Democratic Arab Center
for Strategic Political and Economic Studies

# التغير المناخي في العالم العربي
## تحديات راهنة ورؤى مستقبلية

الاشراف العام:
أ.د. فواز أحمد الموسى

كتاب جماعي

2025

المركز الديمقراطي العربي

التغير المناخي في العالم العربي : تحديات راهنة ورؤى مستقبلية

يُعد التغير المناخي من أهم التحديات التي تواجه المجتمع الدولي في القرن الحادي والعشرين، فهو اضطراب واسع النطاق وسريع ومكثف في مناخ الأرض؛ ويواجه الوطن العربي بدوره تحدياً مناخياً متعدد الأوجه ومتفاقماً، يتجاوز كونه مجرد قضية بيئية ليصبح تهديداً وجودياً للأمن المائي والغذائي، والصحة العامة، والاستقرار الاجتماعي والاقتصادي.

و في ظل ما يشهده العالم من تسارع غير مسبوق في وتيرة التغير المناخي وتنامي تداعياته على مختلف القطاعات البيئية والاقتصادية والاجتماعية، تبرز الحاجة الملحّة إلى قراءة علمية معمقة للواقع العربي ضمن هذا السياق العالمي، بما يسهم في بلورة رؤى استراتيجية تواكب التحديات وتدعم جهود التكيف والتخفيف.

انطلاقًا من هذه الضرورة، ندعوكم إلى الإسهام العلمي في تأليف كتاب جماعي محكّم يتناول أبعاد التغير المناخي في العالم العربي، وذلك من خلال بحوث ودراسات علمية رصينة، تسهم في تعميق الفهم وتقديم حلول واقعية ومبتكرة، تأخذ في الاعتبار الخصوصيات الجغرافية والاجتماعية والاقتصادية للمنطقة.


**DEMOCRATIC ARABIC CENTER**
Germany: Berlin 10315 Gensinger- Str: 112
http://democraticac.de
TEL: 0049-CODE
030-89005468/030-898999419/030-57348845
MOBILTELEFON: 0049174274278717

ISBN 9 783689 291563

DEMOCRATICAC.DE


المركز الديمقراطي العربي برلين - ألمانيا

المركز الديمقراطي العربي
للدراسات الإستراتيجية والسياسية والإقتصادية

**Democratic Arab Center**
for Strategic, Political and Economic Studies

الـنـــــاشـــر

المركز الديمقراطي العربي
للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية
ألمانيا / برلين

Democratic Arab Center
For Strategic, Political & Economic Studies
Berlin / Germany

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينه
في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال، دون إذن مسبق خطي من الناشر.
جميع حقوق الطبع محفوظة

All rights reserved
No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, without the prior written permission of the publisher

المركز الديمقراطي العربي
للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية ألمانيا/برلين

Tel: 0049-code Germany
54884375-030
91499898-030
86450098-030

البريد الإلكتروني
book@democraticac.de

| | |
|---|---|
| **عنوان الكتاب** | **تغير المناخ في العالم العربي** – تحديات راهنة ورؤى مستقبلية |
| **مؤلف الكتاب** | **جماعي** |
| **الإشراف العام** | **أ. د. فواز أحمد الموسى** |
| **رئيس المركز الديمقراطي العربي** | **أ. عمار شرعان** |
| **مدير النشر** | **د. أحمد بوهكو** |
| **رئيس اللجنة العلمية** | **أ. د. علي حسن موسى** |
| **الإشراف والتنسيق** | **مها أسعد مرزة** |
| **الطبعة** | **الأولى** |
| **السنة** | **2025 م** |
| **عدد الصفحات** | **338** |
| **رقم تسجيل الكتاب** | ISBN: **9783689291563** |
| **الناشر** | المركز الديمقراطي العربي للدراسات السياسية والاستراتيجية والاقتصادية \| برلين – ألمانيا |

الآراء الواردة أدناه تعبّر عن رأي الكاتب ولا تعكس بالضرورة وجهة نظر المركز الديمقراطي العربي

# تغير المناخ في العالم العربي

## تحديات راهنة ورؤى مستقبلية

---

# Climate Change in the Arab World

## "Current Challenges and Future Visions"

**مجموعة من المؤلفين**

**الاشراف العام**

**الأستاذ الدكتور فواز أحمد الموسى**

أستاذ المناخ في قسم الجغرافية – بجامعة حلب

## المشرف العام على الكتاب

## أ. د. فواز أحمد الموسى

## اللجنة العلمية

| | |
|---|---|
| أ. د. علي حسن موسى | جامعة دمشق |
| أ. د. فواز أحمد الموسى | جامعة حلب |
| أ. د. مسعد سلامة مسعد مندور | جامعة المنصورة |
| أ. د. غزوان محمد أمين سلوم | جامعة دمشق |
| أ. د. عادل معتمد عبد الحميد | جامعة أسيوط |
| أ.م. د. آمنة جبار مطر درويش الدليمي | جامعة الانبار |

## فهرس المحتويات


| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| المقدمة | 7 |
| **الباب الأول**<br>**الأساسيات العلمية** | **9** |
| **الفصل الأول:** التغير المناخي أسبابه ومؤشراته – أ. د. فواز أحمد الموسى | 11 |
| **الفصل الثاني:** وجهة التغيرات المناخية بين نقيضي التبريد والاحترار– أ. د. علي موسى | 33 |
| **الفصل الثالث:** التغير المناخي والهندسة المناخية – أ.د. فواز أحمد الموسى | 47 |
| **الفصل الرابع:** التغير المناخي – التحدي العالمي الراهن – أ. شادي جاويش | 65 |
| **الباب الثاني**<br>**الدراسات التطبيقية** | 79 |
| **الفصل الخامس:** سيناريو التسخين العالمي وغرق دلتا النيل<br>أ. د. محمد محمود عيسى – المدير العام للأرصاد الجوية / مصر | 81 |
| **الفصل السادس:** إعداد خرائط المؤشرات المُناخية للعراق باستخدام المنصة الديناميكية (Resource Watch)– دراسة تطبيقية للتقنيات الجغرافية<br>أ.د. مثنى محروس علي العزاوي أ.د. احمد محمد جهاد الكبيسي<br>المديرية العامة لتربية صلاح الدين المديرية العامة لتربية الانبار | 95 |
| **الفصل السابع:** شواهد تضريسية على التغيرات المناخية – أمثلة عربية<br>أ د. غزوان محمد أمين سلوم – أستاذ في قسم الجغرافية بجامعة دمشق | 113 |
| **الفصل الثامن:** الاحترار العالمي وأثره على المناخ السياحي في محافظة بورسعيد<br>أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور– أستاذ المناخ ووكيل كلية الآداب جامعة المنصورة | |
| **الفصل التاسع:** التغيرات المناخية وتأثيراتها على التنوع البيولوجي، تأصيل الأفكار وتطبيقات عربية.<br>أ. د. عادل معتمد– جامعة أسيوط– مصر،. | 165 |
| **الفصل العاشر:** خصائص الامطار الساقطة وتأثيرها في إنتاجية وإنتاج محصول القمح في الدول العربية المتأثرة بنظام مناخ البحر المتوسط<br>أ. د. نهاد خضير كاظم الكناني – قسم الجغرافية / كلية التربية للبنات – جامعة الكوفة | 181 |
| **الفصل الحادي عشر:** التفاعل بين حقوق الإنسان والقانون الدولي الإنساني بين التغيرات المناخية ومستقبل مستدام<br>د. رشا عقيل عبد الحسين– كلية الامام الكاظم / العراق | 205 |

| | |
|---|---|
| **الفصل الثاني عشر:** العدالة البيئية والمناخية – توزيع عادل لأعباء وأخطار التغير المناخي – الوطن العربي أنموذجاً<br>أ. د. فواز أحمد الموسى – أستاذ المناخ بجامعة حلب | 217 |
| **الفصل الثالث عشر:** الهدف العالمي للتكيف المناخي في اتفاق باريس: التحديات القانونية وإمكانات التفعيل في السياق العربي<br>مكيكة مريم: جامعة الجيلالي اليابس سيدي بلعباس /الجزائر | 229 |
| **الفصل الرابع عشر:** الموازنة المائية المناخية والتبخر– النتح الحقيقي لنبات الشعير في سورية في ظل التغيرات المناخية خلال الفترة (1980–2020)<br>د. كنانة حليمي: محاضرة في جامعة طرطوس / سورية | 239 |
| **الفصل الخامس عشر:** هشاشة النظام الإيكولوجي الواحي في ظل التغيرات المناخية وانعكاساتها الاجتماعية<br>محمد الفزني – جامعة القاضي عياض/ المغرب | 257 |
| **الفصل السادس عشر:** التغير المناخي وأثره في الهجرة لعدد من محافظات العراق<br>أ. م. د. آمنة جبار مطر درويش الدليمي – جامعة الانبار /كلية الآداب/قسم الجغرافيا | 279 |
| **الباب الثالث**<br>**استعراض كتب مهمة** | **295** |
| **الفصل السابع عشر:** مناخ الأرض عبر الأزمنة والعصور<br>د. سمر الصيرفي – قسم الجغرافية بجامعة حلب | 297 |
| **الفصل الثامن عشر:** ثلاث درجات أعلى<br>ترجمة أ. مها أسعد مرزة – قسم اللغة الإنكليزية بجامعة حلب | 323 |

# المقدمة

أضحى التغير المناخي في العقود الأخيرة أحد أبرز التحديات الوجودية التي تواجه الإنسانية جمعاء، لما ينطوي عليه من تحولات عميقة تمس النظم البيئية والاقتصادية والاجتماعية على المستويات كافة. ولم يعد هذا التغير مجرد قضية علمية تُناقش في أروقة المختبرات أو المؤتمرات المتخصصة، بل غدا واقعًا معيشًا تتجلى آثاره في تزايد الظواهر المناخية المتطرفة، واضطراب الأنماط الهيدرولوجية، وتراجع الإنتاج الزراعي، وتهديد الأمن الغذائي والمائي، وتنامي الهجرات البيئية، فضلًا عن اتساع دوائر عدم العدالة المناخية بين الدول والمجتمعات.

ويكتسب التغير المناخي في العالم العربي خصوصية مضاعفة، نظرًا لما تتسم به المنطقة من هشاشة بيئية بنيوية، تتمثل في سيادة الأقاليم الجافة وشبه الجافة، وندرة الموارد المائية، واعتماد قطاعات واسعة من السكان على أنشطة اقتصادية شديدة الحساسية للمناخ، كالرعي والزراعة والسياحة. كما تتقاطع التغيرات المناخية في الإقليم العربي مع تحديات سياسية واقتصادية واجتماعية قائمة، ما يجعل من آثارها أكثر حدة وتعقيدًا، ويضع مسألة التكيف وبناء القدرة على الصمود في صدارة الأولويات التنموية.

من هذا المنطلق، يأتي هذا الكتاب المعنون «التغيرات المناخية في العالم العربي» ليشكل إضافة علمية رصينة إلى المكتبة العربية، ومحاولة جادة لردم الفجوة بين الأسس النظرية للتغير المناخي وتطبيقاته الميدانية، من خلال مقاربة متعددة الأبعاد تجمع بين العلم الطبيعي، والجغرافيا التطبيقية، والبيئة، والقانون، وحقوق الإنسان، والعدالة المناخية. وقد حرص محررو الكتاب ومؤلفوه، وهم نخبة من الأكاديميين والباحثين المتخصصين من مختلف الأقطار العربية، على تقديم معالجة متوازنة تجمع بين التحليل العلمي الدقيق واستقراء الواقع العربي، مع استشراف آفاق المستقبل.

ينقسم الكتاب إلى **ثلاثة أبواب رئيسة**، تعكس في بنيتها تسلسلًا معرفيًا منطقيًا يبدأ بالتأسيس العلمي، ويمر بالدراسات التطبيقية، وينتهي بالاستعراض النقدي للأدبيات العالمية المؤثرة في مجال المناخ.

**يُعنى الباب الأول:** الأساسيات العلمية بوضع القارئ على أرضية معرفية صلبة لفهم ظاهرة التغير المناخي. إذ يتناول أسبابه الطبيعية والبشرية، ومؤشراته المناخية والبيئية، والجدل العلمي المتعلق باتجاهات التغير بين الاحترار والتبريد، إضافة إلى مناقشة الهندسة المناخية بوصفها أحد أكثر القضايا إثارة للجدل في الفكر المناخي المعاصر. كما يسلط هذا الباب الضوء على التغير المناخي باعتباره تحديًا عالميًا راهنًا يتجاوز الحدود السياسية، ويستدعي تعاونًا دوليًا غير مسبوق. ويشكل هذا الباب المدخل النظري الضروري لفهم القضايا التطبيقية والقطاعية التي يعالجها الكتاب في أبوابه اللاحقة.

**أما الباب الثاني:** الدراسات التطبيقية، فيمثل القلب النابض لهذا العمل، حيث ينتقل من التنظير إلى تحليل التجليات المكانية والقطاعية للتغيرات المناخية في عدد من البيئات العربية. ويضم هذا الباب طيفًا واسعًا من الدراسات التي تتناول قضايا بالغة الأهمية، من بينها سيناريوهات التسخين العالمي وغرق دلتا النيل، واستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة في إعداد خرائط المؤشرات المناخية، والشواهد التضريسية الدالة على التغيرات المناخية عبر الزمن. كما يتطرق إلى تأثير الاحترار العالمي في المناخ السياحي، وانعكاسات التغير المناخي على التنوع

البيولوجي، وإنتاجية المحاصيل الاستراتيجية كالقمح، وصولًا إلى قضايا أكثر تعقيدًا مثل التفاعل بين التغيرات المناخية وحقوق الإنسان، والعدالة البيئية والمناخية، والهدف العالمي للتكيف في إطار اتفاق باريس.

ولا يقتصر هذا الباب على البعد البيئي فحسب، بل يمتد ليشمل الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية، كما في دراسة هشاشة النظم الإيكولوجية الواحية، وتأثير التغير المناخي في الهجرة الداخلية، بما يعكس فهمًا شموليًا لطبيعة المخاطر المناخية بوصفها مخاطر مركبة تتجاوز حدود الطبيعة إلى بنية المجتمع ذاته.

ويأتي **الباب الثالث:** استعراض كتب مهمة ليكمل الصورة المعرفية، من خلال تقديم قراءات نقدية لأعمال مرجعية أساسية في الفكر المناخي العالمي، تتناول تاريخ مناخ الأرض عبر الأزمنة الجيولوجية، وسيناريوهات الاحترار بمستويات خطرة قد تعيد تشكيل مستقبل الحضارة الإنسانية. ويهدف هذا الباب إلى ربط القارئ العربي بالنقاشات العلمية العالمية، وتعزيز ثقافة الاطلاع النقدي على الأدبيات المناخية الحديثة.

إن القيمة العلمية لهذا الكتاب لا تكمن فقط في تنوع موضوعاته، بل في تكامل رؤيته، إذ يربط بين الماضي والحاضر والمستقبل، وبين المحلي والعالمي، وبين العلم والسياسة، وبين البيئة والإنسان. كما يسهم في ترسيخ الوعي المناخي العربي، ويؤكد أن مواجهة التغيرات المناخية لا تقتصر على تبني سياسات التخفيف والتكيف فحسب، بل تتطلب أيضًا إرساء مبادئ العدالة المناخية، وبناء شراكات إقليمية، وتعزيز البحث العلمي، ونقل المعرفة، وتوطين الحلول بما يتلاءم مع خصوصيات البيئات العربية.

وإذ نضع هذا العمل بين يدي القارئ، نأمل أن يشكل مرجعًا علميًا للباحثين والطلاب وصناع القرار، ومنصة فكرية تسهم في تعميق النقاش حول مستقبل المناخ في العالم العربي، وتحفيز الجهود الرامية إلى تحقيق تنمية مستدامة قادرة على الصمود في وجه أحد أعقد تحديات القرن الحادي والعشرين.

**أ. د. فواز أحمد الموسى**
أستاذ المناخ بقسم الجغرافية – جامعة حلب
الجمهورية العربية السورية

# الباب الأول

# الأساسيات العلمية

**الفصل الأول:** التغير المناخي أسبابه ومؤشراته – أ. د. فواز أحمد الموسى

الفصل الثاني: وجهة التغيرات المناخية بين نقيضي التبريد والاحترار– أ. د. علي موسى

**الفصل الثالث:** التغير المناخي والهندسة المناخية – أ. د. فواز أحمد الموسى

**الفصل الرابع:** التغير المناخي – التحدي العالمي الراهن – أ. شادي جاويش

# الفصل الأول

# التغير المناخي - أسبابه ومؤشراته

**أ. د. فواز الموسى**

**أستاذ المناخ – جامعة حلب**

يشير مصطلح **تغير المناخ** (Climate Change) إلى أي تحول ملحوظ في حالة المناخ يمكن تتبعه علميًا عبر التحليل الإحصائي والمراقبة الدقيقة. فهو ناتج عن تغير في معدل خصائصه وتقلباته ويعكس هذا التغير تعديلًا في المعدل المتوسط لخصائص النظام المناخي وتقلباته (Mean Climatic (Properties and Variability، ويستمر عادة لعقود أو قرون.

يمكن أن يُعزى التغير المناخي إلى مجموعة من العمليات الطبيعية الداخلية والتأثيرات الخارجية. فالعوامل الطبيعية تشمل التغيرات في الدورة الشمسية والانفجارات البركانية، التي تؤثر على الطاقة الواردة إلى الأرض والتوازن الإشعاعي (Radiative Balance)، بينما تشمل العوامل البشرية التغيرات المستمرة في تركيب الغلاف الجوي (Atmospheric Composition Changes) والتعديلات على استخدام الأراضي. وتشير اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) في المادة الأولى إلى أن التغير المناخي يمكن عزوه، بشكل مباشر أو غير مباشر، إلى النشاط البشري الذي يعدّل التركيب الكيميائي للغلاف الجوي على المستوى العالمي، مضافًا إليه تأثير التقلبات الطبيعية للنظام المناخي التي تحدث خلال فترات زمنية مماثلة. أما الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فقد أكدت في تعريفاتها الحديثة أن معظم التغيرات المناخية الحالية تعود مباشرة أو غير مباشرة إلى النشاط البشري، وما يسببه من تعديل في خصائص الغلاف الجوي، ما يؤدي إلى اضطراب التوازن الحراري للأرض وتغيرات مستمرة في المناخ العالمي.

تعد التغيرات المناخية واحدة من أهم وأبرز المشكلات التي تواجه الإنسان وبيئته بمجمل عناصرها وظواهرها، التي كانت فيما مضى نتاج طبيعي لما شهدته الكرة الأرضية من تغيرات وتبديلات شاملة عبر عصورها الجيولوجية. واليوم أصبحت هذه الظاهرة واحدة. من أخطر التحديات المستقبلية التي ستواجه سكان الأرض. نتيجة للنشاط البشري المتنامي في صور استغلال الأرض الذي أدى إلى اضطراب النظام البيئي وتغير خصائصه. فتغيرت خصائص الهواء ونسب مكوناته في الغلاف الجوي، مما انعكس على نسب انعكاس الأشعة الشمسية وهي في طريقها إلى سطح الأرض عبر المكونات الغازية للهواء المحيط به، وكذلك نسب انعكاس وارتداد الأشعة الحرارية من سطح الأرض إلى الفضاء الخارجي مما تسبب في اضطراب التوازن الحراري عند سطح الأرض وهذا ما أدى إلى حدوث تقلبات مناخية مفاجئة وأخرى تتنامى على المدى الطويل وتنذر بالخطر خلال العقود القليلة القادمة و لكل منها أثار بيئية مدمرة وعدها البعض من اعنف الكوارث الطبيعية التي ستواجه الكرة الأرضية في المستقبل.

إن التغيرات المناخية التي رافقها ويرافقها تغير في المظاهر البيئية كافة، كانت ومازالت أسبابها معرض جدل ونقاش بين العلماء. ولسوف نشير لأهم الآراء في موضوع أسباب التغيرات المناخية، تلك الأسباب التي يمكن تمثيلها جميعاً بشكل نظام له مداخله ومخارجه.

ومشكلة العصر، وبخاصة منذ ثمانينات القرن الماضي، هو العودة بالبعض إلى مئات السنين، لما يسمى بالفكر الموسوعي، بالادعاء بالمعروفة الشمولية، رغم أن من أولئك لا يلفظ عربياً كلمة المُناخ صحيحاً، ولا يعرف دلالاتها. بجانب محاولة بعض الدول بما تفتحه من مؤسسات مُناخية لها، وليس لها من علاقة بالمُناخ، وبما يُعقد من ندوات عن: الجفاف، والأمطار، والحرارة، والاحترار، كنوع من الاجترار. والمشكلة هي حالة الإقصاء لعلماء المُناخ المعنيين بقضايا المُناخ المثارة.

ولو عدنا إلى الوراء آلاف وعشرات آلاف السنين، بل ومئات ألوف السنين، لأدركنا حقيقة مفادها؛ أن مناخ الأرض ليس ثابتاً مستقراً في مكان عبر الزمن الطويل أو حتى القصير، بل هو متذبذب من سنة إلى أخرى ومتغير في مدى زمني طويل نسبياً، ومتبدل في مدى أطول. وهذا يعكسه عدم الثبات والاستقرار في موقع الأرض من الشمس، وفي النشاط الشمسي وفعاليته، بجانب الحركات الأرضية الفلكية والتكتونية.

لم يتجه مسار المناخ وجهة واحدة على مدى الزمن في تاريخ الأرض الطويل – على الأقل منذ ظهور الحياة على سطحها – وإنما شهد النظام المناخي (Climate System) فترات من التسخن والجفاف وأخرى من التبرد والرطوبة، وأحيانًا فترات متذبذبة لا وجهة محددة لها.

**والتغير في المناخ الأرضي (Climate Change) حقيقة علمية لا يمكن إنكارها**، لكنه يحدث ضمن دورات متعاقبة (Successive Climatic Cycles) قد تطول أحيانًا وتقصر أخرى، مع ميل طفيف في الاتجاه العام (Long-term Trend) نحو نمط معين قد ينعكس بعد حين.

من المهم تحديد معاني المصطلحات بدقة في الدراسات المناخية، حيث أن أي تباين زماني أو مكاني في قيمة ظاهرة حتى لو كان له انعكاس ارتدادي (Reversible Response)، بات يعرف بالتغير في الظاهرة.

**فالتغير (Change) يعني التحول من حالة إلى أخرى**، مع تضمينها القدرة على الانعكاس التحولي (Reversible Transformation)؛ كتحول بخار الماء إلى سائل أو جليد، والعكس، أو تحول الأوضاع الجوية (Weather Conditions) حالة الرطوبة إلى الجفاف لفترة، ومن ثم انعكاسها. وعادة ما يُدرس التغير على المقياس الزمني الطويل (Long-term / Multi-decadal to Centennial Scale).

**أما التبدل** (Shift / Irreversible Change) ؛ فيشير إلى تحول لا انعكاسي (Irreversible Transformation) أو انقلاب في الحالة (State Transition). حيث ينتقل النظام المناخي من نمط معين إلى آخر يصعب العودة منه. ويعد جزءاً من الاتجاهات طويلة الأمد للنظام المناخي (Long-term (Climatic Trends or Regime Shifts.

في حين يشير **التقلب** (Fluctuation / Variability) إلى أحوال جوية سريعة التحول (Rapidly Changing) من صورة إلى أخرى، من يوم إلى يوم، وشهر إلى شهر، ومن ثم فهو مصطلح يستخدم في الأحوال

الجوية القصيرة الأمد (Short-term Atmospheric Variability)، بشكل متكرر أو شبه دوري وهو أكثر ما يشير إلى الظواهر النوعية(Qualitative Phenomena)، وليس إلى قيم كمية.(Quantitative Values)

**أما التذبذب (Oscillation)**؛ فيستخدم أحياناً بنفس دلالة التقلب، ولكن أغلب استخدامه كمؤشر عن حدوث اختلافات سريعة وظاهرة (Rapid and Observable Variations) في قيم الظاهرة الجوية زيادةً أو نقصان كما في التحول السريع في درجة الحرارة ما بين ساعة وأخرى، أو أن تظهر السحب وتنقشع سريعاً، وكما في أمطار انهمارية تهطل خلال أجزاء من الساعة، ثم سرعان ما يصحو الجو، وبالعكس، وكذلك الاختلافات ما بين يوم وآخر؛ يوم بارد، ويليه يوم حار، وثالث معتدل، وهذا ما يساق على بقية الظاهرات الجوية الطقسية. ومن أبرز الأمثلة: تذبذب النينيو (El Niño Oscillation)، والتذبذب الشمالي الأطلسي ( NAO – North Atlantic Oscillation). وتظهر هذه التذبذبات في درجة الحرارة والهطول المطري، وأنظمة الضغط الكبرى على المقياس الزمني الصغير.

**فالتذبذبات والتقلبات** عموماً تستخدم في وصف الطقس (Weather)، بينما يستخدم التغير والتبدل في وصف المناخ (Climate)، أي الظواهر طويلة الأمد أو انقلاب النظام (Long-term Trends or Regime Shifts).

**2- أسباب التغيرات المناخية:**

تقسم أسباب التغيرات المناخية إلى مجموعتين الأسباب الطبيعية والأسباب البشرية وبعض العلماء يقسمها إلى مجموعتين مجموعة الأسباب الخارجية وهي فلكية ومجموعة الأسباب الداخلية وهي أما طبيعية أو بشرية أو كليهما: -

**أولاً- الأسباب الفلكية:**

وهي أسباب متنوعة، وقواها مختلفة، وآثارها المباشرة متباينة المدة الزمنية، وأفعالها متماثلة، لكون تأثيراتها تقتصر على الصادر والوارد من الطاقة الشمسية إلى سطح الأرض، ويمكن إرجاع هذه الأسباب إلى القوى التالية:

1- **تذبذب نشاط الإشعاع الشمسي:** تشير القياسات السطحية إلى أن معدل الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض يتغير بين الحين إلى الأخر ويعزى ذلك إلى الأسباب الآتية: -

أ- تغير ثابت الإشعاع الشمسي نتيجة عوامل فلكية تشمل النشاط الشمسي وظهور البقع الشمسية.

ب- التغير في شفافية الغلاف الجوي لوجود الشوائب الدقيقة العالقة في طبقاته.

2-**آلية الهندسة الأرضية:** وتشمل ثلاثة خصائص تؤثر بصورة مباشرة على التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض هي:

أ- **تغيرات في مدار الأرض:** ويحدث هذا بسبب تدخل الجاذبية بين مجموعة الكواكب الشمسية ونتيجة لذلك فان مدار الأرض حول الشمس يتغير وبطريقة منتظمة. إن مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً تماماً، وإنما إهليجياً، والشمس تقع في إحدى محرقي الإهليج. ليس هذا فحسب، بل أن مدار الأرض يتراوح ما بين الدائري إلى الإهليليجي في مدة تبلغ نحو (96) ألف سنة.

ب- **مباكرة الاعتدالين:** ويحدث بسبب الاختلاف في ميلان سطح الأرض إثناء دورانها حول الشمس والجاذبية التي تتعرض لها الأرض من كواكب المجموعة الشمسية. لقد بات معروفاً أن دوران الأرض حول محورها يشبه دوران المغزل. وتدعى هذه الحركة بالمباكرة في محور الأرض (مباكرة الاعتدالين)، حيث أن محور الأرض يتحرك حركة مخروطية بميل نحو (23.5درجة). ومدة الدورة (26000) سنة. وحالياً فإن الأرض أقرب إلى الشمس في شهر كانون الثاني، وأبعد في شهر تموز. وبفعل حركة المباكرة فإنه بعد نحو (13000) سنة سينعكس الوضع. وبعد نحو (26000) سنة سيعود وضع محور الأرض إلى ما هو عليه اليوم.

ج- **ميلان محور الأرض:** ويحدث ميلان محور الأرض بسبب الزاوية التي تصنعها الأرض مع السمت وهو أعلى نقطة في القبة السماوية، إن زاوية ميل محور دوران الأرض ليست ثابتة، وإنما في عملية تغير دوري مستمر خلال مدة زمنية تبلغ (41000) سنة، حيث تتراوح خلالها زاوية الميل بين (39َ و21ْ ) و (36َ و24ْ )، وهي في يومنا الحالي نحو (44َ و23ْ ). وعندما تكون زاوية الميل أقل، فإن الاختلافات الفصلية ما بين الصيف والشتاء في العروض الوسطى والعليا تكون في أدناها. وهكذا، فإن الشتاء يتجه نحو الاعتدال (الدفء) والصيف نحو التبرد (أبرد).

**3- التغير في المجال المغناطيسي الأرضي:**

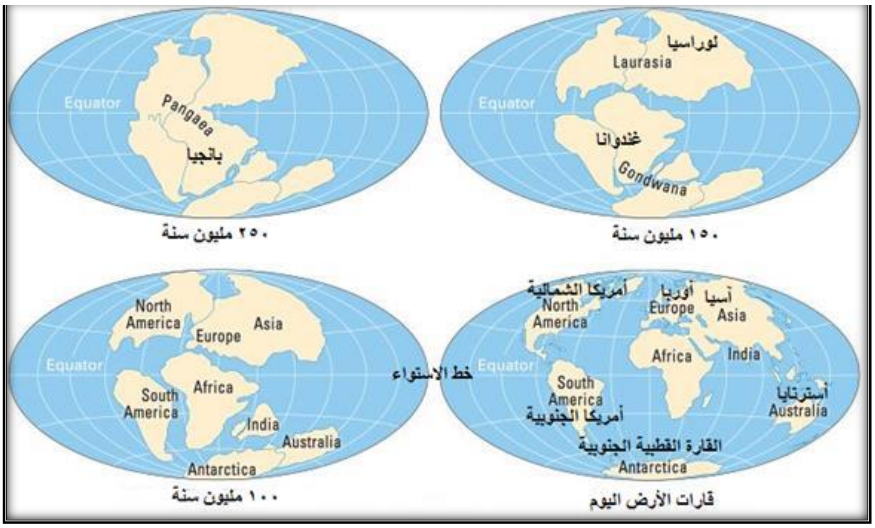
أظهرت الدراسات أن العلاقة عكسية بين التغيرات في الحقل المغناطيسي الأرضي والتغيرات المناخية ممثلة في درجة الحرارة، باعتبار أن التغيرات في الحقل المغناطيسي الأرضي، لها علاقة بالتغيرات في النشاط الشمسي، والرياح الشمسية.

**ثانياً- الأسباب الأرضية للتغيرات المناخية:**

تتعلق الأسباب الأرضية في ناحيتين؛ أولاهما حركة ما تدعى الصفائح القارية (التكتونية)، وثانيهما حركة بناء الجبال والتغيرات في مستوى الأرض (نهوض وهبوط).

**1- حركة الصفائح التكتونية:**

وهي ما دعيت سابقاً بالانزياح أو الانجراف القاري (Continental Drift). وانطلاقاً من ذلك فإن درع الأرض الخارجي بتركيبة من صفائح ضخمة تتحرك فوق المنطقة اللزجة (المنصهرة) الواقعة تحتها. وهي تتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض، وبمعدل حركة بطيئة، هي بحدود بضع سنتيمترات كل سنة.




**شكل (1) زحزحة القارات**

إن حركة الصفائح التكتونية تساعد في إلقاء الضوء على المناخات الماضية. وكمثال؛ فإن المظاهر الجليدية التي عثر عليها قرب مستوى البحر في القارة الأفريقية اليوم، تشير إلى أنها خضعت لفترة تجلد من مئات ملايين السنين مضت. حيث كانت قريبة من منطقة القطب الجنوبي. كما أن مناطق الفحم في العالم هي مؤشر على المناخ الذي كان سائداً فيها خلال فترة تشكل الفحم وهو مناخ رطب دافئ وغني بغطائه النباتي الغابي، وهذا ما كان سائداً في العصر الفحمي من الزمن الجيولوجي الأول.

ومما يتولد من تصادم الصفائح أو تباعدها حدوث زلازل وبراكين. والبراكين بما تطلقه من دقائق صلبة (رماد) تصل إلى أعلى الستراتوسفير، ومركبات غازية مختلفة ($N_2$, $CO_2$, $H_2O$, $SO_2$) تشكل عامل تغير مناخي هام.

**2. حركات بناء الجبال ونهوض القارات وخفسها:**

ينتج عن تقارب الصفائح القارية من بعضها تشكل الجبال الالتوائية، كما أن خضوع الأرض إلى ضغوط متباينة بفعل تراكم الثلج بكميات ضخمة من جهة (ازدياد في الضغط)، وانخفاض مستوى المناطق المرتفعة لخضوعها لقوى التجوية والتعرية، وتراكم في المناطق المنخفضة، فإن المناطق التي ازداد الضغط عليها هبطت، والتي خف وزنها ارتفعت، فيما يطلق عليه تسمية نهوض القارات وخسفها. وبالنهوض تنخفض الحرارة، وبالخسف ترتفع درجة الحرارة.

**3. الاندفاعات البركانية:**

هناك علاقة بين الثورات البركانية وانخفاض درجة الحرارة وزيادة الرطوبة. إذ أن السنوات التي انخفضت فيها درجات الحرارة في القرون الماضية كان أحد اسبابها زيادة النشاط البركاني وعلى العكس أن فترات الدفء تتعاصر مع الفترات التي لم يكن فيها ثوران بركاني. فالغبار البركاني يقلل من سطوع الشمس وتكون عامل مساعد على تكوين السحب كما ان دقائق الغبار تساعد على تكوين بلورات الجليد في الهواء التي تنخفض درجته الى ما دون التجمد والمشبع ببخار الماء.

### 4. النينو (ElNino) والتذبذبات المناخية:

تلعب الحركات المائية في المحيطات دوراً هاماً في مناخ المناطق التي تتعرض لها، وفي مناخ مناطق عدة من الكرة الأرضية، لتأثير بعض تلك الحركات على الحركة الجوية العامة، خاصة تلك الحركات التي تتم في العروض المدارية التي تشكل مفتاح العمليات الجوية الكبرى في العالم. وهناك حركات مائية دائمة (التيارات المائية المحيطية) تأثيراتها ثابتة، ولكن هناك حركات مائية محددة تتخذ وجهة معينة وتتردد على مناطق معروفة بصورة شبه دورية، وتأثيراتها على المناخ الأرضي كبيرة، وتتمثل تلك الحركات فيما بات يعرف باسم تيار النينو.

عند حدوث ظاهرة النينو تحدث تقلبات مناخية متناقضة في أرجاء العالم، فتشهد بعض المناطق ارتفاعاً في درجات الحرارة مثل القارة الأوروبية والبعض الآخر يشهد انخفاضاً شديداً فيها مثل المناطق التي تقع في شرق آسيا وبعض أجزاء من شرق وجنوب شرق أوروبا، ويرافقها أيضاً شح في هطول الأمطار ببعض المناطق تؤدي إلى الجفاف، وفي المقابل هطول أمطاراً غزيرة قد تؤدي إلى حدوث الفيضانات في بعض المناطق الأخرى.

**كيفية حدُوث ظاهرة النينو:**

يتبع الغلاف الجوي والمحيطات على كوكبنا نظام حركة دائرية مستمرة. ويوجد في مناطق المحيط الهادئ الاستوائية ثلاثة نماذج مناخية هي:

1. النموذج العادي .Normal.
2. نموذج النينو (النموذج الدافئ).
3. نموذج النينا (النموذج البارد).

وتأثير النينا على مناخ الأرض هو عكس تأثير النينو. غير أن أحدا حتى الآن لا يعرف مدى العلاقة بينهما على الرغم من أن النينا تتبع النينو في معظم الحالات.

إن ظاهرة النينو ظاهره مائية لكن حدوثها يؤدي الى ظهور تأثيرات مناخية كبيرة ربما يتعدى الحدود الإقليمية إلى التأثير على المناخ العالمي برمته، حيث لا يمكن عزل التغيرات التي تحصل في مياه المحيطات عن الجو المحيط بها، وبما ان المنطقة المدارية بيابسها ومائها وبما تمتلك من فائض طاقه وبخاصة البحار والمحيطات، هي المحرك الرئيسي للجو الارضي فإن أي تغيرات في المخزون الحراري المحيطي وفي درجة حرارة سطح الماء بمساحات كبرى سيترك أثاره في تغيرات المناخ الواسعة فيها، ولا يقتصر تأثير النينو في حركة الجو في المنطقة المدارية فقط بل يتعداها الى العروض الوسطى، كما أن لظاهرة النينو أثار واضحه في تركيز ثاني اوكسيد الكربون ونشأة العواصف والاعاصير وقلة الامطار في منطقة ووفرتها في أخرى وارتفاع الحرارة في منطقة وانخفاضها في أخرى، وعموماً يمكن أجمال التأثيرات المناخية لظاهرة النينو بما يلي:

- التغير في درجة الحرارة والضغط الجوي والرياح.
- التفاوت الكبير في كميات التساقط.
- تغير نسبة غاز ثاني اوكسيد الكربون وغاز الاوزون.
- التغير في تكرا ر ومسارات العواصف المدارية.

- التأثيرات على امتدادات وحركات الامواج العليا للغلاف الغازي.

**ثالثاً – الأسباب بشرية للتغيرات المناخية:**

لم يكن الإنسان يوماً بالقوة القادرة على إحداث تغييرات جوهرية مباشرة في المناخ الأرضي، ولن يكون مستقبلاً. غير أن الإنسان عبر أنشطته الحياتية وتلبيته لحاجاته ومتطلباته استطاع إحداث تغيرات طفيفة في بعض القوى المؤثرة على المناخ الأرضي متمثلة في إضافة كميات كبرى من المركبات الغازية والعوالق الصلبة إلى الغلاف الجوي، بما لها من انعكاس على الموازنة الإشعاعية الأرضية، وارتفاع في درجة حرارة الأرض، بما بات الحديث عنه في مصطلح الاحتباس الحراري. وكذلك بما يقوم به الإنسان من استثمار واستغلال غير عقلاني لموارد سطح الأرض، مما ينعكس أيضاً بشكل مباشر وغير مباشر على الموازنة الإشعاعية . الحرارية الأرضية.

وعليه فإن **الأسباب البشرية** يمكن حصرها في الآتي:

**أ. توليد الطاقة**

يتسبب توليد الكهرباء والحرارة عن طريق حرق الوقود الأحفوري في جزءٍ كبير من الانبعاثات العالمية. ولا يزال توليد معظم كميات الكهرباء يتم عن طريق حرق الفحم أو الزيت أو الغاز، وينتج عن ذلك ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز – وهي غازات دفيئة قوية تغطي الأرض وتحبس حرارة الشمس. على الصعيد العالمي، يأتي أكثر من ربع الكهرباء بقليل من طاقة الرياح والطاقة الشمسية ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى التي ينبعث منها القليل من غازات الدفيئة أو الملوثات في الهواء، على عكس الوقود الأحفوري.

**ب. تصنيع البضائع**

ينتج عن الصناعات التحويلية والصناعة انبعاثات، معظمها يأتي من حرق الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة لصنع أشياء مثل الأسمنت والحديد والصلب والإلكترونيات والبلاستيك والملابس وغيرها من السلع. كما يطلق التعدين والعمليات الصناعية الأخرى الغازات، كما هو الأمر بالنسبة لصناعة البناء. وغالبًا ما تعمل الآلات المستخدمة في عملية التصنيع على الفحم أو الزيت أو الغاز؛ بعض المواد، مثل البلاستيك، مصنوعة من مواد كيميائية مصدرها الوقود الأحفوري، فالصناعات التحويلية هي واحدة من أكبر المساهمين في انبعاثات غازات الدفيئة في جميع أنحاء العالم.

**ج. قطع الغابات**

إن قطع الغابات لإنشاء مزارع أو مراعي، أو لأسبابٍ أخرى، يتسبب في انبعاثات. لأن الأشجار، عند قطعها، تطلق الكربون الذي كانت تخزنه. ويتم تدمير ما يقارب 12 مليون هكتار من الغابات كل عام. ونظرًا لأن الغابات تمتص ثاني أكسيد الكربون، فإن تدميرها يحد أيضًا من قدرة الطبيعة على إبقاء الانبعاثات خارج الغلاف الجوي. وتعد إزالة الغابات، إلى جانب الزراعة والتغيرات الأخرى في استخدام الأراضي، مسؤولةً عما يقارب ربع انبعاثات غازات الدفيئة العالمية. كما أن تدهور الغطاء النباتي الأخضر في المناطق شبه الجافة والجافة نتيجة الرعي الجائر والاحتطاب. وتقلص الأراضي الزراعية لصالح إقامة المنشآت الإسفلتية تحت مسميات استخدامات مختلفة.

في الحالات السابقة الثلاثة، ستتضاءل عملية التمثيل اليخضوري للنبات، والتي لها دوراً هاماً في امتصاص ($CO_2$) وتمثيله في النبات، وإطلاق الأوكسجين.

**د. استخدام وسائل النقل**

تعمل معظم السيارات والشاحنات والسفن والطائرات بالوقود الأحفوري، مما يجعل النقل مساهمًا رئيسيًا في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وخاصةً انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتمثل مركبات الطرق الجزء الأكبر من احتراق المنتجات القائمة على البترول، مثل البنزين، في محركات الاحتراق الداخلي. لكن الانبعاثات من السفن والطائرات أيضًا مستمرةٌ في الازدياد. والنقل مسؤولٌ عما يقارب ربع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية المرتبطة بالطاقة. وتشير الاتجاهات إلى زيادةٍ كبيرة في استخدام الطاقة لأغراض النقل خلال السنوات القادمة.

**هـ. إنتاج الغذاء**

يتسبب إنتاج الغذاء في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان وغازات الدفيئة الأخرى بطرقٍ مختلفة، ومن أسباب ذلك إزالة الغابات وإخلاء الأراضي لأغراض الزراعة والرعي، وعمليات الهضم لدى الأبقار والأغنام، وإنتاج واستخدام الأسمدة والسماد الطبيعي لزراعة المحاصيل، واستخدام الطاقة لتشغيل معدات المزرعة أو قوارب الصيد، باستخدام الوقود الأحفوري عادةً. كل ذلك يجعل إنتاج الغذاء مساهماً رئيسياً في تغير المناخ. وتأتي انبعاثات غازات الدفيئة أيضًا من عمليات تعبئة الطعام وتوزيعه.

**و. تزويد المباني بالطاقة**

على الصعيد العالمي، تستهلك المباني السكنية والتجارية أكثر من نصف الكهرباء. ومع استمرارها في الاعتماد على الفحم والنفط والغاز الطبيعي للتدفئة والتبريد، تنبعث منها كميات كبيرة من غازات الدفيئة. وقد ساهم تزايد الطلب على الطاقة للتدفئة والتبريد، مع زيادة حيازة أجهزة تكييف الهواء، فضلاً عن زيادة استهلاك الكهرباء للإضاءة والأجهزة والأجهزة المتصلة، في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة من المباني في السنوات الأخيرة.

**ز. نمط الاستهلاك الكثير**

إن منزلك واستخدامك للطاقة، وكيفية تنقُّلك، وما تأكله وكميات الطعام التي تتخلص منها، كلها عوامل تساهم في انبعاثات غازات الدفيئة. وكذلك هو الحال بالنسبة لاستهلاك البضائع مثل الملابس والإلكترونيات والبلاستيك. يرتبط جزءٌ كبير من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية بالمنازل الخاصة. إذ أن لأنماط حياتنا تأثيرٌ عميق على كوكبنا. ويتحمل الأغنياء المسؤولية الأكبر: فأغنى 1 في المائة من سكان العالم مجتمعين يتسببون في انبعاثات لغازات الدفيئة أكثر مما يتسبب به أفقر 50 في المائة من السكان.

غير أن هناك قوى مصدرها بشري أيضاً تعاكس في فعلها قوى الاحتباس الحراري، ألا وهي الدقائق الصلبة ممثلة بجزيئات الدخان، ودقائق الغبار والتراب والرمال التي تثيرها الرياح من سطح الأرض، بجانب ما تطلقه المعامل من دقائق صلبة معدنية وغير معدنية، هذا إذا ما استثنينا الرماد البركاني الذي ينطلق بكميات ضخمة إلى

الجو أثناء ثوران البراكين. وتشير التقديرات إلى أن مقدار ما ينبعث سنوياً من سطح الأرض إلى الجو من عوالق صلبة نحو (1.8) بليون طن من مصادر طبيعية، ونحو (0.3) بليون طن من مصادر بشرية.

وتعاكس العوالق الصلبة في فعلها عناصر الاحتباس الحراري، لما تقوم به من عكس وانتثار انعكاسي للأشعة الشمسية القصيرة الموجة المصطدمة بها مسببة في انخفاض درجة الحرارة. كما أن تلك العوالق تشكل نويات تكاثف وتجمد لبخار الماء مما يزيد من فرص تشكل السحب والضباب، التي تتصف (السحب) بعاكسيتها الكبيرة للأشعة الشمسية (23%) مما يزيد من عملية التبرد.

**ح. دور الحروب في التغير المناخي؟**

تؤدي الحروب والانفجارات النووية الى تدمير هائل للبيئة والموارد الطبيعية، ويعد القرن العشرين من أهم الفترات التي شهد فيها العالم صراعات عنيفة كانت البيئة الطبيعية احدى ضحاياها. ومما زاد من التدمير هو تطور انواع الاسلحة والتقدم التكنلوجي في صناعاتها وتعدد انواعها من أليات برية وبحرية وجوية وصواريخ وغيرها. والاهم من ذلك هو تطور الأسلحة النووية التي لها قوة تدميري هائلة جدا يبقى تأثيرها البيئي لمدة طويلة تستغرق عشرات السنين.

تجدر الإشارة إلى أن حرب الولايات المتحدة على اليابان خلال الحرب العالمية الثانية والتي استخدمت فيها الأسلحة النووية المدمرة للبيئة عندما أطلقتها على مدينتي هورشيما ونكازاكي اليابانيتين بتاريخ 6 و 9 أب عام 1945، وقدرت درجة الحرارة في قلب الانفجار بنحو 3000 درجة م سببت تبخر وتفحم جميع الكائنات الحية في دائرة قطرها ميلان. وفي حرب الولايات المتحدة الامريكية على فيتنام للفترة 1965–1970 إذ قام سلاح الجو الامريكي برش الاف الاطنان من المواد الكيمياوية القاتلة للنباتات، وكما يطلق عليه الامريكان العامل البرتقالي Agent orange والهدف منه هو قتل وابادة جميع أنواع النباتات الطبيعية من الاحراش والادغال حول القواعد العسكرية الامريكية وسكك الحديد وخطوط الهاتف بهدف تعرية مساحات واسعة من الاشجار المورقة لتحسين امكانية القوات الامريكية برصد وكشف أي تحركات معادية، وقدرت الكمية المستخدمة من هذه المواد بنحو 10 ملايين غالون خلال مدة الحرب.

تأثرت البيئة العراقية نتيجة الحروب التي دارت في المنطقة منذ عام 1980 وحتى عام 2003، وكان اخطرها تأثيرا على البيئة حرب عام 1991، تلك الحرب التي استخدمت فيها الاسلحة والقنابل الاشعاعية التي تحتوي على بعض اليورانيوم المنضب، لاسيما في المناطق الجنوبية من العراق، ووجدت تراكيز اشعاعية في النباتات الطبيعية بنسبة (1–3 %) من اليورانيوم المشع، اذ قدرت كمية النباتات المتضررة بنحو 854100 طن ترسبت فيها المواد المشعة من الجو، كما بلغت المساحة المتضررة أكثر من 1000 كم2.

كما ان لحرب عام 1991 تأثيرا على البيئة سواء من خلال استخدام الاسلحة الملوثة، او من خلال تدمير آبار وناقلات النفط التي ادت الى تكوين سحابة من الدخان الاسود، بقيت في الجو لمدة طويلة، اذ تم حرق خمسة ملايين برميل من النفط الخام في اليوم كمعدل لمدة ثمانية أشهر، من جراء حرق (727) بئرا نفطيا في الكويت وصل عندها الدخان الى اليونان غربا والى الصين شرقاً، واعدت أكبر حادثة بيئية منذ النصف الثاني من القرن

العشرين. ومن جراء تلك الحرائق انبعثت الكثير من الغازات المسببة للاحتباس الحراري لان هذه الانبعاثات تحتوي على 95% من غاز CO2 و 1% من غاز أول اكسيد الكربون و 35.0% غاز الميثان، و 65.3% مواد ودقائق عضوية ادت هذه الحادثة الى تغيرات في المناخ تسبب عنها فيضانات في جنوب شرق اسيا بشكل غير مسبوق مع ارتفاع الأمطار الحامضية.

أشارت العديد من الدراسات إلى أن الحرب النووية (Nuclear War) إذا ما حدثت، فلابد أنها ستنطوي على تفجير مئات أو ألوف القنابل النووية، التي ستترك بلا أدنى شك تأثيراً بالغاً على المناخ الأرضي. فستزيد الحرب النووية من الدخان الهبائي الناتج عن الحرائق التي قد تستمر عدة أيام وحتى أسابيع. وسينجرف هذا الدخان مع الهواء العلوي ليبلغ مناطق واسعة من الجو الأرضي في العروض كافة، بما ينجم عنه من إنقاص كبير للطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض، وانخفاض ملحوظ في درجة الحرارة يصل إلى ما دون التجمد في مناطق كبيرة. ذلك أن جزيئات الهباب (Soot) تمتص قدراً كبيراً من ضوء الشمس، وستمر أسابيع عدة بعد الحرب يكون معظم ضوء الشمس غير قادر على اختراق طبقة الدخان، ولتحل الظلمة ويشاهد الشفق عند الظهيرة. وستتضرر من جراء ذلك النباتات، وسيموت الملايين. من الناس فهذا هو الشتاء النووي (Nuclear Winter) بظلمته وشدة برده وما يحمله معه من مكونات قاتلة.

وفي التروبوسفير الأدنى البارد نسبياً، فإن الطاقة الشمسية التي امتصتها جزيئات الدخان في التروبوسفير العلوي، ستسبب في تسخين هذه المنطقة، والنتيجة النهائية تشكل حالة استقرار قوي بسبب الانقلاب الحراري الذي يمتد من السطح إلى الجو التروبوسفيري العلوي، وسيقود هذا الانقلاب القوي إلى عدد من التأثيرات والنتائج، لنجده يوقف حركات الحملان، ومن ثم عمليات الهطول، مع تسببه في حدوث تغير رئيسي في أنماط الحركة الجوية العامة. وسيبقى عموماً نحو ثلث الدخان في الجو لسنة أو أكثر، ليغسل مع الهطول. أما أكاسيد الآزوت الناتجة عن التفجيرات النووية، فسترتفع إلى الستراتوسفير مع نسبة من الدخان، لتعمل على تخريب الأوزون وتآكله، بما يحمله نقصان الأوزون من آثار مناخية وحيوية على الأرض.

