الحَراريَّة**، لِمَا لهَا مِن **آثارٍ خَطيرةٍ على البيئةِ الطبيعيَّة والبَشريَّة**.

المَراجِع

أولاً: المَراجِع باللغة العربيَّة:

١. **شِبر، مُهند خطاب (٢٠٢٢).** *مَوجَات الحَر والبَرد وآثارها البيئيَّة في العراق*. (أطروحة دكتوراه غير منشورة). العراق: جامعة الكوفة. كُليَّة التربية للبنات. قِسم الجُغرافيَا.

٢. **البديري، أحمد لفته حمد (٢٠٢١).** تحليل مؤشرات تَطَرُّفَات دَرَجَات الحَرارة اليَوميَّة في العراق. العراق. مجلة بارك للفلسفة والعلوم الاجتماعية. المُجلَّد (٤). العَدَد (٤٣). ص ص ٩٠٢ – ٩٢٢.

٣. **سالم، طارق زكريا (١٩٩٧).** *دور المُنخفضات الجويَّة في مِصر: دراسة في الجغرافية المُناخيَّة*. (رسالة دكتوراة غير منشورة). جامعة الزقازيق. كُليَّة الآداب. قِسم الجُغرافيَا.

٤. **طُلْبة، شحاتة سيد أحمد (١٩٩٤).** *مَوجات الحَر والبَرد في مِصر وآثرها على المحاصيل الزراعيَّة: دراسة في المناخ التطبيقي*. (أطروحة دكتوراه غير منشورة). جامعة القاهرة. كُليَّة الآداب. قِسم الجُغرافيَا.

٥. **عبد الزبيدي، مُجيب رزوقي فريح (٢٠١٣).** *التَطَرُّف في دَرَجَات الحَرارة لِمَحَطاتٍ مُختارةٍ في العراق*. (رسالة ماجستير غير منشورة). العراق: الجَامعة المُستنصريَّة. كُليَّة التربية. قِسم الجُغرافيَة.

٦. **عبد الوهاب، مجدي (٢٠٠٨).** *التغيُّرات المُناخيَّة واحتمالات تأثيراتها المُستقبليَّة على مِصر*. المَركز الدولي للدراسات المُستقبليَّة والاستراتيجيَّة. القاهرة.

٧. **عنبر، محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف & محمد، عبد العاطي صالح عبد العاطي (٢٠٢٠).** *أثر المُناخ على حوادث المرور في بلديَّة طَرابلس بليبيا*. مَجلَّة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانيَّة والاجتماعيَّة. جامعة القاهرة: فرع الخرطوم. المُجلَّد (٨). العَدَد (٢٦).

٨. **عنبر، محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف (٢٠١٧).** *مُناخ شَرقي دلتا النيل وآثاره البيئيَّة: دِراسة باستخدامِ نُظم المعلومات الجُغرافيَّة والاستشعَار عن بُعد*. نور للنشرِ. ألمانيا: المَكتبة الوطنيَّة الألمانيَّة.

٩. **عنبر، محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف (٢٠١٦).** *الأخطَار المُناخيَّة والبيئيَّة في مُنخفضِ الواحَات البَحريَّة في صَحراءِ مِصر الغَربيَّة*. (سِلْسِلَة أطرُوحَات الدكتوراه). (١٢٤). مَركز دِراسَات الوحدة العَربيَّة. لِبنان: الحمراء–بيروت.

١٠. **فايد، يوسف عبد المجيد & آخرون (١٩٩٤).** *مُناخ مِصر*. القاهرة: دَار النهضة.

١١. **موسى، علي حسن (١٩٨٤).** *المُعجم الجُغرافي المُناخي*. (ط. ١) دمشق: دَار الفِكْر.

ثانياً: المَراجِع باللغة الإنجليزيَّة:

1. Afroz, M., et al., (2023). *Drought - and heatwave - associated compound extremes: A review of hotspot, variables, parameters, impacts, and analysis Frameworks*, Frontiers in Earth Science, PP.1-25.

2. Androulidakis, Y.S., & Krestenitis, Y.N., (2022). *Sea Surface Temperature Variability and Marine Heat Waves Over the Aegean, Ionian, and Cretan Seas From 2008-2021*, Journal of Marine Science and Engineering, MDPI, Basel, Switzerland, 28.