## 1-2- مؤشرات التغيرات المناجية

حسب الدراسات فإن معظم الاحترار المرصود في المناخ العالمي يعزى إلى زيادة تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي التي ساهمت في احترار السطح بمتوسط عالمي يتراوح بين 0.5 م -1.3 م خلال المدة من 1951 – 2010، لذلك يلاحظ أن تلك التغيرات قد أدت إلى ما يأتي:

أ. بحسب البيان الصحفي الذي أصدرته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) 2024، فإن تركيزات غازات الاحتباس الحراري وصلت في عام 2024 إلى مستويات قياسية جديدة، وبلغ مستوى تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو 413.2 جزءا في المليون، مما يمثل ارتفاعاً بحوالي مرة ونصف عن المستويات التي كان عليها في فترة ما قبل الصناعة، بينما تضاعف مستوى غاز الميثان في الجو مرتين ونصفا منذ تلك الفترة. أن عام 2023 كان العام الأكثر دفئاً منذ بدء التسجيل، وقد بلغ المتوسط العالمي لدرجة الحرارة القريبة من السطح 1.45 درجة مئوية (بهامش من عدم اليقين يقل أو يزيد على 0.12 درجة مئوية) فوق خط الأساس في فترة ما قبل الثورة الصناعية. وكانت آخر عشر سنوات هي أحر فترة مسجلة.

ب. احترار المحيطات وارتفاع مستوى البحار، حيث يستحوذ احترار المحيطات على الزيادة في الطاقة المخزونة في النظام المناخي، باعتبار أن المحيطات تمتص أكثر من 90% من الطاقة التي تراكمت خلال المدة من عام 1971 الى عام 2024.

ج- تناقص الثلوج وثخانتها في القطبين.

هـ. تراجع خط الثلج الدائم في معظم قمم الجبال العالية خلال العقود الأخيرة.

د. تقلص حجم الأنهار الجليدية على نطاق العالم تقريبا

هـ. تناقص حجم الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية والغطاء الجليدي الربيعي في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

و. ارتفع منسوب سطح البحار والمحيطات من 0,25–0,99 ملم سنويا للمدة 1971–2024 بسبب ذوبان الجليد، وإذا استمر ذلك فإنه سيؤدي إلى غمر الكثير من المناطق الساحلية المنخفضة في معظم دول العالم مثل بنغلادش وهولندا ومصر حسب ما ذكرت الكثير من الدراسات.

ز. أنّ المناطق ذات الملوحة العالية التي يسودها التبخر قد أصبحت أكثر ملوحة، بينما أصبحت المناطق ذات الملوحة الأقل أكثر عذوبة حيث يسود فيها التساقط منذ خمسينيات القرن العشرين، وتوفر هذه الاتجاهات الإقليمية في ملوحة المحيطات دليلاً غير مباشر على أن التبخر والتساقط فوق المحيطات قد تغير.

ح. ظهور بعض الإشارات الأولية على تأثر بعض النظم الحساسة للتغير المناخي بشكل واضح، مثل الزراعة ومناطق الرعي والمناطق الساحلية والنظم البحرية (المصائد البحرية) والمستوطنات البشرية والطاقة والصناعة والتأمين والخدمات المالية الأخرى وصحة الإنسان، وتتفاوت سرعة تأثر هذه النظم تبعاً للموقع الجغرافي والزمن والظروف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

ك. شهدت مناطق مختلفة من العالم ظواهر متطرفة من موجات حر استثنائية، حطمت العديد منها أرقاما قياسية في الحرارة تفوق 4 درجات مئوية. وقد رافقت موجات الحر هذه العديد من الحرائق الكبرى في كاليفورنيا والجزائر وجنوب تركيا واليونان بشكل خاص، أدت إلى القضاء على مئات آلاف الهكتارات من الغابات. كما شهدت مناطق من العالم الفيضانات الخطرة. بالتزامن مع ذلك، ساد الجفاف الشديد الكثير من المناطق شبه الاستوائية والعديد من مناطق العالم، وكان معدل هطول الأمطار أقل بكثير من المتوسط في معظم هذه المناطق، مما نتج عنه خسائر زراعية كبيرة وانخفاض مستويات الأنهار. واستمرار عملية الجفاف واختفاء عدد من البحيرات أو تناقص مساحتها أو زيادة ملوحة مياهها الباقية في جميع أرجاء العالم. وقد تسببت موجات الحر والفيضانات والجفاف وحرائق الغابات والأعاصير المدارية المكثفة بسرعة في البؤس والفوضى، وهو ما أدى إلى قلب الحياة اليومية للملايين وإلحاق خسائر اقتصادية تُقدر بمليارات الدولارات، وذلك وفقاً لتقرير حالة المناخ العالمي لعام 2023 الصادر عن المنظمة.

## الرأي الآخر في قضية التغير المناخي وتقد مؤشراته

إن نظرية الاحترار العالمي الذي يسببه الإنسان ليست علمًا لأن البحث يستند إلى نتيجة محددة مسبقًا، ويتم تجاهل مجموعات ضخمة من الأدلة، ويتم التعامل مع الإجراءات التحليلية كدليل. علاوة على ذلك، يتم دعم "علم" المناخ من خلال المنح البحثية الحكومية. الأموال غير متوفرة للتحقيق في النظريات التي لا تتفق مع أيديولوجية الحكومة.

لدى العديد من الحكومات الغربية أيديولوجية شعبية سياسية وصلت لمرحلة النظرية تستند لمجموعة من المقولات هي:

1. هناك زيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) من الأنشطة البشرية؛
2. إن زيادة ثاني أكسيد الكربون، وهو أحد غازات الدفيئة، سيؤدي إلى زيادة عالمية باستمرار التسخين؛
3. ستكون هناك نقاط تحول، وارتفاع في مستوى سطح البحر، وانقراض، وتحمض المحيطات؛
4. سيكون تغير المناخ غير قابل للإصلاح ويجب خفض أو وقف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذات المصادر الناتجة عن نشاطات البشرية في أسرع وقت ممكن؛ و
5. من أجل وقف تغير المناخ، يجب تحويل مصادر الطاقة من الفحم والغاز والنفط إلى طاقة الرياح والشمس والمد والجزر والكتلة الحيوية.

نقد النظرية:

**أولاً – هناك زيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الأنشطة البشرية**

النقطة (1) صحيحة. تنبع هذه الانبعاثات بشكل أساسي من العالم النامي والرغبة المفهومة لشعبه للوصول إلى نفس مستوى المعيشة مثل الطبقة الوسطى الغربية. كان الفحم في الثورة الصناعية هو الذي أدى في الأصل إلى صعود الطبقة الوسطى في الغرب. الآن الثورة الصناعية الجديدة في الصين والهند وشرق آسيا تتسبب في أكبر هجرة للبشر حدثت على الإطلاق، وصعود الطبقة الوسطى في هذه الدول، واستخدام الفولاذ والكهرباء، وكلاهما مستمد من الفحم. أدت الزيادة الطفيفة للغاية في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى تخضير الكوكب بشكل طفيف. كما يعلم جميع المزارعين، فإن ثاني أكسيد الكربون هو غذاء نباتي وانبعاث كميات كبيرة بشكل متزايد من ثاني أكسيد الكربون من قبل البشر مفيد للحياة على الأرض.

ثانيا. زيادة ثاني أكسيد الكربون، أحد غازات الدفيئة، سيؤدي إلى زيادة الاحتباس الحراري

تبين أن النقطة (2) غير صالحة في جميع المقاييس الزمنية. ليس هناك شك في أن ثاني أكسيد الكربون هو أحد غازات الدفيئة. ومع ذلك، فإن الغازات الدفيئة الرئيسية هي بخار الماء. أول 100 جزء في المليون (جزء في المليون) من ثاني أكسيد الكربون لها تأثير كبير على درجة حرارة الغلاف الجوي، في حين أن أي زيادة عن 400 جزء في المليون الحالية سيكون لها تأثير ضئيل. علاوة على ذلك، نظرًا لأن فترة بقاء ثاني أكسيد الكربون قصيرة في الغلاف الجوي، فإنه يتم عزله بشكل طبيعي في المحيطات أو الحياة أو الصخور في أقل من عقد من الزمان. في الواقع، جزيء واحد فقط من كل 85000 في الغلاف الجوي هو ثاني أكسيد الكربون من أصل بشري، ومع ذلك

يُطلب منا أن نصدق أن هذا الجزيء الواحد يقود أنظمة تغير مناخية معقدة للغاية. يُطلب منا أيضًا الاعتقاد بأن 32 جزيئاً من ثاني أكسيد الكربون من أصل طبيعي في كل 85000 جزيء لا تلعب أي دور في دفع تغير المناخ.

على الرغم من الزيادة الكبيرة في الانبعاثات الصناعية لثاني أكسيد الكربون، لم تكن هناك زيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي العالمية على مدار السبعة عشر عامًا الماضية. هذا يدل على أن النظرية القائلة بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من أصل بشري تؤدي إلى الاحتباس الحراري (وتغير المناخ) يجب رفضها. لكن هذا الرفض لم يحدث بعد.

في قياسات لب الجليد، تُظهر الأدلة أن زيادة درجة الحرارة تحدث مئات إلى آلاف السنين قبل أن يكون هناك زيادة في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. يوضح هذا مرة أخرى أن ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لا يؤدي إلى تغير درجة حرارة الغلاف الجوي.

على نطاق آخر، تُظهر الجيولوجيا أن جميع العصور الجليدية الست الكبرى بدأت عندما كان ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أعلى بكثير مما هو عليه في الوقت الحاضر، ومع أول عصرين جليديين كبيرين، يصل إلى ألف مرة من محتوى ثاني أكسيد الكربون الحالي في الغلاف الجوي. علاوة على ذلك، تُظهر الجيولوجيا أنه كان هناك عزل لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الرواسب الجيرية والصخور الأخرى والحياة لمدة 2500 مليون سنة.

العملية مستمرة. تحتوي الأرض حاليًا على نسبة منخفضة جدًا من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالماضي. نحن نعيش حقًا في حقبة باردة. الجليد هو صخرة نادرة وظل موجودًا على الأرض منذ أقل من عشرين في المائة من تاريخه. بالنسبة لمعظم الوقت، كان كوكب الأرض أكثر دفئًا ورطوبة. في الماضي، ازدهرت النظم البيئية عندما كان هناك نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي – خاصةً إذا كان الجو دافئًا. هذا معروف من قبل البستنة. يضخون ثاني أكسيد الكربون الدافئ في البيوت الزجاجية. محتوى ثاني أكسيد الكربون الأمثل هو أكثر من

1600 جزء في المليون (مقارنة بالمحتوى الجوي الحالي البالغ 400 جزء في المليون).

يُظهر التاريخ أن المجتمعات ازدهرت عندما كان الجو دافئًا وكان هناك انخفاض كبير في عدد السكان خلال الأوقات الباردة. في الآونة الأخيرة فقط – عندما كان الغربيون أثرياء للغاية – خاف الناس من الدفء. في الأوقات السابقة، كانت المجتمعات تخشى البرد لأن فترات الصقيع العظمى جلبت الموت والمرض والمجاعة والحرب.

ثالثا. ستكون هناك نقاط تحول، وارتفاع مستوى سطح البحر، وانقراضات، وتحمض المحيطات. تغيرات في مستوى سطح البحر

النقطة (3) لا تعكسها الأدلة. في الماضي، عندما كان ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أعلى بألف مرة مما هو عليه الآن، لم تكن هناك نقاط تحول، ولا تغير مناخي مدفوع بثاني أكسيد الكربون، ولا احتباس حراري جامح. في الواقع، كان الكوكب هو نفسه الطبيعي الدافئ الرطب، مع العصر الجليدي العرضي. ارتفاع مستوى سطح البحر ناتج عن تغطية المياه للأرض أو غرق الأرض. يمكن أن ترتفع المياه فوق الأرض لأن المحيطات تمتلئ

بالرواسب، والاندساسات البركانية الكبيرة تزيح المياه، ويرتفع قاع المحيط، وتذوب الأنهار الجليدية القارية والصفائح الجليدية.

السبب الأكثر شيوعًا لتغطية المياه للأرض هو ذوبان الجليد. ومع ذلك، في كل من العصور الجليدية الست الكبرى كان هناك مئات من التكتلات الجليدية والكتل الجليدية في المناطق الدافئة. يتراجع الجليد ويتوسع لأسباب عديدة، وتعتبر درجة الحرارة أحد الأسباب فقط.

عندما يحبس الجليد المزيد من المياه مع تساقط الثلوج والجليد، ينخفض مستوى سطح البحر وتغرق الأرض المغطاة بالجليد، مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى الأرض في مكان آخر. أثناء ارتفاع مستوى سطح البحر بين الجليدية، ترتفع الأرض المغطاة بالجليد وتغرق مناطق اليابسة الأخرى. في نطاق العصر الجليدي الحالي، ارتفع مستوى سطح البحر بحوالي 130 مترًا خلال الـ 12000 سنة الماضية، وانخفض معدل ارتفاع مستوى سطح البحر (كما هو متوقع قرب نهاية فترة بين الجليدية)، وبعض المناطق البرية التي كانت مغطاة بالجليد (مثل الدول الاسكندنافية)، وتعرضت الصفائح الجليدية بالقرب من الشاطئ إلى عدم الاستقرار بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر. التغيرات في مستوى سطح البحر طبيعية. منذ ذروة التجلد الأخير قبل 20000 عام، ارتفع مستوى سطح البحر. ما هو متوقع بعد التجلد؟ انخفاض مستوى سطح البحر أم ارتفاع مستوى سطح البحر؟ المهم هو أن معدل ارتفاع مستوى سطح البحر بعد العصر الجليدي آخذ في الانخفاض، وهو بالضبط ما يمكن توقعه في نهاية فترة ما بين العصر الجليدي. ذكرت مجلة Nature Geoscience مؤخرًا أنه منذ عام 2002، انخفض معدل ارتفاع مستوى سطح البحر بنسبة 31 في المائة.

يبدو من غير المنطقي أن الارتفاع الحالي في مستوى سطح البحر ناتج عن الأنشطة البشرية، في حين أن المئات السابقة من ارتفاع مستوى سطح البحر لم تكن كذلك. في الواقع، يستخدم علماء جيولوجيا البترول ارتفاعات وانخفاضات مستوى سطح البحر لفهم الشكل ثلاثي الأبعاد لخزانات النفط والغاز المحتملة. لقد عرف الجيولوجيون عن ارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر وتغير المناخ لمئات السنين، وقد استيقظ المجتمع الآن للتو على حقيقة أن الكوكب ديناميكي. فيما لا يمكن اعتباره سوى نرجسية وتعصب، يزعم دعاة الكوارث المناخية الآن أن ارتفاع مستوى سطح البحر، وذوبان الغطاء الجليدي، والأمطار الغزيرة، والجفاف، والأعاصير، وأي حدث مناخي قاسي آخر يرجع إلى نشاط الغربيين الأثرياء. يظهر الماضي قصة مختلفة تمامًا.

تغير مستوى الأرض ومستوى سطح البحر:

لا يمكن أن يكون هناك فهم لارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر دون فهم ارتفاع وانخفاض مستوى الأرض المحلية. ترتفع الدول الاسكندنافية واسكتلندا وكندا لأنه خلال فترة التجلد الأخير، غطت الصفائح الجليدية هذه المناطق ودفعت إلى أسفل الأرض. الآن وقد ذاب الجليد، هناك ارتداد والأرض ترتفع. إذا ارتفعت الأرض، فقد تغرق مناطق أخرى من الأرض، مثل هولندا. ترتفع الأرض في الجبال نتيجة للضغط (مثل جبال الهيمالايا) بينما عندما يكون هناك امتداد أو تفكك، فإن الأرض تنخفض (على سبيل المثال بحيرة آير). تشكلت محيطات العالم عن طريق الامتداد، ولأن المحيطات لا تزال تنمو عند التلال الوسطى للمحيطات، فإن كتل اليابسة على حواف المحيطات ترتفع إلى تلال أو سلاسل جبلية (مثل Great Dividing Range).

هذه التغييرات سريعة للغاية. على سبيل المثال، أصبح ميناء أفسس القديم في غرب الأناضول الآن خمسة عشر كيلومترًا داخليًا وسبعة أمتار فوق مستوى سطح البحر. أصبحت مدينة Simena الليسية القديمة الواقعة على الساحل الجنوبي للأناضول تحت الماء الآن. قد تغرق المناطق الساحلية بسبب طرد السوائل مثل المياه والغاز والنفط من الرواسب غير المجمعة أثناء تحميل الرواسب وحركة المرور والمباني والاهتزازات التي يسببها الإنسان والمد والجزر. أي حكومة محلية تسن تشريعًا لتقييد البناء الساحلي باستخدام التوقعات الدولية لمستوى سطح البحر قد استخدمت فقط نصف الأدلة، وإن كانت مشكوكًا فيها على أي حال، مع ارتفاع مستوى الأرض المحلية والسقوط أعمق بكثير من ارتفاع مستوى سطح البحر وانخفاضه على المدى الطويل. أصبحت جزر المالديف الآن أعلى بمقدار 70 سم مما كانت عليه في السبعينيات، كما أن شرق أستراليا أعلى بمقدار مترين مما كان عليه قبل 4000 عام. بدون معرفة مفصلة بارتفاع وهبوط الأراضي المحلية، والهبوط، والتعرية، والترسب، فإن التنبؤات العالمية لمستوى سطح البحر للتخطيط الساحلي ليست سوى تكهنات لا أساس لها من الصحة.

**المرجان والشعاب المرجانية:**

أظهر تشارلز داروين في عام 1842 أنه مع ارتفاع مستوى سطح البحر، تنمو الجزر المرجانية وتواكب ارتفاع مستوى سطح البحر. كان اقتراحه أن الجزر المرجانية التي تنمو على قمة البركان تستمر في النمو بمعدل سريع للغاية مع انحسار البركان. غرق جزيرة له نفس تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر. إنه ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر. تم التحقق من صحة نظرية داروين بعد حفر الجزر المرجانية في جنوب المحيط الهادئ في أواخر القرن التاسع عشر ومنتصف القرن العشرين. تم التحقق من صحة نظريته مرة أخرى من خلال حفر الجزر المرجانية في جزر البهاما.

في أماكن أخرى من المحيط الهادئ (مثل فانواتو)، أدى ارتفاع مستوى الأرض المحلي إلى ارتفاع الشعاب المرجانية فوق مستوى سطح البحر وتحدث الشعاب المرجانية الحديثة الميتة فوق مستوى سطح البحر. إذا تمتعت الدول الجزرية في المحيط الهادئ بارتفاع مستوى سطح البحر، فإن مساحة أراضيها ستزداد. هذا ما اقترحه داروين وأكدته قياسات الأقمار الصناعية الأخيرة. يؤدي الضغط واستخدام المرجان في صناعة الأسمنت والطرق والبناء واستخراج المياه الجوفية من الرمال المرجانية غير المجمعة إلى ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر في جزر المحيط الهادئ، كما يفعل ذوبان الغطاء الجليدي القطبي.

**الانقراضات:**

الانقراض أمر طبيعي. تتمتع الأنواع الأرضية شديدة التأقلم (مثل البشر) بعمر قصير في حين أن بعض الأنواع الأساسية شديدة التكيف يمكنها البقاء على قيد الحياة لمليارات السنين (مثل البكتيريا). هناك تنوع كبير في أسباب الانقراض وتغير المناخ ليس سوى أحد الأسباب الثانوية. في أي وقت في تاريخ الكوكب، هناك انقراضات، وبالتالي فليس من المستغرب أننا نعيش في فترة الانقراض. الأنواع السائدة، مثل البشر، تقتل الأنواع الأخرى من أجل الغذاء وتغير الموائل. لقد حدث عدة مرات من قبل. تمتلئ البيئات المهجورة بسرعة وتستمر الحياة.

قد يؤدي الاحترار العالمي إلى بعض حالات الانقراض على الرغم من أن معظم الأنواع (بما في ذلك النباتات) لديها القدرة على الانتقال إلى مناخها المثالي. يوضح تاريخ الكوكب أن هناك زيادة هائلة في التنوع البيولوجي خلال الأوقات الدافئة وأن الانقراضات عالمية في الأوقات الباردة، عندما يتم تقليل أو تغيير النظم البيئية. على سبيل المثال، خلال العصر الجليدي الأخير، لم تكن غابات الأمازون المطيرة موجودة وكانت هناك قطعان من الأشجار والمراعي. كانت أستراليا الداخلية خالية من الغطاء النباتي ومغطاة بالكثبان الرملية المتحركة.

اختفى الحاجز المرجاني العظيم الأسترالي، الطفل الملصق للخضر، خلال الأحداث الجليدية أكثر من 60 مرة خلال الثلاثة ملايين سنة الماضية. عادت للظهور بعد كل واحدة من هذه الأحداث. تشكل الحاجز المرجاني العظيم لأول مرة منذ حوالي 50 مليون سنة، وقد نجا من مئات حالات التبريد والاحترار وأحداث الأمطار الهائلة التي ترسب الرواسب على الشعاب المرجانية. تنخفض مستويات البحر وانخفاض درجات الحرارة أثناء الأحداث الجليدية تقتل الشعاب المرجانية في خطوط العرض العليا وتستمر في الازدهار عند خطوط العرض المنخفضة. يوضح السجل الجيولوجي أن الشعاب المرجانية تحبها دافئة، خاصة عندما يكون هناك المزيد من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. خلال الأحداث الجليدية، يتم تقليل الغطاء النباتي المداري من الغابات المطيرة إلى الأراضي العشبية مع قطع من الأشجار، تشبه إلى حد ما المناطق الاستوائية الجافة الحديثة الداخلية من الحاجز المرجاني العظيم.

**قلوية المحيط:**

في الأوقات السابقة لارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، لم تكن المحيطات حمضية، ولم يكن هناك دفيئة جامحة، ولم يكن معدل تغير درجة الحرارة، ومستوى سطح البحر، وتشميع الجليد والجليد مختلفًا عن الحاضر. القلوية (مقاسة كوحدات الأس الهيدروجيني على مقياس لوغاريتمي) لتغيرات مياه المحيط متغيرة قليلاً. إن أي تغيير طفيف للغاية في درجة الحموضة في المحيطات سيشمل تفاعلًا كيميائيًا يستخدم كميات هائلة من الحمض. لا تصبح مياه البحر محمضة: إنها تتغير قليلاً في القلوية. أدنى قلوية (pH 7.3) قريبة جدًا من الينابيع الساخنة الحمضية. أي غرين أو ناشط مناخي أو صحفي يشير إلى حموضة المحيطات يدل على نقص المعرفة بالكيمياء الأساسية. أو ربما يكونون مضللين عمدًا.

كانت المحيطات قلوية على مدار التاريخ لأن كيمياء المياه ورواسب قاع المحيط والصخور البركانية الجديدة في قاع البحر تعمل على منع تحولها إلى حمض، حتى في أوقات تركيزات ثاني أكسيد الكربون التي كانت آلاف المرات من القيمة الحالية. مياه المحيطات، مثل البورات، تحافظ على مياه البحر العازلة وتحافظ على ثبات الرقم الهيدروجيني. في مرتفعات منتصف المحيط حيث تنفث الصخور البركانية على قاع المحيط فوق غرف الصهارة الكبيرة، تسمح التكتونية الممتدة بدخول مياه البحر القلوية الباردة إلى الكسور إلى أعماق تصل إلى حوالي خمسة كيلومترات في البازلت العذبة.

تؤدي التفاعلات الكيميائية بين الزجاج الطبيعي والمعادن في البازلت إلى تبادل المياه والصخور للمواد الكيميائية. هذه عملية تخزين مؤقت تسمح للمحيطات بالبقاء عند درجة حموضة ثابتة. هذه العملية أخذت لآلاف الملايين من السنين خلال الأوقات الدافئة والأوقات الباردة وأوقات ارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، لكن المحيطات

لم تكن حمضية أبدًا. إذا كانت حمضية في وقت ما، فستكون هناك فجوة في سجل الأحافير البحرية حيث ستذوب أصداف الكربونات للكائنات الحية. لا توجد مثل هذه الفجوة.

رابعا. سيكون تغير المناخ أمرًا لا رجوع فيه ويجب تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية أو وقفها في أقرب وقت ممكن

تزعم الحكومات ووكالاتها أن العلم يدعم أيديولوجيتها، ولكن بينما يتم تقديم المنح البحثية لدعم هذه الأيديولوجية، يُحرم الرافضون من المنح، أو يتم تجاهلهم، أو – بشكل أكثر شيوعًا – يتم التشهير بهم. لا يحدث هذا في العديد من فروع العلم الأخرى، حيث يتم دعم النظريات المتنافسة بأموال بحثية، وتناقش الأفكار بنشاط، ويتم تغيير النظريات بناءً على أدلة جديدة تم التحقق من صحتها. لقد تم تسييس المسائل المتعلقة بتغير المناخ، ولكل شخص رأي (على الرغم من عدم امتلاك المعرفة بشكل عام لتدعيم الرأي)، وأصبح الصحفيون الأميون علميًا أبطالًا لقضية بدلاً من كونهم صحفيين محايدين، واتخذت شبكات إعلامية مختلفة موقفًا سياسيًا متحيزًا.

لم يكن هناك أبدًا نقاش عام حول تغير المناخ بفعل الإنسان. فقط العقيدة. العلم مليء بتفسيرات مختلفة لملاحظات متشابهة، وفي حين أنه يؤدي أحيانًا إلى حجج ساخنة وطويلة، إلا أنه نادرًا ما يؤدي إلى محاولة جانب واحد أن ينسب إلى خصومه جميع الخصائص الأساسية للجنس البشري. ومع ذلك، هذا هو بالضبط ما يحدث في حالة عدم النقاش حول تغير المناخ. اسأل حتى عن عامل ثانوي في القصة "الرسمية" ومن المحتمل أن يتم اتهامك بجميع أنواع الخداع السياسي والفساد الأخلاقي. لم أعثر بعد على عالم أو أقرأ بحثًا يدعي أن المناخ لا يتغير. ومن ثم، فإن وصف شخص ما بأنه "منكر" تغير المناخ يدل على أن المتهم يعتقد أنه بدون نشاط بشري، لن يتغير المناخ. هذا جهل.

إذا خفضت أستراليا انبعاثاتها من ثاني أكسيد الكربون بنسبة 5 في المائة بحلول عام 2020، فإن النماذج غير المؤكدة من قبل "علماء" المناخ تتوقع أن يكون هناك تبريد بين 0.0007 درجة مئوية و 0.00007 درجة مئوية. يتم اختبار هذه التغيرات في درجات الحرارة بمجرد التحرك. لا يمكن قياس هذا الانخفاض في درجة الحرارة، ومثل هذا الحد من الانبعاثات لا طائل من ورائه في ضوء الزيادة الكبيرة في الانبعاثات من قبل العالم النامي. بالتأكيد، قليل من النشطاء يعتبرون هذا الأمر ذا مغزى. ستعاني أستراليا من انخفاض ينذر بالخطر في مستوى معيشتها ولن يكون للعمل التطوعي اللطيف البيئي الدولي أي تأثير على المناخ العالمي. مثل هذه التضحية المدمرة للذات من قبل أستراليا لن يتم الرد عليها من قبل الدول النامية مثل الصين والهند.

يعود المجتمع بشعور من الوهج الدافئ أنه من خلال فرض ضرائب على "الملوث"، فقد فعل شيئًا للكوكب. لقد فعلوا بالتأكيد شيئًا من أجل كوكب الأرض. تم دفع الضعفاء اقتصاديا إلى فقر الوقود. يموت الأشخاص الضعفاء في وقت مبكر، وتزداد التكاليف والبطالة، وفي العالم الثالث، تؤدي سياسات المناخ هذه إلى استمرار الفقر المدقع والوفيات غير الضرورية، خاصة بين النساء والأطفال.

في المملكة المتحدة على مدى السنوات الخمس الماضية، ارتفعت تكاليف تدفئة المنازل بنسبة 63 في المائة، وانخفضت الأجور الحقيقية، وينفق عدد متزايد من الفقراء أكثر من عشرة في المائة من دخلهم على الطاقة. يقضي

المتقاعدون الذين يفتقرون إلى الطاقة أيامهم في ركوب حافلات دافئة للتدفئة، بينما يترك ثلثهم أجزاء من منازلهم باردة ويتعثرون بالقبعات والأوشحة والبطانيات ويضطرون إلى البقاء في السرير لفترة أطول بسبب تكلفة الطاقة. هل تهدف هذه السياسة الخضراء إلى مساعدة الفقراء أم انتصار الأيديولوجية على الأنظمة التي تم تجربتها وثبوتها؟

هذا الاحتضان الدافئ لطاقة الرياح "المتجددة" التي تمنح الشعور بالرضا، والمكلفة للغاية، قد تركت المواطنين الأكثر ضعفًا في البرد. حرفياً. في ألمانيا، تشير المؤسسات الخيرية إلى انقطاع التيار الكهربائي عن أكثر من 300000 أسرة كل عام لأن المستهلكين لا يستطيعون دفع التكاليف الباهظة للكهرباء الخضراء "المتجددة". يوصف الآن حوالي 800 ألف ألماني بأنهم يعانون من فقر الطاقة. سيضطر المستهلكون الألمان الآن إلى دفع أكثر من 24 مليار يورو سنويًا لدعم الكهرباء من محطات توليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والوقود الحيوي التي تنتج الكهرباء بسعر سوق يزيد قليلاً عن 3 مليارات يورو. بسبب الحلم الأخضر، أصبح لدى الألمان الآن أعلى أسعار للكهرباء في أوروبا.

في المملكة المتحدة، تتسبب الرسوم الخضراء للطاقة "المتجددة" في فقر الطاقة لـ 2.4 مليون أسرة بريطانية. هناك حوالي 6000 توربينة رياح، منها حوالي 1000 في البحر. في شتاء 2012–2013، كان هناك 35000 حالة وفاة إضافية. ويرتبط هذا بالزيادة في توربينات الرياح وتزايد عدد الأشخاص الذين يواجهون فقر الطاقة. إنه يترجم إلى وفاة ستة أشخاص من كبار السن أو المرضى أو الضعفاء كل عام مقابل كل توربينات رياح، أو ستة وفيات لكل ميغاواط من طاقة الرياح المتولدة.

في شتاء 2011–2012، اختفت عشرات الآلاف من الأشجار جيئة وذهابا من الحدائق والغابات عبر اليونان. لم يكن لدى السكان الفقراء نقود لدفع تكاليف الكهرباء وتحولوا إلى المواقد والمواقد الخشبية للطهي والتدفئة. حدث الشيء نفسه في ألمانيا. أجبر مزيج الشتاء البارد وارتفاع تكاليف الطاقة الناس على الذهاب لجمع الحطب في الغابات للتدفئة المنزلية والطهي.

لا يمكن للحكومات مقاومة ضريبة جديدة. ينظر المجتمع إلى ضرائب الكربون على أنها ضريبة على الصناعيين الأغنياء والقذرين وعلى أعمالهم الملوثة. لا يوجد شيء اسمه تلوث الكربون وغاز الكربون المنبعث من الصناعة هو ثاني أكسيد الكربون – غاز عديم اللون والرائحة وغير سام. ثاني أكسيد الكربون هو طعام نباتي. إنه جيد للحياة

الأرض والانبعاثات البشرية تتناسب طرديا مع العمالة. هناك مستوى منخفض جدًا من المعرفة العلمية للمجتمع يظهر عندما يُنظر إلى ثاني أكسيد الكربون على أنه ملوث وليس مفتاحًا لعملية التمثيل الضوئي.

5. من أجل وقف تغير المناخ، يجب تحويل مصادر الطاقة من الفحم والغاز والنفط إلى طاقة الرياح والطاقة الشمسية والمد والجزر والكتلة الحيوية

تعد أنظمة الطاقة "البديلة" مثل الرياح والطاقة الشمسية كارثية بيئيًا. إنها تسبب فقدان النظم البيئية، وتدمير الحياة البرية، وتعقيم الأرض، والتكاليف الباهظة التي قد لا يتم استردادها خلال عمر النظام، وانبعاث كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون أثناء البناء. علاوة على ذلك، فإن كلا من طاقة الرياح والطاقة الشمسية غير فعالين. لا يمكنهم توفير طاقة الحمل الأساسي على مدار الساعة وطوال أيام الأسبوع ويحتاجون إلى دعم من خلال محطات توليد

الكهرباء التي تعمل بحرق الفحم وتؤدي إلى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون. إذا كان لأستراليا أن تولد 50 في المائة من احتياجاتها من الطاقة من الرياح، فإن منطقة بحجم تسمانيا يجب أن تكون نظيفة ومغطاة بتوربينات الرياح، لأن طاقة الرياح منخفضة الكثافة. محطة طاقة واحدة كبيرة تعمل بالطاقة النووية أو تعمل بالفحم وتحتل بضعة هكتارات من شأنها أن تولد نفس الكمية من الطاقة.

أغلقت ألمانيا ثماني محطات للطاقة النووية بسبب الضغط الأخضر. على الرغم من أن ألمانيا لديها صناعة ضخمة لتوليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إلا أن عدم موثوقية مصادر الطاقة الأيديولوجية هذه تجعل ألمانيا قد زادت الآن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال بناء محطات طاقة حرارية جديدة تعمل بالفحم.

أسعار الكهرباء في ألمانيا تبلغ الآن ضعف أسعار الكهرباء في الولايات المتحدة، وهذا أمر مؤلم. ومن المفارقات أن طفرة الفحم في ألمانيا كانت نتيجة للنجاح السياسي لمنظمة السلام الأخضر.

كانت الدنمارك مؤيدًا متحمسًا للغاية لطاقة الرياح، ولكن في عام 2004، قررت عدم بناء المزيد من مزارع الرياح لأنها كانت تنتج أغلى طاقة في أوروبا. يمكن للدنمارك أن ترى الكتابة المالية على الحائط. على الرغم من أن الدنماركيين أصبحوا يعتمدون على طاقة الرياح، إلا أنهم وجدوا أنه عندما لا تهب الرياح لا يمكنهم شراء الكهرباء المولدة من الرياح من شمال ألمانيا لأن الظروف الجوية كانت كما هي هناك. فقد لجأوا إلى شراء المزيد من الكهرباء المولدة من الطاقة المائية والنووية من النرويج أو الكهرباء المولدة بالطاقة النووية من فرنسا بأسعار مرتفعة. عندما كانت الرياح قوية، لا يمكن بيع الطاقة لأنها كانت قوية أيضًا في شمال ألمانيا. كان لا بد من التخلي عن هذه الكهرباء. تفرض الدنمارك الآن ضرائب خضراء تمثل أكثر من 50 في المائة من فاتورة الكهرباء.

انخرطت وكالة حماية البيئة الأمريكية في حملة بشكل أساسي لتنظيم توليد الكهرباء التي تعمل بالفحم من الوجود في الولايات المتحدة. 29 ولاية أمريكية ومقاطعة كولومبيا لديها الآن تفويضات طاقة "متجددة" ويحاول العديد فرض برامج تجارة رأس المال. إذا كان البشر بالفعل يغيرون المناخ، فإن الأموال التي يمكن تخصيصها لمساعدة الناس على الاستعداد والتكيف مع تغير المناخ والظواهر الجوية المتطرفة تضيع في محاولات عقيمة لوقف ما قد يحدث (أو لا) في غضون 50 أو 100 عام. الولايات المتحدة وحدها تنفق 7 مليارات دولار كل عام على "دراسات الاحتباس الحراري" والتي، في الحقيقة، ليست سوى عملية غسيل أموال ضخمة، حيث لا يتم إجراء أي علم حقيقي. تقارير المنبه Vapid هي المنتج الوحيد الذي تم إنشاؤه.

الكهرباء المنبعثة من الرياح غير موثوقة على الإطلاق وغير اقتصادية وتؤدي إلى تدهور البيئة. طاقة الرياح لا تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ولا تغير المناخ العالمي. لا يمكن أن تعمل أي مزرعة رياح بدون دعم سخي من دافعي الضرائب وزيادة رسوم الكهرباء للمستهلكين وأصحاب العمل. يتم تقديم هذه الإعانات بغض النظر عما إذا كانت مزرعة الرياح تنتج أي طاقة مستهلكة أم لا ويتم دفعها حتى عندما يتم إغلاق مزرعة الرياح بسبب الرياح القوية. كان مزارعو الرياح أكثر نجاحًا في حصد إعانات ضخمة من دافعي الضرائب من حصاد الرياح. يتم دفع الإعانات المالية في أستراليا لكل ميغاواط يتم توليدها من خلال شهادة الطاقة "المتجددة". هناك حاجة إلى المزيد من الوظائف البيروقراطية.

تنتج مزارع الرياح أقل من 30 في المائة من طاقتها الاسمية، غالبًا في أوقات انخفاض الطلب على الكهرباء وانخفاض أسعار الكهرباء. لم يتم استبدال محطة توليد الطاقة الحرارية التي تعمل بالفحم والتي تنبعث من ثاني أكسيد الكربون بمزرعة رياح. هناك حاجة إلى توليد كهرباء موثوق به ومُجرب ومثبت ومنخفض التكلفة وفعال من الفحم كنسخة احتياطية لأن الرياح في معظم الأوقات لا تهب أو تهب بقوة شديدة. تستغرق محطات الطاقة التي تعمل بالفحم 24 ساعة لإطلاقها ولا يمكن إيقاف تشغيلها ويعتمد ذلك على ما إذا كانت الرياح تقرر النفخ أم لا. في الطقس البارد، تستهلك مزارع الرياح الكهرباء من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم لإيقاف تجميد مواد التشحيم.

تحتاج الاقتصادات الصناعية والمناطق الحضرية إلى كهرباء منخفضة التكلفة وفعالة لتعمل. في نهاية المطاف، سينفد الدعم وسيُترك الريف الذي كان جميلًا في يوم من الأيام بمزارع الرياح البائدة كنصب تذكاري للغباء الأخضر المتغطرس. في العديد من الأماكن، لا توجد أي قيود على إيقاف تشغيل مزارع الرياح وإعادة تأهيل الأراضي، وبالتالي سنبقى مع نصب تذكارية لغباء طاقتنا لأجيال.

تعيش مزارع الرياح حياة الطفيليات. لا يمكنهم إنتاج كهرباء مستمرة بدون دعم الفحم أو الغاز أو الطاقة النووية أو المائية أو الطاقة الحرارية الأرضية. يتم تحميلهم بشكل حر من خلال ربط أنفسهم بشبكة كهرباء موجودة تم بناؤها ودفع ثمنها من قبل أولئك الذين يستخدمونها الطاقة التقليدية.

كل شهر كانون الثاني وشباط، يعاني نصف الكرة الشمالي من موجة برد ولا تهب الرياح. الناس يموتون. في جنوب شرق أستراليا في يناير 2014، احتاجت الشبكة إلى 12000 ميغاواط في الذروة عندما كانت درجة الحرارة أكثر من 40 درجة مئوية لعدة أيام. يمكن لمزارع الرياح الـ 28 في جنوب شرق أستراليا توفير 128 فقط من 12000 ميجاوات المطلوبة وكان الفحم هو الذي يوفر الكهرباء لتكييف الهواء. عندما كانت هناك حاجة إلى مزارع الرياح لتوفير الكهرباء التي تشتد الحاجة إليها للتبريد، كانت تعمل فقط بأقل من 5 في المائة من طاقتها.

علاوة على ذلك، خلال موجة الحر 45 درجة مئوية في 14 يناير 2014، ارتفعت أسعار الجملة للكهرباء في جنوب أستراليا لتصل إلى 10515 دولارًا لكل ميغاواط / ساعة. كان الكثير من الناس بدون كهرباء. أدى هذا إلى تقزيم سعر البيع بالجملة طويل الأجل البالغ 70 دولارًا لكل ميغاواط / ساعة. في جنوب أستراليا، من المفترض أن يأتي 40 في المائة من الكهرباء من طاقة الرياح.

إذا كانت الرياح تهب باستمرار بمعدل 11 مترًا في الثانية في كل مزرعة رياح في جنوب أستراليا منتشرة على مدى مئات الكيلومترات، فسيتم توليد قدرة لوحة تبلغ 1203 ميجاوات.

هذا لم يحدث. يذكر الخضر أن الرياح تهب دائمًا في مكان ما فوق هذه المنطقة الواسعة، لذلك يتم إنتاج الطاقة دائمًا. الواقع مختلف وهذا لا يحدث.

في الواقع، لا يتوفر سوى 60 في المائة من قدرة التوليد الافتراضية في جنوب أستراليا لخدمة الطلب عندما تتجول وات الرياح أكثر من 100 مرة في السنة. عندما لا توجد رياح، تعمل توربينات الغاز ذات الدورة المفتوحة (بسعر 300 دولار لكل ميغاواط في الساعة) و 65 ميغاواط من مولدات الديزل في محطة تحلية أديلايد البائدة لتوليد الكهرباء والقتل على حساب المستهلك.

تميل جميع توربينات الرياح إلى إنتاج طاقة قصوى في نفس الوقت، عندما تكون الرياح قوية. كما أنهم جميعًا لا ينتجون شيئًا في حالة عدم وجود رياح. يؤدي هذا الارتفاع إلى حدوث مشكلات ضخمة في شبكة النقل، وفي بعض الأحيان تكون الشبكة مفرطة في السعة. وبسبب هذا، فإن طاقة الرياح حساسة للغاية لسرعة الرياح ويمكن أن تعمل فقط بسرعات رياح منخفضة، وبالتالي فهي أقل طاقة جودة للشبكة. في أوقات أخرى، يكون هناك نقص في القدرة.

الخلاصة:

كارثة تغير المناخ هي أكبر احتيال علمي حدث على الإطلاق. الكثير من "علوم" المناخ هي أيديولوجية سياسية ترتدي زي العلم. هناك أوقات في التاريخ يكون فيها الإجماع الشعبي خاطئًا بشكل واضح ونحن نعيش في مثل هذا الوقت. الطاقة الرخيصة أمر أساسي للتوظيف والعيش في العالم الحديث ولإخراج العالم الثالث من الفقر.

نتيجة للضغوط السياسية الصاخبة للأقلية، زادت الحكومات الديمقراطية الغربية من تكاليف الطاقة وأنشأت أنظمة طاقة مدعومة خلقت مصدرًا جديدًا لعائدات الضرائب. استجاب السياسيون لموجة من المخاوف البيئية غير العلمية بدلاً من اتخاذ قرارات صعبة. والنتيجة النهائية هي زيادة البطالة والافتقار إلى القدرة التنافسية وفقر الطاقة وزيادة التكاليف. ما لم تقدم الطبيعة مفاجأة أخرى لنا، فإن ثلاثة عقود قصيرة من سياسة المناخ غير المسؤولة سوف تستغرق جيلًا على الأقل لعكس اتجاهها لأن هناك الآن جيوش من البيروقراطيين والسياسيين والعلماء والشركات التي تعيش على ذعر كارثة المناخ. علاوة على ذلك، تم الاستيلاء على نظام التعليم من قبل النشطاء، ويتم غرس الشباب مع الأيديولوجية البيئية والسياسية والاقتصادية. أثناء تعليمهم، لا يتم إعطاء هؤلاء الشباب أنفسهم الأساليب النقدية والتحليلية الأساسية لتقييم الأيديولوجية التي تم تقديمها كحقيقة. فقط حكومة شجاعة يمكنها تغيير نظام التعليم إلى نظام يهيئ الناس لحياة أفضل.

## المـراجـــع


- أبو العز، محمد صفي الدين، تقلبات المناخ العالمي. الكويت، 1980.
- ابو العينين، حسن سيد، أصول الجغرافية المناخية، الدار الجامعية، بيروت، 1981.
- جودي، اندروس، التغيرات البيئية (جغرافية الزمن الرابع). ترجمة محمود محمد عاشور، نبيل سيد امبابي، المجلس الاعلى للثقافة، القاهرة، 1996.
- حامد عبد الرحيم، عبد الرحمن، تغيرات المناخ الدورية. دمشق، 1977.
- خرفان، سعد الدين، تغير المناخ ومستقبل الطاقة المشاكل والحلول، الجزء الأول، منشورات وزارة الثقافة، الهيئة العامة السورية للكتاب، 2010.
- الركابي، ناصر ولي، الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية دراسة جغرافية. مجلة ديالى، العدد 18، 2004.
- شحادة، نعمان، الجغرافية المناخية، ط5، دار المستقبل، عمان، 1996.
- الشهاوي، محمد أحمد، تغير المناخ ومستقبل الأرض، الهيئة العامة المصرية للكتاب، القاهرة، 1998.
- العرود، إبراهيم، التغيّر المناخي في الميزان، عمان، الأردن، 2000م.
- علي، عبد القادر عبد العزيز، التغيرات المناخية وأثرها على البيئة، الجمعية الجغرافية المصرية، ندوة عن الجغرافيا ومشكلات تلوث البيئة (28 – 29) ابريل، القاهرة، 1992.
- لامب، هـ. هـ.، التغيرات المناخية وإنتاج الغذاء، ترجمة طه محمد جاد، سلسلة علمية تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، 1982.
- الموسوي، على صاحب طالب، التغيرات الطقسية والمناخية المتوقعة عالميا، المؤتمر العلمي الجغرافي الثاني، كلية الآداب، جامعة الكوفة، 2004.
- موسى، علي حسن،المناخ المتغير: علمنة أم عولمة. دار نينوى، دمشق، 1986م.

- ـــــــــــــــــــ، التغيّرات المناخية، دار الفكر، دمشق، (1988م).
- ـــــــــــــــــــ، الاحتباس الحراري، دار دمشق للطباعة والنشر، دمشق، 2007.
- ـــــــــــــــــــ، المناخ المتغيّر: علمنة أم عولمة، دمشق، (2011م).
- موسى، علي حسن والموسى، فواز أحمد، علم المناخ المعاصر. دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2023.
- ـــــــــــــــــــ، الكوارث الطبيعية. دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2023.
- ـــــــــــــــــــ، الجغرافية الطبيعية. دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2024.
- الموسى، فواز أحمد، جغرافية المخاطر والكوارث الطبيعية. جامعة حلب، حلب، 2017
- ـــــــــــــــــــ، جغرافية المناخ 1. جامعة حلب، حلب، 2023.
- ـــــــــــــــــــ، الكوارث المناخية. جامعة دمشق، دمشق، 2024.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، تغير المناخ، التقرير التجميعي، جنيف، 2001.
- ـــــــــــــــــــ، تغير المناخ، التقرير التجميعي، جنيف، 2007.

ثانياً - المراجع الأجنبية:

- Ahrens, C. D, Meteorology Today. New York, 1994.
- Clark, C; Natural Disasters. Kendall Hunt publishing, 2002.
- Maslin, M; Global Warming. Colin publication, Scotland, 2003.
- Parken, D. H, Climate the Earth, Through the Times and Ages. London, 2017.
- Crowley, T. L. and North, G. R. 1991. Paleoclimatology. Oxford: Oxford University Press.
- Farmer GT, Cook J (2013) Climate change science: a modern synthesis. Springer, Dordrecht and New York
- Feely R, Doney S, Cooley S (2009) Present conditions and future changes in a high-CO2 world. Oceanography 22:36–47
- Hans Gunter Brauch, And Other, Facing Global Environmental Change, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- IPCC AR5 (2013) Climate change 2013: the physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC 5th assessment report.
- Kalnicky, R.A"climatic chang since 1950" annals association of American geographers, 64.1974, PP.100-112.
- King, J.W"salor radiation changes and the weather" nature, 245, 1973, PP.443-446.
- Lamb, H.H "climate, present, past and future, vol.2 climate history and the future " london, 1977.
- Mann ME et al (1999) Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations. Geophys Res Lett 26:759–762
- Marcott SA et al (2013) A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. Science 339:1198–1201.
- Nicholls R.J., J.A. Lowe: "Climate stablisation and impacts of sea-level rise", in Avoiding dangerous climate change, H.J. Schellnhuber (eds.), Cambridge: Cambridge University Press. (2006)
- Plass, G.N "the carbon dioxide theory of climatic chand" tellus, 8, 1956, PP140-153.
- Sawyer, J.S "possible effects of human activity on world climate "weather, 26, 1971, 251-262.
- Simpson, G.G "world climate the quarternary period" qwart J.R.M.S, 59, 1934, 425-471.
- Stephen M. Tomecek, Global Warming and Climate Change Science Foundations, New York,2012.
- Steven I. Dutch, Encyclopedia, Global Warming, Salem Press, Hackensack, New Jersey, 2010.
- UNPE, Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change and Water, Geneva, 2008.

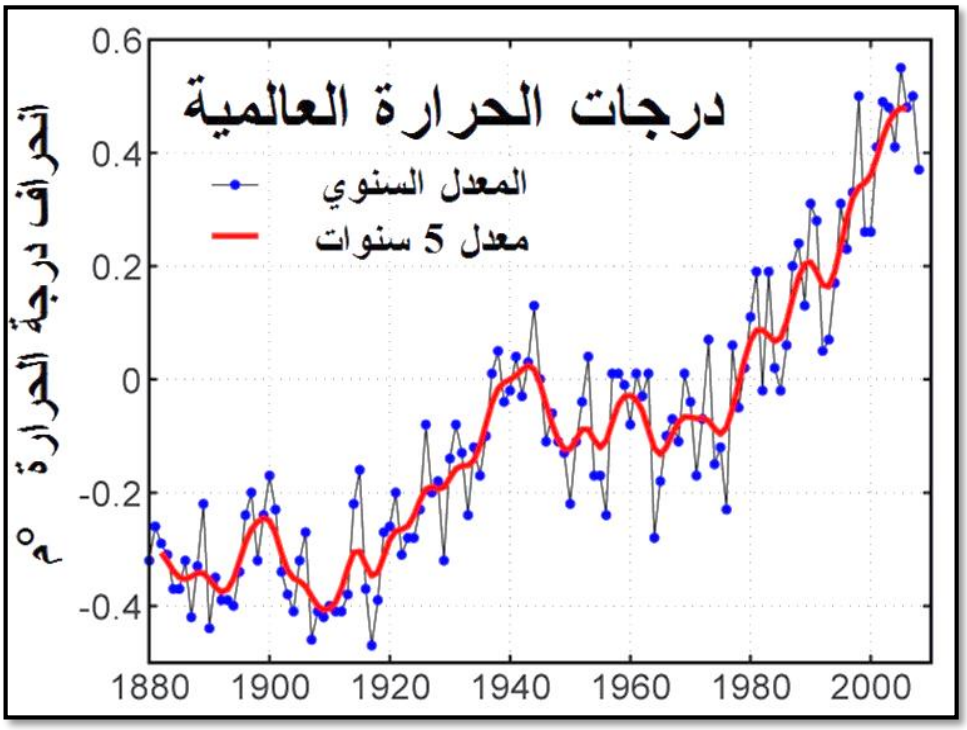
# الفصل الثاني

## وجهة التغيرات المناخية بين نقيضي التبريد والاحترار

أ. د. علي موسى

أستاذ المناخ – جامعة دمشق

حاول العلماء، ومازالو يحاولون رسم صورة مستقبلية طويلة الأمد لما سيؤول إليه المناخ في العالم، انطلاقاً من التغيرات السابقة التي انتابت المناخ في مختلف أجزاء العالم، واعتماداً على بعض القوى المسببة في التغيرات المناجية على ضوء المعطيات المستجدة للقيم المتغيرة ووجهة التغير في بعض القوى الفعالة في المناخ. وتكشف لنا السجلات التي تعود إلى قرابة مئة سنة مضت عن التغيرات المناجية التي حدثت، ووجهة تلك التغيرات، فمنذ عام 1880 وحتى عام 1940 خضعت درجة حرارة الهواء السطحي فوق يابس نصف الكرة الشمالي إلى التزايد بمعدل وصل إلى أكثر من 0.5درجة م، وقد تلا ذلك انخفاض تدريجي في درجة الحرارة بمعدل يقارب من نصف قيمة التزايد السابقة، وذلك فيما بين عامي 1940–1970، بعد أن كانت درجة حرارة الهواء السطحية قد وصلت إلى أقصاها في عام 1940 . شكل (1) .، ثم أخذت درجة الحرارة بالارتفاع غير الملحوظ فيما بين عامي 1970–1975، لتعاود انخفاضها فيما بعد عام 1975 وحتى أيامنا الحالية. ويعزو العلماء التسخين الذي حدث حتى عام 1940 إلى تزايد نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون ($Co_2$) في الجو، بينما أرجعوا التبرد الذي أعقبه إلى تزايد كميات الإيروسول في الجو، والتي كان للنشاط البركاني دوراً هاماً فيه بحيث تجاوز دور غاز ثاني أوكسيد الكربون.




شكل (1) مدى انحراف درجة الحرارة السنوية المتوسطة عن معدلها العام خلال الفترة من عام 1880–2020

وتمثل السنوات الأولى من السبعينات بداية توجه المناخ نحو التبرد، وهذا في رأي بعض العلماء بداية العودة إلى المناخ الذي كان سائداً في القرن التاسع عشر، والذي كان متميزاً بالبرودة والرطوبة الوفيرة في العروض المعتدلة، والجفاف والفيضانات الفجائية في العروض المدارية. والأمثلة على ذلك كثيرة، فشتاء عام 1977 اتصف بشدة برودته في العروض الوسطى والعليا، حيث انخفضت الحرارة انخفاضاً كبيراً في أكثر من ثلثي أراضي الولايات المتحدة، كما امتد نطاق سقوط الثلج في هذا الشتاء حتى العروض الجنوبية من العروض الوسطى. وتعرضت مناطق عديدة من الجزر البريطانية إلى عواصف ثلجية شديدة، بينما تدنت كمية الأمطار الهاطلة في هذا العام (1977) في العروض المدارية. كما كان شتاء 1982–1983 ذو برد قارس في نصف الكرة الشمالي، فيما وراء مدار السرطان، وخاصة في العروض المعتدلة الباردة (بين 40–55 درجة شمالاً)، وأيضاً مر شتاء عام 1984 شديد البرودة، وقد أدت البرودة الشديدة، والثلوج الوفيرة المتساقطة إلى الكثير من الأضرار، وذهب من جراء ذلك عشرات الضحايا في العالم.

ويرى العالم البريطاني هيوبرت لامب (H. Lamb،Hubert ) أنه خلال السبعة ملايين سنة الماضية من تاريخ الكرة الأرضية لم تبلغ متوسطات الحرارة مثلما كانت عليه خلال النصف الماضي من هذا القرن إلا في 350 ألف سنة منها، أي ما يعادل قرابة 5% من طول تلك الحقبة الزمنية. وينظر أيضاً كا من (لامب) والأمريكي (برايسون) إلى فترة الستينات من هذا القرن . والفترة السابقة لها بـ 20 إلى 30 سنة . على أنها كانت تتصف بمناخ أمثل من أجل الزراعة في العروض الوسطى لم تشهده الأرض منذ القرن الحادي عشر، حيث اندفعت أغلب دول العالم في تنفيذ ما سمي بالثورة الخضراء.

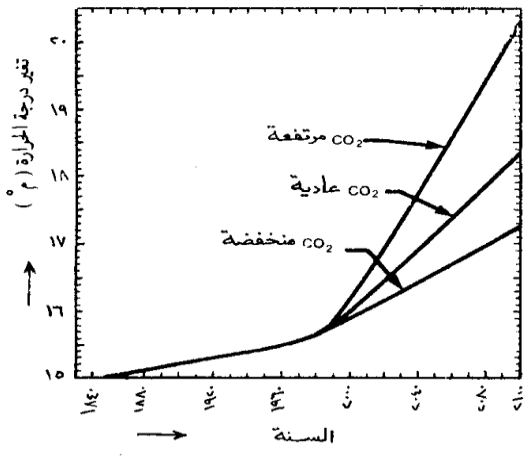
الوجهة المقبلة للمناخ:

رغم اتفاق العلماء على أهمية دور الإنسان في تغيير ملامح مناخ الكرة الأرضية، إلا أن آراءهم ليست واحدة حول وجهة المناخ المقبلة، فمنهم من يقول بالتبريد، وآخرون يقولون بالتسخين. وليست المشكلة في هذا القول أو ذاك، وإنما المشكلة تكمن في تقدير الأسباب المحتملة وراء مثل هذه التغيرات المقبلة. ولقد بذلت جهود كبيرة لربط التغيرات في المناخ العالمي بالتغيرات في التوازن الإشعاعي، إلا أنه لتعقد وتعدد الحوادث التي تتحكم بهذا التوازن قلل من قيمة النتائج التي تم التوصل إليها، لعدم إمكانية أخذ كافة القوى المتحكمة في الموازنة الإشعاعية بعين الاعتبار، مما جعل بعضهم يأخذ قوى ويهمل أخرى. ومما تجدر الإشارة إليه أن أي تغير سابق أو لاحق في المناخ يجب البحث عنه في الموازنة الإشعاعية، ذلك أن أي تغير في الموازنة الإشعاعية سيغير من موران الرياح في الجو ودوران المياه في المحيطات الذي يؤثر بدوره على عملية التوازن. وتدور آراء العلماء حالياً في أبحاثهم ودراساتهم الحاضرة حول أهمية ودور الشوائب (الملوثات الجوية) في التغيرات المناجية المقبلة، مغفلين قوى كان لها الفعالية الرئيسية في أحداث المناخ الماضية على مر العصور، حيث نجدهم ينطلقون من خصائص تلك الشوائب الإشعاعية لتفسير المناخ الحاضر ولرسم ورة للمناخ المقبل.

فتزايد نسبة الشوائب في الجو سيزيد من نسبة الأشعة المنعكسة إلى الفضاء وينقص من الأشعة المستغلة في التسخين، وهذا يعني حدوث تبريد للجو، ولكن من جهة ثانية فإن لبعض الشوائب . مثل $Co_2$ . خاصية امتصاص الأشعة الأرضية تحت الحمراء، وغعادة بثها للأرض، مما يحفظ جزءاً من حرارة سطح الأرض من الضياع. غير

أن الشوائب تزيد من استقرارية المستويات السفلى من الجو، مضعفة من نشاط تيارات الحمل، وبالتالي ينقص التهطال. أيضاً فإن التسخين الناتج عن زيادة غاز $Co_2$ في الجو سيزيد من الرطوبة الجوية والتغيم، مما يزيد من نسبة انعكاس الأشعة الشمسية عن الغيوم المتكاثرة، وهذا يؤدي بدوره إلى التبريد. وهكذا نجد أنه ليس من السهولة أخذ عامل من عوامل اتغير والنظير إليه من زاوية واحدة، وإنما يجب الأخذ بعين الاعتبار المحصلة العامة للتغير وما يتولد عنه. وهناك حالياً وجهتي نظر، إحداهما تقول بأن المناخ يتجه نحو التسخين، والأخرى تقول بأن المناخ يتجه نحو التبريد، ولكل وجهة نظر مؤيدين ومعارضين.

فأنصار الاتجاه نحو التسخين: يركزون بالدرجة الأولى على غاز ثاني أوكسيد الكربون ($Co_2$) الذي تشبه خاصيته خاصية البيت الزجاجي في سماحه للأشعة الشمسية قصيرة الموجة بعبورها تجاه سطح الأرض، وعدم سماحه للجزء الأكبر من الأشعة الأرضية طويلة الموجة بعبورها تجاه الفضاء، مما يساعد على رفع درجة حرارة الجو، ولقد أظهرت تجارب النماذج العددية الجوية أن الغازات الجوية النادرة، كما في أوكسيد الآزوت ($N_2O$)، الميتان ($CH_4$) والكلوروكربون (ClCs) لها دور في تحديد توازن الأشعة طويلة الموجة، وسيكون لتزايد تركيزها في الجو تأثيرات هامة على المناخ تماثل بدرجة أقل من حيث التأثير أهمية غاز $CO_2$. غير أن التأثيرات المناجية المصاحبة لتزايد $N_2O$، CH4، ClCs، والأوزون ($O_3$) الناتج منهما، تغير من التفاعلات الكيميائية المناجية، مؤثرة بذلك على التزايد المتوقع لتركيز $CO_2$. وفي حالة تزايد نسبة $CO_2$ في الجو، فإن التغير في انتقال الطاقة الإشعاعية سيصبح قوة آلية تقود إلى التغير المناخي. ونتيجو لخاصية مياه المحيطات على امتصاص جزء كبير من غاز $CO_2$ الجوي، وبما أن مياه المحيطات في وقتنا الحالي تحمل ما يقارب طاقتها القصوى من هذا الغاز . راجع فرضية جلبرت بلاس في الفصل الأول .، فإن أية زيادة في نسبته ستبقى في الغلاف الجوي، مؤدية إلى رفع درجة حرارة الجو بنحو 3–5 درجة مئوية في الخمسين سنة القادمة . شكل (2) .. وهناك آراء عدة حول مقدار التزايد في درجة حرارة الهواء إذا ما تضاعفت كمية $CO_2$ في الجو، فبعضهم يقول إنها ستتراوح بين 0.48–4.2 درجة م في التروبوسفير، وستتناقص في الستراتوسفير. وبعضهم الآخر يقول إن التغير في درجة الحرارة ضمن تغذية استرجاعية سيكون بمقدار يتراوح بين 1.2–1.3 درجة م. وهناك آخرون يقولون إنه إذا ما تضاعفت نسبة $CO_2$ فإن درجة حرارة الهواء السطحية للكرة الأرضية ستتزايد بمقدار يتراوح بين 1.5– درجة م.



شكل (2) منحنى درجة الحرارة الأرضية خلال الفترة من عام 1840 حتى عام 2100م، على ضوء تأثير غاز ثاني أوكسيد الكربون الجوي ($CO_2$) حسب نسبة تزايده.

ويشير نموذج الحركة الجوية العامة (GCM) إلى الاختلافات الإقليمية في التسخين من جراء مضاعفة نسبة $CO_2$، حيث يشير إلى أن التسخين يكون في العروض العليا أكبر منه في العروض المنخفضة، فهو سيكون بحدود 2–3 درجة م قرب خط الاستواء، ليصل إلى معدله الأعظمي في العروض المرتفعة الشمالية، حيث يتراوح بين 4–16 درجة م في الشتاء . ويكون على أقله في الصيف في العروض العليا .، ويكون التسخين عموماً أكبر فوق اليابس منه فوق المحيطات. ويصاحب ذلك التسخين . بوجه عام . تزايد في التهطال في العروض الوسطى والعليا، وتناقص فيه في العروض المنخفضة. ولقد قدر العلماء نسبة غاز أوكسيد الكربون في الجو حالياً (عام 1985) بحدود 345 جزءاً من مليون، كما تشير التقديرات إلى أن نسبة تركيز هذا الغاز قد تصل في عام 2025م إلى ضعف ما كانت عليه قبل الثورة الصناعية. وسيتولد عندئذ عن عملية التسخين التي يسببها ذوبان للأغطية الجليدية القطبية، وارتفاع لسمتوى مياه البحار والمحيطات بمقدار 65–130م وطغيانها على كافة المناطق الساحلية، وستصبح آلاسكا وسيبريا ملائمة لنمو الغابات. ويرى أنصار مبدأ التسخين أن الأرض في طريقها لتصبح صنواً لكوكب الزهرة، الذي يعزى ارتفاع درجة حرارته إلى أعظم كميو ثاني أوكسيد الكربون الداخلة في تركيب غلافع الجوي. يضاف إلى ما تقدم، التسخين الناتج عن تزايد كمية الحرارة المنطلقة من الوقود المستهلك في المصانع والمعامل والمنازل..الخ. وتقدر كمية الطاقة المنطلقة من مناطق المدن والعواصم الكبرى بحدود 800 واط / م$^2$ من مساحو أفقية تتراوح بين $10^8$–$10^{12}$ م$^2$.

أما أنصار الاتجاه نحو التبريد: فيقدمون رداً على أنصار الاتجاه نحو التسخين، وتفسيراً معاكساً لتفسيرهم. ورغم أنهم يسلمون أيضاً بدور تزايد نسبة ثاني أوكسيد الكربون في الجو في عملية التسخين، إلا أن فعله . أي فعل $CO_2$ . يتعاكس مع فعل المواد الصلبة (غبار، أتربة، أملاح..الخ) المتزايد في الجو بفعل الإنسان والطبيعة معاً. إن التأثيرات الممكنة للإيروسول الجوي (الجسيمات الغربية الصلبة) يكون تقديرها أكثر صعوبة، بسبب كون تأثيرها يعتمد على نموذج مادة الإيروسول والظروف البيئية المحلية، كما هو الحال في عاكسية السطح الذي دونه والرطوبة الجوية. فالإيروسول المعلق في الجو فوق سطح دونه أكثر قتامة . كما في المحيط يتجه إلى تزايد في العاكسية، بينما الإيروسول نفسه المعلق فوق اليابس مع كون عاكسية السطح الذي دونه أكبر . كما في الثلج أو الصحارى . يتجه عموماً إلى تناقص في العاكسية الكوكبية. ويعد الإيروسول الجوي عاملاً هاماً في التغير المناخي الإقليمي. فالغبار المتزايد في طبقة التروبوسفير يشكل حجاباً يقلل من نسبة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض . لكونه يعمل على انتثار جزء من الإشعاع الشمسي عكسياً نحو الفضاء . مؤدياً بذلك إلى خفض درجة حرارة الجو التروبوسفيري قرب سطح الأرض. وتشكل المقذوفات البركانية الدقيقة (الرماد البركاني) عاملاً بالغ الأهمية في التأثير على المناخ. إذ كثيراً ما تنخفض درجة الحرارة بما يتراوح بين 2–3% في أعقاب أي ثوران بركاني ضخم، وقد يمضي عام بأكمله قبل أن تعود الحرارة إلى حالتها الطبيعية. وتستطيع الاندفاعات البركانية أن تطلق كميات كبيرة من أوكسيد الكبريت ($SO_2$) والرماد (ASh) إلى الستراتوسفير . وبسبب بقاء المواد البركانية الدقيقة زمناً طويلاً في الستراتوسفير، فإن المادة الهبائية . المؤلفة من دقائق ضغيرة . المنطلقة إلى الستراتوسفير تميل إلى البقاء فترة

طويلة من الزمن كافية لانتشارها فوق معظم الكرة الأرضية، لهذا السبب، فإن تأثيراتها المحتملة على التوازن الحراري والمناخ كبيرة جداً، حيث تتفاعل قطرات حمض الكبريت (Sulfueic Acid) التي انطلقت أثناء الثوران البركاني، مع الإشعاع الشمسي، والإشعاع الطويل الموجة. وتدل معظم الدراسات الحديثة إلى أن تزايد كمية الإيروسول الستراتوسفيرية تؤدي إلى التسخين في الستراتوسفير وإلى التبريد عند سطح الأرض وفي التروبوسفير. ولقد حاولت عدة دراسات الربط ما بين تغيرات درجات الحرارة في الماضي والنشاط البركاني، ومثال على ذلك، ما حدث خلال الفترة الممتدة من منتصف القرن الثامن عشر إلى منتصف القرن التاسع عشر التي حدث فيها تفجر عشرة براكين ضخمة في العالم شكلت حجاباً غبارياً فوق الأرض كان سبباً في انخفاض حرارة تلك الفترة. كما يربط بعض العلماء بين اتجاه المناخ نحو البرودة في نصف الكرة الشمالي منذ بداية النصف الثاني من القرن الحالي إلى حدوث أكثر من عشرين اندفاعاً بركانياً خلال الفترة من عام 1950–1970، بالمقارنة مع سبعة فقط في الفترة بين 1920–1940.

ففي عام 1883 كان اندفاع بركان كاراكاتو الشهير الذي ملأ السماء بمقذوفاته التي انطلقت كغيمة ضخمة. وفي عام 1888 قام (سيمونز Symons) بمعالجة المشاهدات العينية لظواهر الشفق والغسق الشاذة، وظاهرة ضوء المساء غير العادي، ورد ذلك إلى غبار بركان كاراكاتو. كما ان بركان أجونج الذي اندفع عام 1963 بحجم أصغر من اندفاع بركان كاراكاتو قد أثر أيضاً تأثيراً ملحوظاً على المناخ. وفي عام 1982 اندفع بركان إلشيسون (ElChichon) مقدماً سجلاً جيداً لدراسة التأثيرات المحتملة للإيروسول البركاني على المناخ. ولقد قام كل من بولاك وأكرمان (Pollack & Akerman) في عام 1883 بحساب تأثيرات الإيروسول لبركان إلشيسون على الموازنة الإشعاعية في المنطقة المدارية وشبه المدارية الشمالية خلال فترة الستة أشهر التالية للاندفاع. وقد دلت النتائج على أن العاكسية لإشعاعية ازدادت في هذه المنطقة بنسبة 10%، وأن كمية الإشعاع الشمسي الكلي عند مستوى سطح البحر تناقصت بنسبة 2–3% في الأيان غير الغائمة، وأن درجة الحرارة عند ارتفاع 24كم تزايدت بمقدار 3.5 درجة م. كما أن الغيوم عامل من عوامل التبريد، إذ أن تزايد نسبتها في الجو، يؤدي إلى ازدياد نسبة المنعكس من أشعة الشمس، ولذا فإنها تساهم في خفض كمية الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض، وبالتالي حدوث التبريد. وهناك العديد من الوسائل التي تعمل على ازايد نسبة الغيوم (نواتج الطائرات النفاثة، جزيئات الغبار..الخ)، ولهذا كثيراً ما يقال، بأن الكرة الأرضية كان يمكن أن تبرد منذ أمد طويل نتيجة تراكم الغيوم وتزايد كميات الغبار التي تقدمها الطبيعة والإنسان، لو لم يوازن هذا النبريد بالحرارة الناجمة عن ارتفاع نسبة $CO_2$ في الجو. وهكذا يمكن القول، بأن كميات الإيروسول في حالة تزايد، إذ أن الإنسان يضيف إلى الغلاف الجوي في 2% م مساحة الأرض نحو 296 مليون طن سنوياً، يبقى معظمها عالقاً في الجو لعدة أيام. وما دامت كمية الإيروسول في حالة تزايد في الجو، فهذا يعني أن الضعف في الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض في حالة مستمرة أيضاً، وسيترتب على ذلك بالضرورة تبرد قد يكون أحد الأسباب التي تقود تدريجياً إلى عصر الجليد المنتظر. ولقد قدر العلماء السوفييت في عام 1967 الانخفاض الذي طرأ على أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض بنحو 10% عما كانت عليه في عام 1940.

وهناك وجهة نظر تقول بعدم وجود وجهة محددة:

إذا ما نظرنا إلى المناخ الأرضي بتفحص منذ أوائل القرن التاسع عشر وحتى يومنا الحالي بما يقارب من (200) سنة، فإننا لم نعثر على تغير واضح في مناخ هذه المنطقة أو تلك، خاصة إذا ما جزأنا تلك المدة إلى فترات مختلفة طول كل واحدة منها نحو (30) سنة تقريباً، وأجرينا تداخلاً في تلك الفترات. فسنجد تعاقباً من فترات رطبة وأخرى جافة (ماطرة وأقل مطراً)، وفترات حارة وأخرى أقل حرارة، وقد تكون فترات الحرارة والرطوبة متوافقة مع بعضها بانعكاس، أو غير متوافقة لقصر الفترة التي تمثل كل منهما، ولما تقوم به عوامل محلية من تأثير على المناخ. فكثيراً ما تمر سنة وفيرة الأمطار تليها أخرى قليلة الأمطار، وسنة ذات شتاء بارد وأخرى دافئ، ولكن يبقى المعدل العام (متوسط مدة 30 سنة مثلاً) لهذه الظاهرة أو تلك (الأمطار، الحرارة، عدد أيام الثلج وسماكته) يحوم حول قيمة محددة، وهذا يجعلنا عاجزين عن الجزم بأن المناخ يتجه حتماً في وجهة معينة غير انعكاسية خلال فترة قصيرة أومتوسطة الأمد.

وما نعيشه من اضطرابات جوية في مناطق أرضية ليست بالجديدة أو الطارئة، فهي معروفة منذ عشرات أو مئات السنين، ولكن تفاجئنا شدتها أحياناً. وقد تكون بعض تلك الاضطرابات كارثية.

إلا أن ما نلاحظه من تقهقر بيئي قد يكون بالجديد، والذي أسبابه بشرية أكثر منها طبيعية مناخية، هو ما يقودنا أكثر إلى الحديث عن تغير مناخي، وليس تغير بشري، رغم أنه العكس. فزيادة عدد السكان والتحول الكبير في أنشطة الإنسان ونمط حياته، ضاعف من استهلاكه للمياه، واستجرار ما هو متاح له وما هو غير متاح، كما ضاعف من حاجته إلى الناتج الخشبي في صناعاته المتنوعة مستوجباً ذلك المزيد من أخشاب الغابات... إلخ.

هل نحن مقبلون على عصر جليدي جديد؟

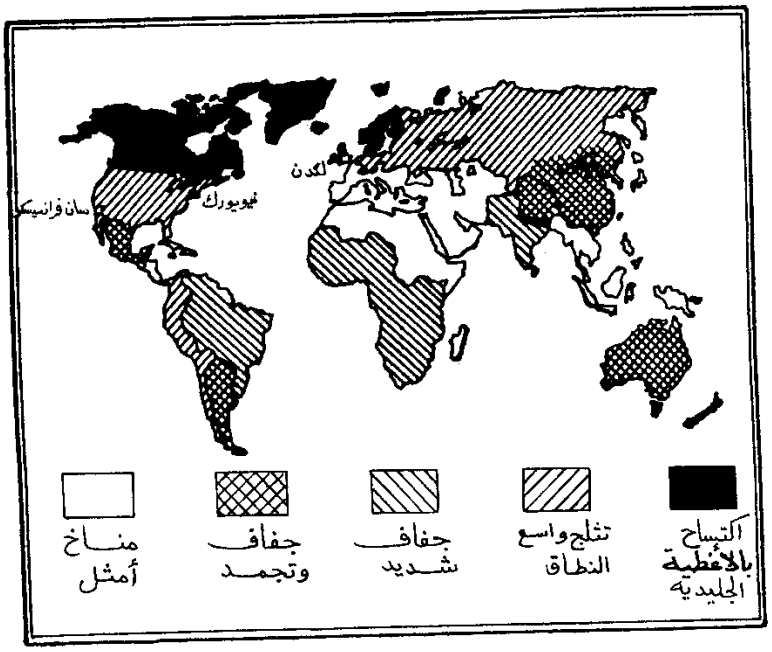
هل نحن نعيش الآن في فترة جليدية من فترات العصر الجليدي الرباعي؟ وهل هذه الفترة ستستمر طويلاً بحيث يعيش الإنسان حياته بأمان واستقرار دون خوف مما سيعقب ذلك؟ أم أنها أوشكت على النهاية؟ فآخر الفترات الجليدية التي شهدها كوكبنا انتهت منذ قرابة عشرة آلاف سنة مضت. وإن الفترة بين الجليدية التي نعيشها بلغت ذروتها الحرارية في الحقبة الممتدة بين عامي 6000–3000 ق.م، وهي الحقبة التي تكونت خلالها أغلب صحارى العالم المعروفة اليوم (الصحراء الكبرى، صحراء شبه الجزيرة العربية، صحراء منغوليا..الخ). ورغم اختلاف الآراء حول تحديد تاريخ دقيق لبداية التحول المناخي نحو عصر البرودة المنتظر، إلا أنها تكاد تكون متفقة في معظمها حول أن عالمنا يسير باتجاه عصر البرودة، معتدمين بذلك على العديد من الأدلة التي يعتبرونها تباشير العصر المنتظر الذي قاربت ساعته، ومن هذه الأدلة، امتداد الغطاء الجليدي في نصف الكرة الشمالي نحو الجنوب منذ مطلع السبعينات مغطياً مساحة تزيد بمقدار 12% عما كان عليه، وقد بقي هذا الغطاء محافظاً على تقدمه في الثمانينات ولم يتراجع. أيضاً ازدياد التراكم الثلجي فوق القارة القطبية الجنوبية بحوالي10% خلال عامي 1961–1967، واستمرار ازدياد سماكته وامتداده. وقد دلت الصور التي التقطها الأقمار الصناعية، على انه خلال السنوات السبع فيما بين 1967–1973 ازداد شتاء نصف الكرة الشمالي طولاً من متوسط 84 يوماً في عام 1967 إلى 104 أيام في عام 1973، وهذه كلها دلائل يمكن أن تشير إلى أننا مقبلون على عصر جليدي جديد، بعد الفترة بين الجليدية التي أعقبت فترة الفورم الجليدية. ويرى العالم الميتيورولوجي الأمريكي (برايسون Bryson.R) أن أول مراحل التغير المناخي المرتقب ستكون عودة إلى مناخ العصر الجليدي الصغير الذي ساد خلال الفترة الممتدة وسطياً من

عام 1550 حتى عام 1800م، وإن كان قد تجاوز ذلك في بعض مناطق العالم ليستمر سائداً حتى أواخر القرن التاسع عشر . راجع الفصل السابع .. ولقد وضع (برايسون) تصوراً لما يمكن أن يكون عليه مناخ العقود القادمة: (ستتعرض المناطق الشمالية من الولايات المتحدة لأمطار اغزر بكثير مما هي عليه حالياً، وسيطبق الجفاف في الوقت نفسه على المناطق الوسطى المطلة على خليج المكسيك وولايات الجنوب الغربي والروكي، كما سيصبح نطاق القمح الشتوي في السهول المرتفعة أغزر مطراً. أما بالنسبة لبقية العالم، فستتعرض الهند للجفاف والمجاعة كل أربع سنوات. كما ستجتاح المجاعات الصين كل خمس سنوات. وفي الوقت نفسه سيمتد الغطاء الجليدي جنوباً في كندا مؤدياً إلى انخفاض إنتاج سهولها من الحبوب إلى نصف كميته الحالية). ويبين (برايسون) تنبؤاته هذه على تحاليل الإحصاءات المناجية العالمية تحليلاً رياضياً دقيقاً، مستنتجاً منها أن الهواء القطبي البارد أخذ في الامتداد والتوغل جنوباً منذ منتصف الأربعينات تقريباً، ليحل تدريجياً محا الهواء المداري الدافئ الذي كان يسود فوق مساحات شاسعة من نصف الكرة الشمالي متقهقراً تجاه خط الاستواء. وهذا يعني تعرض الأرض للتبريد التدريجي، الذي يرده إلى ما طرأ من تزايد مضطرد في نسبة المواد الغريبة في الجو ( غبار، أتربة، رماد بركاني.. ملوثات كيميائية). وينظر إلى التبرد البسيط الذي تعرضت له العروض الوسطى والعليا خلال الثلاثين سنة الماضية على أنه أحد تباشير عصر البرودة الجديد. أما العالم الميتيورولوجي السوفييتي بواديكو (M،Budyko) فتصوراته لما سيحدث مستقبلاً أبعد من تصورات (برايسون) فهو يتنبأ بانخفاض متوسط درجة الحرارة الأرضية بنحو 1.7 درجة م، مما ينجم عن ذلك . في تصوره . انطلاق الأنهار الجليدية، وتنامي الأغطية الجليدية، وانتشارها نحو العروض الأدنى. وإذا استمرت درجة الحرارة في انخفاضها بمعدل 0.4 درجة م إضافية، فهذا سيكون بداية لإطباق تسعين ألف عام من الجليد الكاسح الذي يمكن أن يكون مشابهاً في امتداده وتأثيره لجليد فترة الفورم البليستوسينية. ولقد تضاربت الآراء حول موعد حلول العصر الجليدي المنتظر. فبعضهم يشير إلى أن التحول سيكون بطيئاً للغاية، قد يستغرق آلاف السنين القادمة مما يجعل الإنسان قادراً على التكيف التدريجي مع ظروف المناخ الجليدي المستجدة في العروض العليا والوسطى. وثمة وجهتي نظر حول الطريقة التي سيبدأ فيها التبرد ومن ثم التجمد. الأولى، تبني رأيها على أن جليد قمم الجبال والمرتفعات هو الذي يشع بالبرودة، فظهور مجموعات من الأغطية الجليدية الجبلية بفعل تساقط الثلوج على الجبال، تؤدي إلى برودة الهواء المحيط بها، وبالتالي إلى تساقط مزيد من الثلج، وبازدياد تساقط الثلج يزداد تراكمه، ويزداد انتشار الغطاء الجليدي، وبالتالي تزداد الفرص لتساقط ثلجي جديد، وهكذا يتزايد الغطاء الجليدي سمكاً ومساحة منتشراً نحو الأطراف، وهذا يعني أن الغطاء الجليدي ينمو من داخله. أما وجهة النظر الثانية، فترجع مصدر الأغطية الجليدية إلى الجليد القطبي الذي يتحرك نحو العروض الأدنى والأدفأ مما يخلق عند أطرافه نطاقات هامشية تتعرض لمزيد من التاقط الثلجي تعمل على الحد من تسارع زحفه نحو العروض الأدنى. أما بعض العلماء الآخرين، فيرون أن العر الجليدي المنتظر سيحل فجأة، معتمدين في ذلك على ما عثر عليه العلماء من مستحاثات لحيوانات قديمة وجدوها محنطة ومحفوظة تماماً تحت الجليد . كما في حيوانات الماستدون . وأكثر من ذلك عثروا عليها وهي ما زالت واقفة على حوافرها، وبطونها ملأى بالحشائش غير المكتملة الهضم، مما دفع إلى الاعتقاد أن عاصفة ثلجية هوجاء فاجأتها في مراعيها ودفنتها تحت غطاء ثلجي سميك. ويحدث التجمد المفاجئ . الذي قد لا يستغرق حدوثه مدة تزيد عن عشر سنوات . بفعل تزايد في طول فصل التساقط الثلجي لسنة فأكثر، بحيث يكسو سطح الأرض غطاء ثلجي يتجاوز الشتاء، وأوائل الربيع، مما سيتولد عنه ازدياد

في عاكسية أشعة الشمس، ومزيد من تبرد للجو يعمل بدوره على زيادة تساقط الثلج في العروض المرتفعة والوسطى المائلة للبرودة، ليشمل فصل الصيف، مما يعني استمراريته طوال العام. وإذا ما بلغ شمك الثلج المتراكم ثلاثة أمتار، فهذا إيذان ببدء العصر الجليدي الجديد.

ما هي الأحوال المناجية التي ستحل في أجزاء العالم المختلفة خلال العصر الجليدي المنتظر:

يرى العالم البريطاني نيجل كالدر (Nigel Calder) أن العصر الجليدي الجديد على وشك الحدوث، وأن فترة العشرة آلاف سنة من الدفء قد قاربت على الانتهاء، ولن تستمر لأكثر من مئة عام على أفضل الاحتمالات. وسينجم عن العصر الجليدي المتوقع أن يغطي الجليد أراضي 12 دولة تغطية كاملة، متحولة أراضيها إلى صحارى جليدية قاحلة (كندا، غرينلندا، إيرلندا..وغيرها)، وأن أغلب مساحة كل من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة ستتعرض لتجمد واسع النطاق وسيحل الجفاف الشديد بالجزء الأكبر من أفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى، وشرقي أمريكا الجنوبية. كما ستتعرض بقاع أخرى من العالم . مثل: الصين، المكسيك، الأرجنتين، وأستراليا . إلى التجمد في أجزاء منها وإلى الجفاف في الأجزاء الأخرى. أما حوض البحر المتوسط، بما في ذلك العالم العربي، فيسود فيه أفضل مناخ . شكل (3) . حيث تعتدل الحرارة،




شكل (3) الأحوال الجوية المنتظرة التي ستسود العالم حسب تصورات (كالدر)

وتصبح الأمطار أكثر وفرة من الآن. كما ستكثر الأمطار في الصحراء الأفريقية الكبرى، ومنطقة جنوب غربي آسيا. وإذا تحققت حسابات (كالدر) فهذا يعني أن قرابة نصف سكان الأرض سيعانون من الجوع والبرد. وتتفق تصورات (لامب) مع التصورات السابقة، مشيراً إلى الارتباط بين تزايد الجليد القطبي منذ عام 1961 وبين ارتفاع مناسيب البحيرات العظمى الأمريكية، وتعرض إقليم الساحل الأفريقي للتصحر، وتناقص كميات الأمطار في الأقطار الشمالية الكثيفة السكان التي تنحصر بين خطي عرض 50–75 شمالاً.

## ثانياً – مخاطر التغير المناخي

لقد غدا التغير المناخي مادة دسمة لدى من يجيدون الخط بالقلم على الورق، أو اللعب بمفاتيح الكمبيوتر. وأدسم عند أولئك الذين تلقنوا مفردات: التغير المناخي، الاحتباس الحراري، الاحترار الأرضي، الدفيئة الجوية، البيت الأخضر، البيت البلاستيكي أو الزجاجي، وأصبحت تردد تلك المفردات في خطب رجال السياسة والإدارة والدين والباحثين عن جاه وسلطان أو لقمة عيش، كحال منجمي ومنجمات هذا الزمن الذين تلقنوا مفرداتهم من البصارات النوريات يوم لم يكن هناك كشف علني للمستور عبر وسائل الإعلام التي أصبح رجالاتها ممن في الزوايا والأعمدة يجيدون الكلام والكتابة بكل شيء، لأنهم علماء عصرهم الموسوعيين، دون أن يكون لمن ذكروا سابقاً أي علم بما ينطقون به ويكتبون، ولا تعلم لهم، ولا قاعدة يرتكزون عليها. فالأمي منهم والأصم والأعمى، هو الأكثر علماً ومعرفة، لأنه لا يحشر نفسه بما هو جاهله.

ليس من عالم بالمناخ ينكر أن للأحوال الجوية الشاذة، آثاراً مدمرة وقاتلة، عرفها الإنسان منذ وجوده الأول. وهو الأعلم بأن أي تغير في مناخ منطقة سيؤدي إلى تغيرات في جميع مكوناتها البيئية الحيوية وغير الحيوية، وهذه المعرفة هي من الأوليات في أبجدية تعلم المناخ.

ولكن ما دام التغير المناخي غدا مشخصاً كنظيراً للإرهاب؛ وما دام الإرهاب العالمي أدين بل ومدان من كافة الشرائع الإنسانية، ولكن التغير المناخي لم يثبت بالدليل القاطع أنه المسؤول عن زلزال هاييتي، ولا عن صقيع شتاء عام (2009–2010) في أوروبا وشمال آسيا ووسطها والولايات المتحدة، ولا عن إعصار بنغلادش عام (1970)، ولا عن جفاف الصين عام (1928)... إلخ. لا شك أنها ظواهر مناخية – عدا الزلازل – ولكنها لا تنم عن تغير في المناخ. والتغير المناخي كما أشرنا إلى ذلك سابقاً، هو تغير في كم الظاهرات وفي نوعها، وهو ما تترجمه التغيرات في البيئة.

فالتغير المناخي ليس هو المسؤول عن الأعاصير التي تتشكل في المحيطات المدارية وتتحرك غرباً لتضرب السواحل الشرقية للقارات مخلفة الخراب والدمار؟ لأنها معروفة قبل الحديث عن تغير في المناخ، وفي عصور الاستقرار المناخي، وإن كان المناخ لم يعرف الاستقرار والثبات عبر تاريخ الأرض، فالمناخ في أية منطقة لا يخلو من اضطرابات تعكر استقراره، ولكن هذا الاضطراب ليس تغير مناخي. كما أن المناخ ليس هو المسؤول عن شح المياه في هذه المنطقة أو تلك، ما دامت الإمكانيات المائية المطرية وسواها محدودة، والاستهلاك في تعاظم بشكل جنوني.

والمناخ أيضاً ليس هو المسؤول عن قحولة الأرض؟ فأين الإنسان والحيوان من ذلك (الاحتطاب، الرعي الجائر... إلخ). والتغير المناخي لا يعمل ضمن نقيضين؛ فهو إما ميل للبرودة أو التسخن؟ وإما نحو الرطوبة أو الجفاف... إلخ. ولكن إن نشهد سنة الانخفاض الحراري فيها مريع، وأخرى الدفء فيها مقبول، ونُصدر حكماً على المناخ بالجليدي، أو العكس.

والتغير المناخي بتشخيصه، ينطبق فيه قول: ((المتهم بريء حتى تثبت إدانته)).

وعموماً أحداثاً جوية تحدث هنا أو هناك، ولكن حتى الآن لم يتم التأكد من وجود تغير مناخي حتى نوجه له التهمة في الأعاصير والجفاف والصقيع والحرائق، والصواعق، والسيول والفيضانات.

أولاً- مخاطر الاحترار الأرضي؟

على افتراض احترار الأرض؛ بمعنى التزايد المضطرد في درجة حرارتها، بما يرفعها نحو (2-5°م) أو أكثر (8°م حسب تقديرات بعض المغالين)، في نهاية القرن الحادي والعشرين، مما هي عليه في بدايته، فستترك عندئذ آثار كبيرة على الإنسان والبيئة بمختلف مكوناتها، وستكون نتائج ذلك كبيرة، وستتجه الكوارث المناخية إلى التعاظم، ومن أبرز وأهم المخاطر:

1- تبدل في الأنظمة الجوية، وتغير في الأنماط المناخية في عامة الأرض:

فالحركة الجوية العامة ستشتد قوة، وتتبدل معها الحركات الهوائية ضمن الحجيرات الكبرى الجوية، مع تطرف في النظم الضغطية. وسيحدث انقلابات في الأقاليم المناخية: فالمناطق القطبية القارية ستحل فيها التندرا وتصبح مقبولة نوعاً للحياة، وستعمر غرينلاند، وأطراف القارة القطبية الجنوبية. وستعاني العروض المدارية وشبه المدارية (20-40 شمال خط الإستواء وجنوبه) من الجفاف الزائد والتصحر القاتل، وستعاني القارة الإفريقية من ذلك، ومنطقة الشرق الأوسط بعالمها العربي، وستغدو مناطق المناخ البارد (50-60 شمالاً) الأكثر اعتدالاً وصلاحية للسكن وللنشاط البشري.

2- ذوبان معظم الجليديات:

سينجم عن الاحترار الأرضي بالدرجات سابقة الذكر ذوبان معظم جليديات العروض العليا القطبية وشبه القطبية (القارة القطبية الجنوبية، غرينلند، جليد المحيط المتجمد الشمالي وجزره)، وأعالي الجبال. علماً أن نحو (11%) من مساحة الأرض مغطاة بالجليد الذي يبلغ حجمه نحو (25) مليون متراً مكعباً. ونحو (50%) من جليد غرينلند والقارة القطبية الجنوبية يمكن أن يذوب إذا ما ارتفعت درجة حرارة الأرض (3°م)، ونحو (99.5%) سيذوب بارتفاع درجة الحرارة (6.5°م). ولذوبان الجليد تأثيراً كبيراً على الحركة الجوية العامة، وتزحزح النطاقات المناخية تجاه القطبين، مع ما لهذا من تأثيرات جوية كبيرة.

3- ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات:

من نتائج الذوبان الجزئي للجليديات الأرضية (ذوبان 50%) ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات نحو (2 م)، حسبما متوقع (إحدى الافتراضات إن حدثت؟) في عام (2100 م) إذا ما سارت الحرارة في وجهة الارتفاع ولم يعكسها ما يعكسها، وهذا سينجم عنه اختفاء وتغريق مساحات كبيرة من الأراضي الساحلية المنخفضة، وتملح أجزاء كبرى من الأراضي. وستختفي مدن كبرى عدة – إذا لم تتوافر لها الحماية – كما في: أمستردام، بومباي، هونغ كونغ، لوس أنجلوس، نيويورك، طوكيو، سيدني... إلخ.

4- زيادة في عدد الأعاصير ونشاطها:

نتيجة لارتفاع درجة حرارة مياه المحيطات في العروض المدارية، سيزداد تشكل الأعاصير المدارية، وستتعاظم قوتها، ويتسع مجال انتشارها، بحيث يصل نطاق تأثيرها إلى عرض (35-40 درجة)، وستغدو أكثر تدميراً.

5- ازداد نشاط وفعالية ظاهرة النينو:

مع ما تتركه من آثار كارثية في مناطق مختلفة من العالم (جفاف في مناطق، وفيضانات في أخرى...).

6- ازدياد في معدل اشتعال الحرائق في العروض الوسطى:

وذلك لتعاظم الجفاف، وتزايد الحرارة، وتكرار حدوث الصواعق مع ازدياد العواصف الرعدية.

7- عجز مائي كبير في بقاع عدة من العالم:

ستعاني مناطق عدة من العالم من مشاكل مائية، خاصة العروض التي اعتراها الجفاف والتصحر (30-40 شمالاً وجنوباً)، حيث ستشهد عجزاً مائياً كبيراً؛ ينجلي من جفاف الينابيع والأنهار الصغيرة، والبحيرات، وانخفاض في مستوى المياه الجوفية لزيادة استجرارها السطحي. وستتدنى نسبة مياه الأنهار العابرة، إن لم تجف في بعض قطاعاتها، والأرض العربية أنموذجاً لهذا العجز.

8- تغير في أنماط الحياة، وفي التنوع الحيوي (Bidiversit):

لتغير البيئات الجغرافية بسبب ما اعتراها ويعتريها من تغيرات مناخية، سيحدث تغير في أنماط الحياة، وفي التنوع الحيوي.

وليبلغ التأثير والتغيير الحياة المائية من خلال الأمطار الحامضة التي ستتزايد.

9- زيادة الأمراض السارية المنقولة بالبعوض والحشرات:

كما في الملاريا والحمى والصفراء والتهاب السحايا، والكوليرا. كما وستكثر الطفيليات في المناخ الدافئ. وستنتقل أمراض إلى مناطق لم تكن تعرفها سابقاً. وستتزايد أمراضاً كثيرة، وتتعاظم أخرى بسبب التلوث الهوائي - كما في ظاهرة الضبخان -، وستنتشر المجاعات. وسيذهب ضحية ذلك مئات الألوف سنوياً.

10- مشاكل بشرية وأزمات اجتماعية وسياسية:

من خلال المجاعات التي تتعرض لها بعض المناطق، والهجرات البشرية... وغير ذلك، مما ينعكس سلبياً على الاستقرار البشري. وهذا ما ترتب عليه انهيار حكومات بعض الدول: كما في رئيس النيجر هاماني ديوري (1974م)، وكذلك أمبراطور الحبشة هيلاسي، والرئيس الإثيوبي منغستوهيلامريام عام (1991م).

ثانياً - مخاطر التبرد الأرضي

إن الحديث عن مخاطر التبرد الأرضي، ليست بالضرورة أن تكون مخاطراً، بالمعنى الكارثي. فللتبريد إيجابيات في منطقة وسلبيات في أخرى، كما الحال في الاحترار، إلى أن إيجابيات التبريد إن لم توازي سلبياته فهي تفوقه، عكس الاحترار الأرضي.

فانخفاض معدل درجة حرارة الأرض (2-5°م) كأن يصبح معدلها (10°م) وبذا نكون في عصر جليدي - بالنسبة للعروض العليا والقريبة منها - بدلاً من (15°م) كما هو عليه الآن، سينضوي على تغيرات مناخية هامة كماً ونوعاً، بما لها من آثار بيئية، تتمثل في الآتي:

1- الانزياح في الأحزمة (النطاقات) المناخية باتجاه خط الاستواء، إذ يزداد انتشار الجليديات، وتغدو العروض شبه المدارية (25–40 درجة شمالاً وجنوباً) أوفر مطراً، وتتقلص فيها الصحاري، وهذا ما يمكن أن تعيشه معظم الأرض العربية، غير أن الصحاري الجليدية في العصور المرتفعة ستزداد، وتتمدد نحو خمس درجات عرضية تجاه خط الاستواء، لأن التبرد سيكون أكبر مما في العروض المنخفضة.

2- تغير النظم المناخية عن السائدة حالياً؛ فلو أخذنا المنطقة العربية – كمثال– وبخاصة المنتمية إلى المناخ المتوسطي، التي تتميز بصيف حار جاف، وشتاء ماطر بارد نوعاً، فسيغدو الصيف ماطراً نسبياً كما الشتاء الأوفر مطراً، مع اختلاف نسبي في طبيعة الأمطار خلال نصفي السنة، حيث يتزحزح نطاق المنخفضات الجوية الجبهية باتجاه خط الاستواء، كما ستزداد الحركات الحملانية للهواء صيفاً، بما ينتج عنها من أمطار حملانية، كحال وسط وغرب أوروبا حالياً. ورغم أن تأثير البرودة عبر الرياح الباردة التي ستشتد قوتها وتزداد تكراريتها، ستبلغ العروض المدارية (15–25)، إلا أنه في المنطقة الواقعة بين خطي عرض (15 شمالاً – 15 جنوباً)، سيكون الانخفاض الحراري محدوداً، مما سيبقي على نشاط حركات الهواء الحملانية، بما ستغدقه من أمطار وفيرة، لا تقل عما هي عليه الآن.

3- ستزداد نسبة الهطول الثلجي بشكل ملحوظ في العروض المدارية الوسطى، (خلف الدائرة العرضية 40 درجة)، وسيطغى على العروض المرتفعة، وتزداد فترة هطوله، مع انخفاض ملحوظ في حرارة الصيف، وضعف في عملية ذوبان الثلج، مما يزيد من تراكمه وتحوله إلى جليد. غير أن كمية الهطول المطري والمكافئ الثلجي له، تتدنى عموماً في العروض الواقعة خلف خط عرض (50) درجة شمالاً وجنوباً، لتناقص طاقة الهواء البارد على حمولة بخار الماء. كما تتدنى نسبة المياه المتبخرة إلى الجو لانخفاض درجة الحرارة.

وسيمتد هطول الثلج في بعض السنوات إلى العروض المدارية – حتى عرض (20) درجة –، وسيتدنى مستوى خط الثلج الدائم في كافة الجبال على اختلاف عروضها ومواقعها.

4- ستقل عموماً الأعاصير المدارية عدداً وفعالية، وستتقلص مناطق تأثيرها وانتشارها، بحيث لا تتجاوز خط عرض (25) بعد أن كان تبلغ خط عرض (35). غير أن أعاصير العروض شبه المدارية (المنخفضات الجبهية) ستزداد عدداً وفعالية، وستترافق برياح شديدة تقترب في بعضها من السرعة الإعصارية. وستنشط أعاصير التورنادو، مع انزياح لمناطقها نحو خط الاستواء بنحو خمس درجات عرضية.

5- سينخفض منسوب سطح البحار والمحيطات بنحو (0.5 – 2 م) بسبب تراكم الجليديات فوق مساحات شاسعة من الأرض.

6- لن تسلم الأرض من التدهور البيئي في بعض عروضها الجغرافية، بسبب التبرد، إذ تتغير البيئات الجغرافية، وخاصة الحيوية، فستختفي نباتات من عروض داهمها الجليد والبرد القارس، وستزدهر في أخرى، كما ستنقرض حيوانات لعدم قدرتها التكيف مع البيئة المناخية الجديدة، وسترتحل أخرى إلى عروض ملائمة لها مما سيشكل ضغطاً بيئياً على العروض المعتدلة، وبخاصة شبه المدارية منها، والمدارية. وقد تكون المجاعات الناتجة عن التبريد أكثر مما هي ناتجة عن الاحترار الأرضي. وستظهر أمراض وآفات، وتتلاشى أخرى.

7- ستغدو مرة أخرى دول العروض شبه المدارية والمدارية – التي ستصبح سلة الغذاء الرئيسية العالمية – في مرمى دول العروض الوسطى والعليا ذات التاريخ الاستعماري، بالعودة إلى التدخل المباشر في تلك الدول لتأمين حاجات مواطنيها، مما سيزيد فيها من المشاكل السياسية والاضطرابات والانهيارات في الأنظمة، مما سينعكس سلباً على شعوبها، لينطبق على ذلك القول التالي: رب نافعة ضارة، وعسى أن تحبوا شيئاً وهو شرٌ لكم.

8- ستغدو المياه السطحية أكثر وفرة، وستكثر الأنهار الجارية، إذ تتحول العديد من الأودية السيلية إلى دائمة الجريان، وستتفجر المزيد من الينابيع، ويزداد عدد البحيرات الطبيعية في مناطق عدة من العروض الوسطى وشبه المدارية والمدارية.

9- سينجم عن التبرد المزيد من التبرد، بفعل زيادة عاكسية سطح الأرض للأشعة الشمسية من السطوح التي غطيت بالجليد، وهذا ما سيسهم في زيادة طول الفترة الجليدية، إلى أن يأتي اليوم الذي تزداد فيه فعالية الاحترار الأرضي، استناداً إلى آلية التغذية الاسترجاعية.

10-ستنعم السواحل المتوسطية والمدارية بأجواء أكثر ملاءمة لسياحة الاصطياف والاشتاء، مما يضمن في ذلك زيادة في الموارد المستمدة من قطاع السياحة، وبخاصة سواحل البحر المتوسط الجنوبية، وكذلك سواحل البحر الأحمر، والبحار العربية الجنوبية.

المـراجـــع

1- المراجع باللغة العربية:

1. أبو العز، محمد صفي الدين، تقلبات المناخ العالمي. الكويت، 1980.
2. ابو العينين، حسن سيد، أصول الجغرافية المناخية، الدار الجامعية، بيروت، 1981.
3. شحادة، نعمان، علم المناخ المعاصر، الطبعة الأولى، دار القلم للنشر والتوزيع، دبي، 1998.
4. العرود، إبراهيم، مبادئ المناخ الطبيعي، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان،1997.
5. موسى، علي حسن، التغيّرات المناخية، دار الفكر، دمشق، (1988م).
6. موسى، علي حسن، المناخ المتغيّر: علمنة أم عولمة، دمشق، (2011م).
7. موسى، علي حسن، الاحتباس الحراري، الطبعة الأولى، دار دمشق للطباعة والنشر، دمشق، 2007.
8. موسى، علي حسن والموسى، فواز أحمد، «المناخ العملي». دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2024.
9. موسى، علي حسن والموسى، فواز أحمد، « علم المناخ المعاصر». دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2024.
10. موسى، علي حسن والموسى، فواز أحمد، « الكوارث الطبيعية». دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2024.
11. الموسى، فواز أحمد، جغرافية المخاطر والكوارث الطبيعية. جامعة حلب، حلب، 2017

12. الموسى، فواز أحمد، جغرافية المناخ 1. جامعة حلب، حلب، 2023

13. هـ. هـ. لامب، التغيرات المناخية وإنتاج الغذاء، ترجمة طه محمد جاد، سلسلة علمية تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، 1982.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

1. - Ahrens, C. D, «Meteorology Today». New York, 1994.
2. - Henderson - Sellers, A & Robinson, P. J; «Contemporary Climatology». Longman Group Ltd, England, 1987.
3. - Lamb, H. H, «climate, Present, Past and Future». Vol. 2, Climate History and the Future, London, 1977.
4. - Maslin, M; «Global Warming». Colin publication, Scotland, 2003.
5. - Parken, D. H, «Climate the Earth, Through the Times and Ages». London, 2017.
6. Bardsley, D.K. and Sweeney, S.M. 2010, Guiding Climate Change Adaptation Within Vulnerable Natural Resource Management Systems, Environmental Management, 45, 1127-1141.
7. Budyko, M; «The Effect of Solar Radiation on the Climate of the Earth». Tillus, 1969.
8. Calder. N; «The Weather Machine». New York, Viking Press, 1974.
9. Crowley, T. J. 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. Science, 289, 270–7.
10. Crowley, T. L. and North, G. R. 1991. Paleoclimatology. Oxford: Oxford University Press.
11. Dessler, Andrew E. and Edward A. Parson, eds. The science and politics of global climate change: A guide to the debate (Cambridge University Press, 2019).
12. Farmer GT, Cook J (2013) Climate change science: a modern synthesis. Springer, Dordrecht
13. Garnaut, R 2008, The Garnaut Climate Change Review – Final Report, Commonwealth of Australia, Cambridge University Press, Melbourne.
14. Hoffert M.I & Flannery, B.P; «Model projections of the Time – Dependendent response to Increasing Carbon Dioxide». DOE / ER – 0237, CO2, December, 1985, p. 174.
15. IPCC AR5 (2013) Climate change 2013: the physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC 5th assessment report.
16. Luther, F.M; «Projecting the Climatic Effects of Increasinh Carbon Dioxide: Volume Summary». DOE / ER – 0237, CO2, December, 1985. P. 266.
17. Wang, W-Ch, & others; «Potential climatic effects of Perturbations others than Carbon Dioxide» DOE / ER – 0237, CO2, December, 1985, p. 193.