3. Ben Miloud, H. & Elmaremi, R., (2024). *A Diagnostic Study of Storm Daniel's Meteorological and Environmental Characteristics in Derna, Eastern Libya, 2023*. Sebha University Journal of Pure & Applied Sciences, Research Gate, VOL.(23). No.(2). PP. 40-43. https://uot.edu.ly/publication_item.php?pubid=11934

4. Burak, S., et al., (2020). *Climate And Environmental Change in the Mediterranean Basin-Current Situation and Risks for The Future*, First Mediterranean Assessment Report (MAR1), Chapter 3, Resources, 57.

5. Cavicchia, L., et al., (2018). *Mediterranean extreme precipitation: a multi - model assessment*, Research Gate, Climate Dynamics manuscript, https://www.researchgate.net/publication/347968129_Extreme_precipitation_events_in_the_Mediterranean_Spatiotemporal_characteristics_and_connection_to_large-scale_atmospheric_flow_patterns

6. Cramer, W., et al., (2019). *Risks associated to Climate and environmental changes in the Mediterranean region*, A preliminary assessment by the Med ECC Network Science policy interface, Med ECC, Marseille, France, 36. https://www.medecc.org/medecc-reports/booklet-preliminary-results-2019/

7. Davison, S., et al., (2024). *Characterization of Extreme Wave Fields During Mediterranean Tropical-Like Cyclones*. Front. Mar. Sci., Sec. Physical Oceanography, Vol. (10). https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1268830.

8. Dayan, U., et al., (2015). *Review Article: Atmospheric conditions inducing extreme precipitation over the eastern and western Mediterranean*, EGU, Nat. Hazards Earth SYst. Sci. 15, PP. 2525-544. https://nhess.copernicus.org/articles/15/2525/2015/

9. Flaunas, E., et al., (2022). *Mediterranean Cyclones: Current Knowledge and Open Questions on Dynamics Prediction Climatology and Impacts*, EGU, Weather Clim. Dynam, Vol.(3). Italy, PP. 173-208.

10. Gaaloul, N., et al., (2020). *Impacts of Climate Change and Water Resources Management in the Southern Mediterranean Countries*, Water Productivity Journal, Vol.(1). No.(1), PP. 51-72.

11. Garrabou, J., et al., (2022). *Marine Heat Waves Drive Recurrent Mass Mortalities in the Mediterranean Sea*, Global Change Biology, John Wiley & Sons Ltd. PP. 5708-5725.

12. Gaume, E., et al., (2017). *Mediterranean extreme floods and flash floods*. HAL science, Marseille, PP.133-144. https://hal.science/hal-01465740v2

13. Guion, A., et al., (2021). *Droughts and Heatwaves in the Western Mediterranean: Impact on Vegetation and Wildfires Using the Coupled WRF-ORCHIDEE Regional Model (Reg.IPSL)*, Paris: Springer Nature, PP. 2881-2903.

14. Hochman, A., et al., (2022). *Extreme Weather and Societal Impact in the Eastern Mediterranean*, Earth System Dynamics, Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, EGU, PP. 749-77.

15. Kantti, F.S., et al., (2022). *Comparison of Various Heat Waves Definitions and the Burden of Heart - related mortality in France: Implications for existing early warning systems*, ELSEVIER, Environmental Research. Vol. (215). No. (2). https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114359

16. Lange, M.A., (2020). *Climate Change in the Mediterranean: Environmental Impacts and Extreme Events*, **IEMed Mediterranean Yearbook**, PP. 30-45. https://www.iemed.org/publication/climate-change-in-the-mediterranean-environmental-impacts-and-extreme-events/

17. Lionello, P., & Scarascia, L., (2020). *The Relation of Climate Extremes with Global Warming in the Mediterranean Region and its North Versus South Contrast, Regional Environmental Change*. Germany: Springer Nature. 16.

18. Lissner, T.K., et al., (2016). *Differential Climate Impacts for Policy-Relevant Limits to Global Warming: The Case of 1.5°C And 2°C. Earth System Dynamics, Research Gate*, Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, PP. 327-351.

19. Lynch, C., & Thibeault, J., (2015). *Recent and Projected Annual Cycles of Temperature and Precipitation in the Northeast United States from CMIP5*, Journal of Climate, American Meteorological Society, Vol.(29). PP. 347-365

20. Martínez, G.G., & Martín, M.A., (2023). *Water Management Adaptation to Climate Change in Mediterranean Semiarid Regions by Desalination and Photovoltaic Solar Energy*, Spain Journal Water, PP. 1-28.

21. Mastrantonas, N., et al., (2022). *What Do Large - Scale Patterns Teach Us About Extreme Precipitation Over the Mediterranean at Medium and Extended - Range Forecasts ?*, John Wiley & Sons Ltd on behalf of the Royal Meteorological Society. Q. J. R. Meteorology Soc. PP. 875-890.

22. Mastrantonas, N., et al., (2020). *Extreme Precipitation Events in the Mediterranean: Spatiotemporal Characteristics and Connection to Large-Scale Atmospheric Flow Patterns*.

23. Pantillon, F., et al., (2024). *The Crucial Representation of Deep Convection for the Cyclogenesis of Medicane Ianos*. EGU, European Geosciences Union. https://doi.org/10.5194/wcd-5-1187-2024

24. Ritter, K., (2018). *A Decade After Barcelona's Water Emergency, Drought Still Stalks Spain*, https://www.circleofblue.org/2018/europe/a-decade-after-barcelonas-water-emergency-drought-still-stalks-spain /

25. Taschetto, A.S., et al., (2014). *Cold Tongue and Warm Pool ENSO Events in CMIP5: Mean State and Future Projection*, Journal of Climate, American Meteorological Society, Vol.(27). PP. 2861-2885.

26. Tramblay, Y., et al., (2021). *Challenge for Drought Assessment in the Mediterranean Region Under Climate Scenarios*, HAL Oen Science, France, PP.1-53.

27. Tramblay, Y., et al., (2020). *Climate Change Impacts on Water Resources in the Mediterranean*, Germany: Springer Nature, PP. 81-83.

28. Unnisa, Z., et al., (2023). *Water Balance Trends Along Climatic Variations in the Mediterranean Basin Over the Past Decades*, Switzerland: Water, MDPI, Basel, 16.

29. Waha, K., et al., (2017). *Climate Change Impacts in the Middle East and Northern Africa (MENA) Region and Their Implications for Vulnerable Population Groups*, Springer, 16.

30. Wedler, M., et al., (2023). *More Frequent, Persistent, and Deadly Heat Waves in the 21st Century Over the Eastern Mediterranean*, Elsevier BV, 13.

31. Zittis, G., et al., (2022). *Climate Change and Weather Extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East*, AGU, USA, PP.1-48 .

ثالثاً: المَواقع الإلكترونيَّة:

١. **المُنظَّمَة العَالميَّة للأرصادِ الجَويَّة WMO**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **ديسمبر** ٢٠٢٤).
- *https://wmo.int/ar/media/news/almnzmt-alalmyt-llarsad-aljwyt-twkd-2024-hw-alam-alahr*

٢. **موقع The Local France**، تَمَّ الاسترجاع في: (١١ **سبتمبر** ٢٠٢٤).
- *https://www.thelocal.fr/20190829/drought-in-france-onethird-of-the-country-is-now-in-a-crisis-situation*

٣. **موقع Circle of Blue**، تَمَّ الاسترجاع في: (٣١ **أغسطس** ٢٠٢٤).
- *https://www.circleofblue.org/2018/europe/a-decade-after-barcelonas-water-emergency-drought-still-stalks-spain/*

٤. **الهَيئة الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ IPCC**، مَركز توزيع البيانات، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **أغسطس** ٢٠٢٤).
- *https://ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/AR5/Reference-Archive.html*

٥. **الهَيئة الحُكوميَّة الدوليَّة المَعنيَّة بتغيُّر المُناخ IPCC**، الأطلس التفاعُلي لتغيُّر المُناخ، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **أغسطس** ٢٠٢٤).
- *https://interactive-atlas.ipcc.ch/*

٦. **استكشاف المُناخ Climate Explorer**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **أغسطس** ٢٠٢٤).
- *https://climexp.knmi.nl/start.cgi*

٧. **مَعمَل المُناخ Climatology Lab**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **أغسطس** ٢٠٢٤).
- *https://www.climatologylab.org/cmip5-models.html*