# الفصل الثالث

## التغير المناخي والهندسة المناخية

أ. د. فواز أحمد الموسى

أصبحت التغيرات المناخية من أكبر التحديات التي تهدد استدامة كوكب الأرض وتؤثر بشكل عميق على الحياة البشرية والبيئية. ورغم الجهود العالمية المتواصلة لمكافحة هذا التحدي، ما زال العالم يواجه صعوبة بالغة في تحقيق أهدافه المناخية المنشودة، كما يتضح من التأثيرات السلبية المتزايدة مثل الارتفاع غير المسبوق لدرجات الحرارة، زيادة وتيرة الكوارث الطبيعية (كالفيضانات والجفاف وحرائق الغابات)، تدهور النظم البيئية، وارتفاع مستويات البحر. في هذا السياق، أصبح من الواضح أن الطرق التقليدية لمكافحة التغير المناخي، التي تركز بشكل أساسي على الحد من الانبعاثات الكربونية وتعزيز الطاقة النظيفة، غير كافية بمفردها للحد من الآثار الكارثية للتغير المناخي.

علاوة على ذلك، رغم الجهود الدولية المبذولة من خلال اتفاقيات مثل اتفاقية باريس، التي تهدف إلى تقليل الانبعاثات بشكل جماعي، فقد تبين أن هناك تحديات سياسية واقتصادية واجتماعية كبيرة تحول دون تحقيق التقدم الكافي في هذا الاتجاه. فبعض الدول الكبرى لم تلتزم بالكامل بتخفيض الانبعاثات، بينما تعاني الدول النامية من عقبات تكنولوجية ومالية تحول دون تنفيذ حلول مستدامة على أرض الواقع. هذه الظروف أظهرت بوضوح الافتقار إلى التوافق الدولي الفعلي والتعاون بين الدول لمواجهة هذا التحدي المشترك.

لقد بدأت الجهود الدولية لمكافحة التغير المناخي بشكل ملموس منذ توقيع اتفاقية كيوتو في عام 1997، التي كانت بمثابة نقطة انطلاق للعالم في مواجهة التغيرات المناخية. اتفاقية كيوتو وضعت أول التزامات قانونية ملزمة للدول الصناعية لخفض انبعاثاتها من غازات الدفيئة، ولكن التنفيذ كان محدودًا، حيث فشلت بعض الدول الكبرى مثل الولايات المتحدة في التصديق على الاتفاقية، بينما كانت الدول النامية خارج نطاق هذه الالتزامات. وكانت نتائج كيوتو بشكل عام غير كافية لتحقيق الهدف الأساسي من الاتفاقية وهو الحد من الاحترار العالمي.

ثم جاءت مؤتمرات "كوب" (COP) السنوية لتعزز من التفاعل الدولي في مواجهة هذه الأزمة. من أبرز تلك المؤتمرات كان مؤتمر كوب 15 الذي عُقد في كوبنهاجن في عام 2009، والذي شهد تعثرًا كبيرًا في الوصول إلى اتفاق ملزم بين الدول الكبرى، رغم التوقعات العالية بوجود اتفاق عالمي ملزم للحد من الانبعاثات. في ذلك المؤتمر، تم الاتفاق بشكل غير ملزم على ضرورة تقليص الاحترار العالمي إلى أقل من 2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، ولكن من دون آلية تنفيذية فعّالة. هذا المؤتمر أظهر الهوة الكبيرة بين الدول الصناعية والدول النامية حول مسؤوليات الحد من التغير المناخي.

وفي مؤتمر كوب 21 الذي عُقد في باريس عام 2015، كان هناك تقدم ملحوظ من خلال اتفاق باريس، الذي دخل حيز التنفيذ في نوفمبر 2016. هذا الاتفاق لم يفرض التزامات قانونية ملزمة على الدول، ولكنه وضع إطارًا طموحًا للحد من الانبعاثات وتعزيز قدرة الدول على التكيف مع آثار التغير المناخي. كانت توصية المؤتمر الأساسية هي أن يتعهد كل دولة بتقديم أهداف تخفيض الانبعاثات بشكل طوعي ومتزايد، مع مراجعة هذه الأهداف كل خمس سنوات، وذلك بهدف الوصول إلى هدف "الحد من الاحترار" إلى أقل من 1.5 درجة مئوية. إلا أن الانسحاب الأمريكي من الاتفاق في عام 2017، فضلاً عن ضعف التنفيذ من بعض الدول الأخرى، كشف عن التحديات المستمرة في الوصول إلى توافق دولي حقيقي.

وفي مؤتمر كوب 26 الذي عُقد في غلاسكو عام 2021، تم التأكيد مرة أخرى على أهداف اتفاق باريس، مع تأكيد على ضرورة الحد من الانبعاثات بشكل أسرع. وركز المؤتمر على قضايا مثل التمويل المناخي للدول النامية، وخفض استخدام الفحم، وتحفيز الاستثمار في الطاقة النظيفة. التوصيات الرئيسية كانت تتمثل في ضرورة توجيه المزيد من الاستثمارات للدول النامية لتمكينها من تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة وتحسين تقنيات إزالة الكربون، بالإضافة إلى التأكيد على تسريع التحول نحو الاقتصادات الخضراء. كما تمت الدعوة إلى تعزيز العدالة المناخية بحيث تتحمل الدول الصناعية المسؤولية الأكبر في تمويل إجراءات التكيف والتخفيف في البلدان الأكثر تعرضًا لمخاطر التغير المناخي.

أما في مؤتمر كوب 27 الذي عُقد في شرم الشيخ عام 2022، فقد كانت النتائج واضحة في التأكيد على التعاون الدولي بشكل أكثر وضوحًا، خاصة بعد استحداث صندوق الخسائر والأضرار الذي يهدف إلى مساعدة الدول النامية المتأثرة بتغير المناخ على التكيف مع تداعياته. وقد أظهر هذا المؤتمر أهمية العدالة المناخية من خلال تقديم الدعم المالي والتقني للبلدان الأكثر عرضة لآثار التغير المناخي، وهو ما يمثل خطوة هامة نحو تحسين التعاون بين الدول المتقدمة والدول النامية.

وفيما يتعلق بـ مؤتمر كوب 28 في دبي عام 2023، فقد تم التركيز على تحقيق التقدم في أهداف الطاقة النظيفة وتسريع الانتقال إلى الطاقة المتجددة، مع التأكيد على العمل الجماعي بي ن الحكومات والشركات والمجتمع المدني. ومن أهم ما تم تحقيقه في هذا المؤتمر كان التحقيق في الشراكات التكنولوجية التي تهدف إلى خفض الانبعاثات وتحقيق أهداف المناخ بحلول عام 2030. كما ركز المؤتمر على ضرورة تمويل الانتقال إلى اقتصادات خضراء، وإشراك القطاع الخاص في تمويل الحلول المناخية المستدامة.

وفي مؤتمر كوب 29 الذي عقد في باكو، أذربيجان في نوفمبر 2024، من المتوقع أن يشهد المؤتمر تأكيدًا على تعزيز تمويل المناخ، حيث سيتم الاتفاق على زيادة تمويل المناخ من 100 مليار دولار سنويًا إلى 300 مليار دولار سنويًا بحلول عام 2035. كما من المتوقع أن يكون هناك تركيز أكبر على الابتكار التكنولوجي في مجالات مثل الطاقة المتجددة وإزالة الكربون، بالإضافة إلى مناقشة مشاركة القطاع الخاص في تمويل الحلول المناخية المستدامة، مما يعزز من الزخم الدولي في التصدي لأزمة التغير المناخي.

ورغم كل هذه المؤتمرات، ما زالت هناك فجوات كبيرة بين الالتزامات المعلنة والنتائج الفعلية على الأرض، سواء أكان من حيث التمويل أم التنفيذ. توصيات المؤتمرات المختلفة كانت تشير دائمًا إلى ضرورة التعاون الدولي والضغط على الدول الكبرى للوفاء بتعهداتها المناخية. ولكن، بسبب التحديات السياسية والاختلافات الاقتصادية، تبقى الجهود الدولية في مجملها غير كافية لمواجهة التغير المناخي بشكل فعّال وملموس.

وفي ضوء هذا التحدي المستمر، تشير الدراسات إلى أنه سيكون من الضروري التحول إلى حلول مبتكرة ومن هنا، بدأ العديد من العلماء والخبراء في البحث عن حلول مبتكرة وفعالة للمساعدة في تقليل الآثار السلبية لهذه الظاهرة العالمية. في هذا السياق، ظهرت هندسة المناخ أو الهندسة الأرضية "climate engineering" or "geoengineering" كمنهج علمي مبتكر يهدف إلى تعديل أو تلطيف المناخ المحلي أو الإقليمي من خلال التدخل في بعض العوامل الطبيعية التي تؤثر على النظام المناخي للأرض. تشمل هذه التدخلات مجموعة من التقنيات مثل تعديل السحب "cloud modification" لزيادة أو تقليل الأمطار، حقن الجسيمات العاكسة "aeroso l injection" في الطبقات العليا من الغلاف الجوي لزيادة الانعكاس الشمسي، بالإضافة إلى زراعة النباتات والطحالب "algae and plant cultivation" التي تمتاز بقدرتها على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون. هذه الحلول توفر إمكانات سريعة للتخفيف من بعض الآثار السلبية للتغير المناخي، مما قد يساعد في تقليل سرعة الاحترار العالمي حسب زعمهم.

ومع ذلك، فإن اللجوء إلى الهندسة المناخية ليس مجرد حلاً سحريًا، بل هو مسعى علمي معقد يتطلب دراسات دقيقة للآثار الجانبية المحتملة والانعكاسات البيئية والسياسية. ورغم التقدم الذي أحرزته بعض الأبحاث، يبقى هذا المجال محط نقاش علمي وأخلاقي واسع، حيث تثار العديد من الأسئلة حول إمكانية التحكم في هذه التقنيات ومدى تأثيرها طويل الأمد على كوكب الأرض. لذلك، فإنه من الضروري تكثيف البحث العلمي في هذا المجال لضمان التوازن بين الفوائد البيئية المحتملة والمخاطر غير المتوقعة.

تعد الهندسة الأرضية اليوم أحد الخيارات المتاحة في مواجهة التغير المناخي، ويعكس هذا التحول في التفكير العلمي سعيًا حثيثًا من قبل المجتمع الأكاديمي والبحثي نحو إيجاد حلول قابلة للتطبيق، تسهم في التصدي للتحديات المناخية العميقة التي تواجه البشرية.

تُعد الهندسة المناخية مجالًا ناشئًا يتضمن مجموعة من التقنيات والابتكارات التي تهدف إلى تعديل أو تحسين المناخ على كوكب الأرض بشكل مباشر، بهدف التخفيف من تأثيرات التغير المناخي أو حتى عكس بعض آثاره. وقد ظهرت هذه التقنيات كمحاولة لمواجهة الفشل في الوصول إلى التقدم الكافي عبر الحلول التقليدية مثل تقليص الانبعاثات الغازية أو تعزيز الإجراءات الدولية المنسقة. على الرغم من أن الهدف الأساسي للهندسة المناخية هو تقليل الاحترار العالمي والتصدي لأزمة التغير المناخي، إلا أن هذه التقنيات تتراوح بين مقترحات مؤقتة قابلة للتطبيق على المدى القصير، إلى حلول دائمة تسعى إلى التفاعل مع البيئة بشكل مستدام.

تشير الهندسة المناخية إلى مجموعة من التدخلات التقنية المُقترحة لمواجهة تغير المناخ، إما عبر تقليل تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي أو عكس آثار الاحتباس الحراري عبر تعديل الأنظمة المناخية. وتُصنف هذه التقنيات عادةً إلى فئتين رئيسيتين هما: إزالة ثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide Removal - CDR) وإدارة الإشعاع الشمسي (Solar Radiation Management - SRM)، لكل منهما آليات وأهداف مختلفة لمواجهة تغير المناخ.

أولاً – إزالة ثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide Removal - CDR):

تتنوع تقنيات "إزالة ثاني أكسيد الكربون" ضمن مجموعة من الحلول التي تهدف إلى إزالة أو امتصاص "ثاني أكسيد الكربون" من "الغلاف الجوي" وتخزينه في أماكن دائمة أو قابلة للاستخدام. تشمل هذه التقنيات تقنيات الامتصاص البيولوجي مثل "زراعة الأشجار" "afforestation" و"استخدام النباتات والطحالب" "plants and algae" لامتصاص "CO2"، بالإضافة إلى تقنيات "التخزين الجيولوجي" "geological storage" حيث يتم حقن "CO2" في طبقات الصخور تحت سطح الأرض. ومن الحلول الأخرى "الامتصاص الكيميائي" "chemical absorption" و"التخزين الحيوي" "biological storage"، وكذلك "الاحتجاز المباشر للهواء" "direct air capture" وهي عملية تكنولوجية لالتقاط "CO2" من الهواء وعزله. كل من هذه التقنيات يهدف إلى تقليل تراكم "ثاني أكسيد الكربون" في الغلاف الجوي، وبالتالي تقليل آثار التغير المناخي من خلال الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري. بالرغم من أن معظم هذه التقنيات لا تزال في مراحل تطوير واختبار، إلا أنها تمثل أملًا كبيرًا في مواجهة التحديات البيئية العالمية.

1- التقنيات البيولوجية:

تعتمد على استخدام "النباتات" و"الطحالب" لامتصاص "ثاني أكسيد الكربون" من الهواء، وهي عملية طبيعية تحدث أثناء التمثيل الضوئي، حيث تقوم النباتات بتحويل "ثاني أكسيد الكربون" إلى كتلة حيوية. تشمل هذه الفئة أيضًا مشاريع زراعة الأشجار التي تعمل على تخزين الكربون لفترات طويلة من خلال النمو النباتي. تُعد هذه التقنيات من أقدم وأبسط الحلول البيئية للتصدي لارتفاع مستويات غازات الدفيئة، ولها عدة تطبيقات رئيسة:

أ. الزراعة والتشجير: تعد زراعة الأشجار من أبرز الحلول البيولوجية حيث تقوم الأشجار بامتصاص "ثاني أكسيد الكربون "خلال عملية التمثيل الضوئي، وهي عملية تحول فيها الأشجار "ثاني أكسيد الكربون" إلى كتلة حيوية (مثل الخشب). يتم تخزين الكربون بشكل دائم في الأشجار لمدة حياتها أو حتى يتم تحللها.

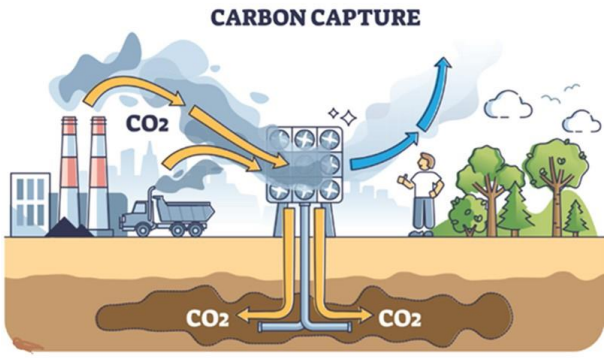
كما أن تشجير الأراضي وإعادة تأهيل الغابات يمكن أن يساعد في تحسين قدرة الأرض على امتصاص الكربون، خاصة في المناطق التي كانت غاباتها قد تم تدميرها أو تدهورها.

ب- استخدام المحيطات والطحالب: الطحالب البحرية، خاصة في المحيطات، تعد من أكبر الأحواض الطبيعية لامتصاص الكربون .تستخدم الطحالب عملية التمثيل الضوئي لتحويل "ثاني أكسيد الكربون" إلى كتلة حيوية .فعندما تموت الطحالب، يترسب الكربون في المحيط. وبعض المشاريع تهدف إلى تسميد المحيطات بالحديد لتحفيز نمو الطحالب، مما يعزز قدرة المحيط على امتصاص الكربون. الفكرة وراء هذه التقنية هي أن إضافة الحديد إلى المحيطات يعزز نمو الطحالب الصغيرة التي تقوم بامتصاص كميات كبيرة من الكربون أثناء حياتها.

ج- الزراعة الزراعية: الزراعة المعززة للكربون هي أسلوب يستخدم النباتات في الزراعة بهدف زيادة قدرة التربة على تخزين الكربون، وذلك من خلال تحسين خصائص التربة ورفع قدرتها على احتجاز "ثاني أكسيد الكربون". تشمل هذه الأساليب التسميد العضوي والتنوع النباتي، مما يساعد على تحسين صحة التربة وتعزيز قدرة النباتات على امتصاص الكربون من الجو.

تتمثل أبرز فوائد التقنيات البيولوجية في كونها حلولًا طبيعية ومستدامة، حيث تعتمد على العمليات البيئية التي تحدث بشكل طبيعي. كما أنها توفر إمكانيات لتخفيف التغير المناخي من خلال تقليل تراكم غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. ومع ذلك، يواجه تنفيذ هذه التقنيات تحديات تتعلق بالمساحة اللازمة والموارد التي يجب تخصيصها لتحقيق نتائج فعّالة.

2- التخزين الجيولوجي:




تعد هذه التقنية من أساليب إزالة الكربون (CDR)ذات الإمكانيات الكبيرة، حيث ت هدف إلى تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون بشكل آمن ودائم في مواقع جيولوجية مستدامة، لمنع هذا الغاز من العودة إلى الجو والمساهمة في الاحتباس الحراري. وتتم العملية عادة على النحو التالي:

أ- الاحتجاز: يُجمع ثاني أكسيد الكربون من مصادر انبعاثه مثل محطات الطاقة أو الصناعات الثقيلة باستخدام تقنيات الاحتجاز المباشر .ثم يُنقل الغاز عبر خطوط الأنابيب إلى مواقع التخزين الجيولوجي.

ب- الحقن: يتم حقن ثاني أكسيد الكربون في طبقات الصخور الجوفية العميقة، غالبًا في خزانات جيولوجية أو طبقات من الصخور المسامية التي تكون مغلقة بطبقات غير نفاذة من الصخور، مثل الطين أو الملح،

التي تمنع تسرب الغاز إلى السطح. هذه الطبقات توفر بيئة مستقرة لاحتجاز الغاز لمدة طويلة جدًا، تتراوح من مئات إلى آلاف السنين.

ج- التخزين الدائم: بمجرد أن يُحتجز الغاز في الطبقات الجيولوجية، يصبح مُخزنًا بشكل دائم، حيث لا يعود إلى الغلاف الجوي. وهناك أنواع عدة من المواقع التي يمكن استخدامها للتخزين، مثل:

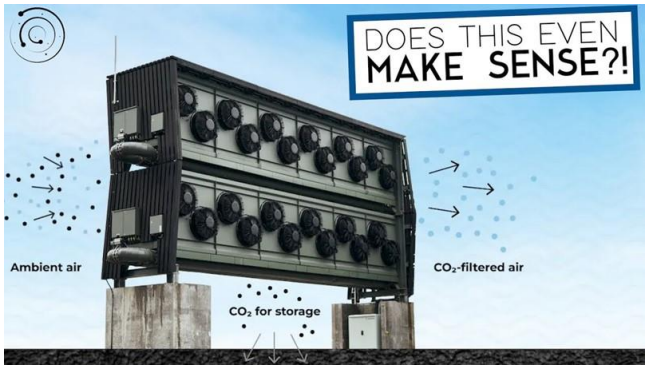
- حقول النفط والغاز الجافة :حيث يتم حقن الغاز في مواقع كانت تحتوي على النفط أو الغاز الطبيعي.
- خزانات المياه المالحة :وهي طبقات تحتوي على مياه مالحة، ولا تحتوي على نفط أو غاز، مما يجعلها مناسبة لتخزين ثاني أكسيد الكربون.
- الطبقات الفحمية :طبقات الفحم التي تحتوي على "الفحم (Coal) "يمكن أن تحتفظ أيضًا بكميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون.

يعتبر التخزين الجيولوجي واحدًا من أكثر الحلول فعالية لاحتجاز كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، حيث يتيح تخزين الغاز على المدى الطويل. ويسهم في الحد من الاحتباس الحراري عبر تقليل تراكم الغازات الدفيئة في الجو. ويمكن تطبيقه على نطاق واسع في المواقع الجيولوجية المناسبة التي توجد بكميات كبيرة حول العالم.

يتطلب استثمارات مالية ضخمة لتطوير البنية التحتية اللازمة، مثل خطوط الأنابيب والمعدات الخاصة. كما أن هناك مخاوف من التسرب :على الرغم من أن مواقع التخزين تُعتبر آمنة على المدى الطويل، إلا أن التسريبات المحتملة من الغاز إلى الغلاف الجوي قد تشكل تهديدًا إذا لم تتم الإدارة بشكل صحيح. وقد تواجه مشاريع التخزين الجيولوجي مقاومة من المجتمعات المحلية بسبب القلق بشأن تأثيرات البيئة والصحة.

3- الاحتجاز المباشر للهواء:

الاحتجاز المباشر للهواء (Direct Air Capture - DAC) هو تقنية حديثة تهدف إلى إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي بشكل مباشر، دون الحاجة إلى مصدر انبعاث معين مثل محطات الطاقة أو الصناعات الثقيلة. هذه التقنية تركز على التقاط ثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط بشكل عام باستخدام مواد كيميائية خاصة تقوم بامتصاصه، ثم يتم تخزينه في خزانات أو يتم تحويله إلى مواد أخرى يمكن استخدامها أو معالجتها. هذه التقنية تعتبر إحدى الحلول الحديثة التي يتم تطويرها بشكل مستمر. مما يتيح إمكانية خفض تركيزات الكربون في الغلاف الجوي على مستوى عالمي.




تبدأ العملية باستخدام أنظمة تمتص الهواء باستخدام مواد كيميائية أو مواد تمتص الكربون. يتم سحب الهواء من البيئة المحيطة عبر مراوح ضخمة أو أنظمة شفط لتمريره عبر مواد امتصاصية متخصصة، والتي يمكن أن تكون أملاحًا قلوية أو محاليل كيميائية تمتص "ثاني أكسيد الكربون".

بعد أن يتم امتصاص "ثاني أكسيد الكربون" من الهواء، يتم فصل الغاز عن المواد الممتصة باستخدام الحرارة أو الضغط، ثم يتم ضغطه وتحويله إلى شكل سائل. هذا الغاز يتم تخزينه في خزانات تحت الأرض (مواقع تخزين جيولوجي) أو يمكن تحويله إلى منتجات مفيدة مثل الوقود الاصطناعي أو مواد البناء.

يمكن استخدام ثاني أكسيد الكربون الذي يتم جمعه بعد الاحتجاز المباشر في تطبيقات متعددة، مثل تحويله إلى وقود صناعي من خلال تقنيات التحويل الكربوني أو المنتجات الكيميائية التي تستخدم "ثاني أكسيد الكربون" كمادة خام. كما يمكن تخزينه بشكل دائم في طبقات جيولوجية.

تتميز هذه التقنية بفعالية عالية في تقليص مستويات ثاني أكسيد الكربون: يمكن استخدام هذه التقنية لإزالة "ثاني أكسيد الكربون" بشكل مستمر من الهواء، مما يجعلها أداة قوية في مكافحة التغير المناخي. ويمكن تنفيذ هذه التقنية في أي مكان حول العالم، حيث لا تتطلب وجود مصادر انبعاث محددة مثل محطات الطاقة. ويمكن تخزين الغاز الذي يتم امتصاصه بشكل دائم أو استخدامه في صناعات مختلفة، مثل الوقود الاصطناعي أو مواد البناء.

ولكن هناك تحديات أمام هذه التقنية تتمثل بالتكلفة العالية، حيث تعتبر هذه التقنية مكلفة من حيث الاستثمار الأولي، حيث يتطلب بناء أنظمة ضخمة ومعقدة لاستخراج الغاز وتخزينه أو تحويله إلى منتجات أخرى. وكذلك تحتاج عملية فصل "ثاني أكسيد الكربون" عن المواد الممتصة إلى طاقة كبيرة، مما يجعل من المهم أن يتم تزويد هذه الأنظمة بمصادر طاقة متجددة لتقليل التأثير البيئي. ورغم نجاح التقنيات في المشاريع التجريبية، فإن تطبيقها على مقياس عالمي يتطلب وقتًا طويلًا واستثمارات ضخمة، بالإضافة إلى تطوير تقنيات أكثر فعالية من حيث التكلفة.

4- التقنيات الكيميائية:

تعتمد على استخدام تفاعلات كيميائية لامتصاص أو تحويل "ثاني أكسيد الكربون" من الغلاف الجوي أو من مصادر انبعاثه. تتمثل هذه التقنيات في عمليات كيميائية متنوعة تهدف إلى فصل ثاني أكسيد الكربون عن الغازات الأخرى وتحويله إلى مركبات ثابتة يمكن تخزينها أو استخدامها في صناعات أخرى. وتشمل هذه التقنيات عدة طرق رئيسية:

أ- الامتصاص الكيميائي: الامتصاص الكيميائي هو عملية يتم خلالها امتصاص ثاني أكسيد الكربون بواسطة محاليل كيميائية خاصة تُعرف بـ"المذيبات". يمكن لهذه المذيبات أن تكون أمينات أو أملاح قلوية، وهي تتفاعل مع "ثاني أكسيد الكربون" لتشكيل مركبات كيميائية ثابتة.

- التفاعل مع الأمينات :يتم امتصاص "ثاني أكسيد الكربون" عبر تفاعل مع الأمينات، وهي مواد كيميائية تحتوي على مجموعة أمين .(-NH2) في هذه العملية، يتفاعل الأمين مع "ثاني أكسيد الكربون" لتشكيل مركب كربامات، ثم يتم إعادة تدوير المذيبات بإضافة حرارة لفصل ثاني أكسيد الكربون عن المذيبات وتخزينه أو تحويله.

- التفاعل مع المحاليل القلوية :يمكن أيضًا امتصاص ثاني أكسيد الكربون باستخدام محاليل القلويات مثل هيدروكسيد الصوديوم، حيث يتفاعل الغاز مع المحلول لتكوين بيكربونات الصوديوم .بعد ذلك، يمكن تحرير ثاني أكسيد الكربون عن طريق تسخين المحلول.

ب- التفاعلات الكيميائية التحويلية:

تتضمن هذه التقنية تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى مواد كيميائية أو وقود صناعي يمكن استخدامه في الصناعات المختلفة. تتعدد العمليات التحويلية التي تستخدم "ثاني أكسيد الكربون" كمادة خام، بما في ذلك:

- تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى وقود :يمكن استخدام الطاقة المتجددة لتحويل "ثاني أكسيد الكربون" إلى وقود اصطناعي مثل الميثان أو الميثانول عبر التفاعلات الكيميائية .يتطلب ذلك طاقة عالية ولكن يمكن أن يساعد في تقليل انبعاثات الكربون من خلال استخدام الوقود المنتَج.
- تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى مواد كيميائية :يمكن أيضًا استخدام ثاني أكسيد الكربون لإنتاج منتجات كيميائية مثل اليوريا، التي تستخدم في الأسمدة، أو البولي كربونات، وهو مادة بلاستيكية تستخدم في صناعة العديد من المنتجات.

ج- التفاعل مع المعادن:

في هذه التقنية، يتم استخدام معادن معينة مثل المغنيسيوم أو الحديد لامتصاص "ثاني أكسيد الكربون" وتحويله إلى كربونات معدنية مستقرة. تتم هذه العملية عن طريق تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع المعادن لتكوين الكربونات المعدنية، وهي مركبات مستقرة يمكن تخزينها لفترات طويلة.

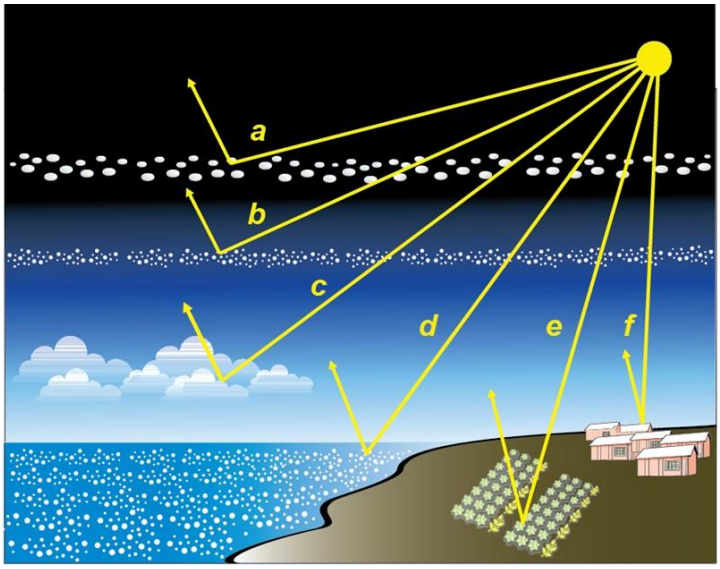
- التفاعلات المعدنية الكربونية :يتم في هذه العملية تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع المعادن تحت ظروف معينة مثل الحرارة أو الضغط، لتكوين معادن كربونية مثل كربونات المغنيسيوم .هذه الطريقة تُعد من الحلول طويلة الأجل لأنها توفر تخزينًا دائمًا للغاز في شكل مواد صلبة.

تقدم التقنيات الكيميائية أسلوبًا فعالًا لاستخلاص ثاني أكسيد الكربون من الهواء أو من مصادر الانبعاثات، حيث يمكن تطبيقها على نطاق واسع. بالإضافة إلى إزالة الكربون، يمكن تحويل "ثاني أكسيد الكربون" إلى مواد قابلة للاستخدام مثل الوقود الاصطناعي أو المواد الكيميائية، مما يعزز القيمة الاقتصادية لهذه التقنيات.

ومن التحديات التي تواجه هذه التقانة أن العديد من التقنيات الكيميائية تتطلب كميات كبيرة من الطاقة لفصل أو تحويل ثاني أكسيد الكربون، مما قد يقلل من فعاليتها إذا لم يتم استخدام طاقة متجددة. وكذلك تكلفة هذه العمليات مرتفعة للغاية، خاصة فيما يتعلق بإنتاج الوقود الاصطناعي أو تحويل المواد الكيميائية.

ثانياً – إدارة الإشعاع الشمسي (Solar Radiation Management - SRM)

هي تقنية من تقنيات الهندسة المناخية تهدف إلى تقليل الاحتباس الحراري عن طريق تعديل كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض. تعمل هذه التقنية على زيادة انعكاس أو تشتيت الإشعاع الشمسي الذي يدخل الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى تقليل كمية الحرارة التي تمتصها الأرض وبالتالي تقليل ارتفاع درجة الحرارة الناتج عن التغير المناخي.




تستند إدارة الإشعاع الشمسي إلى الفكرة البسيطة التي مفادها أن الإشعاع الشمسي يشكل المصدر الرئيسي للحرارة على سطح الأرض، حيث يشكل حوالي 99% من الطاقة التي تستقبلها الأرض. عندما يتم تعديل كمية الإشعاع الشمسي أو توزيعه بطريقة معينة، يمكن تقليل الاحترار الناتج عن تأثير غازات الدفيئة (Greenhouse Gases). تتمثل هذه التقنيات في عدة طرق تطبيقية معروفة تحت مسمى التقنيات الخاصة بإدارة الإشعاع الشمسي، والتي تتراوح بين التدخل في الغلاف الجوي عبر حقن الجسيمات إلى تعديل سلوك السحب أو تغيير في بعض خصائص سطح الأرض.

1. حقن الجسيمات في الستراتوسفير (Stratospheric Aerosol Injection - SAI): تتضمن هذه التقنية حقن جسيمات دقيقة مثل كبريتات الهيدروجين Sulfur Dioxide أو كبريتات الكالسيوم Calcium Sulfate، في الستراتوسفير (الطبقة الثانية من الغلاف الجوي). تعمل على تشتيت وانعكاس الإشعاع الشمسي، مما يحد من كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح الأرض ويخفض درجة حرارة الأرض على المدى القصير.

عندما يتم حقن كبريتات الهيدروجين في الستراتوسفير، تتفاعل هذه الجسيمات مع الأشعة فوق البنفسجية، مما يؤدي إلى تشكيل قطرات حمض الكبريتيك (Sulfuric Acid) الدقيقة التي تترسب في الستراتوسفير. هذه القطرات تعمل على تشتيت الأشعة الشمسية، وتقليل كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح الأرض. في الواقع، فإن جسيمات الكبريت تتصرف بنفس الطريقة التي تعمل بها الانفجارات البركانية الكبرى. فعلى سبيل المثال،

ثوران بركان مونت بيناتوبو عام 1991 أسفر عن إطلاق كميات ضخمة من الكبريت إلى الستراتوسفير، مما أسهم في تبريد الكرة الأرضية بمقدار 0.5 درجة مئوية تقريبًا لمدة عامين، مما يثبت فعالية هذه التقنية في تقليل درجة الحرارة على المدى القصير.

تتمثل التأثيرات المحتملة لتقنية حقن الجسيمات في الستراتوسفير في مجموعة من المخاطر البيئية والمناخية والاجتماعية. على الصعيد البيئي، قد تؤدي هذه التقنية إلى تدمير جزئي لطبقة الأوزون، مما يعزز من تعرض الأرض للأشعة فوق البنفسجية الضارة، مما يهدد صحة الإنسان ويؤثر سلبًا على النظم البيئية البحرية والزراعية. من الناحية المناخية، قد تسبب التقنية تغييرات غير متوقعة في الأنماط المناخية المحلية مثل تذبذب هطول الأمطار، مما يزيد من احتمالية حدوث فيضانات في بعض المناطق وجفاف في مناطق أخرى، وبالتالي تؤثر سلبًا على الإنتاج الزراعي وإمدادات المياه. علاوة على ذلك، قد يؤدي التلاعب في الإشعاع الشمسي إلى عدم توازن في درجات الحرارة بين المناطق المختلفة، مما قد يعطل المواسم الزراعية ويهدد الأمن الغذائي. من الناحية السياسية، تثير هذه التقنية تساؤلات حول الحوكمة العالمية والقرار الجماعي بشأن تنفيذها، حيث يمكن أن تؤدي إلى توترات بين الدول التي قد تستفيد منها وأخرى قد تتأثر سلبًا. اقتصاديًا، قد تطرأ تغييرات غير متوقعة على قطاعات مثل الزراعة والطاقة بسبب التغيرات المناخية الناتجة عن هذا التدخل، مما يفرض تحديات إضافية على الاقتصادات المعتمدة على الموارد الطبيعية. في المجمل، على الرغم من قدرتها على تقليل درجات الحرارة العالمية مؤقتًا، إلا أن حقن الجسيمات في الستراتوسفير يحمل في طياته العديد من المخاطر البيئية والاجتماعية التي تستدعي دراسة وتقييمًا دقيقًا قبل تطبيقه على نطاق واسع.

2. تعديل الغيوم:Cloud Modification تعمل هذه التقنية على زيادة انعكاس السحب عن طريق إضافة جزيئات صغيرة إلى السحب الموجودة. هذه الجزيئات تعمل على تحفيز نمو السحب وجعلها أكثر عكوسية للأشعة، مما يعني أن السحب تعكس المزيد من الإشعاع الشمسي وبالتالي تقليل الحرارة التي تصل إلى الأرض.

تعتمد آلية تعديل الغيوم، وتحديداً ما يُعرف بـ"تفتيت ال سحب البحرية" ( Marine Cloud Brightening)، على رش جزيئات دقيقة من مواد مثل ملح البحر في الغلاف الجوي بالقرب من السحب المنخفضة فوق المحيطات. تعمل هذه الجزيئات كنوى تكثيف، مما يزيد من عدد قطرات الماء داخل السحابة مع تقليل حجمها الفردي. وبذلك، تزداد

المساحة السطحية الجماعية للقطيرات، مما يعزز تأثير الألبيدو (Albedo Effect)، أي قدرة السحب على عكس المزيد من أشعة الشمس إلى الفضاء.

رغم أن هذه التقنية تبدو واعدة، إلا أن تطبيقها يواجه عدة تحديات علمية وعملية:

- التأثيرات المناخية غير المباشرة: قد يؤدي تعديل الغيوم إلى تغيير أنماط هطول الأمطار في مناطق بعيدة، مما يُحتمل أن يتسبب بجفاف في بعض المناطق أو اضطرابات في الدورة الهيدرولوجية.
- التعقيد الفيزيائي للسحب: يصعب التنبؤ بدقة بسلوك السحب المعدلة بسبب تفاعلها المعقد مع العوامل الجوية مثل الرياح والرطوبة.
- التحديات التقنية: يتطلب تنفيذ هذه التقنية على نطاق واسع نشر كميات هائلة من الجزيئات باستمرار، مما يستلزم تطوير أنظمة رش متطورة.

تجري حالياً دراسات محدودة لاختبار جدوى هذه التقنية، مثل تجارب جامعة واشنطن التي تستخدم سفناً مجهزة برشاشات لرش جزيئات ملح البحر. كما تشير النمذجات المناخية إلى أن تطبيق MCB فوق المحيط الهادئ قد يخفض درجات الحرارة العالمية بما يصل إلى 0.5–1 درجة مئوية. ومع ذلك، لا تزال هذه التقنية في مرحلة البحث والتطوير، ولم يتم اعتمادها كحل عملي بعد. ومع ذلك تبقى هذه التقانة أكثر حلول الهندسة الجيولوجية إثارة للجدل، حيث توفر إمكانية التبريد السريع لكنها تحمل مخاطر مناخية وسياسية. وفي حين أن الأبحاث الحالية تُظهر نتائج أولية مشجعة، فإن أي تطبيق واسع النطاق سيتطلب اتفاقاً دولياً وفهماً أعمق لعواقبه البيئية.

2. تقنيات تغيير لون سطح الأرض (Surface Albedo Modification): تُعد تقنيات تغيير لون سطح الأرض إحدى الأساليب المقترحة في إطار إدارة الإشعاع الشمسي لمواجهة الاحتباس الحراري والتقليل من آثاره الضارة على البيئة. تقوم هذه التقنية على تغيير خصائص السطح الأرضي بحيث يصبح أكثر قدرة على عكس الأشعة الشمسية بدلاً من امتصاصها، مما يسهم في خفض درجة حرارة الأرض وتخفيف ظاهرة الاحتباس الحراري. يُمكن تنفيذ هذا النوع من التدخلات عبر مجموعة من الطرق التي تتراوح بين تعديلات في البنية التحتية الحضرية إلى الأنظمة البيئية الطبيعية.

إن الأسطح الفاتحة مثل اللون الأبيض أو الألوان الفاتحة الأخرى تتمتع بقدرة أعلى على الانعكاس مقارنة بالأسطح الداكنة مثل الأسفلت أو المباني المظلمة. عندما يتم تغيير لون الأسطح إلى الألوان الأكثر إشراقًا أو عاكسة، تصبح هذه الأسطح قادرة على عكس جزء أكبر من الإشعاع الشمسي بعيدًا عن سطح الأرض، بدلاً من امتصاصه وتحويله إلى حرارة. هذا التحويل يقلل من تسخين الأرض ويحد من زيادة درجات الحرارة، وهو ما يعزز التهوية الطبيعية للبيئة وتبريد السطح.

تستخدم هذه الفكرة أساسًا في الأسطح الحضرية مثل الطرق وأسطح المباني. ففي المدن الكبيرة التي تعرف بتأثير "جزيرة الحرارة الحضرية" (Urban Heat Island - UHI)، تكون الأسطح داكنة وتمتص كميات كبيرة من الحرارة مما يرفع درجات الحرارة بشكل محلي. من خلال طلاء الأسطح بألوان فاتحة أو استخدام مواد عاكسة، يمكن تقليل

الحرارة المكتسبة وتحقيق توازن حراري أكثر استدامة. تطبيقات هذه التقنية تشمل العديد من المجالات، بدءًا من الأسطح الحضرية وصولاً إلى الأنظمة البيئية الطبيعية:

- تغيير لون الأسطح الحضرية (Urban Surfaces): في المدن، يمكن تطبيق طلاء الأسطح مثل أسطح المباني، الطرق، والساحات بألوان فاتحة أو مواد عاكسة. الدراسات أظهرت أن تغيير لون الأسطح الحضرية قد يقلل من تأثير جزيرة الحرارة الحضرية ويخفف من درجات الحرارة المحلية في المناطق الحضرية بشكل كبير. مثلاً، يمكن استخدام الأسطح البيضاء أو المواد العاكسة في الطرق والشوارع لتقليل الحرارة المتراكمة، مما يساهم في تقليل الحاجة إلى التهوية الاصطناعية والتكييف.

- تعديل لون الأراضي الزراعية ( Agricultural Lands): يمكن تعديل لون الأسطح الزراعية أيضًا عن طريق تغيير تغطية التربة أو تغيير ألوان المحاصيل ذاتها. يمكن أن يساهم التعديل البسيط في سطح الأرض في الحد من تراكم الحرارة في مناطق الزراعة، مما يعزز استدامة الإنتاج الزراعي ويقلل من الضغط الحراري على المحاصيل.

- المحيطات (Oceans): أحد التطبيقات المثيرة للاهتمام هو استخدام الطلاء العاكس أو تغطية بعض المناطق البحرية بمواد عاكسة لتحفيز زيادة الانعكاس من السطح المائي، مما يساهم في تقليل امتصاص الحرارة من الشمس في المحيطات والمساهمة في تقليل الاحتباس الحراري. تعتمد فكرة هذه التقنية على مبدأ الانعكاس الحراري، حيث يعمل السطح المائي العاكس على تقليل امتصاص الحرارة من الأشعة الشمسية، وبالتالي تقليل الاحتباس الحراري. المحيطات تمتص معظم الحرارة الزائدة الناتجة عن التغيرات المناخية، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه ويسهم في العديد من التأثيرات الضارة مثل ارتفاع مستوى سطح البحر وتهديد النظم البيئية البحرية. إذا تم تغطية بعض المناطق البحرية بمواد عاكسة مثل الطلاءات المبتكرة أو المرايا البحرية، فإن هذه المواد يمكن أن تعكس جزءًا أكبر من الإشعاع الشمسي بعيدًا عن سطح المحيط، مما يقلل من تسخين المياه ويحافظ على درجة حرارة مستقرة في المحيطات. هناك العديد من المواد العاكسة التي يمكن استخدامها في هذه التقنية. قد تشمل بعض المواد الطلاءات العاكسة التي تكون مصممة خصيصًا لتحمل الظروف البيئية القاسية في المحيطات، مثل الأملاح والموجات والرياح القوية. يمكن أيضًا استخدام مواد عاكسة غير ضارة مثل البوليمرات أو أغشية شفافة تتيح للمياه أن تبقى

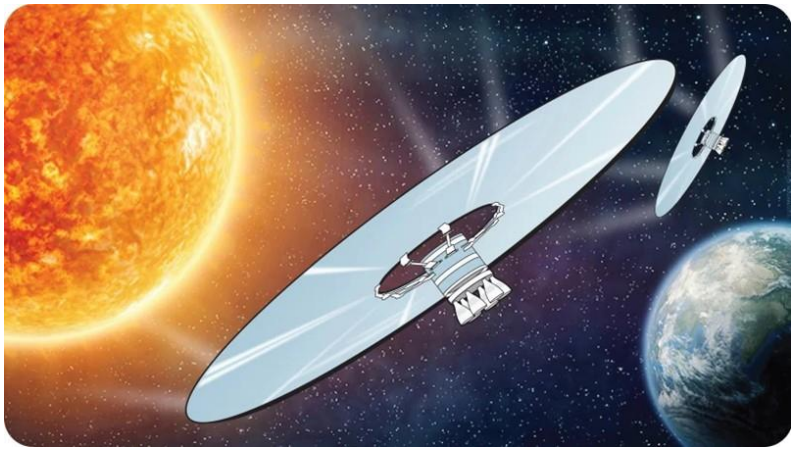
على حالتها الطبيعية تحت سطح الطلاء. هذه المواد تتميز بقدرتها على تحمل الظروف البحرية من دون التأثير على النظم البيئية البحرية.

بالرغم من أن تقنيات تغيير لون السطح تبدو واعدة من حيث الحد من الاحترار العالمي على المدى القصير، إلا أن تطبيقها لا يخلو من المخاطر والتحديات البيئية والاجتماعية. إحدى المخاوف الرئيسية هي التأثيرات البيئية المحتملة على التنوع البيولوجي. التغييرات في الخصائص الحرارية للأراضي يمكن أن تؤدي إلى تغيرات غير متوقعة في الأنظمة البيئية الطبيعية. على سبيل المثال، يمكن أن تؤثر التغيرات في درجات الحرارة على الموائل الطبيعية وتؤدي إلى اختلالات في النظم البيئية المحلية، مما قد يؤثر سلبًا على النباتات والحيوانات. علاوة على ذلك، قد تكون هناك آثار سلبية على المناخ المحلي. على الرغم من أن هذه التقنية قد تسهم في تقليل درجات الحرارة في المناطق الحضرية، فإن تغيير لون الأرض قد يؤثر في بعض الأحيان على دورات الأمطار ويؤدي إلى توزيع غير متوازن للمياه في المناطق المختلفة. الأمطار قد تصبح أكثر تركيزًا في مناطق معينة بينما يمكن أن تتعرض مناطق أخرى للجفاف.

من الجانب التقني، يعتمد نجاح تقنية تغيير لون الأرض على التنسيق بين الأنظمة المختلفة وعلى قدرة الاستدامة على المدى الطويل. بعض التقنيات قد تتطلب استثمارات كبيرة في البنية التحتية، مثل إعادة طلاء الأسطح أو تغيير مواد البناء. من ناحية أخرى، إذا كانت هذه التقنيات لا تُنفذ بشكل جيد، فقد تؤدي إلى مشاكل غير متوقعة مثل تلوث الهواء أو التأثيرات السلبية على النباتات التي تعتمد على الحرارة الطبيعية.

اقتصاديًا، قد تكون تقنيات تغيير لون الأرض خيارًا أكثر تكلفة مقارنة ببعض التقنيات الأخرى مثل الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، ولكن على المدى القصير، قد تمثل حلاً اقتصاديًا فعالًا لتقليل درجات الحرارة في المناطق الحضرية شديدة التلوث. ومع ذلك، تظل هذه التقنية بحاجة إلى مزيد من الأبحاث والدراسات قبل تطبيقها على نطاق واسع.

4. استخدام المرايا الفضائية Space-Based Reflectors: تُعد تقنية استخدام المرايا الفضائية من أحدث الأفكار المبتكرة في مجال إدارة الإشعاع الشمسي لمكافحة الاحتباس الحراري، وهي تمثل تصورًا مستقبليًا يقترب من الخيال العلمي إلى حد كبير.



تعتمد هذه الفكرة على إطلاق مرايا أو أجهزة عاكسة إلى الفضاء بهدف حجب جزء من الإشعاع الشمسي القادم إلى الأرض. الفكرة تعتمد على تثبيت مجموعة من المرايا الفضائية أو الأسطح العاكسة في مدار الأرض (Earth's Orbit) بحيث تعكس هذه المرايا الأشعة الشمسية قبل أن تصل إلى كوكب الأرض. هذه التقنية تهدف إلى خفض كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض، مما يساهم في تقليل درجات الحرارة واحتباس

الحرارة على سطح الأرض. المرايا قد تعمل أيضًا على تقليل تأثيرات التغير المناخي مثل ذوبان الجليد في المناطق القطبية وارتفاع مستويات البحر.

تصميم المرايا الفضائية يعتمد على استخدام مواد خفيفة وعاكسة (Reflective Materials) قادرة على تحمل الظروف البيئية القاسية في الفضاء. كما يجب أن تتمتع هذه المرايا بقدرة على البقاء مستقرة في مداراتها دون تأثيرات مدمرة من الرياح الشمسية أو الإشعاع الكوني. يُمكن أن تكون هذه المرايا قابلة للتوسع لتغطية مساحات واسعة من الفضاء، لتكون فعّالة في حجب الإشعاع الشمسي بشكل مناسب. تتراوح الأسطح العاكسة التي يمكن استخدامها في هذه المرايا الفضائية بين المواد العاكسة التقليدية مثل الألمنيوم، إلى تقنيات متقدمة مثل المواد النانوية التي يمكن أن تعدل خصائص الانعكاس. المرايا ستكون مزودة بتكنولوجيا للتحكم في زاويتها لضمان توجيه الإشعاع الشمسي بعيدًا عن الأرض.

من خلال تقليل كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض، يمكن للمرايا الفضائية أن تلعب دورًا مهمًا في التخفيف من آثار التغير المناخي. بشكل خاص، يمكن لهذه التقنية أن تساهم في تقليل الاحتباس الحراري، وتخفيف تأثيرات ارتفاع درجة حرارة الأرض، مثل الجفاف وارتفاع مستويات البحر. كما يمكن أن تساعد في تنظيم درجات حرارة المناطق المدارية التي تعاني من درجات حرارة مرتفعة بشكل مستمر.

وعلى الرغم من الإمكانيات الكبيرة لهذه التقنية، إلا أن هناك العديد من التحديات التي قد تطرأ على التطبيق الفعلي للمرايا الفضائية. من أبرز هذه التحديات هو تكلفة إطلاق المرايا إلى الفضاء، حيث يتطلب الأمر استثمارات ضخمة في البحث والتطوير، بالإضافة إلى تكاليف النقل والإطلاق. كما أن تأثير هذه التقنية على البيئة الأرضية يجب أن يتم تقييمه بدقة، حيث يمكن أن تؤدي المرايا إلى تغييرات غير متوقعة في أنماط الطقس أو في توازن الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض.

قد يؤدي استخدام تقنية المرايا الفضائية إلى تغييرات في توزيعات السحب، أو التأثير على نمط الأمطار، الأمر الذي قد يؤثر على البيئة الزراعية، كما قد يؤثر على التوازن الحراري في المحيطات. من الناحية الأخرى، من الممكن أن تخلق هذه التقنية تأثيرات في النظم البيئية الدقيقة التي تعتمد على الضوء الطبيعي، مثل النباتات البحرية التي تستخدم الضوء للتمثيل الضوئي.

كما أن إطلاق المرايا الفضائية إلى الفضاء يتطلب تطوير تقنيات متقدمة جدًا في مجالات الفضاء والهندسة الميكانيكية. يجب أن تكون المرايا قابلة للتوسع لتغطية المساحات الكبيرة في الفضاء، ويجب أن تتمتع بآلية فعّالة لضبط زاوية الانعكاس والتوجيه. لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة في حجب الإشعاع الشمسي.

تحتاج هذه التقنية أيضًا إلى أنظمة مراقبة وصيانة دائمة لضمان استمرارية عمل المرايا الفضائية. في حال حدوث أي خلل أو انحراف في مسارها، يمكن أن تفقد هذه المرايا فعاليتها، مما يجعل من الضروري وجود خطط طوارئ وتقنيات لاستبدالها في الفضاء.

مما سبق يمكن القول: أن تقنيات هندسة المناخ تمثل مجالًا ناشئًا ومعقدًا، يجمع بين الابتكار العلمي والتقنيات المتطورة التي تهدف إلى تعديل الظروف المناخية على كوكب الأرض من خلال مجموعة متنوعة من

الاستراتيجيات. من تعديل الإشعاع الشمسي إلى إزالة الكربون من الغلاف الجوي، هذه التقنيات تقدم حلولًا محتملة لتقليل تأثيرات التغير المناخي المتسارعة. في حين أن هذه الأفكار تعد ضرورية على المدى الطويل، فإنها تظل محط نقاش وجدل بين العلماء وصانعي القرار بسبب تأثيراتها البيئية والاقتصادية التي قد تنشأ عند تطبيقها على نطاق واسع.

ورغم التقدم في النظرية والتصميم، فإن الانتقال من الفكرة إلى التطبيق الفعلي لهذه التقنيات يشهد تحديات عدة. إن هندسة المناخ تعتمد على تقنيات معقدة تحتاج إلى فهم دقيق للبيئة ومرونة في التنفيذ لضمان عدم تأثيرها بشكل سلبي على الأنظمة البيئية الأرضية والبحرية. فعلى سبيل المثال، في مجال تعديل الإشعاع الشمسي، يمكن أن يؤدي الحقن في الستراتوسفير أو استخدام المرايا الفضائية إلى تأثيرات غير متوقعة في المناخ، مثل اضطراب الأنماط المطرية أو التأثير على التنوع البيولوجي، ما قد يجعل من الصعب التنبؤ بالعواقب بعيدة المدى.

علاوة على ذلك، تقنيات إزالة الكربون مثل "إزالة ثاني أكسيد الكربون" من الجو والتخزين الجيولوجي قد تحمل هي الأخرى تحديات متمثلة في التكلفة العالية، وصعوبة التنفيذ على نطاق واسع، والتعامل مع المواد السامة المحتملة على المدى الطويل. إن التركيز على تطوير تقنيات اقتصادية وفعالة يمكن أن يكون حاسمًا في تحقيق التوازن بين الحد من الانبعاثات من جهة وتطوير حلول عملية من جهة أخرى.

مع ذلك، تتطلب هذه التقنيات وقتًا طويلًا للتطوير قبل أن تصبح قابلة للتطبيق على نطاق واسع. وفي هذا السياق، يبقى التنسيق الدولي والتعاون بين الدول أمرًا ضروريًا، خاصة في ظل التحديات التي تفرضها السياسات الاقتصادية والظروف الجغرافية المختلفة. إن المؤتمرات الدولية مثل "مؤتمر الأطراف" (COP) تظل المنصة الأساسية التي يلتقي فيها المجتمع الدولي لمناقشة السياسات وتنفيذ الحلول المناسبة. ولكن، كما أظهرت تلك المؤتمرات، فإن الطريق نحو اتخاذ إجراءات جماعية فعالة ما يزال طويلًا ومعقدًا، إذ تواصل بعض الدول الكبرى البحث عن مواقف توافقية بينما تبقى الدول النامية تواجه عقبات مالية وتكنولوجية.

في نهاية المطاف، قد تشكل هندسة المناخ جزءًا محوريًا في الحلول المستقبلية لمواجهة التغير المناخي، ولكن لا بد أن يكون تطبيقها مدروسًا بعناية فائقة ومتكاملًا مع الحساسيات البيئية، لضمان ألا تترتب عليه آثار غير مرغوب فيها قد تؤثر على توازن البيئة الأرضية. إن البحث المستمر والتقدم العلمي، جنبًا إلى جنب مع التعاون العالمي الفعال، سيكونان الأساس في صياغة سياسات مناخية مستقبلية تعزز قدرة كوكبنا على التكيف مع التحديات البيئية، وتضمن الحفاظ على استدامة بيئاتنا وأنظمتنا البيئية للأجيال القادمة. في ظل هذه الجهود المتضافرة، يبقى الأمل قائماً بأن العلم والتعاون سيضيئان الطريق نحو عالم أكثر استدامة وتوازنًا.

## المـراجـــع


- أبو العز، محمد صفي الدين، تقلبات المناخ العالمي. الكويت، 1980.
- ابو العينين، حسن سيد، أصول الجغرافية المناخية، الدار الجامعية، بيروت، 1981.
- جودي، اندروس، التغيرات البيئية (جغرافية الزمن الرابع). ترجمة محمود محمد عاشور، نبيل سيد امبابي، المجلس الاعلى للثقافة، القاهرة، 1996.

- حامد عبد الرحيم، عبد الرحمن، تغيرات المناخ الدورية. دمشق، 1977.
- خرفان، سعد الدين، تغير المناخ ومستقبل الطاقة المشاكل والحلول، الجزء الأول، منشورات وزارة الثقافة، الهيئة العامة السورية للكتاب، 2010.
- الركابي، ناصر ولي، الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية دراسة جغرافية. مجلة ديالى، العدد 18، 2004.
- شحادة، نعمان، الجغرافية المناخية، ط5، دار المستقبل، عمان، 1996.
- الشهاوي، محمد أحمد، تغير المناخ ومستقبل الأرض، الهيئة العامة المصرية للكتاب، القاهرة، 1998.
- العرود، إبراهيم، التغيّر المناخي في الميزان، عمان، الأردن، 2000م.
- علي، عبد القادر عبد العزيز، التغيرات المناخية وأثرها على البيئة، الجمعية الجغرافية المصرية، ندوة عن الجغرافيا ومشكلات تلوث البيئة (28 – 29) ابريل، القاهرة، 1992.
- لامب، هـ. هـ.، التغيرات المناخية وإنتاج الغذاء، ترجمة طه محمد جاد، سلسلة علمية تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، 1982.
- الموسوي، على صاحب طالب، التغيرات الطقسية والمناخية المتوقعة عالميا، المؤتمر العلمي الجغرافي الثاني، كلية الآداب، جامعة الكوفة، 2004.
- موسى، علي حسن،المناخ المتغير: علمنة أم عولمة. دار نينوى، دمشق، 1986م.
- ـــــــ، التغيّرات المناخية، دار الفكر، دمشق، (1988م).
- ـــــــ، الاحتباس الحراري، دار دمشق للطباعة والنشر، دمشق، 2007.
- ـــــــ، المناخ المتغيّر: علمنة أم عولمة، دمشق، (2011م).
- موسى، علي حسن والموسى، فواز أحمد، علم المناخ المعاصر. دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2023.
- ـــــــ، الكوارث الطبيعية. دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2023.
- ـــــــ، الجغرافية الطبيعية. دار دار الأفاق العلمية، الشارقة، 2024.
- الموسى، فواز أحمد، جغرافية المخاطر والكوارث الطبيعية. جامعة حلب، حلب، 2017
- ـــــــ، جغرافية المناخ 1. جامعة حلب، حلب، 2023.
- ـــــــ، الكوارث المناخية. جامعة دمشق، دمشق، 2024.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، تغير المناخ، التقرير التجميعي، جنيف، 2001.
- ـــــــ، تغير المناخ، التقرير التجميعي، جنيف، 2007.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Ahrens, C. D, Meteorology Today. New York, 1994.
- Alley, Richard B. "Abrupt Climate Changes." In Earth System Science: A Very Short Introduction, edited by Tim Lenton, 112-135. Oxford: Oxford University Press, 2016.
- Clark, C; Natural Disasters. Kendall Hunt publishing, 2002.
- Cook, John, et al. "Consensus on Consensus: A Synthesis of Consensus Estimates on Human-Caused Global Warming." Environmental Research Letters 11, no. 4 (2016): 048002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002.
- Crowley, T. L. and North, G. R. 1991. Paleoclimatology. Oxford: Oxford University Press.

- Crowley, Thomas J. "Causes of Climate Change Over the Past 1000 Years." Science 289, no. 5477 (2000): 270–277.
- Crowley, Thomas J. Paleoclimatology: Understanding Climate Change Past and Present. New York: Columbia University Press, 2018.
- Farmer GT, Cook J (2013) Climate change science: a modern synthesis. Springer, Dordrecht and New York
- Feely R, Doney S, Cooley S (2009) Present conditions and future changes in a high-CO2 world. Oceanography 22:36–47
- Hans Gunter Brauch, And Other, Facing Global Environmental Change, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/.
- IPCC AR5 (2013) Climate change 2013: the physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC 5th assessment report.
- Kalnicky, R.A"climatic chang since 1950" annals association of American geographers, 64.1974, PP.100-112.
- King, J.W"salor radiation changes and the weather" nature, 245, 1973, PP.443-446.
- Lamb, H.H "climate, present, past and future, vol.2 climate history and the future " london, 1977.
- Lamb, Hubert H. Climate, History and the Modern World. 2nd ed. London: Routledge, 1995.
- Lamb, Hubert H. Climate: Present, Past and Future. Vol. 2. London: Methuen & Co., 1977.
- Lean, Judith L. "Evolution of the Sun's Spectral Irradiance Since the Maunder Minimum." Geophysical Research Letters 27, no. 19 (2000): 2425–2428.
- Mann ME et al (1999) Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations. Geophys Res Lett 26:759–762
- Mann, Michael E., et al. "Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries." Nature 392 (1998): 779-787. https://doi.org/10.1038/33859.
- Marcott SA et al (2013) A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. Science 339:1198–1201.
- Maslin, M; Global Warming. Colin publication, Scotland, 2003.
- National Research Council. Understanding Climate Change Feedbacks. Washington, DC: National Academies Press, 2003.
- National Research Council. Understanding Earth's Deep Past: Lessons for Our Climate Future. Washington, DC: National Academies Press, 2011. https://doi.org/10.17226/13111.
- Nicholls R.J., J.A. Lowe: "Climate stablisation and impacts of sea-level rise", in Avoiding dangerous climate change, H.J. Schellnhuber (eds.), Cambridge: Cambridge University Press. (2006)
- Parken, D. H, Climate the Earth, Through the Times and Ages. London, 2017.
- Plass, G.N "the carbon dioxide theory of climatic chand" tellus, 8, 1956, PP140-153.
- Robock, Alan. "Volcanic Eruptions and Climate." Reviews of Geophysics 38, no. 2 (2000): 191–219.
- Sawyer, J.S "possible effects of human activity on world climate "weather, 26, 1971, 251-262.
- Simpson, G.G "world climate the quarternary period" qwart J.R.M.S, 59, 1934, 425-471.

- Stephen M. Tomecek, Global Warming and Climate Change Science Foundations, New York,2012.
- Steven I. Dutch, Encyclopedia, Global Warming, Salem Press, Hackensack, New Jersey, 2010.
- Stott, Peter A., et al. "Human Contribution to the European Heatwave of 2003." Nature 432, no. 7017 (2004): 610–614.
- UNPE, Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change and Water, Geneva, 2008.
- Weart, Spencer R. The Discovery of Global Warming. 2nd ed. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2008.

# الفصل الرابع:

# التغير المناخي - التحدي العالمي الراهن

أ. شادي جاويش
رئيس دائرة التنبؤات الجوية
المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية

شهدت السنوات الأخيرة زيادة ملحوظة للاهتمام العالمي في قضية التغير المناخي، حيث أصبحت هذه القضية من أبرز التحديات التي تواجه العالم اليوم. فالتغيرات المناخية لا تؤثر فقط على البيئة، بل تمتد آثارها لتشمل جميع جوانب الحياة على كوكب الأرض. من هنا، يظهر أهمية فهم هذه الظاهرة وتأثيراتها وكيفية التصدي لها.

تتسبب الأنشطة البشرية، مثل انبعاثات الغازات الدفيئة، في ارتفاع درجات الحرارة. هذه الغازات، التي تشمل ثاني أكسيد الكربون والميثان، تُطلق في الغالب نتيجة حرق الوقود الأحفوري، مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي. ومع تزايد النمو السكاني والتوسع الصناعي، زادت هذه الانبعاثات بشكل كبير، مما أدى إلى تغييرات في أنماط الطقس. تظهر هذه التغييرات في زيادة وتيرة الظواهر المناخية المتطرفة، مثل الفيضانات والجفاف والعواصف. فقد شهدنا في السنوات الأخيرة كوارث طبيعية غير مسبوقة، مما يعكس مدى خطورة الوضع الحالي. وبالتالي، فإن فهم أسباب التغير المناخي يمثل خطوة أساسية نحو اتخاذ الإجراءات اللازمة لمواجهته.

الجهود الدولية لمواجهة التغير المناخي

تسعى الدول والحكومات إلى اتخاذ إجراءات فعالة للتخفيف من آثار التغير المناخي. تعتبر اتفاقية باريس، التي تم تبنيها في عام 2015، واحدة من أبرز المبادرات الدولية في هذا السياق. تهدف هذه الاتفاقية إلى الحد من ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى أقل من درجتين مئويتين مقارنة بمستويات ما قبل الصناعة.

تتضمن الاتفاقية التزامات وطنية لكل دولة، حيث يتعين عليها تحديد أهداف خفض انبعاثاتها ومراجعتها بشكل دوري. ورغم أن هذه الاتفاقية تمثل خطوة إيجابية، إلا أن التنفيذ الفعلي لهذه الالتزامات يظل تحديًا كبيرًا.

المبادرات المحلية والعالمية

بالإضافة إلى الجهود الدولية، تتزايد المبادرات المحلية والعالمية لتعزيز الطاقة المتجددة وزيادة كفاءة استخدام الموارد. فالكثير من الدول بدأت في الاستثمار في مصادر الطاقة النظيفة مثل الطاقة الشمسية والرياح. هذه المبادرات لا تساهم فقط في تقليل الانبعاثات، بل تعزز أيضًا من فرص العمل والنمو الاقتصادي. على مستوى الأفراد، يمكن تعزيز أساليب حياة أكثر استدامة من خلال تقليل استهلاك البلاستيك وتعزيز الزراعة المستدامة. فالتغييرات الصغيرة في سلوكياتنا اليومية يمكن أن تحدث فرقًا كبيرًا إذا ما تم تبنيها على نطاق واسع.

الوعي العام ودوره في التغيير

يلعب الوعي العام دورًا كبيرًا في دفع الحكومات والشركات نحو اتخاذ خطوات إيجابية. فكلما زاد إدراك الأفراد لأهمية قضية التغير المناخي وتأثيراتها، زادت الضغوط على صانعي القرار لتبني سياسات أكثر استدامة، تظهر حملات التوعية والمبادرات المجتمعية كيف يمكن للناس أن يكونوا جزءًا من الحل، فالتعليم والتوعية حول أهمية الحفاظ على البيئة يمكن أن يُحدثا تحولًا جذريًا في كيفية تعاملنا مع الموارد الطبيعية.

التعاون الدولي كضرورة

إن مواجهة التغير المناخي تتطلب جهودًا جماعية وتعاونًا دوليًا. فالتأثيرات الناتجة عن التغير المناخي لا تعترف بالحدود الجغرافية؛ إذ تؤثر على جميع الدول بغض النظر عن حجمها أو مستوى تطورها الاقتصادي. لذلك، فإن التعاون بين الدول يعد أمرًا حيويًا لمواجهة هذا التحدي ويمكن تحقيق هذا التعاون من خلال تبادل المعرفة والتكنولوجيا، ودعم الدول النامية في جهودها لمواجهة التغير المناخي. فالمساعدة المالية والفنية يمكن أن تلعب دورًا كبيرًا في تمكين هذه الدول من تنفيذ سياسات فعالة لمكافحة التغير المناخي.

أهم العوامل التي ساعدت على تسليط الضوء على قضية التغير المناخي

تعتبر قضية التغير المناخي من أبرز القضايا العالمية الراهنة، فالآثار العالمية لتغير المناخ هي واسعة النطاق ولم يسبق لها مثيل من حيث الحجم، من تغير أنماط الطقس التي تهدد الإنتاج الغذائي، إلى ارتفاع منسوب مياه البحار التي تزيد من خطر الفيضانات الكارثية. إن التكيف مع هذه التأثيرات سيكون أكثر صعوبة ومكلفا في المستقبل إذا لم يتم القيام بإتخاذ إجراءات جذرية الآن وقد ساهمت عدة عوامل في زيادة الوعي والاهتمام بها، فيما يلي نستعرض أهم هذه العوامل:

1- التقارير العلمية

تُعد التقارير العلمية الصادرة عن الخبراء والمنظمات الدولية، مثل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية (IPCC)التي تقدم تقديرات شاملة لحالة الفهم العلمي والفني والاجتماعي والاقتصادي لتغير المناخ وأسبابه وتأثيراته المحتملة واستراتيجيات الاستجابة لهذا التغير ، والمديرية العامة للأرصاد الجوية (SGDM) التي تعتبر الجهة الوحيدة المخولة بإصدار التقارير المتعلقة بالطقس والمناخ والحالة الجوية في الجمهورية العربية السورية من أهم المصادر التي تسلط الضوء على التغير المناخي، وتوفر هذه التقارير الموثوقة بيانات دقيقة وتحليلات شاملة حول تأثيرات التغير المناخي، مما يعزز فهم الأبعاد المختلفة لهذه الظاهرة.

2- زيادة تكرارية الكوارث الطبيعية

شهد العالم زيادة ملحوظة في تكرارية وحدّة الكوارث الطبيعية، مثل موجات الحر، الفيضانات، حرائق الغابات، والجفاف. هذه الظواهر لم تعد نادرة، بل أصبحت جزءًا من الحياة اليومية لكثير من المجتمعات، مما جعل الناس أكثر وعيًا بضرورة اتخاذ إجراءات عاجلة لمواجهة هذه التحديات، وذكرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية التابعة للأمم المتحدة أن عدد الكوارث الطبيعية، الناتجة عن تغير المناخ زادت خمس مرات على مدى الخمسين عاما الماضية وأودت بحياة أكثر من مليوني شخص وتسببت في خسائر بلغت 3.64 تريليون دولار.

وتقول المنظمة إن "الأطلس" الخاص بها هو أكثر مراجعة شاملة للوفيات والخسائر الاقتصادية الناتجة عن الظواهر المتطرفة للطقس والمناخ والماء.

3- التأثير المباشر على الاقتصاد والتنمية المستدامة

يتسبب التغير المناخي في آثار سلبية على الاقتصاد والتنمية المستدامة. فقد تأثرت الإنتاجية الزراعية والغذاء العالمي بشكل مباشر نتيجة لتغير أنماط الطقس وبالتالي، أصبح من الضروري معالجة هذه القضية لضمان استدامة الموارد الاقتصادية وتحقيق الأمن الغذائي.

4- مساهمة المجتمع المدني في زيادة التوعية

ساهم المجتمع المدني بشكل كبير في رفع مستوى الوعي حول آثار التغير المناخي فوسائل التواصل الاجتماعي لعبت دورًا حيويًا في نشر المعلومات والحملات التوعوية بسرعة وفاعلية. هذا الانتشار السريع ساعد على تعزيز النقاش العام حول القضية وجذب انتباه الجمهور وصانعي القرار.

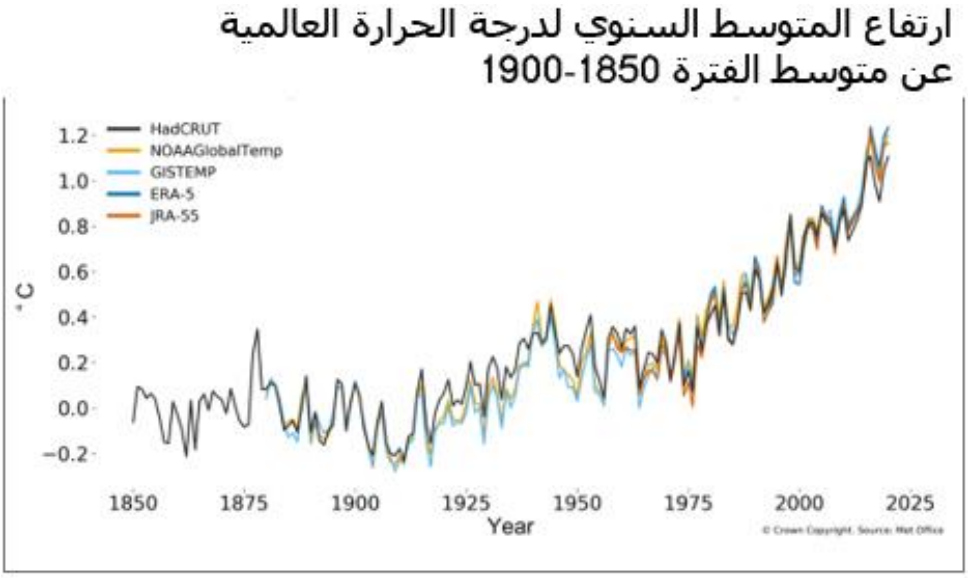
5- الالتزامات الدولية

تُعتبر الالتزامات الدولية من خلال توقيع اتفاقيات مثل اتفاق باريس 2015 خطوة مهمة نحو الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. هذه الاتفاقيات تعكس التزام الدول بمواجهة التغير المناخي وتقديم حلول فعالة للتقليل من تأثيراته. الاجتماعات الدولية التي تتعلق بالتغير المناخي تعزز التعاون بين الدول وتساعد في تبادل المعرفة والخبرات.

عالمياً ومنذ ثمانينيات القرن العشرين، كان كل عقد أحر من العقد الذي سبقه، وكانت الأعوام التسعة الماضية هي الأحر على الإطلاق منذ بدء تسجيل درجات الحرارة، مما يدل على الاتجاه الواضح لارتفاع درجات الحرارة العالمية. الأعوام التسعة الماضية، من 2013 إلى 2021، كانت الأكثر حرارة على الإطلاق، وفقًا للعديد من الدراسات والتقارير العلمية، ومن قبل صُنِّف عاما 2016 (الذي شهد ظاهرة النينيو القوية) و2020 على أنهما العامان الأحر على الإطلاق، فكانت درجة الحرارة فيهما 1.29 ± 0.12 و1.27 ± 0.12 درجة مئوية أعلى منها قبل الثورة الصناعية.

هذا الارتفاع في درجات الحرارة مرتبط بشكل مباشر بزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري، وإزالة الغابات، والزراعة الصناعية، وهذه التغيرات تؤثر على أنماط الطقس، وتؤدي إلى ظواهر مناخية متطرفة، مثل الفيضانات، والجفاف، وحرائق الغابات، تتطلب هذه الظروف استجابة عاجلة من الحكومات والمجتمعات للتخفيف من آثار التغير المناخي والتكيف معها، يشمل ذلك تعزيز استخدام الطاقة المتجددة، وزيادة كفاءة الطاقة، وتحسين إدارة الموارد الطبيعية.

أصدرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية تقارير متعددة تسلط الضوء على خطورة الوضع الحالي. تشير هذه التقارير إلى ارتفاع درجات الحرارة بشكل غير مسبوق، مما يزيد من شدة التغيرات المناخية وتأثيراتها، يشير التقرير الحالي إلى أن متوسط درجة الحرارة العالمية قد اقترب من 1.5 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الصناعة (1850 – 1900) بينما التوقعات المستقبلية مع استمرار الانبعاثات بالوتيرة الحالية تشير أن العالم قد يشهد ارتفاعًا في درجات الحرارة يتجاوز 1.5 درجة مئوية بحلول عام 2030.




إن الأفعال البشرية لها تأثيرات عميقة على كوكب الأرض، وما شهدناه في عام 2023 هو تذكير صارخ بمدى خطورة الوضع. التغير المناخي ليس مجرد ارتفاع في درجات الحرارة، بل هو نظام معقد يتضمن مجموعة من المؤشرات التي تعكس صحة كوكبنا.

تركيزات غازات الاحتباس الحراري، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، تستمر في الارتفاع بسبب الأنشطة الصناعية والزراعية والنقل. هذا يزيد من حدة ظاهرة الاحتباس الحراري ويؤدي إلى تغييرات مناخية متطرفة.

حرارة المحيطات وتحمُّضها يؤثران على النظم البيئية البحرية، مما يهدد الحياة البحرية ويؤثر على سبل العيش للمجتمعات التي تعتمد عليها. ارتفاع مستوى سطح البحر نتيجة ذوبان الجليد البحري وكتل الجليد في القطبين يهدد المدن الساحلية والمناطق المنخفضة.

مساحة الجليد البحري وتوازن كتلة الأنهار الجليدية يعكسان أيضًا مدى تأثير التغير المناخي على النظم البيئية. فقدان الجليد يؤثر على مستويات المياه العذبة ويزيد من خطر الفيضانات.

لقد أصبحت التغيرات المناخية التي نشهدها اليوم أكثر وضوحًا وتأثيرًا على حياتنا اليومية. الزيادة الاستثنائية في درجات حرارة سطح البحر، (coupled with severe marine heatwaves)، تُظهِر مجموعات بيانات دولية تُستخدَم في مراقبة درجات الحرارة العالمية وتجمعها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العالمية خلال العام الماضي كان 1.45 ± 0.12 درجة مئوية أعلى من معدلات ما قبل الثورة الصناعية (1850–1900)تؤدي إلى تغييرات جذرية في النظم البيئية البحرية، مما يؤثر على التنوع البيولوجي ويزيد من خطر انقراض بعض الأنواع.

في القارة القطبية الجنوبية، كانت مساحة الجليد البحري في أدنى مستوياتها على الإطلاق، مما يثير القلق بشأن ارتفاع مستوى سطح البحر وتأثيره على المجتمعات الساحلية حول العالم. هذه التغيرات لا تقتصر فقط على البيئة، بل لها تداعيات مباشرة على صحة الإنسان.

الحرارة الشديدة في عام 2023 لم تؤثر فقط على جودة الهواء وصحة الأفراد، بل أدت أيضًا إلى حرائق غابات مدمرة، مما زاد من تدهور البيئة وأثر سلبًا على الحياة البرية والمجتمعات المحلية. الفيضانات والأمطار الغزيرة والأعاصير المدارية، التي تزداد قوتها بشكل متسارع، تسببت في دمار كبير وخسائر اقتصادية جسيمة.

تستخدم المنظمة العالمية للأرصاد الجوية مجموعات بيانات دولية لتوفير تقييم موثوق به لدرجات الحرارة تستند إلى بيانات مناخية صادرة عن مواقع وسفن ومحطات عائمة للرصد في شبكات بحرية عالمية تتولى إعدادها وصيانتها الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) بالولايات المتحدة، ومعهد غودارد للدراسات الفضائية التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء "ناسا(NASA GISS) "، ومركز هادلي التابع لدائرة الأرصاد الجوية (Met Office)بالمملكة المتحدة، ووحدة أبحاث المناخ في جامعة إيست أنغليا (HadCRUT)، ومجموعة "بيركلي إيرث.(Berkeley Earth) "

وتستخدم المنظمة أيضاً مجموعات بيانات إعادة التحليل الواردة من المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF) وخدمة كوبرنيكوس المعنية بتغير المناخ التابعة له، والوكالة اليابانية للأرصاد الجوية .(JMA) فعملية إعادة التحليل تدمج ملايين الرصدات الجوية والبحرية، ومنها رصدات الأقمار الاصطناعية، وتستخدم نموذجاً للطقس بهدف توفير إعادة تحليل كامل للغلاف الجوي. ومن خلال الجمع بين الرصدات والقيم المنمذجة، يمكن تقدير درجات الحرارة في أي وقت وفي أي مكان في العالم، حتى في المناطق التي تتوفر بشأنها بيانات شحيحة مثل المناطق القطبية، وصُنِّف عام 2023 على أنه العام الأحر في جميع مجموعات البيانات.

في دراسة للمركز الألماني لحوسبة المناخ Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) هو مركز خدمة مركزي لأبحاث المناخ ونظام الأرض توفر لمستخدميها العلميين مجموعة واسعة من البيانات والخدمات التي تدعم البنية التحتية البحثية المركزية لعلوم المناخ القائمة على المحاكاة في أبحاث المناخ في ألمانيا.

يوضح الشكل الموجود في الأسفل متوسط التغير العالمي في درجة الحرارة على ارتفاع مترين في الفترة من 1850 إلى 2100 مقارنة بالفترة الزمنية من 1986 إلى 2005. وقد تم استخدام تكوينين مختلفين لمحاكاة الماضي التاريخي والتطورات المستقبلية المحتملة. وتم محاكاة الفترة الزمنية التاريخية من 1850 إلى 2000 كمجموعة من ثلاثة معايير لكل منها تكوينين مختلفين في حين تم حساب الفترة الزمنية من 2001 إلى 2100 لثلاثة سيناريوهات محتملة

يُظهر الخط الأسود السميك متوسط التغيرات العالمية في درجة الحرارة على ارتفاع مترين في الفترة من 1851 إلى 2010 استنادًا إلى مجموعة بيانات CRUTEM4 الرصدية التي جمعتها وحدة أبحاث المناخ بجامعة إيست أنجليا.

يوضح الشكل الثاني محاكاة شذوذ متوسط درجة الحرارة العالمية مقارنة بالفترة 1986–2005 لكل من السيناريوهات الثلاثة المحتملة والماضي التاريخي. بالمقارنة مع الفترة الزمنية بين عامي 1986 و2005، حيث يصل أحد السيناريوهات (RCP8.5) (اللون الأحمر) إلى زيادة في درجة الحرارة تقترب من 4 درجات بحلول عام 2100. مقارنة بفترة ما قبل الصناعة، شهد المتوسط العالمي فرقًا إجماليًا في درجة الحرارة يبلغ حوالي 4.8 درجة.

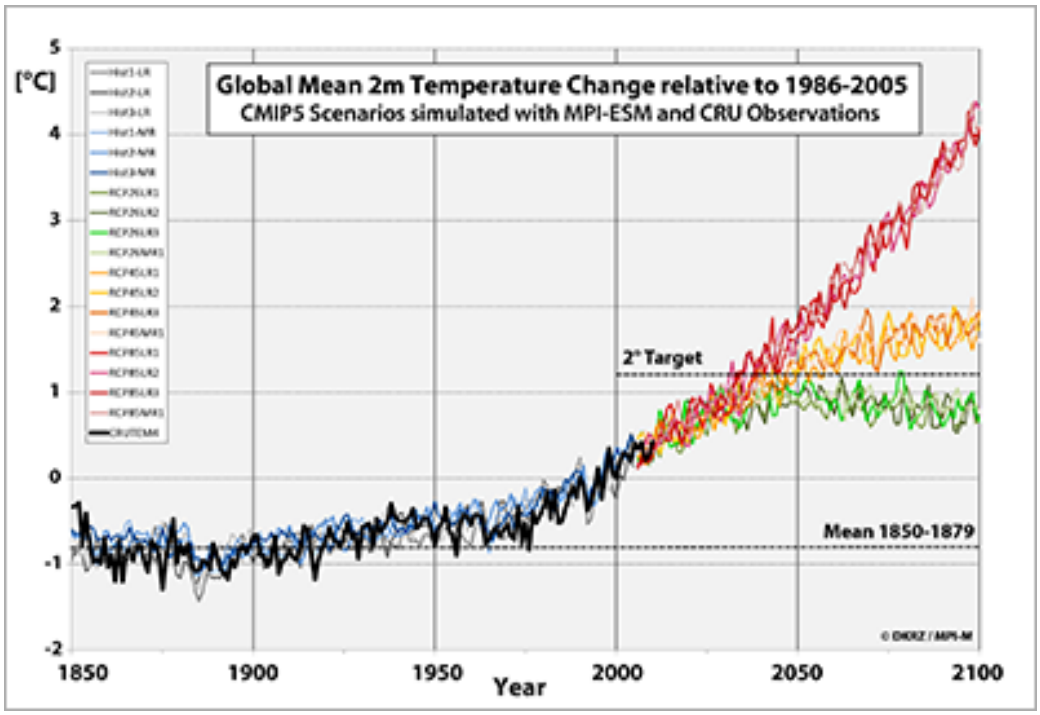
من ناحية أخرى، يحاكي السيناريو الثاني (RCP2.6) (اللون الأخضر) متوسط الاحترار العالمي الذي يظل أقل من هدف الدرجتين بهامش كبير وهو الهدف الذي تسعى الدول حول العالم لتحقيقه (أقل من درجتين مقارنة بفترة ما قبل الصناعة).

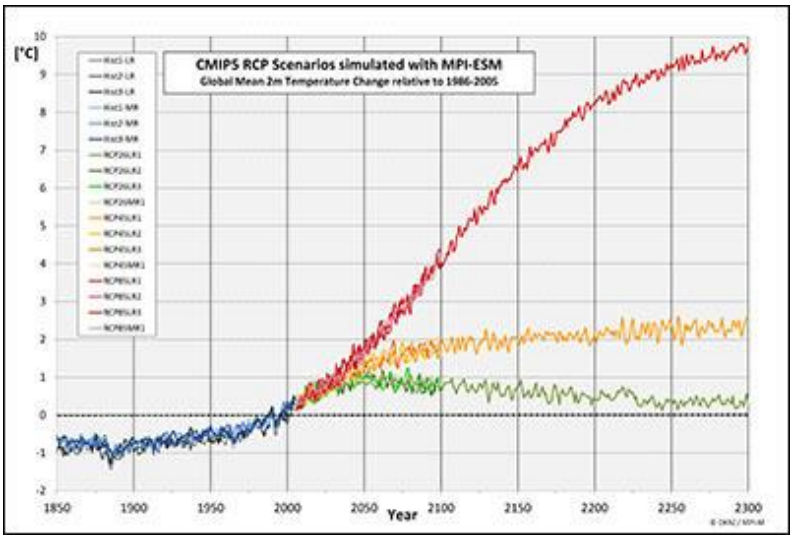
بالنسبة لسيناريو(RCP4.5) (اللون البرتقالي) "المتوسط"، تتغير الزيادة في درجة الحرارة بأقل من درجتين مقارنة بفترة 1986–2005، لكنها لا تزال أعلى وبعيدة بشكل واضح من هدف الدرجتين.

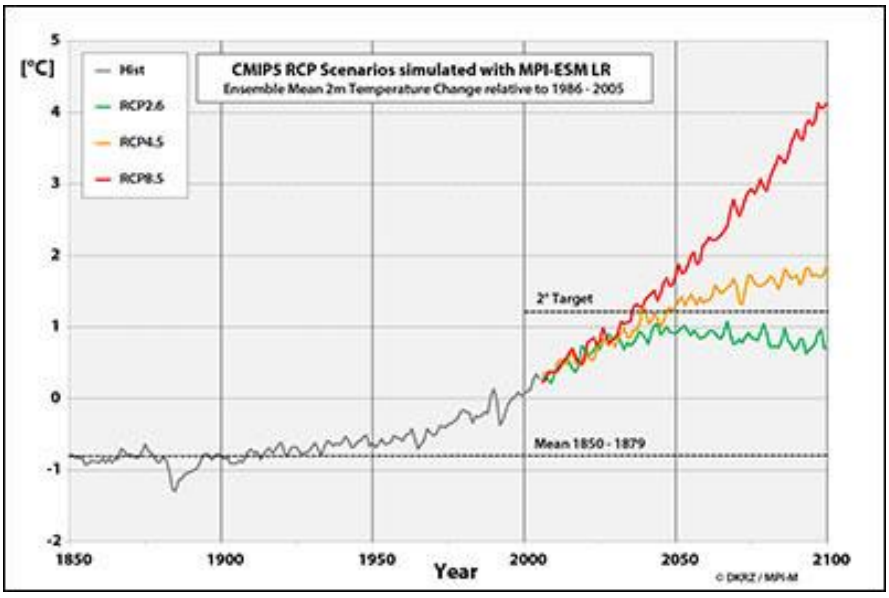
بالنسبة للسيناريوهات الممتدة حتى عام 2300 في ما يسمى بـ ECPs، فإن التغييرات في محاكاة السيناريو للتأثير المناخي أثبتت أنها أكثر تطرفًا بشكل ملحوظ. يصور الشكل الموجود في الأسفل منحنيات درجات الحرارة لثلاثة سيناريوهات متوقعة بين الماضي المحسوب للفترة الزمنية 2005–2100 (مقارنة بالفترة من 2101 إلى 2300).

في حين يتمكن السيناريو (ECP2.5) من الانخفاض قليلاً نحو مستوى درجة الحرارة لعام 2050، فإن السيناريوهان الآخران ( ECP4.5 وECP8.5 ) يظهران زيادة أخرى في درجة الحرارة بين عامي 2100 و2300.

في سيناريو ( ECP4.5) تصل هذه الزيادة إلى حوالي 2.3 درجة بحلول عام 2300 مقارنة بالفترة 1986–2005، بينما في سيناريو ( ECP8.5) تزيد بنحو 10 درجات.

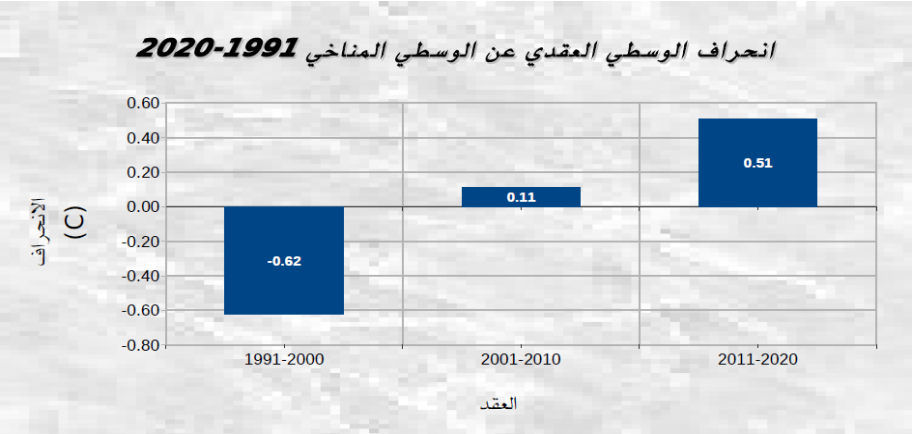





محلياً إن موقع سوريا الجغرافي يجعلها من المناطق الأكثر عرضة للتغيرات المناخية حيث أن معظم الكتل الهوائية القطبية الباردة التي تمر عبر القارة الأوربية تصل الى شرق المتوسط، إضافة الى الكتل الهوائية الحارة القادمة من منطقة الخليج العربي وشمال افريقيا هذا التنوع يؤثر على أنماط الطقس والمناخ في البلاد، وتظهر الخرائط المناخية تغيرات واضحة في منطقتنا فعلى سبيل المثال ارتفع الوسطي العقدي في سوريا لمعدل درجات الحرارة خلال العقود الثلاث الماضية حوالي 1.13 درجة مئوية وذلك حسب تقرير صادر عن المديرية العامة للأرصاد الجوية هذا الارتفاع يساهم في تفاقم الظروف المناخية القاسية، وكانت السنوات الخمس الأخيرة خلال العقد الماضي هي الأعلى ضمن السجلات المناخية مما يشير إلى اتجاه متزايد نحو الاحترار. يُظهر الشكل في الأسفل انحراف الوسطي العقدي عن الوسطي المناخي 1991-2020 (المحور العمودي يمثل الانحراف عن المتوسط بينما المحور الافقي هو محور زمني يمثل العقود الثلاث الماضية)

وكان الانحراف الوسطي السنوي عن الوسطي المناخي 1991-2020 بقيم عالية خلال السنوات الخمس الأخيرة من العقد الماضي وهذا ما يظهر في الجدول التالي الذي يقارن الانحراف عن المتوسط بالعقد الأخير ( السنوات العشر الماضية) (المحور العمودي يمثل الانحراف عن المتوسط بينما المحور الافقي هو محور زمني يمثل السنوات العشر الماضية)

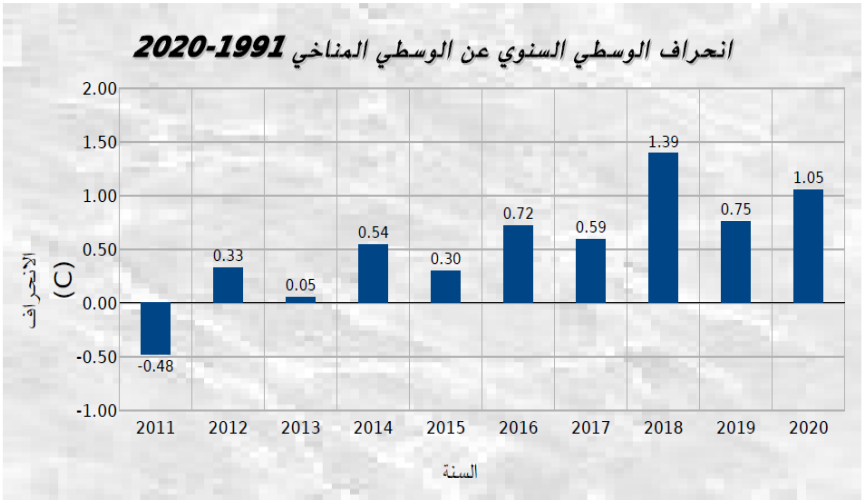



ترتيب درجات الحرارة الوطنية السنوية للعقد2011–2020:

تم حساب الوسطي السنوي لمعدل درجات الحرارة لعشر سنوات (من عام 2011 وحتى عام 2020) لكل محطة ومن ثم تم إيجاد القيمة الوسطية

للمحطات الخمس (الوسطي السنوي الوطني) لكل سنة، ومنها تم حساب شذوذ الوسطي السنوي الوطني عن الوسطي المناخي الوطني

(1991–2020) وترتيب السنوات من الأحر إلى الأبرد حيث كانت سنة 2018 في المركز الأول من حيث الانحراف الموجب (الحار) عن الوسطي المناخي مع ملاحظة أن المراكز الخمسة الأولى هي من ضمن الخمس سنوات الأخيرة في العقد وكانت النتائج في الجدول كما يلي:



| وسطي معدل درجات الحرارة العقدي وشذوذها عن الوسطي المناخي وترتيبها حسب الشذوذ عن الوسطي | | | |
|---|---|---|---|
| الترتيب حسب الشذوذ عن الوسطي | السنة | الوسطي السنوي | الشذوذ عن الوسطي المناخي1991–2020 |
| 1 | 2018 | 20.02 | 1.39 |
| 2 | 2020 | 19.44 | 1.05 |
| 3 | 2019 | 19.38 | 0.75 |
| 4 | 2016 | 19.34 | 0.72 |
| 5 | 2017 | 19.22 | 0.59 |
| 6 | 2014 | 19.17 | 0.54 |
| 7 | 2012 | 18.95 | 0.33 |
| 8 | 2015 | 18.92 | 0.30 |
| 9 | 2013 | 18.68 | 0.05 |
| 10 | 2011 | 18.15 | 0.48– |

تُعد زيادة أنماط الطقس المتطرف من أبرز النتائج المترتبة على التغيرات المناخية الحالية. فقد لوحظ ارتفاع ملحوظ في وتيرة موجات الحر، مما أدى إلى ارتفاع درجات الحرارة وتأثيرات سلبية على الصحة العامة وزيادة عدد حالات الوفاة. بالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض تساقط الثلوج وذوبانها السريع يؤثر سلبًا على الموارد المائية، خاصة في منطقة تعاني بالفعل من نقص في المياه. علاوة على ذلك، تساهم هذه التغيرات في ظهور ظواهر جوية متطرفة متعددة، مما ينتج عنه خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات.

تتأثر الزراعة بشكل كبير بالتغيرات المناخية، حيث أن التغيرات في درجات الحرارة وأنماط هطول الأمطار تؤثر على الإنتاج الزراعي، يواجه المزارعون تحديات جديدة مثل نقص المياه وظهور الآفات والأمراض الجديدة، مما يؤدي إلى تقليل الإنتاجية وزيادة أسعار المواد الغذائية. هذا بدوره يؤثر سلبًا على الاقتصاد ويعرقل جهود التنمية المستدامة، حيث أن الأمن الغذائي يعد أحد العناصر الأساسية لتحقيق التنمية.

في ظل هذه التحديات، يلعب المجتمع المدني دورًا حيويًا في زيادة الوعي حول آثار التغير المناخي، من خلال الحملات التوعوية والمبادرات المحلية، ويتمكن المجتمع من تعزيز الفهم العام حول أهمية الحفاظ على البيئة وضرورة اتخاذ إجراءات عاجلة، كما يسهم المجتمع المدني في الضغط على الحكومات لتبني سياسات صديقة للبيئة.

على الصعيد الدولي التوجه نحو التنبؤ القائم على الأثر: رؤية جديدة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية

في ضوء ما تم عرضه تعتبر التغيرات المناخية والظواهر الجوية المتطرفة من أكبر التحديات التي تواجه العالم اليوم. مع ارتفاع درجات الحرارة وزيادة تكرار الأحداث المناخية القاسية مثل الفيضانات، والعواصف، والجفاف، أصبح من الضروري تطوير أساليب فعالة للتنبؤ بالطقس. في هذا السياق، تتبنى المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

(WMO) أسلوبًا جديدًا يُعرف بالتنبؤ القائم على الأثر (Impact-Based Forecasting)، الذي يركز على التأثيرات المحتملة للظواهر الجوية على المجتمع والاقتصاد والبيئة.

1- مفهوم التنبؤ القائم على الأثر

التنبؤ القائم على الأثر هو نهج يهدف إلى تقديم معلومات أكثر دقة وملاءمة للمستخدمين، بدلاً من التركيز فقط على الظواهر الجوية نفسها. حيث يتم تحليل كيف يمكن أن تؤثر هذه الظواهر على حياة الناس، البنية التحتية، والقطاعات الاقتصادية المختلفة. هذا الأسلوب يساعد على تعزيز الوعي بالمخاطر المحتملة، ويُمكن المجتمعات من اتخاذ تدابير استباقية للتخفيف من آثار هذه الظواهر.

2- أهمية التنبؤ القائم على الأثر: تتجلى أهمية هذا الأسلوب في عدة جوانب

- تحسين الاستجابة للطوارئ من خلال تقديم معلومات دقيقة حول التأثيرات المحتملة للأحداث الجوية، يمكن للسلطات المحلية والمجتمعات أن تكون أكثر استعدادًا لمواجهة الكوارث الطبيعية. على سبيل المثال، في حال توقع حدوث عاصفة شديدة، يمكن للسلطات اتخاذ إجراءات فورية مثل إجلاء السكان أو تأمين البنية التحتية الحيوية.

- زيادة الوعي العام: يساهم هذا الأسلوب في رفع مستوى الوعي بين المواطنين حول المخاطر المرتبطة بالطقس. حيث أن المعلومة العلمية تستحوذ على اهتمام فئة قليلة من المواطنين، لكن عندما يعرف الناس كيف يمكن لظاهرة معينة أن تؤثر على حياتهم اليومية، يصبحون أكثر استعدادًا لتغيير سلوكهم والتكيف مع الظروف المتغيرة.

- دعم اتخاذ القرار: يوفر التنبؤ القائم على الأثر معلومات قيمة لصناع القرار في مجالات متعددة، بما في ذلك التخطيط العمراني وإدارة الموارد الطبيعية. يمكن أن تساعد هذه المعلومات في توجيه الاستثمارات نحو تحسين البنية التحتية وتقليل المخاطر.

3- التحديات التي تواجه تطبيق هذا الأسلوب: رغم الفوائد العديدة للتنبؤ القائم على الأثر، إلا أن هناك تحديات عدة يجب التغلب عليها

- توافر البيانات: يعتمد نجاح هذا الأسلوب بشكل كبير على توفر بيانات دقيقة وشاملة حول الظواهر الجوية وتأثيراتها. تحتاج المؤسسات إلى استثمار المزيد في جمع وتحليل البيانات لضمان دقة التنبؤات.

- التعاون بين القطاعات: يتطلب التنبؤ القائم على الأثر التعاون بين مختلف القطاعات الحكومية وغير الحكومية. يجب أن تعمل الوكالات المعنية بالطقس مع الجهات المعنية بالصحة العامة، والخدمات الاجتماعية، والبنية التحتية لضمان تكامل المعلومات.

- توعية المجتمع: تحتاج المجتمعات إلى فهم كيفية استخدام المعلومات المستندة إلى الأثر. يتطلب ذلك برامج توعية وتدريب لضمان أن تكون المعلومات مفهومة وقابلة للتطبيق.

4- تطبيقات عملية للتنبؤ القائم على الأثر: هناك العديد من التطبيقات العملية لهذا الأسلوب في مختلف أنحاء العالم

- نموذج التنبيه المبكر: في العديد من الدول، يتم استخدام نماذج التنبيه المبكر التي تعتمد على التنبؤ القائم على الأثر لتوفير تحذيرات مبكرة للسكان قبل وقوع الكوارث الطبيعية. على سبيل المثال، يمكن إرسال رسائل نصية

تحذيرية للسكان قبل حدوث عاصفة أو فيضان، حيث ترتبط هذه الرسائل التحذيرة بأثر العاصفة على الأرض وليس فقط بالخصائص العلمية لهذه العاصفة.

– خطط الطوارئ: تستخدم الحكومات المحلية المعلومات المستندة إلى الأثر لتطوير خطط الطوارئ وتحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر. يمكن أن تشمل هذه الخطط استراتيجيات للإجلاء وتوزيع المساعدات الإنسانية.

– التخطيط الحضري: يتم استخدام التنبؤ القائم على الأثر في التخطيط الحضري لضمان أن تكون المدن قادرة على التعامل مع الأحداث المناخية المتطرفة. يتضمن ذلك تصميم البنية التحتية لتكون مقاومة للفيضانات أو العواصف.

5– المستقبل والتطورات المتوقعة: مع تقدم التكنولوجيا وزيادة الوعي بالتغيرات المناخية، يُتوقع أن يستمر التوجه نحو التنبؤ القائم على الأثر في النمو. ستعمل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية على:

– تطوير نماذج تنبؤية متقدمة: ستعتمد المنظمة على تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحسين دقة التنبؤات وتوفير معلومات أكثر تفصيلًا حول التأثيرات المحتملة.

– تعزيز التعاون الدولي: ستسعى المنظمة إلى تعزيز التعاون بين الدول لتبادل البيانات والخبرات في مجال التنبؤ القائم على الأثر.

– تعليم وتوعية المجتمعات: ستعمل المنظمة على تطوير برامج تعليمية تهدف إلى زيادة الوعي بالمخاطر المناخية وتعليم الناس كيفية الاستجابة لها.