٨. **بوابة ريتاج بريس الإلكترونيَّة**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٢٥ **يوليو** ٢٠٢٤).
- *https://ritajepress.com/1226/*

٩. **صفحة الجزيرة الإخباريَّة**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٧ **يوليو** ٢٠٢٤).
- *https://www.ajnet.me/videos/2023/7/31*

١٠. **موقع أسباني للبيانات المُناخيَّة المَجانيَّة**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٢٣ **يوليو** ٢٠٢٤).
- *https://en.tutiempo.net/climate*

١١. **مَشروع مُقارنة النمَاذج المُناخيَّة المُقترنة**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **يونيو** ٢٠٢٤).
- *https://wcrp-cmip.org/cmip5/*

١٢. **موقع تَغيُّر المُناخ في أستراليا**، تمَّ الاسترجاع **في:** (٣٠ **يونيو** ٢٠٢٤).
- *https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/en/overview/methodology/list-models/*

١٣. **هيئة المِساحة الجيولوجيَّة الأمريكيَّة USGS** ***United States Geological Survey***، تمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **مايو** ٢٠٢٤).
- *https://earthexplorer.usgs.gov/*

١٤. **جوجل إيرث برو Google Earth Pro**، تمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **مايو** ٢٠٢٤).
- *https://earth.google.com/web/*

١٥. **موقع ClimateChangePost**، تمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **ديسمبر** ٢٠٢٣).
- *https://www.climatechangepost.com/countries/italy/droughts /*

١٦. **البوابة الإلكترونيَّة المَرصَد الليبي**، تمَّ الاسترجاع **في:** (١٥ **ديسمبر** ٢٠٢٣).
- *https://almarsad.co/?s=فيضانات+درنة*

١٧. **موقع NASA Worldview**، تمَّ الاسترجاع **في:** (١٨ **مارس** ٢٠٢٣).
- *https://worldview.earthdata.nasa.gov /*

Journal homepage: https://mkgc.journals.ekb.eg/
ISSN: 2357-0091 (Print) 2735-5284 (Online)

Climate Modeling of the Thermal Extremes Indices and Their Environmental Impacts in the Mediterranean Basin Countries Using Remote Sensing Data within A Geographic Information Systems Environment

1. **Dr. Mahmoud Abdel Fattah Mahmoud Abdel Latif Anbar.**
   Lecturer of Climate and Environment – Department of Geography – Faculty of Arts – Cairo University. mahabdfatah@cu.edu.eg
2. **Ms. Shaimaa Gamal Fathy Mahmoud El-Haddad.**
   Teaching Assistant – Department of Geography – Faculty of Arts – Cairo University.

Abstract

This study aims to analyze climate modeling of fifteen thermal extreme indices and to monitor patterns of their environmental impacts in the Mediterranean Basin countries. The research relied on multi-model climate data covering the period from (1993 to 2022), which was divided into three decadal intervals: the first (1993–2002), the second (2003–2012), and the third (2013–2022). This division allowed for the analysis of the behavior of thermal extreme indicators and their comparison with two future time periods, mid-century (2041–2060) and end-of-century (2081–2100), under three greenhouse gas emission scenarios: low emissions (RCP 2.6), medium emissions (RCP 4.5), and high emissions (RCP 8.5). These scenarios were adopted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in its Fifth Assessment Report (2013), based on data from the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5).

The study followed a methodological framework that combined statistical analysis, climate modeling, cartographic techniques, remote sensing technologies, and GIS applications. The findings revealed alarming environmental impacts, including increased frequency of drought events, degradation of vegetation cover, destructive floods, rising frequency of wildfires, and the intensification of heatwaves that have caused loss of human, animal, and plant life particularly in the northern Mediterranean countries.

The study results showed a continuous increase in both maximum and minimum temperatures, as well as a noticeable rise in the number of hot days and tropical nights, especially under the worst-case (high emission) scenario. Statistical analyses confirmed the existence of significant differences among the studied periods, indicating the worsening effects of climate change.

The study recommends integrating thermal extreme indicators into national climate policies, strengthening early warning systems, and enhancing regional cooperation in sharing climate data and information, to improve the adaptive capacity of Mediterranean countries in facing future climate challenges.

Keywords: Climate Change, Climate Models, Scenarios, Thermal Extremes Indices, Mediterranean Basin Countries.