التغير المناخي هو أحد أكبر التحديات التي تواجه البشرية في القرن الحادي والعشرين، وتتطلب هذه الظاهرة استجابة عاجلة ومتكاملة من الحكومات، والمؤسسات، والأفراد. إن التعاون الدولي هو عنصر أساسي لمواجهة التغير المناخي، يجب على الدول العمل معًا من خلال اتفاقيات دولية وهذه الاتفاقيات تعزز الالتزام الجماعي للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. يجب أيضًا مشاركة التكنولوجيا والمعرفة لتطوير حلول مستدامة، مع ضرورة تقديم التمويل لدعم الدول النامية في جهودها للتكيف مع التغيرات المناخية.

بالإضافة إلى الجهود الدولية، تلعب المبادرات المحلية دورًا حيويًا. يمكن للمجتمعات تطوير برامج للتوعية لزيادة الوعي بأهمية الاستدامة. كما يمكن تشجيع الممارسات الزراعية المستدامة للحفاظ على الموارد الطبيعية وتنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح التي تعد أيضًا خطوة مهمة نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

يتطلب التصدي للتغير المناخي جهودًا جماعية من جميع الأطراف المعنية، يجب أن نكون جزءًا من الحل من خلال اتخاذ خطوات بسيطة مثل تقليل النفايات واستخدام وسائل النقل المستدامة، كما يجب أن نكون مستعدين للتغيير في أنماط حياتنا وطرق تفكيرنا تجاه البيئة ودعم السياسات البيئية التي تعزز الاستدامة وتحمي كوكبنا يعد أمرًا ضروريًا.

يعتبر التعليم والتوعية جزءًا أساسيًا من أي استراتيجية لمواجهة التغير المناخي. يجب تعزيز الوعي بين الأجيال الجديدة حول أهمية الحفاظ على البيئة وضرورة اتخاذ إجراءات فورية ويمكن أن تلعب المدارس والجامعات دورًا فعالًا في نشر المعرفة وتعليم الطلاب كيفية اتخاذ خطوات إيجابية نحو الاستدامة.

يلعب الابتكار والتكنولوجيا دورًا حاسمًا في مواجهة التغير المناخي حيث يمكن استخدام التكنولوجيا لتطوير حلول جديدة للتقليل من انبعاثات الكربون وتحسين كفاءة الطاقة. على سبيل المثال، يمكن أن تساعد تقنيات التخزين الذكي للطاقة والطاقة المتجددة في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

إن مواجهة التغير المناخي ليست مسؤولية فردية بل هي واجب جماعي يتطلب تعاونًا وتفانيًا من الجميع. من خلال العمل معًا، يمكننا ضمان مستقبل أكثر استدامة للأجيال القادمة وحماية كوكبنا للأجيال المقبلة. دعونا نكون جزءًا من الحل ونساهم في بناء عالم أفضل وأكثر استدامة.

المراجع:

1. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. تقرير التقييم السادس .
2. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2015). Paris Agreement .https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
3. World Meteorological Organization (WMO). (2020). State of the Global Climate 2020 . https://public.wmo.int/en/media/news/state-of-global-climate-2020
4. The German Climate Computing Center (Deutsches Klimarechenzentrum, DKRZ) https://www.dkrz.de/en/communication/climate-simulations/cmip5-ipcc-ar5/ergebnisse/Mitteltemperatur-en
5. World Meteorological Organization (WMO). (2023).

https://wmo.int/ar/news/media-centre/almnzmt-alalmyt-llarsad-aljwyt-twkd-am-2023-yhtm-alrqm-alqyasy-ldrjat-alhrart-alalmyt

6. Syrian General directorate of Meteorology (SGDM)

https://m.facebook.com/story.php?id=Meteo.sy&story_fbid=945496623035047

7. National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2022). Climate Change: Vital Signs of the Plane .https://climate.nasa.gov
8. Global Renewable Energy Report. (2021). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN2 .https://www.ren21.net/reports/global-status-report
9. The World Bank. (2021). Climate Change Overview.

https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/overview

10. United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Emissions Gap Report 2021 . https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021
11. The Lancet Countdown on Health and Climate Change. (2021). Tracking progress on health and climate change.

https://www.lancetcountdown.org

12. Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). The State of Food and Agriculture 2019 .http://www.fao.org/publications/sofa/2019/en
13. Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Climate Change Indicators in the United States .https://www.epa.gov/climate-indicators

# الباب الثاني

# الدراسات التطبيقية

الفصل الخامس: سيناريو التسخين العالمي وغرق دلتا النيل

أ. د. محمد محمود عيسى – المدير العام للأرصاد الجوية / مصر

الفصل السادس: إعداد خرائط المؤشرات المُناخية للعراق باستخدام المنصة الديناميكية (Resource Watch) – دراسة تطبيقية للتقنيات الجغرافية

أ.د. مثنى محروس علي العزاوي أ.د. احمد محمد جهاد الكبيسي

المديرية العامة لتربية صلاح الدين المديرية العامة لتربية الانبار

الفصل السابع: شواهد تضريسية على التغيرات المناخية – أمثلة عربية

أ د. غزوان محمد أمين سلوم – أستاذ في قسم الجغرافية بجامعة دمشق

الفصل الثامن: الاحترار العالمي وأثره على المناخ السياحي في محافظة بورسعيد

أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور– أستاذ المناخ ووكيل كلية الآداب جامعة المنصورة

الفصل التاسع: التغيرات المناخية وتأثيراتها على التنوع البيولوجي، تأصيل الأفكار وتطبيقات عربية.

أ. د. عادل معتمد– جامعة أسيوط– مصر،.

الفصل العاشر: خصائص الامطار الساقطة وتأثيرها في إنتاجية وإنتاج محصول القمح في الدول العربية المتأثرة بنظام مناخ البحر المتوسط

أ. د. نهاد خضير كاظم الكناني – قسم الجغرافية / كلية التربية للبنات – جامعة الكوفة

الفصل الحادي عشر: التفاعل بين حقوق الإنسان والقانون الدولي الإنساني بين التغيرات المناخية ومستقبل مستدام

د. رشا عقيل عبد الحسين– كلية الامام الكاظم / العراق

الفصل الثاني عشر: العدالة البيئية والمناخية – توزيع عادل لأعباء وأخطار التغير المناخي – الوطن العربي أنموذجاً

أ. د. فواز أحمد الموسى – أستاذ المناخ بجامعة حلب

الفصل الثالث عشر: الهدف العالمي للتكيف المناخي في اتفاق باريس: التحديات القانونية وإمكانات التفعيل في السياق العربي

مكيكة مريم: جامعة الجيلالي اليابس سيدي بلعباس /الجزائر

الفصل الرابع عشر: الموازنة المائية المناخية والتبخر– النتح الحقيقي لنبات الشعير في سورية في ظل التغيرات المناخية خلال الفترة (1980–2020)

د. كنانة حليمي: محاضرة في جامعة طرطوس / سورية

الفصل الخامس عشر: هشاشة النظام الإيكولوجي الواحي في ظل التغيرات المناخية وانعكاساتها الاجتماعية

محمد الفزني – جامعة القاضي عياض/ المغرب

الفصل السادس عشر: التغير المناخي وأثره في الهجرة لعدد من محافظات العراق

أ. م. د. آمنة جبار مطر درويش الدليمي – جامعة الانبار /كلية الآداب/قسم الجغرافيا

# الفصل الخامس:

# سيناريو التسخين العالمي وغرق دلتا النيل

أ. د. محمد محمود عيسى

رئيس مجلس إدارة الهيئة العامة للأرصاد الجوية سابقاً

جمهورية مصر العربية

مقدمة:

صرخة تحذير أطلقها بقوة البنك الدولي، تقول: حذار أيها المصريون... بلدكم سيكون الأكثر تضرراً بسبب ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية، وأوضح التقرير الصادر عن البنك أن زيادة درجة الحرارة ستؤدي إلى ارتفاع مستوي المياه في البحار والمحيطات، بما يهدد بإغراق مساحات شاسعة من المناطق الساحلية، كالإسكندرية، ومن ثم هجرة ملايين المصريين من أراضيهم، وتأثر إنتاج المحاصيل الزراعية.

وفي تقرير نشرته صحيفة "يواس توداي" ذكر أن مصر تواجه سيناريوهات خطيرة "كارثية" على علاقة بالاحتباس الحراري حيث أن الوضع يبدو "خطيراً حالياً ويتطلب اهتماماً عاجلاً" إن مياه البحر المتوسط ارتفعت بمعدل 0.8 بوصة سنوياً في أثناء العقد الماضي وبانه بحلول عام 2100 فإن ارتفاع منسوب البحر سيدمر كل الشواطئ الرملية لكل السواحل المصرية، كما سيعرض الآثار الغارقة أمام شواطئ الإسكندرية للخطر الفعلي.

تقارير عالمية تصدر وآراء من خبراء دوليين مصريين واجانب وتحذيرات من مؤسسات ومراكز بحوث كبرى، كل هؤلاء يحذرون من نتائج التغيرات المناخية وتداعيات ارتفاع درجة الحرارة وذوبان الجليد في القطبين الشمالي والجنوبي، وارتفاع سطح مياه البحر مما سيؤدي إلى غرق مناطق كثيرة في العالم من بينها سواحل مصر والدلتا، ولأنني قد اطلعت علي اراء البنك الدولي، والكثير من التقارير الدولية، وتابعت باهتمام بالغ تقارير وزارات البيئة والري ومعهد الصحراء وكلية علوم الاسكندرية والمعهد القومي لعلوم البحار والمصايد بالإسكندرية، كذلك خبراء عالميين مصريين واجانب وكانت معظمها تشير إلى ارتفاع منسوب البحر المتوسط من ٣٠ إلى ٤٠ سم سيؤدي إلى غرق ربع الدلتا، ولكن بعض الآراء القليلة والخافتة للغاية تؤكد أن مناخ الارض يتجه نحو البرودة وليس الحرارة، ابرز تلك الآراء ما جاء في حلقة نقاش نظمتها مؤسسة "المربع الذكي" في الولايات المتحدة الأمريكية واجريت في مارس ٢٠٠٧، وجاء راي الدكتور ميشيل كرشتون أستاذ الارصاد الجوية في معهد ماساشوستس للتكنولوجيا وهو أكبر معهد تكنولوجيا في العالم، ودعمه بالرأي الدكتور فيليب ستوت استاذ الجغرافية الحيوية بجامعة لندن مؤكداً أن كثيراً من التحذيرات الحالية قائمة على تجاهل ما هو عادي في الطقس والمناخ.

مفهوم التغيرات المناخية:

في واقع الأمر يمكن تقسيم التغيرات التي تحدث في الغلاف الجوي إلى قسمين:

- تغيرات لها طبيعة منتظمة.

- وتغيرات ذات طبيعة غير منتظمة التغيرات المنتظمة.

التغيرات المنتظمة هي تغيرات تحدث في الغلاف الجوي بصورة دورية بحيث انه يمكن تحديد مقدارها ووقت حدوثها مثال ذلك إذا أخذنا التغير في درجة حرارة الغلاف الجوي نجد ان درجة الحرارة لها نهاية عظمى أثناء النهار ونهاية صغرى أثناء الليل أي انه يوجد تغير يومي في درجة الحرارة يمكن تحديد قيمته وميعاد حدوثه كذلك ارتفاع درجة الحرارة أثناء فصل الصيف وانخفاضها في أثناء الشتاء أي أنه يوجد تغير فصلي في درجة الحرارة يمكن معرفة قيمته وزمن حدوثه.

أمثلة هذه التغيرات كثيرة في الغلاف الجوي ومعروفة من حيث اسباب حدوثها ومقدارها وأوقات حدوثها. فعلى سبيل المثال التغير اليومي أو الفصلي في درجة الحرارة. وبعضها معروف مقداره وأوقات حدوثه لكن أسباب حدوثه لا زالت غير اكيدة مثل التغير نصف اليومي في الضغط الجوي والتغير الذي مدته تقريباً سنتين في بعض العناصر. كذلك يوجد بعض التغيرات التي اكتشفت حديثاً مثل التغير الذي مدته من ١٠ الى ١٢ سنة والذي اكتشف في أواخر الثمانينات، هذا النوع من التغيرات تأخذ شكل الذبذبات أي أنها لا تدخل فيما يسمى بالتغيرات المناخية ويمكن التنبؤ بها وفصلها التغيرات غير المنتظمة.

هذه التغيرات نحدث في الغلاف الجوي ولكن من العسير تحديد مقدارها وأوقات وأماكن حدوثها مثال ذلك ممكن أن ترتفع درجة الحرارة في فصل الصيف أو الشتاء عن معدلاتها لفترة زمنية ثم تعود لطبيعتها، وهكنا سوف نقوم بتقسيم هذا النوع الى قسمين:

تغيرات طبيعية غير منتظمة: وهي التي حتى الآن لم يصل أحد إلى معرفة التغير الزمني لانتظامها. ومن الذبذبات الطبيعية التي لها تأثير على تغيرية المناخ ولكن حتى الفترة السابقة لم يتم التعرف على محصلة تأثيرها التي استنتجها الفلكي ميلانكوفيتش من عام ١٨٧٩ حتى عام ١٩٥٨.

علاقات الأرض بالشمس كالتالي:

١- تغير شكل المدار الذي تدور فيه الأرض حول الشمس.

٢- ذبذبة محور الأرض على مستوى مدار دوران الأرض حول الشمس.

٣- تغير حركة المحور بالنسبة إلى مدار حركة الأرض حول الشمس ويؤدي هذا إلى تغيرية طويلة الأمد.

لولا ميل محور دوران الأرض على مستوى دوران الأرض حول الشمس ما كانت الفصول الأربعة وكان طول النهار مساوياً طول الليل طوال السنة وكانت كمية الاشعاع الشمسي الواصلة إلى نقطة ما على الأرض تكون ثابتة خلال السنة لكن ميل محور الأرض بزاوية متوسطة قدرها 23.5 يحدث الصيف في نصف الكرة الشمالي يبدأ في يونيو حيث يستقبل نصف الكرة الشمالي اشعة شمسية أكبر من نصف الكرة الجنوبي ويكون النهار اطول من الليل وذبذبة محور الأرض في مدى 22.5 حتى 24.5، ويكون طول دورة التغير ٤١ ألف سنة. وعندما يكون المحور أقل زاوية يكون الصيف أبرد والشتاء معتدل، وعندما يكون المحور أكبر عند أكبر زاوية تكون الفصول أكثر عنفاً

ويؤثر ذلك في تغيرية المناخ كالآتي: عندما يكون الشتاء معتدلاً فإن مناطق الجليد يحدث لها إذابة وتبتعد بعيدة عن خط الاستواء وعندما يكون الصيف أبرد فان جبال الجليد لا تذوب ويتم بناءها من جديد.

والمقارنة بين الماء والأرض والثلج فإنهم يعكسون الإشعاع الشمسي للفضاء بنسب مختلفة وتزيد بالترتيب، ومع ذلك نقص درجة الحرارة يحدث تبريد إضافي مما يزيد من تنامي الجبال الجليدية ويأذن ببدء تكون عصر جليدي.

عدم انتظام مدار الأرض حول الشمس حيث أنه ليس دائرياً وعلى ذلك فان بعد الأرض عن الشمس يختلف خلال أيام السنة ولكن شكل المدار يتغير من سنة لأخرى في ذبذبة طولها من ٩٠ إلى 100 ألف سنه. وعندما يكون الشتاء دافئاً تكون الفصول غير عنيفة في نصف الكرة الشمالي بينما تكون الفصول عنيفة في نصف الكرة الجنوبي أكثر إذا كان مدار الأرض حول الشمس دائرياً.

هناك تعقيد آخر وهو ذبذبة لمحور الأرض كالمغزل ولها ذبذبة كل ٢٢ ألف سنة وهذه تحدث إزاحة للفصول ببطء خلال السنة وكل 11000 سنة يحدث تبادل الصيف مع الشتاء وبعد 11000 سنة اخرى يعود كل إلى أصله أي أنه يحدث إزاحة فصلية تقدر بيوم واحد كل ٦٠ عام.

– تغيرات غير منتظمة غير طبيعية وهي في هذه الحالة يمكن ان تكون ناتجة عن نشاطات الأنسان، وإذا ما استمر هذا التغير غير المنتظم لفترات طويلة تتعدى المائة عام وعلى مساحة كبيرة لا تقل عن نصف مساحة الكرة الأرضية؛ وأمكن التأكد من فصل هذا التغير عن التغيرات الطبيعية يسمى بالتغيرات المناخية. ومن أمثلة الأنشطة البشرية التي قد تؤدي إلى تغيرات غير منتظمة في الغلاف الجوي:

*– زيادة نسبة تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي كما ذكرنا سابقاً ان زيادة نسبة تركيز هذا الغاز سوف تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في الغلاف الجوي وذوبان الجليد في القطبين والتغير في مستوى سطح البحر وسوف يؤدي ذلك إلى تغيرات أكثر تعقيداً مستقبلاً وهو أحد غازات الدفيئة وهي قوة لا يستهان بها برغم نسبتها الضئيلة في الغلاف الجوي، لكن؛ لولا هذه النسبة الضئيلة لكانت درجة حرارة الارض حالياً ١٨ درجة تحت الصفر ولكن نظراً لوجود غازات الدفيئة التي تعمل على تخزين الحرارة وبثها مرة اخرى إلى الغلاف الجوي مما يؤدي إلى وصول متوسط درجة حرارة الارض إلى ١٤ درجة مئوية، ومن هنا بدأ الخيال العلمي بان زيادة تركيز نسبة هذه الغازات سوف يؤدي إلى ارتفاع غير طبيعي في درجة حرارة الأرض، بالإضافة إلى أنه من المعروف ان سطح الأرض يعكس جزء لابأس به من الإشعاع الشمسي الساقط عليه وهو ما يعرف بالألبيدو، وان كمية الإشعاع المنعكس تعتمد على نوع السطح ( سطح صحراوي – زراعي – اكبر انعكاس جليدي.. الخ). من هذا ايضاً فإن انعكاس يحدث بواسطة الأسطح الجليدية، فإذا حدث ذوبان للجليد فإن الألبيدو سوف يقل وسوف يزيد من الخلل في الاتزان الإشعاعي للنظام.

*– زيادة نسبة تركيز بعض مركبات الكلور والبروم في الغلاف الجوي تستخدم هذه المركبات بكثرة في الصناعة في الوقت الحاضر، وقد أثبتت الابحاث أن عمر بعض هذه المركبات في الغلاف الجوي يصل إلى عشرات السنين، وأن هذه المركبات بعد انطلاقها في الغلاف الجوي تصل إلى طبقة الأوزون، وفي ظل ظروف جوية معينة تتفاعل

مع غاز الأوزون وتؤدي إلى تآكل هذه الطبقة التي تحمى الحياة على سطح الكرة الأرضية من الأشعة الشمسية الضارة. إضافة إلى ذلك فإن تآكل طبقة الأوزون سوف يؤدي إلى تغيرات أكثر تعقيداً فكما ذكرنا سابقاً أن غاز الأوزون له نطاق امتصاص في مدى الاشعاع الأرضي وبناءً على ذلك فإن أي تغير في نسبة تركيز هذا الغاز سوف تؤدي إلى خلل في الاتزان الإشعاعي للنظام.

*- تغير طبقة السطح: كما ذكرنا سابقا إن الألبيدو يعتمد على طبيعة السطح وبناءً على ذلك فان تغير طبيعة السطح بشكل واسع سوف يؤدي إلى خلل في الاتزان الإشعاعي للنظام. تعتمد الدراسات الحالية لتغير المناخ على دراسة التغيرات غير المنتظمة غير الطبيعية في الغلاف الجوي من حيث اسباب حدوثها ومقدارها وامكانية التحكم بها، وحتى يمكن ذلك فانه من الضروري أولاً فصل التغيرات المنتظمة والتغيرات غير المنتظمة الطبيعية من القياسات الخاصة بعناصر الأرصاد الجوية، على سبيل المثال عند دراسة المتغيرات المنتظمة مثل التغير اليومي والتغير الفصلي والتغير نصف السنوي... الخ، عن القياسات الخاصة بدرجة الحرارة. ويمكن فصل هذه الذبذبات بالطرق الإحصائية المعروفة حيث أن مدة الذبذبة وزمن حدوث نهايتها العظمى معروفة، والمشكلة في هذا النوع من المتغيرات هي احتمال وجود ذبذبات طويلة الزمن لم تكتشف حتى الأن.

يمكن دراسة هذه التغيرات، وما اذا كان هناك ميل للارتفاع في درجة الحرارة وميل مستمر للانخفاض في درجة الحرارة، ويمكن البحث بعد ذلك في اسباب هذا التغير، هع مراعاة أنه ناتج من انشطة بشرية وليست طبيعية كذلك البحث في إمكانية الحد هن هذا التغير عن طريق التحكم في الأسباب المؤدية اليه. والاعتقاد السائد بأن بعض الغازات من مكونات الغلاف الجوي لها نشاط إشعاعي في مدى الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي والاشعاع الأرضي، وأن أي تغير في نسبة تركيز هذه الغازات في الغلاف الجوي سوف يؤدي إلى خلل في الاتزان الإشعاعي لنظام الأرض — وبالتالي - يؤدي إلى تغيرات مناخية، وكذلك أن نسبة تركيز هذه الغازات في الغلاف الجوي في ازدياد مستمر منذ عصر النهضة الصناعية، فهل بدأ الأنسان فعلا في تغيير المناخ.

من الدراسات السابقة هو حدوث تسخين حقيقي يزيد على نطاق الكرة الأرضية يتراوح بين 0.3-0.6 درجة مئوية خلال القرن الأخير يزيد بمقدار 0.05 درجة مئوية بالمناطق المأهولة بالسكان.

بالإضافة إلى ذلك لوحظ وجود تسخين مماثل عام في القرن السابق لذلك في ثلاث مجموعات منفصلة من القياسات، واحدة مأخوذة فوق سطح الأرض والاخرتان ماخوذتان فوق المحيطات، وإن معظم التسخين قد تركز في فترتين زمنيتين الأولى بين عام ١٩١٠ و١٩٤٠ والثانية عام في عقد السبعينيات، يلاحظ في هذه القياسات، أن نصف الكرة الشمالي تعرض للتبريد بين عامي ١٩٤٠ وبداية ١٩٧٠، في حين أن متوسط درجة الحرارة في نصف الكرة الجنوبي خلال هذه الفترة الزمنية في حالة ثبات تقريباً.

بنى الاستنتاج الخاص بان درجة حرارة الكرة الأرضية في ارتفاع على ما هو ملحوظ من تراجع معظم الجبال الجليدية في العالم منذ نهاية القرن التاسع عشر، وعلى أن متوسط مستوى سطح البحر قد ارتفع خلال نفس الفترة بمعدل ١ إلى ٢ مم في العام، وأن الدراسات التي تمت للتمدد الحرارى للمحيطات، وزيادة انصهار الجبال الجليدية في جرينلاند في القرن الماضي أوضحت أن الجزء الأكبر من هذا الارتفاع في متوسط مستوى سطح البحر يعود إلى التسخين العالمي، وهذا الارتباط هو ما جعل العلماء يعتقدون أن التسخين في المستقبل سوف يزيد من ارتفاع

مستوى سطح البحر، ومع هذا فإن بعض الابحاث باستخدام النماذج العددية قد اوضحت أن هذه الزيادة في التغيرات طبيعية، وعلى ذلك فإنها يمكن ان تكون متغيرات طبيعية. كذلك فإن متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية غير كافي بمفرده كمؤشر للتغيرات المناخية الناتجة من غازات الاحتباس الحراري.

إن التعرف على اسباب أي تغير عالمي في متوسط درجة الحرارة يتطلب دراسة الاوجه الاخرى لتغير المناخ، خاصة الخواص الزمنية والمساحية، حيث أن بعض انماط تغير المناخ والتي اظهرتها النماذج العددية لم تلاحظ في البيانات المسجلة، ولكن من المتوقع أن الزيادة في درجة الحرارة على المستوى العالمي ستكون في حدود 0.012 وحتى 0.026 درجة مئوية لكل عقد، وفي جميع الأحوال سيكون معدل الزيادة المتواصلة في درجة الحرارة أكبر على الأرجح من أي معدل لوحظ في العشرة ألاف سنة الماضية.

والتغيرات الاقليمية واضحة ايضا وعلى سبيل المثال فان الزيادة في التسخين التي حدثت مؤخراً بلغت أشدها فوق قارات منطقة خطوط العروض الوسطى في الشتاء والربيع، مع حدوث تبريد في مناطق قليلة مثل منطقة شمال الأطلسي، وزاد الهطول فوق اليابسة في منطقة خطوط العروض العليا لنصف الكرة الأرضية الشمالي، وخاصة خلال الفصل البارد. ومن المتوقع حدوث تغيرات من ارتفاع او انخفاض في متوسط سطح البحر نتيجة للتمدد الحراري للمحيطات وذوبان الجليد والأغطية الجليدية، ومع الأخذ في الاعتبار تأثير التغيرات المستقبلية في تركيزات غازات الاحتباس الحراري والهباء الجوي، فإن النماذج المناخية تتوقع حدوث ارتفاع مستوى سطح البحر مقداره 50 سم في الوقت الحاضر وعام 2100 م.

بروتوكول كيتو

شهد عام ١٩٩٧ حدثاً طال انتظاره وهو تبني بروتوكول كيوتو باليابان الخاص بالاتفاقية العامة للأمم المتحدة حول التغيرات المناخية، فلأول مرة في التاريخ يتضمن هذا البرتوكول التزامات قانونية صريحة بتبني أهداف تخفيض معدلات التلوث الناتجة عن الأنواع الرئيسية لغازات الاحتباس الحراري. بالرغم من ذلك فان دخول بروتوكول كيوتو حيز التنفيذ لا يزال مسالة مشكوك فيها، وذلك للنظر إلى الحساسية والإجراءات المطلوبة للتصديق على الانضمام في برلمانات الدول الموقعة عليه.

جاء توقع بروتوكول كيوتو يوم ١١ ديسمبر ١٩٩٧ نتيجة لزيادة التداعيات السياسية والاهتمام العالمي بالتغيرات المناخية خلال عام ١٩٩٧. ولم يكن مجرد نتيجة للاجتماعات الثلاثة لمجوعة العمل المنبثقة عن مؤتمر برلين في شهور مارس، أغسطس وأكتوبر ١٩٩٧، ولكن كان نتيجة لوضع مسالة المفاوضات بخصوص التغيرات المناخية على قمة أجندة إعمال قادة الدول الغربية، وكان ذلك نتيجة لحدثين هامين الأول هو النظر لمسالة التغيرات المناخية كقضية جوهرية ومعالجتها في الدول الصناعية (الثمان) الكبرى في قمة دنفن، والحدث الثاني هو الاهتمام المكثف الذي بدء بالاجتماع الخاص للجمعية العامة للأمم المتحدة في شهر يونيو ١٩٩٧، لمتابعة إعمال مؤتمر الأمم المتحدة حول البيئة والتنمية المعروف باسم قمة الأرض والذي عقد في ريو دي جانيرو عام ١٩٩٢.

وفى مارس ١٩٩٧ كانت عملية المفاوضات قد شهدت دفعة قوية على أثر قرار مجلس البيئة فى الجماعة الأوروبية بتبني معدلات موحدة لتخفيض التلوث، وإقراره مبدأ تقسيم وتبادل الأعباء البينية بين الدول الأطراف، وقد اقترحت

الجماعة الأوروبية تخفيض الملوثات بنسبة 15% حتى عام ٢٠١٠ باعتبار عام 1990 هو سنة الأساس، وذلك فيما يتعلق بثلاثة أنواع من الغازات الملوثة للبيئة، وهي ثاني أكسيد الكربون والميثان، وأكسيد النتروجين. بعد ذلك وفى شهر يوليو من نفس العام توصل وزراء البيئة فى الجماعة الأوروبية الى الاتفاق على نسبة 7.5% كمعدل مستهدف للتخفيض حتى عام ٢٠٠٥، ونتيجة لذلك بدأت الولايات المتحدة واليابان وكندا ونيوزيلندا تطرح مقترحاتها بشان نسبة ومعدلات التخفيض، وتم استخلاص مسودة تفاوضية من هذه المقترحات وتقديمها باللغات الست الرسمية بالأمم المتحدة الى أعضاء مجموعة عمل برلين، قبل بدأ أعمال اجتماعهم الثامن في شهر أكتوبر 1997، ولقد طلب من رئيس مجموعة العمل في ختام الاجتماع الثامن الاستمرار في محاولة التوصل الى حلول وسط بديلة للتفاوض، وعلى هذا لم يكن مستغرباً لأحد أن المسودة النهائية التي ناقشها مؤتمر كيوتو واقرها تضمنت مفاجآت لمعظم الأطراف.

ويحتوي برتوكول كيوتو وهو الصيغة التنفيذية للاتفاقية العامة حول التغيرات المناخية على مجموعة التزامات قانونية تقع على الدول الصناعية، وتتعلق تلك الالتزامات بأهداف محددة لتخفيض معدلات انبعاث مجموعة من الغازات الملوثة وبمقادير متفاوتة، وهي ستة أنواع من الغازات ويجب على الدول المعنية الالتزام بتخفيضها بنسبة 5% على الأقل خلال فترة المهلة المقررة وهي من عام ٢٠٠٨ الى عام ٢٠١٢.

أعطت الولايات المتحدة أولوية كبيرة للوصول إلى اتفاق عام حول الأدوات الاقتصادية الكفيلة بتوفير قدر كاف من المرونة لتنفيذ التزامات التخفيض، وفي مقدمة تلك الأدوات إمكانية تبادل الفائض من التخفيض المحقق بين الدول الأطراف، وعندما طرحت الولايات المتحدة هذا الاقتراح في المؤتمر الثاني للدول الأطراف يوليو ١٩٩٦ قابلته الدول الأوروبية بالحذر، بينما عارضته جميع الدول النامية بشكل صريح، حيث كان سبب اعتراضها في جانب منه اخلاقياً (التمسك بالحق في التلويث) وفي جانب أخر سياسياً كورقة تفاوضية ضد المطالب الأخرى للولايات المتحدة بعدم الاستثناء، وضد النص على الالتزامات القانونية الملقاة على الدول النامية، بالإضافة لهذا فقد كانت الدول النامية شأنها شأن دول الجماعة الأوروبية تخشى ان يؤدي مفهوم تبادل الانبعاثات إلى إيجاد وسيلة رخيصة للولايات المتحدة وكندا واستراليا ونيوزيلندا لكي تتحلل من التزاماتها تماماً، بشراء نسبة الفائض المسموح به ضمن حدود التلوث لدى الدول الفقيرة.

ولا عجب إذن ان تأتى الصورة النهائية للبرتوكول متضمنة تلك الاعتبارات المتناقضة، حيث تم النص في البرتوكول أن الدول الأطراف يمكن أن يدخلوا في اتفاقيات لتبادل الانبعاثات فيما بينهم من أجل الوصول إلى النسب التخفضية المقررة عليهم، إلا أن هذه الرخصة تأتى كوسيلة مكملة وليست بديلة عن الإجراءات المطلوبة التي يجب على الدول الأطراف اتخاذها للوفاء بالتزاماتها القانونية، ووفقا للمبادئ والصنع والقواعد والإرشادات التي يضعها مؤتمر الدول الأطراف، وليس كيفما شاء كل طرف على حده، وكذلك فان الطبيعة النظرية والخادمة لمفهوم تبادل الانبعاثات قد تقود إلى أمر في غاية الخطورة، ففي روسيا وأوكرانيا تضاءلت معدلات الانبعاثات بشكل كبير بسبب تدهور الأوضاع الاقتصادية، وبالتالي فإن إعمال فكرة تبادل الانبعاثات ( أي متاجرة روسيا وأوكرانية في الفائض المسموح به للدول التي تنتج انبعاثات) تعد ثغرة ضخمة في البروتوكول، وسبباً في إضعاف الأهداف التخفضية، عموماً فقد لوحظ أن معدل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في روسيا اليوم يقل نحو 30% عن مستوى عام

١٩٩٠. والأمر نفسه وأقل منه يحدث في أوكرانيا، وفي الحالتين ليس من المتوقع ان تزيد تلك الانبعاثات حتى عام ٢٠٠٨ عن معدلات عام ١٩٩٠.

لقد كان التنفيذ المشترك هو الآلية الثانية التي تم التوصل إليها لتوفير المرونة في تنفيذ برتوكول كيوتو، فلم يكن ممكناً إثارة هذا الموضوع خلال المؤتمر الأول للدول الأطراف، وذلك بسبب إصرار العديد من الدول الصناعية على مشاركة الدول النامية في تلك الآلية، وبدلاً من هذا تم الاتفاق على فكرة أخرى أطلق عليها (أنشطة تنفيذ بالمشاركة) دون احتساب أيه تخفيضات في معدلات الانبعاثات حتى نهاية تلك الحقبة، وقد تم تعديل مفهوم التنفيذ المشترك وتطويره، لا سيما فيما يخص أنشطة التنفيذ المشترك في الدول النامية، ثم تم إدراجه في برتوكول كيوتو، وقد وضعت الدول الأطراف الملامح الأساسية لأليه "التنمية النظيفة"، وذلك بهدف دعم الدول النامية لتحقيق التنمية المستدامة، ومساعدة الدول للوفاء بالتزاماتها وتعزيز قدرتها على تحقيق الأهداف التخفيضية.

وافقت الدول الصناعية في إطار اتفاقية كيوتو على خفض الانبعاث الكلي للغازات الدفيئة بنحو 5.2٪ مقارنة بعام 1990. ألزم الاتحاد الأوروبي بتخفيض قدره 8 ٪، والولايات المتحدة بنسبة 7%، واليابان بنسبة 6 ٪، وروسيا بنسبة 0 ٪. سمحت المعاهدة بزيادة انبعاث الغازات الدفيئة بنسبة 8 ٪ لأستراليا و 10 ٪ لآيسلندا.

ويتضمن اتفاق كيوتو مجموعتين من الالتزامات المحددة تحقيقاً للمبادئ العامة التي أقرتها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ: تتضمن المجموعة الأولى الالتزامات التي تتكفل بها جميع الأطراف المتعاقدة، في حين تختص المجموعة الثانية بمجموعة الالتزامات التي تتحملها الدول المتقدمة حيال الدول النامية. وفيما يختص بالالتزامات التي تتكون منها المجموعة الأولى فإنه يمكن القول أن البروتوكول يلزم الدول الموقعة عليه بقائمة محددة من الالتزامات، لا يُفَرَّق فيها بين الدول المتقدمة والدول النامية، فهي التزامات مشتركة تتكفل بتنفيذها كافة الأطراف المتعاقدة. هذه الالتزامات هي:

- قيام 38 دولة متقدمة بتخفيض انبعاثات الغازات المسببة لتأثير الدفيئة وذلك بنسب تختلف من دولة لأخرى، على أن يجرى هذا التخفيض خلال فترة زمنيه محددة تبدأ في عام 2008 وتستمر حتى عام 2012. وبلغت نسبة التخفيض المقررة في حالة الاتحاد الأوروبي 8% أقل من مستوى عام1990، وفي حين بلغت هذه النسبة في حالة الولايات المتحدة واليابان 7%، 6% على التوالي. وتشمل هذه الانخفاضات 6 غازات محدده هي: ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروجين، بالإضافة إلى ثلاثة مركبات فلورية.
- الحفاظ على بواليع ومستودعات الغازات الدفيئة sinks and reservoirs كالغابات، والعمل على زيادتها من أجل امتصاص انبعاثات الغازات الدفيئة Green House Gases المسببة لظاهرة التغير المناخي.
- إقامة نظم ومناهج بحث لتقدير انبعاثات الغازات الدفيئة، وكذلك دراسة الآثار السلبية الناجمة عنها، والتبعات الاقتصادية والاجتماعية لمختلف سياسات مواجهة المشكلة.
- التعاون الفعال في مجالات تطوير التعليم وبرامج التدريب والتوعية العامة في مجال التغير المناخي بما يهدف إلى تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة.
- العمل على إنتاج وتطوير تقنيات صديقة للبيئة من خلال التركيز على الأنواع الأقل استهلاكا في الوقود، وبالتالي أقل من حيث احتراق الوقود وانبعاثات الغازات الضارة.

تعتبر مجموعة ٧٧ والصين من الأطراف الفاعلة في السياسات الدولية والمحافل الدبلوماسية منذ فترة طويلة ومع ذلك لم تشترك في مفاوضات كيوتو إلا في مرحلة متأخرة وذلك بسبب تعثر المفاوضات بين الدول الصناعية الكبرى آنذاك، حيث تكتلت الدول النامية صباح ١١ ديسمبر ١٩٩٧ قبل توقيع اتفاقية كيوتو لعرقلة تمرير مادة تتعلق بمشاركتها الطوعية، وتستهدف قبولها الالتزام القانوني بتخفيض الانبعاث الحراري في المستقبل.

اما طبقا للصيغ النهائية والحالية للبرتوكول، فإن التزامات الدول النامية محدودة وتقتصر على المشاركة الطوعية في آلية "التنمية النظيفة" والوفاء بالالتزامات العامة فقط.

وافقت حكومات ١٦٠ دولة من إطراف الاتفاقية العامة للتغيرات على تبني خطة عمل للحد من مخاطر للتغيرات المناخية العالمية بعد اجتماعات استمرت لمدة أسبوعين، عقدت في بيونس آيريس خلال نوفمبر ١٩٩٨. كما اتفقت هذه الدول على تحديد موعد نهائي لتنفيذ بروتوكول كيوتو، ومن الانجازات الرئيسية التي تمخضت عنها تلك الاجتماعات: التفاوض على إطار قانوني لضمان وفاء الأطراف بالتزاماتها وفقا لبرتوكول كيوتو ولتحديد العقوبات التي يجب توقيعها على من لا يفي بهذه الالتزامات، وفضلا عن ذلك تعهدت الأطراف باستكمال مجموعة من القواعد في موعد لا يتجاوز سنة ٢٠٢٠ لتسهيل عملية التخلص من غازات الدفيئة، وتقليل تكاليفها ومحاسبة الدول التي تزيد ما تنتجه من انبعاثات من هذه الغازات عن الحدود المسموح بها، وبعد مفاوضات صعبة كانت الولايات المتحدة الأمريكية أخر دولة صناعية توقع على البرتوكول وتوافق على تخفيض انبعاثات من غازات الدفيئة بنسبة 5% من مستويات سنة ١٩٩٠. وذلك اعتباراً من سنة ٢٠٠٨، وكانت الأرجنتين أول دولة نامية تلزم نفسها طواعية بتخفيض ما تنتجه من هذه الغازات.

ويصبح برتوكول كيوتو ملزماً بعد توقيعه والتصديق عليه، وقد وقع عليه 61 دولة قبل نهاية سنة ١٩٩٨ وكانت ما نسبته 70% منها من الدول النامية.

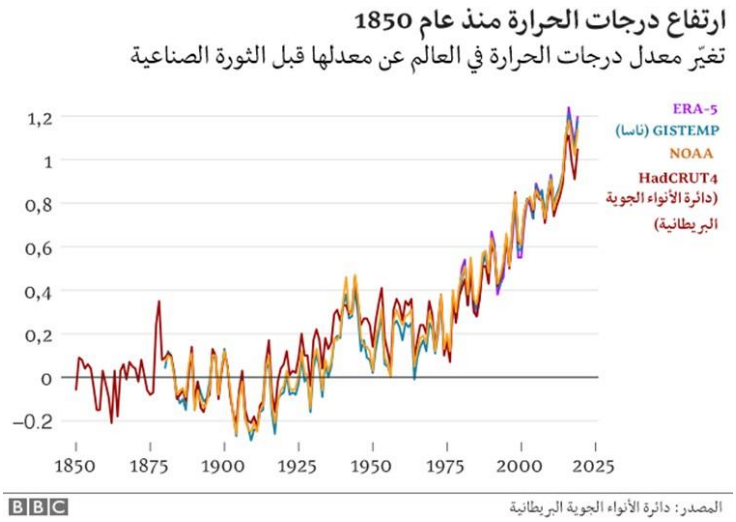
وعلى هذا فإن برتوكول كيوتو يعد رسالة واضحة لصانعي السياسة ورجال الصناعة، وغيرهم من المعنيين بالتغيرات المناخية والبيئية على المستويات الوطنية، مفادها أن "التغيرات المناخية قد أصبحت بالفعل على الأجندة العالمية".

بدأ المؤلف منذ عام ٢٠٠٥ في إجراء العديد من البحوث لفصل التغيرات المنتظمة الطبيعية عن غيرها وسوف نستعرض أهم ما توصل اليه في هذا المجال:

أولا: درجة حرارة الكرة الأرضية وفكرة التسخين العالمي

أظهرت درجات الحرارة المتوسطة والمدمجة لسطح اليابسة والمحيط احترارًا بمقدار 0.85 [0.65 إلى 1.06] درجة مئوية، في الفترة من 1850 وحتى 2012، استنادًا على العديد من مجموعات البيانات المُنتجة محليًا. يعطي ذلك اتجاهًا بمقدار 0.064 ± 0.015 درجة مئوية لكل عقد خلال تلك الفترة. يتسارع الاتجاه بالنسبة لليابسة أكثر من المحيط، وأسرع بالنسبة للمناطق القطبية، وأسرع منذ السبعينات أكثر من الفترة الأطول.

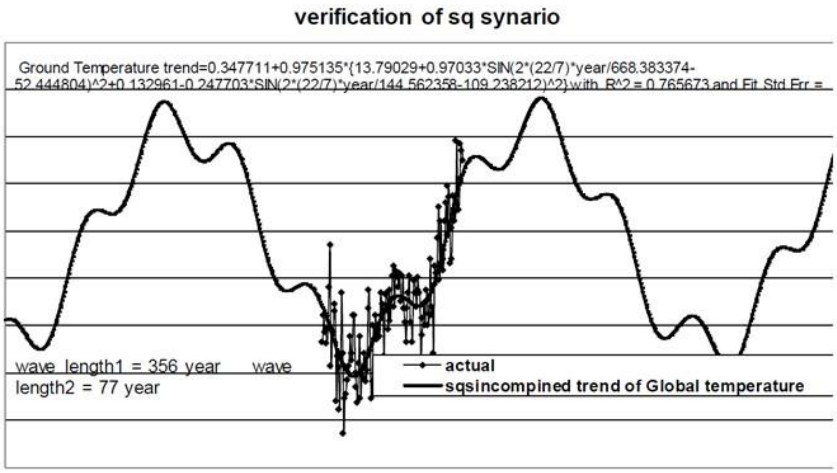
في الفترة من 1979 وحتى 2012، بلغ الاتجاه الخطي لدرجات الحرارة المدمجة لليابسة والبحار 0.155 درجة مئوية (من 0.122 إلى 0.188 درجة مئوية) لكل عقد، وفقًا لتقرير التقييم الخامس للجنة الدولية للتغيرات المناخية AR5.




شكل رقم (١)

وحيث أن الاتجاه العام في الدراسات المناخية لا يمثل بالخط المستقيم فقد تم تطبيق الإحصاء الطيفية على البيانات السابقة والتي تتفق مع الدورات الطبيعة لتغيير المناخ، مثل الدورة اليومية والدورة السنوية لتغيير درجة الحرارة والتي نلاحظها يوميا من ارتفاع درجة الحرارة تدريجياً من الشروق حتى تصل إلى فترة العصر تقريباً، ثم تبدأ في الانخفاض مرة أخرى حتى شروق اليوم التالي. وتعزو هذه الدورة إلى دوران الأرض حول نفسها كل يوم. وكذلك التغيير السنوي والذي تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع منذ نهاية الشتاء حتى نهاية الصيف، ثم تبدأ في الانخفاض مرة أخرى من نهاية الصيف حتى نهاية الشتاء التالي، وتعزو هذه الدورة إلى دوران الأرض في مدارها حول الشمس.

تم إجراء التحليلات الإحصائية الطيفية على البيانات السابقة لمتوسط درجة حرارة الكرة الأرضية لنفس الفترة، وقد تم تمثيل الاتجاه العام بمجموع دالتين كل منهما دالة الجيب التربيعية، وهذا ما يتفق مع دراسات المناخ التي يتغير في شكل ذبذبات (دورات).

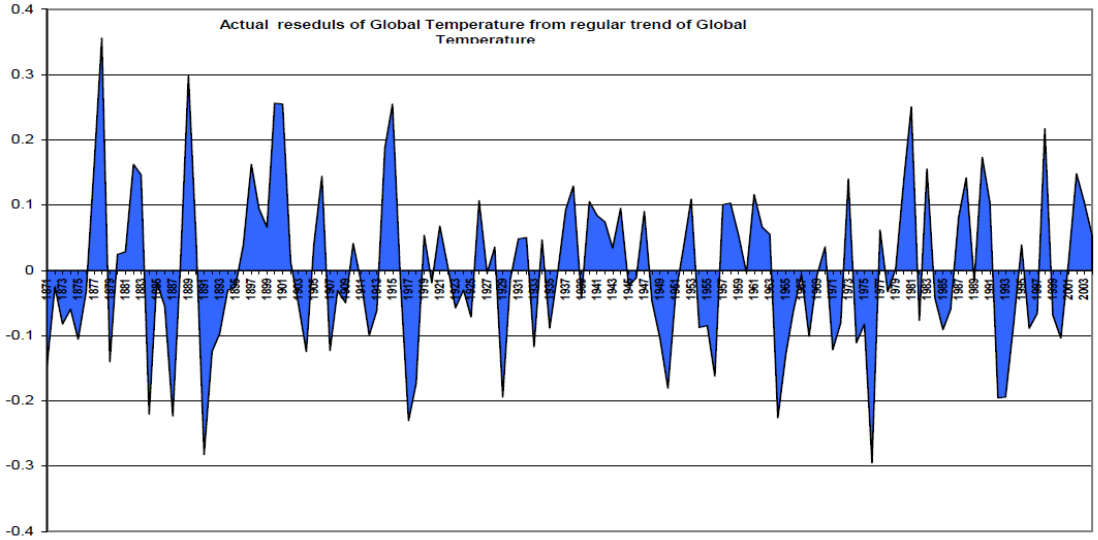



الشكل (٢)

ويوضح الشكل رقم (٢) تواجد دورتين للاتجاه العام غير الخطى بمعامل ارتباط 0.77 الأولى الكبرى طولها ٣٥٦ سنة. والدورة الصغرى طولها ٧٧ سنة، وهي تعزو الى البقع الشمسية (مضاعفات 11 سنة وهي طول دورة

البقع الشمسية أو الى دورة مذنب هالي). ومن أهم ما تم استنتاجه أن معدل درجة حرارة الكرة الأرضية يجب أن يحسب خلال دورة كاملة التي طولها ٣٥٦ سنة (من الملاحظ هنا أن هذا الرقم ليس من مضاعفات ال 11 سنة ولكن دورة البقع الشمسية تتراوح من ٨-١١ سنة ومن الممكن أن تكون هذه الفروقات ترجع الى أن 356 سنة ليست من مضاعفات 11 سنة). وفى هذه الحالة يكون المعدل السنوي لدرجة حرارة الكرة الأرضية -بتقديره من الشكل رقم (٢) - وذلك لعدم توافر بيانات حقيقية لفترة ٣٥٦ سنة كاملة يساوي تقريبا 14.28 درجة مئوية وليس المحسوب خلال الفترة من ١٩٨٠-١٩٥٠ والذي تم تقديره بـ ١٤ درجة مئوية. وهذا ما يحدث عند حساب المتوسط اليومي للحرارة فيجب أخذ متوسط رصدات الحرارة لجميع ال 24 ساعة وكذلك المتوسط السنوي للحرارة فيجب اخذ متوسط جميع أيام السنة وإلا يكون المتوسط محسوب خطاء وهو ما حدث في حالة معدل درجة حرارة الكرة الأرضية. وعلى ذلك فإن الاتجاه العام غير الخطي الذي تم استنتاجه سوف نطلق عليه سيناريو التغيير المنتظم لمتوسط درجة حرارة الكرة الأرضية. (تم إطلاق كلمة سيناريو لعدم توفر بيانات حقيقية لدورتين كاملتين أي ٧١٢ سنة)

ومن الشكل (٢) أيضا أن اقصى درجة حرارة يمكن أن يصل لها المتوسط هو 15.2 درجة مئوية وأدنى قيمة هي 13.4 درجة مئوية. أي أن درجة حرارة الكرة الأرضية تتذبذب في مجال ١,٨ درجة مئوية فقط وأن الاتجاه العام لمتوسط درجة حرارة الكرة الأرضية(المنتظم) يبدأ في الانخفاض في الفترة من ٢٠١٣ حتى ٢٠٣٩ ثم يبدأ في التصاعد حتى عام ٢٠٧٩ وهي السنة التي من المحتمل حدوث أعلى درجة حرارة وقدرها 15.2 درجة مئوية. ويلاحظ أيضاً في الشكل السابق أنه قد تم اختبار هذه النتائج تاريخياً، وقد وجد أن القرن السادس عشر هو قاع الذبذبة، وهذا القرن معروف تاريخياً بالعصر الجليدي المصغر.

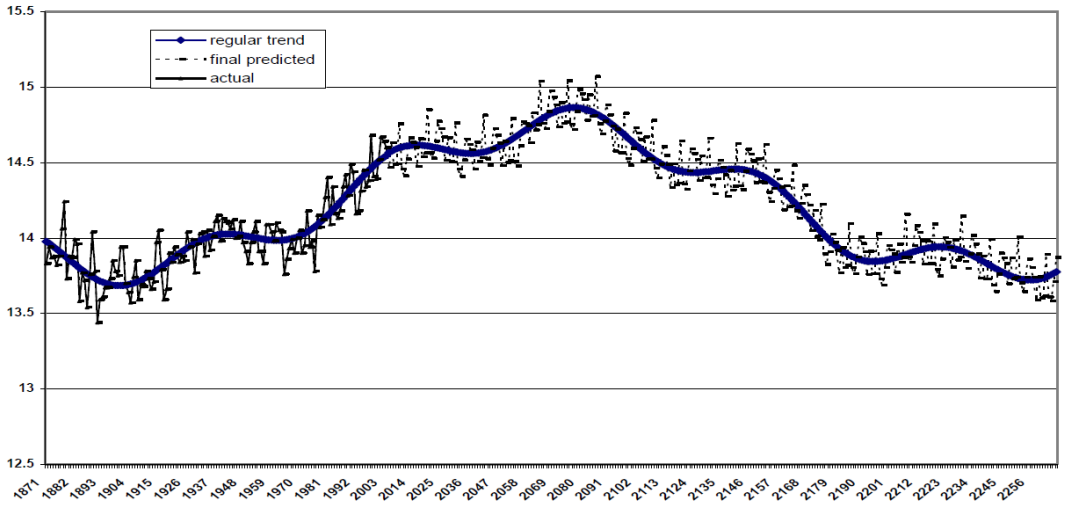



شكل رقم (٣)

ويوضح الشكل رقم (٣) الحيود عن سيناريو التغيير المنتظم لمتوسط درجة حرارة الكرة الأرضية السنوية، وعلى ذلك حساب حيود المتوسط السنوي لدرجة حرارة الكرة الارضية عن معدل الفترة 150-١٩٨٠ غير سليم. ويجب ان نحسب الحيود السنوي عن المعدل المنتظم مثلما حدث في شكل (٣) والذي يوضح أن تأثير باقي مؤثرات النظام المناخي على درجة حرارة الكرة الأرضية، مثل التيارات البحرية في البحار والمحيطات، وتوزيع اليابس والماء والجبال

الجليدية، ودورة الأوزون ودورة ثانى اكسيد الكربون والبراكين والنشاط الإنساني، غير منتظمة ومتذبذبة من عدة سنوات إلى اخرى وليست مستمرة في الزيادة مثلما حدث في الطريقة الخاطئة لسيناريو التسخين العالمي.

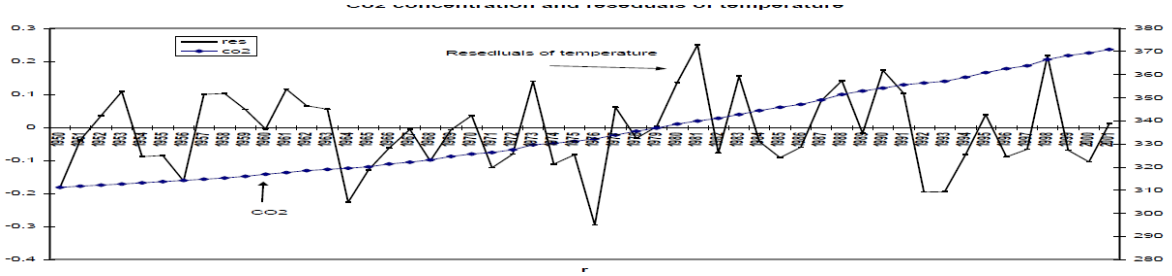
ولكي نحسب قيمة هذه الحيودات عند كل سنة تم اللجوء إلى اسلوب إحصائي وهو اسلوب المتوسط المتحرك لكل ١١ سنة، وذلك لإمكانية تمثيل هذا المتوسط المتحرك بدالة ذات ارتباط معنوي كبير، وبعد ذلك يتم استنباط القيم المستقبلية لهذا المتوسط وبطريقة بسيطة، يتم استنباط القيم المستقبلية للحيود لكل سنة وبالتالي يمكن تعديل القيم السنوية التي تم استنباطها لكي نحصل على الشكل رقم (٤).




شكل رقم (٤)

يوضح الشكل رقم (٤) متوسط قيم درجة حرارة الكرة الارضية الواقعية واتجاه التغيير المنتظم ومتوسط قيم درجة حرارة الكرة الارضية المستقبلية حتى سنة ٢٢٦٦ ويتضح ايضاً أن الفترة التي تم استنباطها أشارت إلى انخفاض درجة حرارة الكرة الأرضية خلال عام ٢٠٠٨، ثم ترتفع عام ٢٠٠٩ ثم تشهد انخفاضاً حتى عام ٢٠١٩ لترتفع ارتفاعاً ملحوظاً عام ٢٠٢٠ ثم تتذبذب بين الارتفاع والانخفاض حتى عام ٢٠٤٢ ثم تتجه للانخفاض حتى عام ٢٠٦٥، ثم تأخذ في الارتفاع حتى عام ٢٠٨٦ وتشهد هذه الفترة أكبر درجات حرارة متوقعة تشهدها الكرة الأرضية ولكن لا تتعدى أكبر حرارة متوقعة عن 15.06 درجة مئوية ثم يبدأ الاتجاه العام لدرجة حرارة الكرة الأرضية في الانخفاض حتى عام ٢٢٥٤.

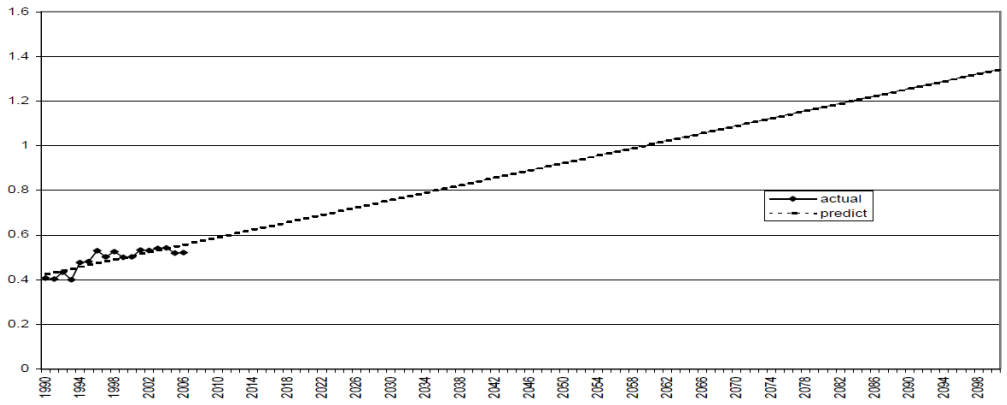
ثاني اكسيد الكربون والتسخين العالمي:




الشكل رقم (5)

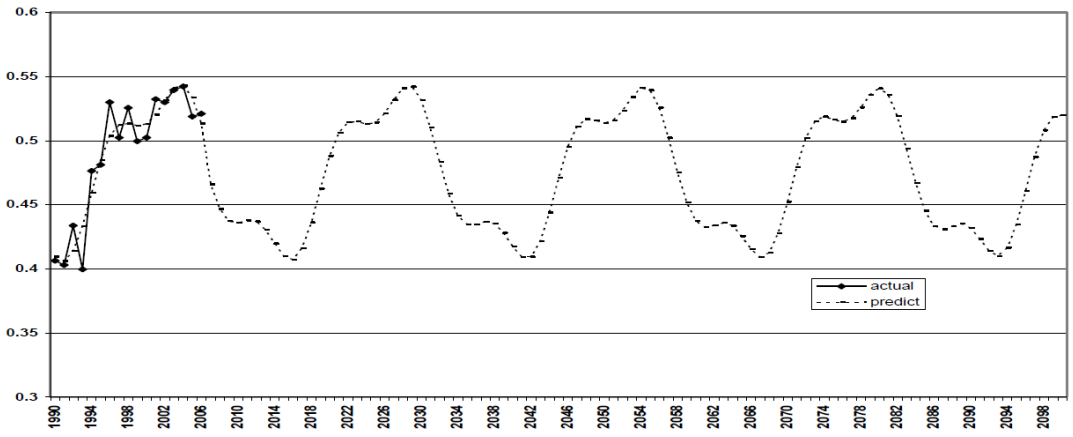
يوضح الشكل رقم (5) أن الزيادة المستمرة في تركيزات ثاني اكسيد الكربون لا يوجد معها أي ارتباط معنوي مع حيود درجة الحرارة عن المعدل المنتظم. (الدراسة لفترة بيانات من ١٩٥٠-٢٠٠١) وهذا ما تؤيده بعض السيناريوهات الخاصة في هذا الصدد.

ارتفاع مستوى سطح البحر




شكل رقم (٦)

يوضح الشكل رقم (٦) البيانات الواقعية لمتوسط ارتفاع مستوى سطح البحر بالمتر على مدينة الاسكندرية وكذلك الاتجاه الخطى العالمي بمعادل ارتباط 0.71 وهذا الذي دفع غير المتخصصين بعلم المناخ في تصور ان ارتفاع مستوى سطح البحر سوف يزيد بمقدار نصف متر عام ٢٠٥٠ وغرق الاسكندرية والدلتا.




شكل (٧)

يوضح الشكل رقم (٧) البيانات الواقعية لمتوسط ارتفاع مستوى سطح البحر على مدينة الإسكندرية وكذلك الاتجاه غير الخطى بمعامل ارتباط 0.91 ومن الشكلين ٦-٧ يتضح أن الاتجاه غير الخطى هو الأدق في تمثيل اتجاه البيانات وأن التغيير في مستوى سطح البحر عبارة عن دورة متكررة وأن مدى التغير خلال الدورة هو 0.15 متر فقط وأن طول هذه الذبذبة ٢٤ سنة. وأيضا نحن الأن في حالة انخفاض مستوى سطح البحر حتى عام ٢٠١٦ ثم يبدأ في الارتفاع ١٢ سنه وهكنا دواليك.

وفي الواقع فإن الدراسة الإحصائية لمستوى سطح البحر تتفق مع الحقائق العلمية لذوبان الجليد وهي أن الجبال الجليدية إذا ذابت فإن مستوى سطح البحر سوف ينخفض بالرغم من زيادة كميات المياه، ويرجع ذلك إلى ان حجم الجليد في العالم يمثل تقريبا ١٣% من الماء على الكرة الأرضية، وتمثل الجبال الجليدية ٩٠% من جليد العالم، ومن الحقائق العلمية التي لا يعلمها الكثير من مروجي غرق الدلتا والسواحل أن ٩٠% من الجبل الجليدي مغمور تحت سطح المياه، وحيث ان حجم الجليد لكمية من المياه أكبر من حجمها ب ١٠% لذلك عندما تذوب الجبال الجليدية نتيجة الاحترار العالمي المزعم فإن مستوى سطح البحر سوف ينخفض.

المراجع

1. Essenwanger D. (1976) " Applied Statistics in Atmospheric Science Univ of Alabama, Huntsville, Ala. ,U.S.A
2. Hans A. Panofsky and Glenn W. Brier (1968):" Some applications of Statistics to Meteorology" Univ. Park, Pennsylvania.
3. Lester R. Brown (2002)" Global temperature rising " Earth Policy Institute Magazine indicator: Global and Canadian temperature variations Global Source:NASA Goddard institute for Space Studies, New York,.Last update: 2005
4. Eissa M. M (2007)" New statistical study for global temperature( Global cooling) "Meteorological Research Bulletin- volume 22 december 2007 ,Cairo, Egypt, pp 1—21
5. Lenters, J. D., Kratz, T. K., and Bowser, C. J. 2005. Effects of climate variability on lake evaporation: results from a long- term energy budget study of Sparkling Lake, northern Wisconsin (USA). J. Hydrol. 308 (1-4), 168- 195.
6. Vijayakumar, G., Kummert, M., Klein, S. A., and Beckman, W. A. 2005. Analysis of short-term solar radiation data. Solar Energ. 79, 495- 504.
7. Z. Metwally , A. M. Aesawy,M. M. Eissa and M.A. Donia "Diagnostic Study of a Sever Upper Level Cut off Cyclonic Circulation over Eastern Mediterranean. Part I: Heat and Moisture Budgets" "Meteorological Research Bulletin- volume 22 December 2007 ,Cairo, Egypt, pp 22—35.
8. Brazell, J.H., "Frequency of dense and thick fog in central London as compare with frequency in outer London, Meteorological magazine, 1964: volume 93, 129-135.
9. Mitchell J.M. (1971): Effect of atmospheric aerosol on climate with Special reference to temperature near the. earth's surface J. App;. Met, 10, PP: 703-714 .

# الفصل السادس

# إعداد خرائط المؤشرات المُناخية للعراق باستخدام المنصة الديناميكية (Resource Watch)

## دراسة تطبيقية للتقنيات الجغرافية

**أ.د. مثنى محروس علي العزاوي**
المديرية العامة لتربية صلاح الدين

**أ.د. احمد محمد جهاد الكبيسي**
المديرية العامة لتربية الانبار

الملخص:

يهدف البحث الى استخدام المنصة الديناميكية (Resource Watch)، وهي منصة مجانية مفتوحة المصدر (resourcewatch.org) لإعداد الخرائط وتحليل البيانات، ارتأى الباحثان الى اختيار عدد من المؤشرات المناخية ذات الأهمية الجغرافية لعلاقتها بالأنشطة البشرية مثل مؤشرات (الجفاف، الامطار، البصمة الكربونية، جودة الهواء) بشكل مباشر ولفترات مختلفة. يستعرض البحث التعريف بالمنصة الديناميكية ومحتوى قاعدة البيانات واهم الموضوعات الجغرافية ومؤشراتها، والتي تعتمد على مصادر بيانات عالمية موثوقة ((WRI، تم اخراج خرائط بحسب كل مؤشر وعرض بياناتها ومصادرها، توصل البحث الى إمكانية استثمار هذه المنصة وتطبيقاتها المتعددة مع قاعدة البيانات العالمية للظواهر الجغرافية ومنها المناخ ومراقبة الموارد والغطاء الأرضي والمحيطات والغابات والمؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة...الخ على مستوى الدولة وبضمنها العراق، وبالتالي يمكن اعداد خرائط جغرافية اعتماداً على البيانات المفتوحة، وتحليل مؤشراتها التي وحسب حالة الدراسة لتكون مجالاً للباحثين في دراسات أخرى.

## 1-المقدمة:

تشهد العصور الحديثة تسارعًا هائلاً في مجال التكنولوجيا واستخدام البيانات لفهم التحولات في البيئة والمناخ. تعتبر منصة (Resource Watch) أحد أدوات البحث الرائدة في هذا السياق، حيث تمثل جسرًا مبتكرًا بين التكنولوجيا والبيانات الجغرافية في الوقت الفعلي. يتناول هذا البحث "إعداد خرائط المؤشرات المناخية للعراق باستخدام المنصة الديناميكية (Resource Watch)". يهدف البحث إلى الاستفادة من قدرات منصة ( Resource Watch) في تحليل ورصد التحولات المناخية في العراق. يتناول الباحثان استخدام المنصة لإعداد خرائط دقيقة تستند إلى مؤشرات مهمة مثل جودة الهواء، وكميات الأمطار، ودرجات الحرارة، واتجاهات الرياح، وظواهر الجفاف.

وتركز منهجية البحث على تحليل عدة مؤشرات مناخية ترتبط بشكل مباشر بالأنشطة البشرية وجودة حياة الإنسان. يتيح البحث تحليل بيانات منصة (Resource Watch) التي تستند إلى مصادر بيانات عالمية موثوقة من معهد الموارد العالمية (WRI)، مع استكشاف مجموعات البيانات وتقديم خرائط بيانية توضح التغيرات على مر

الزمن. من المتوقع أن يسفر البحث عن توجيهات قيمة للمهتمين بقضايا المناخ في العراق. سيتم تقديم خرائط جغرافية لمؤشرات مختلفة، تعكس تغيراتها على مدى فترات زمنية متنوعة. يُظهر البحث إمكانية استخدام هذه المنصة وتحليلاتها المتقدمة في مجالات متعددة، مثل مراقبة الموارد، وفهم الغطاء الأرضي، وتحقيق الاستدامة البيئية.

تنطلق هذه الدراسة في إطار المنصة الديناميكية (Resource Watch) لتوفير رؤى فريدة حول تأثيرات التغيرات المناخية في العراق. يُتوقع أن تكون النتائج قاعدة للباحثين واتخاذ القرار لفهم أفضل للتحديات المناخية في المنطقة والعمل نحو حلول فعّالة ومستدامة. اذ تطرق الباحثان الى أهمية البيانات مفتوحة المصدر وانواعها وادواتها، وعرض خطوات الجانب التطبيقي للتعرف على محتوى وإمكانية المنصة الديناميكية ومدى توافر البيانات المناخية فيها، لإعداد الخرائط حسب كل مؤشر. اذ تم اخراج الخرائط بصيغة (JPG)، اذ تتوافر الخريطة العالمية الديناميكية بمقياس تفاعلي حسب تمرير منطقة الدراسة.

1-1مشكلة البحثProblem :

المشكلة التي يعالجها البحث هي نقص التحليل الجغرافي للمؤشرات المناخية في العراق، بسبب صعوبة الوصول إلى بيانات دقيقة وتحليلات مكثفة حول التغيرات المناخية وتأثيراتها على حياة الانسان. وبالتالي يكون اعداد خرائطها غير صحيح نوعا ما، لذلك يطرح البحث الأسئلة الاتية:

1- هل يمكن اعتماد البيانات المناخية من المنصة الديناميكية؟

2- ما هي إجراءات الدراسة التطبيقية للتقنيات الجغرافية لهذا النوع من المنصات؟

3- كيف يتم تعزيز المؤشرات المناخية بخرائط موضوعية بهدف الادراك البصري لمخاطرها الفعلية والمستقبلية؟

4- ما هو الاتجاه العام لمستوى المؤشرات المناخية في العراق وأثرها على خطر التغير المناخي من خلال اعداد الخرائط المناخية؟

1-2 فرضية البحث:Hypothesis

استناداً الى أسئلة المشكلة آنفاً، يفترض البحث أن استخدام منصة(Resource Watch) ، بفضل قاعدتها الديناميكية والتكنولوجيا المتقدمة والبرمجية العالية، سيمكن الباحثان من إعداد خرائط دقيقة للمؤشرات المناخية في العراق، ومعرفة الاتجاه العام لمستوى تغيرها من خلال اعداد خرائط المنصة الديناميكية، والتعرف على حجم التغير المناخي والتنبؤ مستقبلا، وفق دراسة تطبيقية ذات تقنية حديثة.

1-3 هدف البحثObjective :

ان الهدف الرئيسي للبحث هو استكشاف إمكانيات استخدام منصة (Resource Watch) في إعداد خرائط المؤشرات المناخية للعراق، مع التركيز على مؤشرات ذات أهمية جغرافية وتأثير مباشر على حياة الإنسان. وتقديم نتائج توضح أهمية استثمار هذه المنصة في اعداد وتحليل خرائط المؤشرات المناخية. للمضي في تعزيز البحث العلمي واعتماد التكنولوجيا الجغرافية لرصد تلك التغيرات وانعكاساتها على البيئة والمجتمع في محاولة لتقديم خطوات التطبيق للتقنيات الجغرافية وتحويل مخرجاتها الى خرائط تمثل بحد ذاتها قيمة مضافة باعتماد المنصة الديناميكية.

### 4-1 منهجية البحث Approach :

- المنهج الاستقرائي :Inductive Approach–الذي يهدف إلى استقراء الأشياء لأجل الكشف عن المعلومات الجغرافية.
- المنهج التقاني المعاصر) تحليل النظم :*.(Analysis system يعتمد توظيف التقنيات الجغرافية والمواقع التفاعلية المفتوحة. تخضع للربط والتصنيف ثم يأتي أثر التحليل وبناء النماذج والرسوم البيانية والخرائط الرقمية والهدف هو اظهار النتائج التي تحقق للجغرافية الجانب النفعي على ان لا تفقد الجغرافيا ركائزها الاساسية وهي هوية المكان خصائصه وعلاقاته وارتباطاته. كما يركز النهج التقني لنظم المعلومات الجغرافية على النماذج القائمة على الرياضيات والخوارزميات والتحليلات الجبرية والاحصائية لتحليل ودراسة المعلومات والأنظمة، بالإضافة إلى التكنولوجيا المادية والقدرات الرسمية لهذه الأنظمة
- المنهج التجريبي Experimental Approach :–هو نهج أساسي في البحث العلمي لفهم واستكشاف الظواهر في مجالات أخرى من خلال إجراء التجارب وجمع البيانات وتحليلها. يهدف إلى تحقيق فهم أعمق للظواهر والقوانين من خلال تجارب متكررة تتيح للباحثين تأكيد أو نفي فروضهم.

### 5-1 اهمية البحثSignificance :

تبرز أهمية البحث في تحسين اعداد الخرائط التفاعلية وتوفير أدوات تحليلية فعّالة للباحثين من خلال استخدام منصة(Resource Watch) ، يمكن تحقيق رصد دقيق وتحليل جغرافي لمؤشرات المناخ المنتقاة، مما يساعد توجيه الجهود نحو استثمار المواقع مفتوحة المصدر وقواعد البيانات المتاحة. ان التغير في المناخ خلال الفترة الماضية بشكل ملحوظ ساهم في حدوث العديد من المشكلات منها تكرار موجات الحر والفيضانات وسيادة ظروف الجفاف وتأثر مناسيب مياه نهري دجلة والفرات وروافدهما فضلا عن العديد من المشكلات الأخرى، كل ذلك دفع الباحثان الى اعداد خرائط تساعد على فهم المؤشرات المناخية في العراق وفق المنصة الديناميكية.

### 6-1 ادوات ومصادر البحثTools & Resources :

تم استخدام ادوات منصة (Resource Watch) لإجراء بحثنا وهي عبارة عن بيانات موثوقة من معهد الموارد العالمية وأكثر من 30 شريكا ببناء المنصة الديناميكية تستفيد من التكنولوجيا والبيانات والشبكات البشرية لتحقيق شفافية غير مسبوقة حول الكوكب في الوقت الحالي. تتميز بمئات من مجموعات البيانات في مكان واحد حول حالة موارد الارض. للتطبيق على خريطة العراق وتحليل بياناتها، ومنها المفتوحة: أي البيانات التي يمكن استخدامها وإعادة توزيعها بحرية، أو ذات صلة: وهي البيانات التي تساعد في الإجابة على الأسئلة لمواجهة التحديات العاجلة، موثوقة: بمعنى كونها بيانات حكومية رسمية أو خاضعة لمراجعة الأقران تنتجها منهجيات شفافة

وراسخة تتوفر أحدث المعلومات وأكثرها اكتمالا، تعتمد المنصة على مجموعة متنوعة من المصادر، بما في ذلك معاهد البحوث، والوكالات الحكومية، والمؤسسات الأكاديمية، والمنظمات الحكومية الدولية، ومجموعات المجتمع المدني، والمجلات والتقارير العلمية. بما في ذلك الدقة والاكتمال والملاءمة والتوقيت والتغطية الجغرافية، تتيح (Resource Watch)للمستخدمين الوصول إلى مجموعة البيانات الكاملة والمعلومات الإضافية مع روابط لمصادر البيانات الأصلية والتنزيلات.

### 7-1 دراسات سابقة Previous Studies :

- دراسة (Nguyen,L,et al,2006) تطبيق مفتوح المصدر قائم على الويب لجمع وإدارة البيانات المحتملة حول البشر للتجارب السريرية والتحويلية. تم استخدام ردود الفعل من اختبارات سهولة الاستخدام الرسمية والميدانية لتوجيه تصميم وتطوير DADOS–Prospective
- دراسة ( Zhang,2010 Zheng, ) يتم التحقيق في الخصائص الديناميكية في النظام المزدوج لثلاث خرائط مع اقتران متماثل أقرب جار وظروف الحدود الدورية. قدمت محاكاة حاسوبية لدعم التنبؤات النظرية.
- دراسة (Pispidikis, Dimopoulou,2015) خلال تحليل تقنيات الإنترنت، وكذلك بنية أنظمة WebGIS، استكشاف الإمكانيات وتطوير التقنيات المجانية المناسبة، وذلك لتصميم وتنفيذ نظام إدارة المحتوى المكاني للويب.
- دراسة ( Feng, Houser,2016) تناولت تطوير مجموعة من مؤشرات دورة المياه القابلة للتطوير مكانيا وزمانيا (WCI) لفحص التغيرات طويلة الأجل في تقلب دورة المياه وإثبات استخدامها على الولايات المتحدة المتجاورة (CONUS) خلال الفترة 1979–2013 باستخدام منتج إعادة تحليل .MERRA تتكون مؤشرات WCI من ستة متغيرات للتوازن المائي تراقب متوسط الظروف والجوانب القصوى لدورة المياه المتغيرة.
- دراسة (Islam, M.A,et al , 2017) هدفت الدراسة إلى رسم خرائط لقابلية الانهيارات الأرضية في منطقة العاصمة في منطقة شيتاغونغ في بنغلاديش باستخدام البيانات المكانية مفتوحة المصدر التي يمكن الحصول عليها من بوابات الويب المختلفة.
- دراسة(Tamura,Y, et al,2020) ، على بيانات الأخطاء الكبيرة وبيانات الجهد للبرامج مفتوحة المصدر .

### 8-1 الموقع الجغرافي للبحث Geographical Location :

يقع العراق جنوب غرب آسيا، لذا فهو يقع ضمن منطقة الشرق الأوسط. في الجزء الشمالي الشرقي من الوطن العربي. الخريطة (1) تحده من الشمال تركيا، من الشرق إيران، وسوريا والأردن والعربية السعودية غرباً، والكويت والعربية السعودية جنوباً. وتمتد بين دائرتي عرض"5 29° و22 37° "شمالاً، وبين خطي طول"45 38° و‘45 48°" شرقاً. ويعد جزءاً من الصحراء العربية وبادية الشام اللتين تتداخلان فيما بينهما، ويمر فيه نهران رئيسيان هما دجلة، والفرات، وتعد المناطق المحيطة بنهري دجلة، والفرات سهولاً غرينيه خصبة، وتسمى المنطقة ما بين النهرين بالسهل الرسوبي .(ar.wikipedia.org).

الخريطة (1) الموقع الجغرافي للعراق(ar.wikipedia.org)

**1-البيانات مفتوحة المصدر:**

**2-1 ماهي البيانات المفتوحة:**

تُعتبر البيانات المفتوحة المصدر جزءًا أساسيًا من الثورة الرقمية الحديثة، حيث تحمل أهمية كبيرة في عدة جوانب:

تعزيز الشفافية: تساهم البيانات المفتوحة في تعزيز شفافية العمليات واتخاذ القرارات في مختلف المجالات، سواء في القطاع الحكومي، أو الأعمال، أو المجتمع المدني.(Davies, 2010)

تحفيز الابتكار: يمكن للمطورين ورواد الأعمال استخدام البيانات المفتوحة لإنشاء تطبيقات وحلول جديدة تلبي احتياجات متنوعة في المجتمع.(Chignard & al., 2012)

تحسين اتخاذ القرار: توفر البيانات المفتوحة قاعدة موثوقة لاتخاذ القرارات في مختلف المجالات، وتعزز بذلك كفاءة الإدارة والتخطيط.(Kitchin, 2014)

تعزيز التعاون والبحث: تشجع البيانات المفتوحة على التعاون بين القطاعات المختلفة، وتسهم في إثراء البحث العلمي وتطوير المجتمع بشكل عام.(Davies, 2010)

**2-2 انواع البيانات:**

بيانات جغرافية: تشمل الخرائط والبيانات الجغرافية التي توفر فهمًا مكانيًا للظواهر والأحداث (Goodchild & al., 2012).

بيانات اقتصادية: تشمل معلومات حول الاقتصاد والتجارة، وتُستخدم في تحليل الأنشطة الاقتصادية (Graham, 2011).

بيانات صحية: تتعلق بالقطاع الصحي، وتستخدم لفهم انتشار الأمراض وتقييم الخدمات الصحية (Hilbert & López, 2011).

بيانات بيئية: تشمل معلومات حول التلوث وتغير المناخ، وتستخدم لرصد البيئة واتخاذ التدابير البيئية (Heinzelman & Waters, 2010).

**2-3 مصادر البيانات:**

تأتي مصادر البيانات المفتوحة من أماكن متنوعة، مثل:

- الحكومة: الحكومات تقدم مجموعة واسعة من البيانات المفتوحة لتمكين المواطنين وتحفيز الابتكار في مختلف القطاعات.(Kassen, 2013)
- المؤسسات الأكاديمية: تقوم الجامعات والمؤسسات البحثية بنشر البيانات لتشجيع البحث العلمي وتطوير المعرفة العلمية.(Lynch, 2011)
- القطاع الخاص: بعض الشركات تُفتح جزءًا من بياناتها للجمهور، ما يسهم في تحسين الشفافية وتعزيز التفاعل مع العملاء.(Dencik & al., 2016)
- المجتمع المدني: الهيئات الغير حكومية والمجتمع المدني يمكن أن يساهموا ببيانات تعكس قضاياهم ويعززوا المشاركة المدنية.(Gurstein, 2011)

ومن ادواتها Data.gov ومنصةCKAN ، التي توفر واجهة للوصول إلى مجموعة واسعة من مصادر البيانات (Zuiderwijk & Janssen, 2014).أدوات التحليل: مثل لغات البرمجة Python و R، التي تُستخدم لتحليل البيانات بشكل فعّال .(Bishop, 2007) أدوات الرصد: مثل Google Analytics و Open Web Analytics، التي تُستخدم لمراقبة أداء المواقع والتطبيقات عبر الإنترنت.(Hart, 2011)

**2-4 المنصة الديناميكية:**

**2-4-1 ما هي المنصة الديناميكية:**

توفر (Resource Watch) بيانات موثوقة وفي الوقت المناسب من أجل مستقبل مستدام. قام معهد الموارد العالمية وأكثر من 30 شريكا ببناء(Resource Watch) ، وهي منصة ديناميكية تستفيد من التكنولوجيا والبيانات والشبكات البشرية لتحقيق شفافية غير مسبوقة حول الكوكب في الوقت الحالي.

تتميز (Resource Watch)بكونها عبارة عن نظام أساسي مفتوح المصدر مع واجهة برمجة تطبيقات عامة .(API) تحتوي على المئات من مجموعات البيانات في مكان واحد حول حالة موارد الكوكب. يمكن للمستخدمين تصور التحديات التي تواجه الناس والكوكب، من تغير المناخ إلى الفقر، ومخاطر المياه إلى عدم استقرار الدولة، وتلوث الهواء إلى الهجرة البشرية، وأكثر من ذلك. وهي حاليا في مرحلة تجريبية، ويلتزم الشركاء بتنميتها بانتظام مجموعات بيانات ووظائف ومدونات جديدة(resourcewatch.org) .

باستخدام منصة مراقبة الموارد (Resource Watch) يمكن من خلالها اكتشاف ما يحدث في العالم الآن والوصول إلى بيانات جديرة بالثقة لاكتشاف رؤى جديدة، تتبع وتصور مخاطر وفرص الأعمال لمشكلات متعددة أو سحب البيانات لتحليلها، واستخدام لوحات المعلومات والتنبيهات لمراقبة ظروف البيئة وأهميتها للسكان. وفهم القضايا التي تؤثر على المجتمع المحلي، وتحديد الخيارات المستدامة، ومشاركة النتائج لإلهام العمل ومساءلة صناع القرار. تستضيف (Resource Watch) بيانات حول إمكانات الطاقة الشمسية، والتي يتم تقديرها من خلال حساب متوسط الإشعاع الشمسي الذي يضرب الأرض على مدار عام واحد(Cassidy,2018) .، يظهر استخدام هذه البيانات مع قاعدة بيانات محطات الطاقة العالمية، أي الأماكن التي توجد فيها إمكانات طاقة شمسية بالقرب من محطات توليد الطاقة بالفحم الحالية. تمت إضافة بيانات جديدة إلى منصة(Resource Watch) ، اشتملت على جزء من السعرات الحرارية في الأراضي الزراعية.

**2-4-2 محتوى قاعدة البيانات:**

تعطينا توقعات البيانات الموجودة على (Resource Watch) فكرة عن أنواع التأثيرات التي سنراها إذا استمرت انبعاثات غازات الدفيئة بلا هوادة. فيما يلي بعض منها على سبيل المثال والتجربة، ووفقا لتوقعات الإجهاد المائي للقنوات المائية الصادرة عن معهد الموارد العالمية، (Parsons,Lister,2018)، سيواجه 33 بلدا إجهادا مائيا مرتفعا للغاية في عام 2040، وذلك بفضل تغير المناخ و/أو العوامل الاجتماعية والاقتصادية. بيانات تظهر النماذج المناخية أن البحار سترتفع 0.2-2 متر بحلول عام 2100. ترسم خرائط لمناطق الأرض التي ستغمرها مستويات مختلفة من ارتفاع مستوى سطح البحر، تتراوح من 0.5 متر إلى 30 مترا.

تحتوي المنصة الديناميكية على قاعدة بيانات جغرافية عالمية لمختلف الموضوعات وجميع البيانات (resourcewatch.org)مثلا في الوقت الحقيقي، الأغذية والزراعة، طاقة، مناخ، الغابات، الماء، مجتمع، محيط، المدن، الشعاب المرجانية، جودة الهواء. كما تحتوي على بيانات في الوقت الفعلي الحقيقي تقريبا 13 مجموعة بيانات لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية يمكن اضافتها الى الخريطة التفاعلية والتحليل بشكل ديناميكي مباشر مثل: " زلازل،جودة الهواء: أول أكسيد الكربون(CO) ، ثاني أكسيد النيتروجين($NO_2$) ،الجسيمات الدقيقة (PM2.5) تنبيهات مخاطر الانهيارات الأرضية، من ناسا(NASA)، حرائق،تركيز الأكسجين المذاب في المحيط، ثاني أكسيد الكبريت($SO_2$) ،الأوزون($O_3$) ،تركيز فوسفات المحيط،الكربون الأسود،هطول الأمطار كل ساعة، مؤشر حالة الغطاء النباتي، توقعات محطة الأوزون($O_3$) ،بيانات / NOAA ناسا، مراقبة ابيضاض المرجان، GMAO، الجسيمات الدقيقة UMD (PM2.5)

تنبيهات إزالة الغابات /GLAD وكالة الفضاء الأوروبية / MPIC / STFC / IASBقياسات الأقمار الصناعية لمؤشر الهباء الجوي، حوادث الانسكاب النفطي والكيميائي، توقعات محطة ثاني أكسيد النيتروجين($NO_2$) ، برنامج الأغذية العالمي ارتفاع أسعار الغذاء، الأعاصير المدارية، مؤشر صحة الغطاء النباتي، طقس مناطق الحريق منNOAA، ناساGMAO / ،الأوزون($O_3$) ،ثاني أكسيد النيتروجين ($NO_2$) على غرار توقعات 5 أيام، قياسات الأقمار الصناعية لأول أكسيد الكربون(CO) ، المركز العالمي لرصد حفظ الطبيعة التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة/الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، قاعدة البيانات العالمية بشأن المناطق المحمية، المركز العالمي لرصد حفظ

الطبيعة التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة/الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، المحميات البحرية، CHG UCSB، هطول الأمطار (5 أيام)، تقرير النشاط البركاني، المنظمة الدولية للهجرة، وفيات المهاجرين، المدن التي لديها بيانات خلاصة المواصلات، أحداث النزاع والاحتجاج.

### 2-4-3 معرض التطبيقات والخرائط:

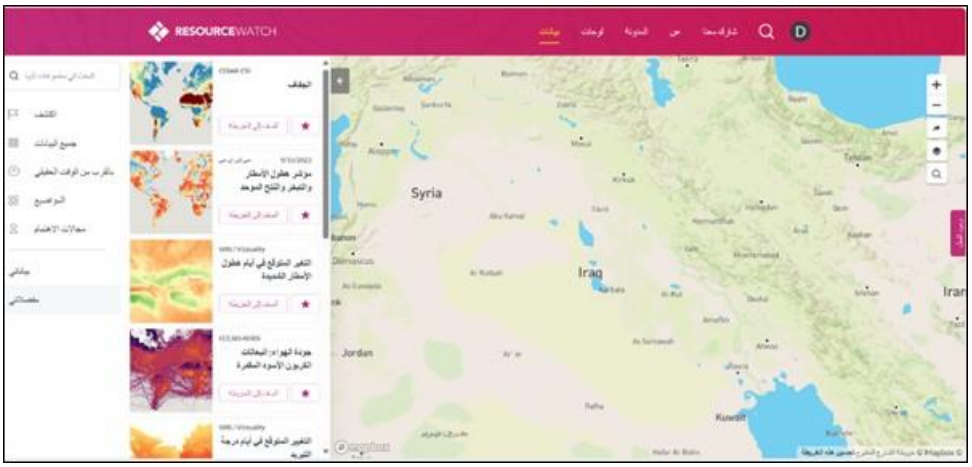
تمتلك المنصة الديناميكية على مجموعات مختارة من الخرائط والتطبيقات المنسقة من قبل مجتمع مراقبة الموارد*:( Resource Watch)مثل أداة (Aqueduct)[1] والتي يطلق عليها "محلل فيضان القناة"، لتقييم المخاطر الاجتماعية والاقتصادية الناجمة عن الفيضانات، مستكشف بيانات المناخ CAIT تصفح بيانات المناخ والانبعاثات الشاملة والقابلة للمقارنة، مؤشر الديمقراطية البيئية لتتبع حالة القوانين الوطنية التي تحمي الشفافية والمشاركة والعدالة في صنع القرارات البيئية، رسم خريطة لحقوق الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية في الأراضي وحمايتها، تصور البيانات لبناء القدرة على التكيف مع المناخ. ديكارت مختبرات البحث الجيوبصري، (App Gallery )تمكين المجتمعات من إنهاء عدم المساواة من خلال البيانات المفتوحة، أطلس إزري الحي، محرك جوجل إيرث يجمع بين الصور والخوارزميات للتطبيق في العالم الحقيقي، متصفح الصور الرقمية الفلكية، البحث في الأرشيف والصور المستقبلية من الأقمار الصناعية المفتوحة والتجارية،موقع ابحث واكتشف الصور عالية الدقة، مستكشف المياه السطحية العالمي لرسم خرائط عالية الدقة للمياه السطحية العالمية، مخطط المياه الحضرية، تحليل مستجمعات المياه لمئات المدن لتحسين جودة المياه، العلامات الحيوية للكوكب أخبار ومعلومات موثوقة حول المناخ المتغير، ارتفاع منسوب البحار أدوات وخرائط تفاعلية لارتفاع مستوى سطح البحر والفيضانات، منصة للإدارة والتحليل الحضري تحليل وتخصيص البيانات المكانية الحضرية، التصور التفاعلي للشحن العالمي، رسم خرائط ثروة المحيطات، تقييم قيمة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية، المراقبة العالمية لصيد الأسماك،موقع وسلوكيات أساطيل الصيد التجارية في كل مكان، بيانات المناطق المحمية لصنع القرار والتخطيط، المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة ومقارنة السياسة الوطنية للطاقة المستدامة، أطلس البيانات والتحليلات لدعم التخطيط الاستراتيجي لحماية الغابات واستعادة المناظر الطبيعية في الهند. أطلس مخاطر مياه القنوات المائية، قياس ورسم خرائط وفهم مخاطر المياه في جميع أنحاء العالم، المراقبة العالمية للغابات مصممة للعمل". وتحتوي المنصة على بيانات مناخية لجميع انحاء العالم حسب كل دولة، ولسنوات مختلفة بحسب التحديث المتاح بالشراكة مع المؤسسات والمنظمات الحكومية.

## 2- الجانب التطبيقي

### 3-1 استدعاء الموقع التفاعلي:

من خلال الرابط المباشر لموقع المنصة الديناميكية يتم استدعاء النافذة الرئيسة، تحتوي على واجهة سهلة تتضمن معلومات عن الشركة ولوحات عن الموضوعات وبيانات متنوعة، تحتوي على خريطة العالم التفاعلية الى جهة اليمين، وقائمة تشمل استكشاف وعرض اللوحات، وجميع البيانات، والمواضيع، ومجالات الاهتمام، ثم منصة البيانات الجغرافية العالمية ومن ضمنها مؤشرات المناخ، كما موضح في الشكل (1).

[1] للمزيد يمكن الرجوع الى رابط الموقع App Gallery | Resource Watch




الشكل (1) استدعاء الموقع التفاعلي للمنصة الديناميكيةhttps://resourcewatch.org/data/explore

2-3 تسجيل حساب لبيانات الدراسة:

بعد فتح النافذة الرئيسية يتم تسجيل حساب شخصي عبر البريد الالكتروني كما في الشكل (2)، ليضمن استخدام أدوات المنصة وحفظ المعلومات والمشاريع من خلال مجموعة البيانات والتصورات والموضوعات في المفضلة ليتم الرجوع اليها في أي وقت .

الشكل (2) تسجيل حساب في المنصة الديناميكية

### 3-3 خرائط المؤشرات المناخية:

تحتوي المنصة الديناميكية على بيانات المناخ بشكل مباشر يمكن العرض المرئي للخريطة وتحليل البيانات بنطاق زمني متباين لسنوات مختلفة، ويمكن وتصديرها بصيغ صورة (JPG) او ملف اكسل(cvs) ، ونظراً لضيق مساحة البحث ارتأى الباحثان الى اختيار بعض المؤشرات المناخية وتحليلها على خريطة العراق ومنها:

#### 3-3-1 المؤشر السنوي لجفاف الأراضي CGIAR-CSI:[1]

متوسط الجفاف، محسوبا كنسبة متوسط هطول الأمطار السنوي إلى متوسط التبخر السنوي المحتمل، تم ضرب قيم الجفاف العالمية في 10000 لتحويل الأرقام العشرية إلى أعداد صحيحة. هذا يجعل الأرقام أسهل على أجهزة

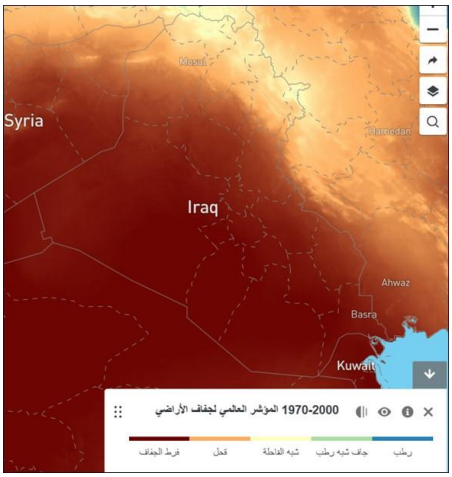
[1] المصدر: الجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية. اتحاد الجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية للمعلومات المكانية (CGIAR-CSI) هو مجتمع ممارسة العلوم الجغرافية المكانية الذي يسهل أبحاث الجماعة باستخدام البيانات والتحليلات الجغرافية المكانية. CGIAR-CSI هي واحدة من مجتمع الممارسات التي تدعمها منصة CGIAR للبيانات الضخمة في الزراعة. https://csidotinfo.wordpress.com/

الكمبيوتر للتعامل معها ولكنه يشوه الوحدات. يجب ضرب قيم الجفاف العالمية المبلغ عنها في 0.0001 من أجل استرداد الوحدات الأصلية. يتم اشتقاق تقديرات PET المستخدمة لحساب قاعدة بيانات الجفاف العالمية باستخدام طريقة Hargreave. (Antonio,Robert,2019) وقد ثبت أن طريقة هارجريف أدنى من طريقة بنمان–مونتيث لمنظمة الأغذية والزراعة في عملية التحقق من الصحة، ولكنها تستخدم هنا لتوفير طريقة بديلة في حالة عدم توفر البيانات الكاملة المطلوبة لحساب التصوير المقطعي التابع لمنظمة الأغذية والزراعة. الدقة المكانية 30 ثانية قوسية . ( minute arc)[1]،

قدم الفريق الاستشاري للاتحاد الدولي للبحوث الزراعية من أجل المعلومات المكانية الدعم لتطوير قاعدة بيانات الموارد العالمية القاحلة. وقاعدة البيانات هذه مصممة للاستخدام في نماذج التنمية المستدامة، والتنوع البيولوجي وحفظ البيئة، والتخفيف من حدة الفقر، والتكيف مع تغير المناخ على الصعيد العالمي، ولا سيما في البلدان النامية، وتوفر بيانات عن كل شهر بين عامي 1970 و2000 بدقة مكانية تبلغ 30 ثانية قوسية (CGIAR-CSI ) .مجموعة البيانات هذه هي مؤشر الجفاف (الذكاء الاصطناعي)، والذي يتم حسابه كنسبة متوسط هطول الأمطار السنوي إلى متوسط التبخر السنوي المحتمل(PET) ، باستخدام بيانات من قاعدة بيانات المناخ العالمي .WorldClim توفر مجموعة البيانات المحدثة الجديدة هذه، والمتاحة للتنزيل من مستودع البيانات المفتوحةfig share ، بيانات نقطية عالمية عالية الدقة (30 ثانية قوسية) للفترة 1970–2000، تتعلق بعمليات التبخر والنتح وعجز هطول الأمطار للنمو الخضري المحتمل، استنادا إلى تنفيذ FA0-56 Penman-Monteith Reference Evapotranspiration (ET0)المعادلة. تم نمذجة كل من الجفاف العالمي والتبخر المحتمل باستخدام البيانات المتاحة من بيانات المناخ العالمية.WorldClim

تم اعداد خريطة مؤشر الجفاف للعراق بناء على قاعدة بيانات المنصة الديناميكية، الخريطة رقم (2). ويبين المؤشر العالمي لجفاف الأراضي توافر الرطوبة كنسبة من متوسط هطول الأمطار السنوي إلى متوسط التبخر السنوي المحتمل في الفترة 1970–2000. وهذه المدة المتوافرة في قاعدة البيانات، اذ يتعذر الحصول على بيانات حديثة حالية عن العراق بسبب سياسة تقييد الأسعار والاشتراك السنوي يصل الى 1500 دولار مما يزيد عبئاً على الباحثين في الحصول عليها. دون مساهمة الجهات الساندة والمؤسسات البحثية الحكومية. وان توافرت يكمن المقارنة حينها مع البيانات السابقة وقراءة التحليل ونتائج الفرق في القياسات ومقادير الكميات.

[1] هي وحدة لقياس الزاوية تساوي 60/1 من الدرجة. وحيث أن الدرجة الواحدة هي 360/1 من الدورة، فتكون الدقيقة القوسية الواحدة تساوي21600/1 من دورة. دقيقة القوس وثانيته - ويكيبيديا

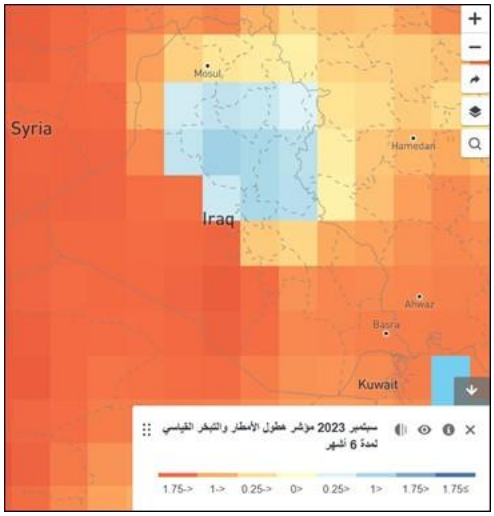



خريطة (2) مؤشر جفاف الأراضي للمدة (1970–2000) للعراق

https://csidotinfo.wordpress.com/

### 3-3-2 مؤشر هطول الأمطار والتبخر والنتح الموحد[1]:CSIC

تم اعداد خريطة مؤشر هطول الأمطار والتبخر والنتح الموحد (SPEI) بناء على قاعدة بيانات المنصة الديناميكية، الخريطة (3) وهو مؤشر في الوقت الفعلي تقريبا لظروف الجفاف على المستوى العالمي، ويقاس بالفرق بين هطول الأمطار الفعلي والمتوسط التاريخي. يجمع SPEI لمدة 6 أشهر الشروط على مدار الأشهر الستة الماضية، ويتم تحديثه كل شهر واحد. ويستند حاليا المرصد العالمي للجفاف التابع لمبادرة SPEI إلى معادلة ثورنثويت لتقدير التبخر والنتح المحتمل(Serrano, et.alt,2010) .(PET) ، ويرجع ذلك إلى عدم وجود مصادر بيانات في الوقت الفعلي لحساب تقديرات PET أكثر قوة والتي لها متطلبات بيانات أكبر.



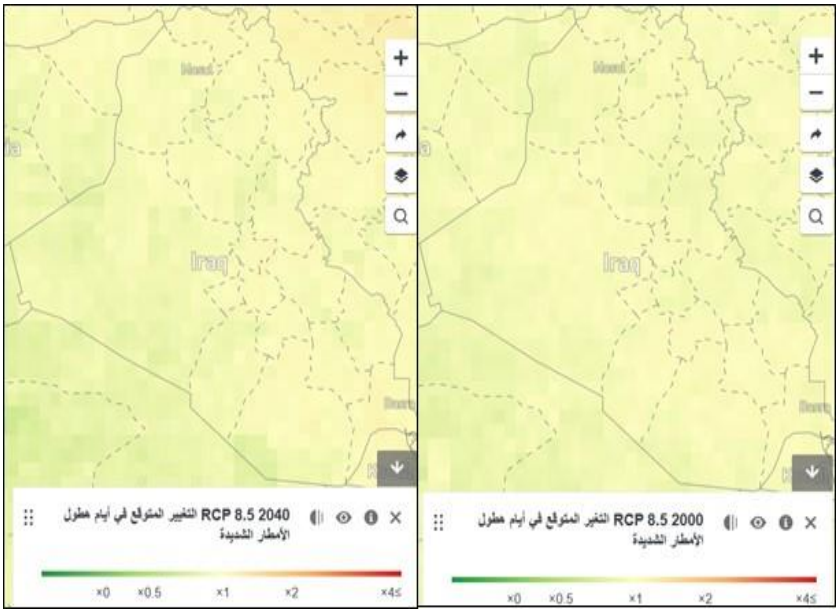

خريطة (3) مؤشر هطول الأمطار والتبخر والنتح الموحد (SPEI) للعراق بتاريخ (أيلول–2023)

المصدر: * المجلس الوطني الإسباني للبحوث(CSIC)

[1] *المجلس الوطني الإسباني للبحوث ( (CSICالمجلس الوطني الإسباني للبحوث ( (CSICهو وكالة حكومية للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي، مع شخصية قانونية متميزة، وأصولها الخاصة وخزانتها، واستقلالها الوظيفي والإداري، والأهلية القانونية الكاملة للعمل ولمدة غير محددة. (المادة 1 من النظام الأساسي) https://www.csic.es/es

### 3-3-3 التغير المتوقع في أيام هطول الأمطار الشديدةWRI / Vizzuality[1]:

تم اعداد خريطة مؤشر(التغير المتوقع في أيام هطول الأمطار الشديدة) بناء على قاعدة بيانات المنصة الديناميكية،، التغير المتوقع في أيام هطول الأمطار الشديدة بين الفترة الزمنية الأساسية (1960-1990) لسنة (2000) الخريطة (4) وسنة 2040، الخريطة (5)، تمثل أيام هطول الأمطار المتطرفة المتوسط السنوي لعدد الأيام التي يزيد فيها هطول الأمطار عن النسبة المئوية 99 من خط الأساس (Gassert, F,et alt, 2021 ).تشير القيم الأكبر من 1 إلى أن عدد أيام هطول الأمطار الشديدة آخذ في الازدياد، بينما تشير القيم الأقل من واحد إلى أن العدد يتناقص. يتم تقدير التغيير المتوقع في إطار سيناريو الانبعاثات العالية.(RCP 8.5)




الخريطة (4) الخريطة(5)

1.01 ضعف مستوى خط الأساس في الفترة 1960-1990 0.96 ضعف مستوى خط الأساس في الفترة 1960-1990

### 3-3-4البصمة الكربونية الشبكية NTNU / LU[2]:

البصمة الكربونية لكل خلية شبكة 250 متر مربع. تم الإبلاغ عن البيانات المعروضة بوحدات جيجاغرام من ثاني أكسيد الكربون ( ($Gg\ CO_2$) لعام 2013. النموذج العالمي الشبكي للآثار الكربونية *(GGMCF)

تم إنشاء مجموعة البيانات في أربع خطوات متميزة (Moran,D,et alt,2018)

[1] تم تصميم هذه الحزمة للحوسبة مقابل مصادر بيانات الإدخال الكبيرة باستخدام AWS S3 كتخزين وسيط. هذا يسمح بتشغيله على أجهزة السلع، مع الحد الأدنى من المتطلبات التي قد تتطلب بعض المؤشرات السنوية ما يصل إلى 1.5 جيجابايت من الذاكرة لكل وحدة معالجة مركزية. إتاحة الوصول إلى البيانات المناخية: طرق إنتاج مؤشرات مناخية مصغرة NEX-GDDP و | LOCAمعهد الموارد العالمية ((wri.org

[2] تم إنشاء مجموعة البيانات من قبل الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا ( (NTNUبالتعاون مع جامعة شينشو وييل وجامعة لوند. معظم المدن والبلدات والمناطق الريفية في جميع أنحاء العالم ليس لديها بيانات عن البصمة الكربونية. توفر مجموعة البيانات هذه أول تقديرات قابلة للمقارنة دوليا ل CF للعديد من مناطق العالم. يمكن أن تساعد النتائج المعروضة هنا في تطوير استراتيجيات لتقليل البصمة الكربونية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام مجموعة البيانات هذه من قبل الحكومات المحلية لتحديد المناطق الصغيرة ذات معدلات الانبعاثات المرتفعة بشكل غير متناسب.

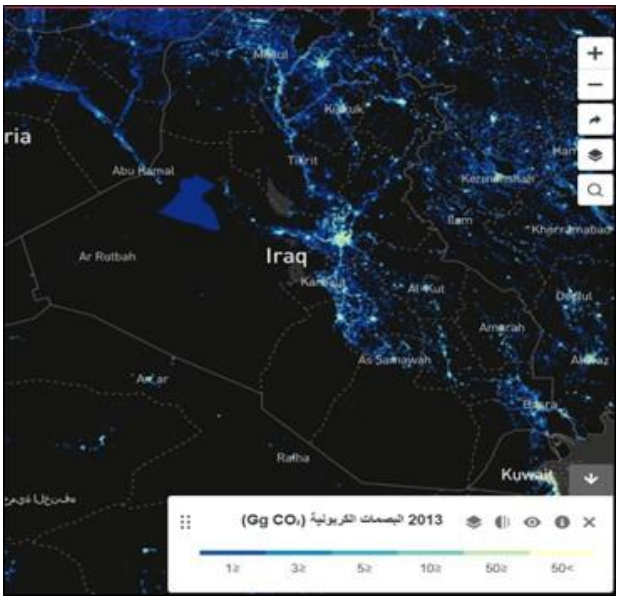
- البصمة الكربونية ل 13000 مدينة - IOPscience

1- تم أخذ بيانات CFs الوطنية للاستهلاك ( (CFnمن قاعدة بيانات Eora متعددة المناطق للمدخلات والمخرجات ( (MRIOلعام 2015. شملت هذه البيانات 189 دولة وشكلت ما يقرب من 100٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية.

2- بالنسبة للاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والصين، كانت نماذج التليف الكيسي دون المحلية الحالية متاحة من مجموعة متنوعة من المنشورات. تم استخدام هذه النماذج لفصل CF المحلي لبيانات الاستهلاك إلى بيانات CFr دون المحلية / إقليمية. تراوح حجم المناطق من الرموز البريدية إلى المقاطعات. وفي الخطوتين 3 و4، تعامل هذه المناطق دون المحلية بنفس معاملة البلدان. وشملت المناطق دون المحلية المصنفة إلى جانب البلدان غير المصنفة.

3- داخل كل منطقة، تم تصنيف CFr بشكل أكبر إلى سكان الحضر والريف باستخدام بيانات سكان الحضر مقابل سكان الريف وبيانات نمط الإنفاق الحضري مقابل الريفي من البنك الدولي والمكتب الإحصائي للجماعات الأوروبية و .BEAشملت هذه البيانات 113 دولة وشكلت 81٪ من الإنتاج العالمي لثاني أكسيد الكربون لعام 2015.

4- تم تصنيف البيانات لاحقا لإنتاج CFs لخلايا الشبكة باستخدام خرائط السكان الشبكية وبيانات الدخل الشبكية. أولا، تم تحديد خلايا الشبكة الحضرية والريفية باستخدام الشبكة النموذجية العالمية لمستوطنات طبقات المستوطنات البشرية ( .(GHS-SMODثم تم تصنيف CF لكل منطقة عبر خلايا الشبكة بناء على القوة الشرائية المجمعة للسكان الذين يعيشون داخل كل خلية شبكة. عادة ما ترتبط آثار الكربون ارتباطا مباشرا بالدخل والقوة الشرائية. تم ضرب السكان في كل خلية بمتوسط القوة الشرائية في ذلك الموقع لحساب القوة الشرائية الإجمالية لكل خلية شبكة. تم اعداد خريطة البصمة الكربونية الشبكية للعراق لعام 2013، بحسب قاعدة البيانات في المنصة الديناميكية، والتي تظهر في الخريطة (6).

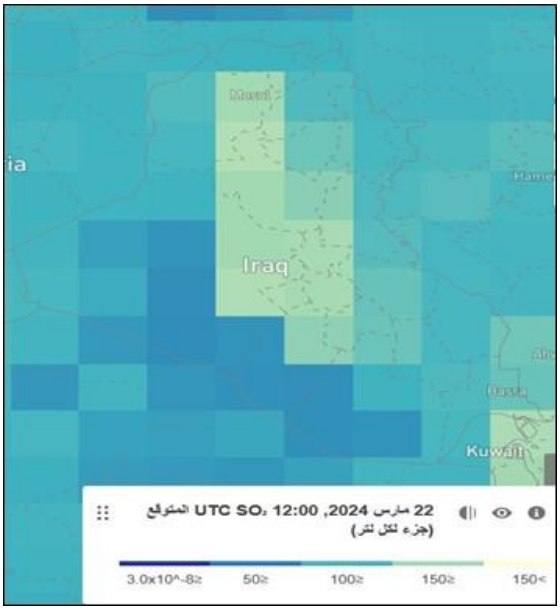



الخريطة (6) خريطة البصمة الكربونية الشبكية للعراق عام 2013

### 3-3-5 جودة الهواء: ثاني أكسيد الكبريت :($SO_2$)

تظهر مجموعة البيانات هذه تركيزات ثاني أكسيد الكبريت المتوقعة ( ($SO_2$على سطح الأرض، والتي تم تصميمها بواسطة نموذج مناخ مجتمع الغلاف الجوي بأكمله .(WACCM)[1]

ثاني أكسيد الكبريت هو ملوث هواء تفاعلي عديم اللون ذو رائحة قوية. الغاز هو مهيج للجهاز التنفسي يمكن أن يضر بصحة الإنسان. وفقا ل وزارة البيئة والطاقة الأسترالية، ثاني أكسيد الكبريت يهيج الأنف والحلق والممرات الهوائية. يمكن أن يسبب ضيق في التنفس أو السعال أو الصفير أو الشعور بالضيق حول الصدر. يمكن أن تؤثر التركيزات العالية من ثاني أكسيد الكبريت على وظائف الرئة، وتفاقم نوبات الربو، وتفاقم أمراض القلب الموجودة في المجموعات الحساسة. تم استخراج خريطة (7) انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت ( ($SO_2$ ) للعراق.




خريطة (7) انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت للعراق بتاريخ 2024/3/22

المصدر: WACCM / NCAR / UCAR

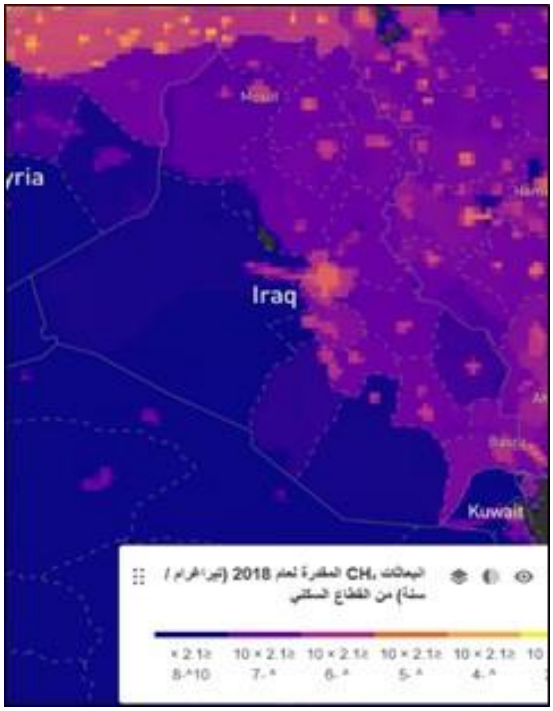
تأتي معظم انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من حرق الفحم أو النفط أو الغاز للكهرباء والنقل. يحتوي هذا الوقود الأحفوري على الكبريت، الذي ينبعث كثاني أكسيد الكبريت عند حرقه. لا يساهم ثاني أكسيد الكبريت في ظاهرة الاحتباس الحراري، لكنه يتفاعل بسهولة مع المواد الأخرى لتشكيل مركبات ضارة مثل حمض الكبريتيك وجزيئات الكبريتات الصغيرة. عندما يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الماء والأكسجين، فإنه يخلق المطر الحمضي. للأمطار الحمضية عدد من الآثار البيئية، بما في ذلك جعل البحيرات والأنهار والأراضي الرطبة وغيرها من المسطحات المائية أكثر حمضية، والتي يمكن أن تكون ضارة بالأسماك والحياة البرية المائية الأخرى.

[1] WACCM هو نموذج رقمي شامل ، مدفوع بمجالات الأرصاد الجوية من نموذج نظام جودارد لرصد الأرض التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) ( (NASA، الإصدار 5 ( .(GEOS-5تطوير WACCM هو تعاون بين الأقسام يوحد النمذجة من مرصد الارتفاعات العالية ( (HAO، ومختبر ملاحظات ونمذجة كيمياء الغلاف الجوي ( (ACOM، ومختبر المناخ والديناميات العالمية ( .(CGDيتم الجمع بين نمذجة الغلاف الجوي العلوي من HAO ، ونمذجة الغلاف الجوي الأوسط من ACOM ، ونمذجة التروبوسفير من CGD باستخدام نموذج نظام الأرض المجتمعي NCAR (CESM) كإطار رقمي مشترك.

### 3-3-6جودة الهواء : انبعاثات الميثان ($CH_4$) المقدرة:

انبعاثات الميثان المقدرة ( ($CH_4$من القطاع السكني، معبرا عنها بالتيراغرام سنويا ( (Tg / yearالعام 2018. تظهر مجموعة البيانات هذه من خدمة كوبرنيكوس لمراقبة الغلاف الجوي ( (CAMSانبعاثات الميثان البشرية المنشأ من القطاعات التالية: ( (Granier, C,et alt,2019الزراعة، والزراعة الحيوانية، وتوليد الطاقة، والسكنية، والعمليات الصناعية. والميثان هو غاز دفيئة قوي قصير العمر، ينبعث نتيجة لتربية الماشية والحيوانات المجترة الأخرى، وإنتاج الأرز، ومدافن النفايات، وتوليد الطاقة، وهو ملوث للهواء ومكون رئيسي للضباب الدخاني.

وفرت المنصة الديناميكية البيانات بتغطية عالمية بدقة 0.1 درجة، أي حوالي 11 كيلومترا × 11 كيلومترا عند خط الاستواء ولكنها تتغير مع المسافة من خط الاستواء. يتم توفير الانبعاثات كمبلغ سنوي للسنوات من 2000 إلى 2019. تظهر مجموعة البيانات هذه الانبعاثات السنوية لعام 2018، واستنادا اليها تم اخراج الخريطة (8) انبعاثات $CH_4$ المقدرة لعام 2018 (تيراغرام / سنة) من القطاع السكني في العراق.




الخريطة (8) انبعاثات $CH_4$ المقدرة لعام 2018 (تيراغرام/سنة) من القطاع السكني

### 3-النتائج والمناقشة:

تم تطبيق تقنيات جغرافية متقدمة لتحليل المؤشرات المناخية في العراق باستخدام منصة (Resource Watch). تم توضيح أهمية هذه المؤشرات في فهم تغيرات المناخ وتقديم معلومات دقيقة لاتخاذ القرارات البيئية والاقتصادية.

استخدم البحث احدى التقنيات الجغرافية هي المنصة الديناميكية مفتوحة المصدر لتحليل البيانات المناخية وإنشاء الخرائط الجغرافية الديناميكية. لتسليط الضوء على فوائد استخدام التقنيات الجغرافية في تحليل وتصور المعلومات المناخية بشكل فعال ومبتكر.

من خلال تحليل بعض المؤشرات المناخية للعراق التي وضحتها الخرائط السابقة، يمكن فهم الاتجاهات الحالية والتنبؤات المستقبلية للمناخ. لتحديد المناطق المعرضة لمخاطر مثل الجفاف وجودة الهواء والامطار، وتمت مناقشة التحديات التقنية والمنهجية التي واجهت عملية إعداد الخرائط المناخية للعراق باستخدام منصة Resource Watch) والتأكيد على الفرص المتاحة للتقنيات الجغرافية في مجال رصد وتحليل المناخ وتقديم التوصيات البيئية.

ويقترح بحثنا الى ضرورة مواصلة البحث والتطوير في مجال إعداد الخرائط المناخية باستخدام التقنيات الجغرافية الديناميكية لتحسين دقة البيانات لاتخاذ القرارات. لتطوير البنية التحتية التكنولوجية وبناء القدرات البشرية للتعامل مع البيانات المناخية بشكل فعال واستخدامها في تخطيط الموارد وإدارة الكوارث. أظهرت النتائج أهمية تطبيقات التقنيات الجغرافية في تحليل المؤشرات المناخية وتقديم الحلول البيئية والاقتصادية المستدامة في العراق.

**كما يقدم مجموعة توصيات يمكن الاخذ بها مستقبلا،**

1. ينبغي توسيع نطاق البحث ليشمل مزيدًا من المؤشرات المناخية والمتغيرات البيئية ذات الصلة لتحسين فهمنا لتأثيرات التغير المناخي.
2. تحسين دقة البيانات المستخدمة في إعداد الخرائط المناخية.
3. التركيز على تطوير التقنيات الجغرافية المستخدمة كالمواقع التفاعلية.
4. تعزيز التعاون الدولي في مجال تحليل المؤشرات المناخية.
5. إجراء المزيد من البحوث المستقبلية لتوسيع نتائج تأثيرات التغير المناخي على العراق.

**4-المراجع:**

6. App Gallery | (Resource Watch)
7. Chunrui Zhang, Huifeng Zheng, (2010),"Dynamic Properties of Coupled Maps", Discrete Dynamics in Nature and Society, vol., Article ID 905102, 10 pages, 2010. https://doi.org/10.1155/2010/905102
8. Emily Cassidy,( 2018), 4 Maps Show Opportunities For Limiting Climate Change, OCTOBER 24, , https://blog.resourcewatch.org/2018/10/24/4-maps-show-opportunities-for-limiting-climate-change/
9. Gassert, F., E. Cornejo, and E. Nilson. (2021),"Making Climate Data Accessible: Methods for Producing NEX-GDDP and LOCA Downscaled Climate Indicators" Technical Note. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at https://www.wri.org/research/making-climate-data-accessible.www.resourcewatch.org
10. Granier, C., S. Darras, H. Denier van der Gon, J. Doubalova, N. Elguindi, B. Galle, M. Gauss, et al. (2019)," The Copernicus Atmosphere Monitoring Service Global and Regional Emissions Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Report,doi:10.24380/d0bn
11. https://csidotinfo.wordpress.com/
12. Islam, M.A.,Murshed, S., Kabir, S.M.M., Farazi, A.H., Gazi, M.Y., Jahan, I. and Akhter, S.H.(2017), Utilization of Open Source Spatial Data for Landslide Susceptibility Mapping at Chittagong District of Bangladesh—An Appraisal for Disaster Risk Reduction and Mitigation Approach. International Journal of Geosciences, 8, 577-598. https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84031

13. Moran, D., Kanemoto K; Jiborn, M., Wood, R., Többen, J., and Seto, K.C. (2018), Carbon footprints of 13,000 cities. Environmental Research Letters DOI: 10.1088/1748-9326/aac72a. Accessed through (Resource Watch), www.resourcewatch.org.
14. National Center for Atmospheric Research (NCAR),(2018), Whole Atmosphere Community Climate Model (WACCM). Accessed through Resource Watch, www.resourcewatch.org.
15. Nguyen, L., Shah, A., Harker, M. et al.(2006), DADOS-Prospective: an open source application for Web-based prospective data collection. Source Code Biol Med 1, 7 https://doi.org/10.1186/1751-0473-1-7
16. Pispidikis, I.Dimopoulou, E. (2015), Web Development of Spatial Content Management System through the Use of Free and Open-Source Technologies. Case Study in Rural Areas. Journal of Geographic Information System, 7, 527-540. http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2015.75042
17. Sarah Parsons , Kristine Lister, (2018),7 Datasets Paint A Picture Of Our Climate Future, https://blog.resourcewatch.org/2018/09/13/7-datasets-paint-a-picture-of-our-climate-future/
14. Tamura, Y., Watanabe, H. and Yamada, S. (2020),OSS Project Assessment Based on Discriminant Analysis and Jump Diffusion Process Model for Fault Big Data. American Journal of Operations Research, 10, 269-283. https://doi.org/10.4236/ajor.2020.106015
15. Trabucco, Antonio; Zomer, Robert, (2019), Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Climate Database v2. figshare. Fileset. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7504448.v3 Accessed through (Resource Watch), (date). www.resourcewatch.org.
16. Vaisala, (2009), "Global Wind Speed Map, 80 m." Accessed through (Resource Watch), (date). www.resourcewatch.org.
17. Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I., Angulo M., El Kenawy A,(2010),A global 0.5° gridded dataset (1901-2006) of a multiscale drought index considering the joint effects of precipitation and temperature. Journal of Hydrometeorology 11(4), 1033-1043, DOI: 10.1175/2010JHM1224.1. http://digital.csic.es/handle/10261/23906. Accessed through (Resource Watch), (date). www.resourcewatch.org.
18. Xia Feng, Paul Houser, (2016), "Developing and Demonstrating Climate Indicators for Monitoring the Changing Water Cycle", Advances in Meteorology, vol. 2016, Article ID 5481731, 18 pages, https://doi.org/10.1155/2016/5481731

# الفصل السابع

# شواهد تضريسية على التغيرات المناخية

## أمثلة عربية

**أ د. غزوان سلوم**

أستاذ الجيومورفولوجيا في قسم الجغرافيا

كلية الآداب والعلوم الإنسانية–جامعة دمشق.

مقدمة

تعكس التضاريس طبيعة العلاقة بين الصخور من جهة، وعوامل التشكيل كالمناخ، والحركات البنائية من جهة أخرى، لذلك صنفت إلى تضاريس بنائية– بنيوية، تكون كلمة الفصل فيها، لطبيعة الصخور، والحركات الأرضية، وتنتمي إليها البراكين، والصدوع. وتضاريس مناخية، ترتبط بطبيعة المناخ ومدى قدرته على تكوين تضاريس خاصة، كما هو حال الكثبان الرملية في الصحاري الحارة، والألسنة الجليدية في المناطق القطبية، حيث يسيطر مناخ قاس على بيئاتها، وتكون الغلبة في هذا الصراع بين العوامل الخارجية والباطنية، في الهيمنة على تضاريس السطح، للأقوى. فمثلاً تتعرض المناطق المستقرة بنائياً، لتعديلات مناخية، تطمس معالمها، وترسم على سطحها تضاريس ترتبط بخصائص العوامل المناخية الفاعلة أو النشطة. بل إن للمناخ تأثيرات متعدية، وغير مباشرة على سطح الأرض، فمع استقراره، ينشأ غطاء نباتي موافق له، كالغابات الاستوائية، والمدارية في المناطق الحارة المطيرة، والسافانا في المناطق التي تليها نحو القطبين، ما يعني زيادة تعقيد المشهد التضريسي، بتنوع العمليات الجيومورفية، بين حت ونقل وترسيب تقوم به الأنهار، وتحلل وإذابة للصخور بفعل التجوية الكيميائية.

وهكذا تسود على سطح الأرض تضاريس تعكس طبيعة العامل المسيطر، كالجزر البركانية في إندونيسيا اليابان، والمناطق الكارستية في الصين، وأوروبا، والأغشية الجليدية في القطبين، والقلوب inselberg في مناطق المدارين. بمعنى أخر، فإن كل منظومة تضريسية تعكس طبيعة العامل المشكل لها، وبالتالي يمكن من خلال دراسته، وتحديد الخصائص العامة بل والدقيقة للبيئة الجغرافيّة الحاضنة لهذه التضاريس.

ومع إدخال البعد الرابع – وهو الزمن – يصبح تغير أشكال التضاريس مؤشراً مهماً على تغير العامل المسبب لها، فمع تغير المناخ، وتبدل النطاقات المناخية، كما حدث خلال العصور الجليدية في الفترة الرباعية، تخضع مناطق من سطح الأرض، إلى سيطرة مناخات جديدة، فتطبع تضاريسها الخاصة على سطح الأرض، ولا يكون أمام التضاريس القديمة، إلا التكيف مع الشروط الجديدة، وذلك بالتغير وفق مستجداتها، وتكون مستويات هذا التكيف مختلفة حسب طبيعة الصخر، إن كان مقاوماً أو منخفض المقاومة، وطبيعة المناخ إن كان عدائياً أو دون ذلك، لذلك تجد من التضاريس ما يحتفظ ببعض صفاته التي نشأ عليها، ومنها ما يفقدها في عملية طمس ومحو تدريجية.

وعليه يمكن القول: إن التضاريس الموروثة بمثابة الصناديق السوداء التي تحتفظ بأسرار بيئتها القديمة. ويمكن للباحثين من خلال دراستها، استنتاج الأحداث التي مرت بها المنطقة، لتكوين صورة عن الجغرافيا القديمة، عبر جمع الأدلة، وتصنيفها، وترتيبها زمنياً وفق منهج المقارنة والمقاربة، فمظاهر مثل اليارداغ Yardangs تقدم دليلين دامغين على مرحلتين زمنيتين مختلفتين، ساد في الأولى مناخ رطب شكّل بحيرات أو سبخات، تلتها فترة أقل رطوبة أو جافة مع سيادة رياح أحادية الاتجاه، نحتت اليارداغ من الصخور البحيرية.

**أولاً- نشأة تضاريس سطح الأرض**

يُعنى علم الجيومورفولوجيا Geomorphology بوصف أشكال تضاريس سطح الأرض، ودراستها، تفسيراً وتحليلاً وتصنيفاً، مع تحديد العوامل والعمليات المسؤولة عن نشأتها، وتطورها عبر الزمن (عادل عبد السلام. 2000. 8 بتصرف).

عزى العلماء أسباب نشوء التضاريس إلى نوعين رئيسين من المؤثرات، الأولى باطنية، بنائية، ويقصد بها الحركات البنائية Tectonic movements، وتصنف إلى حركات عالمية كتلك المولدة للقارات، والتي تعمل على إعادة توزيع القارات والمحيطات، وتشكيل سطح الأرض بين يابس وماء. وحركات أصغر تأثيراً، تعرف بالحركات المولدة للجبال، ويطلق عليها الحركات الأوروجينية orogenic movements or orogenesis. أما المؤثرات الثانية فهي: خارجية، تتمثل بمناخ الأرض، ويكون بعض عناصره فاعلاً أكثر نشاطاً من غيره، كالأمطار والرطوبة ودرجات الحرارة، في العروض الدنيا، ودرجات الحرارة والرياح في الصحاري.. مع التنويه إلى ضرورة عدم إغفال دور عوامل ثانوية أقل انتشاراً، كالغطاء النباتي والتربة والإنسان.

إن فصل التأثيرات الخارجية عن الداخلية لتحديد دور كل منهما في تكوين التضاريس امر مستحيل، حيث تتنوع العوامل المكانية، وتختلف العمليات الجيومورفية، مكانياً وزمنياً على سطح الأرض، ما يعني أنها متباينة أيضاً كماً ونوعاً، فتكون قليلة في المشاهد التضريسية البسيطة، ومعقدة في المناطق والأقاليم الغنية بالتضاريس ذات الأصول المختلفة. مثلاً تشكلت سلاسل جبال القلمون ولبنان الشرقي في سورية، منذ أواخر الزمن الثالث، ونهضت في الميوسين، ثم تعاقبت عليها مناخات مطيرة وأخرى جافة، شكلت منظومة من المجاري المائية الدائمة – الموسمية، تحولت حالياً في ظل الظروف القاحلة السائدة منذ نهاية العصر الجليدي الأخير، إلى شبكات مجاري سيلية، بل وانتشرت بعض المظاهر الصحراوية بجوارها، كالسبخة والكثبان الرملية واليارداغ في منخفض جيرود بين سلسلتي جبال القلمون الثانية والثالثة. وعلى الرغم من التأثيرات المناخية الواضحة، إلا أن المنطقة لا تخلو من تضاريس بنيوية- بنائية أصلية، حيث تُرى جروف كويستا يبرود – معلولا ممتدة على مسافة تزيد على (60) كم، على طول سلسلة جبال القلمون الأولى. إن هذا المزيج التضريسي، يعكس ذلك التداخل التفاعلي بين العوامل البانية (البنائية) وأدوات الهدم والتشويه المناخية اللاحقة، وما على المهتم بالتفسير الجيومورفولوجي، إلا أن يفكك هذا المُرّكب المعقد إلى صوره المتعاقبة، ثم يجمعها برؤيا تركيبية، وصولاً إلى الوضع التضريسي الحالي.

نظراً لأهمية التأثيرات المناخية في نشوء التضاريس وتطورها، بدأ الاهتمام بالمناخ كعامل مؤثر في الجيومورفولوجيا، وظهرت الدراسات النوعية لهذا الاتجاه خلال فترة التوسع الاستعماري الأوروبي والاستكشاف مع نهاية القرن التاسع عشر، عندما اكتُشفت تضاريس غير عادية، بل ومذهلة في كثير من الأحيان، في الصحاري

والمناطق القطبية والمناطق الاستوائية الرطبة (Goudie.2004.162). لتتبلور الأفكار العلمية خلال خمسينيات القرن الماضي على يد علماء ألمان وفرنسيين، ويظهر إلى الساحة العلمية ما عرف لاحقاً بالجيومورفولوجيا المناخية Climatic Geomorphology، وهو مذهب مناهض لأفكار المدرسة البلوتونية المبنية على أسس سيادة العمليات البنيوية في تكوين التضاريس. ومنافس للمدرسة الديفيزية، التي أغفلت أو أهملت الدور الكبيرة للتأثيرات المناخية المباشرة وغير المباشرة على تضاريس سطح الأرض.

يجب أن يفهم التنوع التضاريسي تبعاً للتأثيرات المناخية، من منظورين، الأول جغرافي – أفقي– حيث يمكن الحديث عن نطاقات جيومورفية، متوافقة مع توزع النطاقات المناخية، والثاني، زمني أو تاريخ – رأسي– بحيث تتعاقب منظومات تضاريسية على سطح الأرض تعكس تعاقب المناخات المختلفة على ذات المنطقة. ويعتمد تأثير المناخ على درجة عدائيته أو فعاليته، فمناخ المناطق الاستوائية والمدارية يتميز بدرجات حرارة عالية ورطوبة مرتفعة طوال العام، فلا تشهد هذه المناطق فصولًا متمايزة بشكل واضح، وبالتالي فإن منظومة العمليات الجيومورفية واحدة، حيث تنشط أعمال المياه الجارية والتجوية الكيميائية، أما في حوض البحر المتوسط، فيسود مناخ موسمي، ما يعني سيطرة منظومتين جيومور– مناخيتين. ففي الفصول الرطبة، تسيطر عمليات المرتبطة بالمياه، في حين تنشط أعمال الرياح والتجوية الحرارية في الفصل الجاف. أما المناخات الصحراوية، فالقول الفصل فيها للمناخ الجاف دون منازع، حيث تسيطر درجات الحرارة العالية نهاراً، والمتدنية ليلاً، فتنشط عمليات التمدد الصخري بالتسخن، والتقلص بالتبرد، ما يفضي بالنهاية إلى تفتيت الصخور، كما تؤدي الرياح الدور الأهم في رسم معالم الصحاري، وتوزيع الكثبان والأغشية الرملية على سطحها.

ومن مسلمات الجيومورفولوجيا المناخية، ذلك المثال الشهير، الذي يبين قدرة المناخ على تشكيل تضاريس مختلفة من صخر واحد، كما هو الحال في صخور الجحر الكلسي، التي تعطي تضاريس متباينة في مناخات مختلفة كالاستوائية والجليدية والمعتدلة (Tricart & Cailleux. 1972. 3).

إن العلاقة بين السبب (المناخ) والنتيجة (العامل والعملية الجيومورفية)، تكون واضحة في بعض الأمثلة الجيولوجية ذات الدلالة الباليوجيومورفولوجية، مثال ذلك، رواسب الأنهار، فكلما كانت كميات الأمطار كبيرة، ارتفعت قدرة المياه الجارية على الحت والإزالة، وبالتالي استطاعت نقل حجارة كبيرة مكورة ملتحمة برمال و/ أو طين، لتكّون ما يطلق عليه المشبكات أو الرصيص أو المدملكات Conglomerate. وبقراءة معاكسة، فإن وجود رواسب لحقية في منطقة ما، أو ضمن عمود صخري على سوية استراتيغرافية معينة، يدلّ على سيادة مناخ رطب نسبياً، كان قادراً على تشكيل منظومة أنهار دائمة، وبيئة ترسيبية نهرية.

**ثانياً– البصمة الجيومورفو–مناخية Geomorphic-climatic footprint**

يبدأ عمل المناخ في قولبة التضاريس وهندستها، من لحظة تكشف قيعان البحار، بانحسار الطغيانات البحرية عنها، أو مع انبثاق الحمم من باطن الأرض إلى سطحها، وتعد عمليات التجوية أول كتائب الغزو المناخي التي تسعى إلى تفتيت الصخر وإضعافه، ولا تتخلف عنها عمليات الحت والنقل والترسيب كثيراً، فتعمل مشتركة على تشكيل التضاريس وتغيير حالة سطح الأرض تدريجياً، وتشويه معالم التضاريس الأصلية التي نشأت عليها، وذلك حسب حدتها وشدتها وديمومتها. إلا أن استخلاص دور المناخ في تعديل أشكال التضاريس، يزداد صعوبة

وربما استحالة، كلما تقدم عمر التضريس، بحيث يصبح فصل التأثير المناخي عسيراً عن دور العمليات الأخرى، كالحركات البنائية، وتأثيرات النباتات والإنسان، وهكذا يبدو الحديث عن تضريس بنائي صرف، أو مناخي صرف، مجانباً للصواب.

يتفق تصنيف تضاريس سطح الأرض الحالية مع العمليات السائدة على مناطقها، فمثلاً تتميز جزيرتا جاوة وهاواي، بكونهما تضاريس ذات أصول بنيوية– بنائية نشطة، ترتبط ارتباطاً جذرياً بالنشاط البركاني والزلزالي. في حين تتميز الصحاري الحارة بنمط تضريسي محدد، رتيب، متكرر، من كثبان ومنخفضات، وأودية جافة. وهنا يمكن القول بوجود بصمة واضحة لكل مناخ، شرط أن يمتلك من الزمن ما يمكّنه من التأثير في شكل سطح الأرض وتضاريسه، لذلك تزداد هذه البصمات وضوحاً كلما أشتد فعل العامل المؤثر– بنائي و/أو مناخي– وطال زمنه. ولمّا كان توزع المناخات على سطح الأرض نطاقي، فإن الحديث عن نطاقيّة المنظومات الجيومورفية، موافقاً لأبسط قواعد الربط السببي بينهما، مع الأخذ بالحسبان أن هذا التوزع متغير زمنياً، فمع تحرك الصفائح القارية، يختلف التأثير المناخي على مناطقها، وعلى مقياس زمني أقصر، تشهد الأرض تغيرات مناخية كلية، كما هو الحال في مسألة الاحترار الحراري، أو نطاقي، عبر زحزحة المناخات بفعل التأثير المباشر للعصور الجليدية وما بينها، وهو ما يسبب تراكباً (تضريسياً) جيومورفياً. حين توجد أنواع مختلفة من التضاريس تنتمي إلى مناخات متغايرة في منطقة واحدة. وقد أوجز بودل (Büdel 1982) ذلك بالقول: إن المناظر الطبيعية، تتألف من "أجيال تضاريس relief generations" مختلفة، وحدد مهمة ما أسماه "علم أشكال الأرض المناخي الجيني climato-genetic geomorphology" بالتعرف على هذه الأجيال وترتيبها وتمييزها، وذلك لتحليل التضاريس المعقدة (Goudie.2004.163).

إن التعمق في البعد الرابع (الزمن) لتفسير أشكال تضاريس سطح الأرض، يتطلب تدقيقاً وتحرياً ميدانياً ومخبرياً واسعاً، فكلما توغل الباحث في التاريخ الجيولوجي –المناخي للمنطقة، أصبحت الأدلة أقل وضوحاً، وأكثر ندرة. في حين تكون الأحداث المتأخرة ذات دلالات دامغة. ففي العصور الجليدية، التي امتد فيها الجليد من القطبين على هيئة أغشية، ومن الجبال المرتفعة على هيئة ألسنة جليدية خطية، نحو مناطق لم تكن لتصلها لولا تبرد المناخ، وعلى الرغم من قِصر عمر العصور الجليدية الرباعية، التي بدأت فعلياً منذ (700.000) سنة، ومثلت ذروة لفترة باردة سادت الأرض منذ (1.3) مليون سنة، إلا أنه كان لها بالغ الأثر في سطح الأرض، فتركت شواهد تضريسية واضحة عنها (Palacios. 2022.1)، ولم ينج من تأثيرات تبدلاتها، سوى ثلاثة أقاليم، هي الاستوائية والمدارية، وبالتحديد الأراضي المنخفضة منها، لعدم وصول الأغشية الجليدية إليها، مع استثناء، المرتفعات الجبلية التي تشكلت عليها جليديات الأودية. والمنطقة القطبية، فهي خاضعة باستمرار لمناخ بارد قطبي غير متغير.

من الأمثلة الشيقة على قدرات التغيرات المناخية، في تغيير خصائص الصخور، وبالتالي آليات العمل الجيومورفي، إنه في ظل ظروف مناخية رطبة أو شبه رطبة، ومع توفر صخور قابلة للذوبان، كالحجر الكلسي، والدولومي، والجبس، وهي صخور منفذة بطبيعتها، فإن السمة العامة للسطح تكون خلوه من المجاري المائية الدائمة، كما في معظم بلدان حوض البحر المتوسط، وذلك لارتفاع معدلات التشرب infiltration rates على معدلات الجريان السطحي Run- Off rates، وتكون أغلب المنحدرات جرداء، لقصر طول فترة التفاعل بين الصخر

السطحي، والمياه. لكن عندما سادت فترة جليدية في أوروبا، سيطر مناخ بارد– صقيعي على بلاد الشام، فتحولت أسطح هذه الصخور إلى أوساط كتيمة، بسبب تجمد المياه في شقوقها ومساماتها، ما عطل خاصية التشرب، وساعد على إحداث جريانات سطحية، ورفع قدرة المياه الجارية على الحت، وتشكيل شبكة أودية واضحة. ومع انتهاء الفترة الجليدية، وارتفاع درجات الحرارة، انفك الجليد عن الصخور، فاستعادت قدرتها على تسريب المياه، ما أدى إلى جفاف المجاري النهرية، وبقاء أوديتها شاهدة على حالة مناخية طارئة، كما هو الحال في هضبتي غراما ومارتل في فرنسا (حاج حسن. 1996. 33).

**ثانياً– مفهوم التوافق وعدم المواءمة Compatibility and incompatibility**

يعد التوافق أو التناغم بين شكل التضريس وأبعاده من جهة، وطبيعة المناخ السائد من جهة ثانية، من المعايير المهمة في تحديد ما إذا كان التضريس معاصراً، أم قديماً. فمن البديهي القول: إن أنهاراً مثل الأمازون واليانغ تسي والمسيسيبي، هي أنهار منسجمة بمظاهرها الحية مع مناخاتها الحالية، وكذلك الأمر فيما يخص الكثبان الرملية المنتشرة في الصحاري الحارة، فهي نتاج عمل ريحي تراكمي، بدأ تشكلها مع سيادة ظروف مناخية جافة وقاحلة على مناطقها.

مثلت دراسة المظاهر المعاصرة، مرجعيّة جيومورفولوجية، مهمة لتفسير التضاريس المشابهة لها في مناخات مختلفة. وهو مبدأ راسخ في الدراسات الجيومورفولوجية، وضعه العالم الاسكتلندي، جيمس هاتون، في القرن الثامن عشر، مفاده أن الحاضر مفتاح الماضي Present is the key، ويعرف بقانون الوتيرة الواحدة أو التناسقية، ويقصد منه، أن القوانين التي كانت تعمل في الماضي، هي ذاتها التي تشكل اليوم ذات النوع من التضاريس، وبالتالي يجب أن تتوافق العملية مع الشكل في حال تزامنا، أما في حال حدوث تنافر بين الخصائص الشكلية للتضاريس، والعمليات السائدة. كما هو الأمر في الأودية الجافة الضخمة في الصحاري العربية والإفريقية، والتي تشبه في أطوالها وأعماقها وأشكالها أودية الأنهار الحالية، فإنه من المؤكد أنها تعود في أصولها إلى مناخات أكثر رطوبة، بمعنى آخر: لا يمكن أن تكون هذه التضاريس، وليدة المناخ الصحراوي الحالي. لذلك تعرف بالأودية الحفرية الجافة fossil or dry valleys، أو بالأسّرة النهرية غير الموائمة misfit river beds.

ومن الأمثلة الأخرى على عدم التوافق، انتشار أكثر من مئة بحيرة صغيرة غربي أمريكا الشمالية، في منطقة ذات مناخ قاري، شبه الجاف. وترجع في أصولها إلى بحيرات قديمة، كانت أكبر حجماً، وأكثر اتساعاً، نشأت خلال الفترة المطيرة من نهاية البليستوسين، منذ نحو (12.000) سنة. جفت وانكمشت مساحاتها تكيفاً مع المناخ الحالي، ومنها البحيرة المالحة الكبرى Great salt lake، وهي ما تبقى من بحيرة بون فيل Bonneville العظيمة، والتي امتدت على مساحة (52.000) كم$^2$، فوق أراضي ولايات يوتا ونيفادا وأيداهو ( Walker. 1992. 27).

وعلى مقياس أصغر، في سورية، تعد بحيرتا العتيبة AlOtaibah، التي ينتهي إليها نهر بردى، القادم من منخفض الزبداني، الواقع بين جبل لبنان الشرقي وجبال القلمون الأولى، وبحيرة الهيجانة Al-Hijaneh التي ينتهي إليها نهر الأعوج قادماً من جبل الشيخ (الحرمون)، فهما من بقايا بحيرة دمشق القديمة، التي تعود إلى الفترة الرطبة

أواخر البليستوسين، وفق ما دلت عليه عمليات تحليل حبوب اللقاح من بحيرة الهيجانة (Hussein. 2006. 330). الشكل (1).

الشكل (1) بحيرتا العتيبة والهيجانة شرقي العاصمة دمشق.

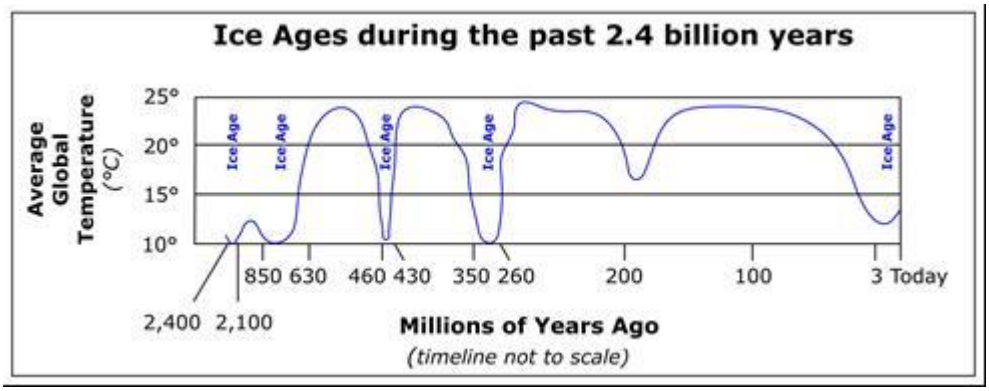
ليست كل المخلفات التضريسية بهذه البساطة من التفسير، فقد يزداد المشهد التضريسي تعقيداً مع تدخل عوامل مكانية متنوعة بين خارجية وباطنية، وتداخل آثارها زمنياً، فيغدو سطح الأرض، كلوحتين مختلفتين، لكن متراكبتين فوق بعضهما البعض على ورقة واحدة. مثال ذلك، حوض كالاهاري Kalahari Basin في جنوب أفريقيا، فقد نشأ متأثراً بحركات بنائية (تصدعية) خلال الزمن الثالث منذ (66) مليون سنة، ثم خضع لتقلبات مناخية رباعية، فاحتلت البحيرات العذبة أجزاءً واسعة منه، وتشكلت مجاري مائية ضخمة عابرة للحدود بين ناميبيا وبوتسوانا وجنوب أفريقيا، تعكس طبيعة الفترات الرطبة، التي تلتها مناخات جافة حالية، ما تسبب بنشوء كثبان رملية خطية نشطة، وخلف نحو (29) وادياً جافاً، تتسع أحواضها لتغطي مساحة (90.000) كم$^2$، منها وادي أووب Auob الضيق، والذي بالكاد يمكن تمييزه في منابعه، لكنه يصل إلى أقصى عرض (1.8) كم جنوب ستامبرييت Stampriet في ناميبيا، قبل أن يضيق إلى (0.5) كم داخل منتزه كغالاجادي Kgalagadi الحدودي. وقد أدى هذا المزيج من تغير المناخ والنشاط البنائي إلى إنتاج شبكات تصريف مياه معقدة ومشوهة (Nash. 2022. 1-3).

تجدر الإشارة هنا إلى أنه ليست جميع تضاريس نطاقات المناخات المتغيرة، على درجة واحدة من الدلالة الباليو–جيومورفولوجية، فمن الطبيعي أنها لم تكن على ذات المستوى من الامتداد والتأثير، فقد شوهت معالم التضاريس بدرجات متفاوتة، فلم يبق من بعضها إلا مرتفعات بسيطة، يطلق عليها التلال الشاهدة witness hills أو monadnock، ومنها كذلك الأودية الجافة سابقة الذكر، ويطلق عليها جميعاً المظاهر الموروثة inherited landforms.

### ثالثاً- نماذج عن التأثيرات العالمية للتغيرات المناخية

يجب التمييز بين التأثيرات المناخية الأحادية النمط، وتلك المتغيرة، ويقصد بذلك أن مناطق من سطح الأرض لم تتعرض إلا لتأثير مناخ واحد، كالقطبين، والمناطق المنخفضة من الإقليمين الاستوائي والمداري، وتمثل ما نسبته نحو (32%) من سطح اليابس، وفق دراسات العالم بودل Büdel. في حين قدّرت مساحة سطح الأراضي التي تأثرت بالتغيرات المناخية بنحو (53%)، وتمتد بين القطبين وخط الاستواء، وتكون التأثيرات أكثر تعقيداً في المناطق الحدودية أو الهامشية بين النطاقات المناخية، حيث تعاقبت عليها مناخات مختلفة منذ أواخر الزمن الثالث (حاج حسن. 1996. 65).

يجب لفت الانتباه إلى حقيقة لا لبس فيها، وهي أن كوكب الأرض شهد العديد من الفترات الجليدية. ومع ذلك، لم يُسيطر سوى عدد قليل منها على النظام المناخي بأكمله، وتعد الرباعية منها، الأهم على الإطلاق، لوضح تأثيراتها في سطح الأرض الحالي، وعدم تعرضها للتشويه بفعل العمليات الجيومورفية اللاحقة. ويُظهر الرسم البياني التالي، الشكل (2)، هذه العصور الجليدية الممتدة على مدار (٢,٤) مليار سنة الماضية، وهي على التوالي: العصر الهوروني Huronian (منذ 2.4 إلى 2.1 مليار سنة)، والعصر الكريوجيني Cryogenian (منذ 850 إلى 630 مليون سنة)، والعصر الأنديزي الصحراوي Andean–Saharan (منذ 460 إلى 430 مليون سنة)، والعصر الكارو Karoo (منذ 360 إلى 260 مليون سنة)، والعصر الرباعي Quaternary (منذ 2.6 مليون سنة حتى الآن). (Ates. 2021. 1-2).

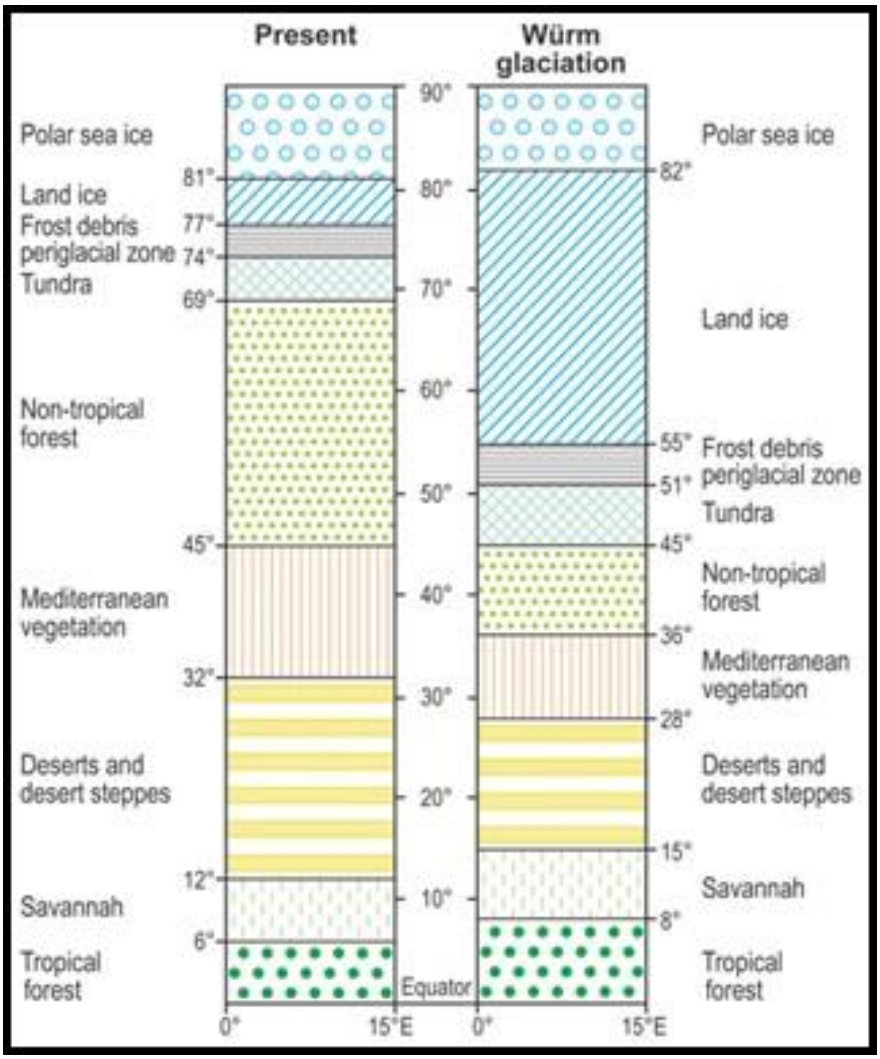



الشكل (2) العصور الجليدية منذ 2.4 مليون سنة.

على الرغم من اتفاق العلماء على حدوث العصور الجليدية، إلا أنهم اختلفوا على عددها، ومُددها، وهل هي عصور أم فترات. حيث تباينت التقديرات بين (16–30) دورة جليدية (جودي. 1996. 36) ( Marshall. 2009.4020). ولعل هذا الخلاف، هو ما جعل تقسيم العالم الألماني بنك Penck الذي وضعه بين عامي (1901–1909)م، بعد دراسات مستفيضة لتعيين حدود جليديات جبال الألب، التقسيم المعتمد حتى الآن، ويتكون من أربع عصور رئيسة، أطلق عليها أسماء الأودية التي وجدت فيها الأدلة عنها، وهي: جونز Gunz (من 1.3 –0.7) مليون سنة، مندل Mindel (من 0.7–0.3) مليون سنة، ريس Riss من (0.3–0.12) مليون سنة، فورم Würm من (0.12) مليون سنة إلى (12.000) سنة مضت، وقد خضعت فيها الأرض، لغزو جليد ثنائي القطبين bipolar

glaciation، حيث تقدمت الجليديات من الشمال نجو الجنوب في نصف الكرة الشمالي، وعكس ذلك في نصف الكرة الجنوبي (Pillans & Gibbard. 2012. 979. 981).

كان من أهم نتائج هذا الزحف الجليدي، تمدد الأقاليم المناخية الباردة على حساب الأقاليم الدافئة والحارة. ما سبب تداعيات بيئية وجيولوجية وجغرافية وحيوية بالغة الخطورة على سطح الأرض، فاتسعت رقعة الأراضي ذات المناخات الباردة، أو ما عرف بنطاق أرض الجليد Land ice من دائرة العرض (82 ْ) وحتى (55 ْ) – وهو حالياً بين (81 ْ –69 ْ) – كما تقلصت حدود الصحراء الكبرى لتحتل مساحة بين دائرتي عرض (20–28) شمال خط الاستواء، مقارنة مع امتدادها الحالي بين دائرتي عرض (28–32) شمال خط الاستواء (حاج حسن. 1996. 66). وتبع ذلك انتشار أغطية نباتية، وأنظمة بيئية موافقة لهذا التوزع المناخي الجديد، فحلت محل القديمة بشكل جزئي أو كلي. ويوضح الشكل التالي مقارنة هذه النطاقات في فترة فورم الجليدية الأخيرة، مع وقتنا الحالي، وفق تصور العالم بودل (Büdel.2021) الشكل (3).




الشكل (3) تزحزح الأقاليم المناخية أثناء جليدية الفورم. وذلك في حقل الطول بين خطي الطول 0 و15 درجة شرقًا.

تجدر الإشارة إلى أنه لا يتطابق انتشار الأغشية الجليدية لكل عصر مع الذي تلاه، فهي ذات حدود متغيرة، ففي أوروبا كان أوسع انتشار للجليد خلال جليدية ريس، يقابلها فترة اللونيان Illinoian في أمريكا الشمالية، وقدّرت المساحة التي غطتها جليديات الريس بنحو (47.14) مليون كم$^2$، بحجم راوح بين (84–99) مليون كم$^3$، بينما بلغت مساحة جليدات الفورم الأخيرة نحو (40.3) مليون كم$^2$، وراوح حجمها بين (28–35) مليون كم$^3$(جودي. 1996. 49). وبمقارنة هذه المساحات بما تغطيه جليديات اليوم من مساحة وهي أقل من (15) مليون كم$^2$. يتضح أن ثلاثة أضعاف المساحة الحالية، خضعت لتأثير زحف الجليد وتراجعه، أو لتأثير تعاقب مناخي (بارد – دافئ).

**رابعاً– الأدلة الجيومورفية على التغيرات المناخية:**

يمكن من خلال دراسة بعض التضاريس المرتبطة بالمناخ، والتي يمكن أن ندعوها بالتضاريس الحساسة، كونها تستجيب للتغيرات المناخية، بمعدلات عالية، لقياس درجة تغير المناخ، أو تحديد طبيعة ذلك، ومنها التضاريس الكارستية، حيث تعد الصواعد سجلات طبيعية (أرشيفات) تحتوي على معلومات مفصلة عن تقلبات المناخ القاري في الماضي (Spadin & Others. 2015. 905)، وقد أسفرت دراسة نظائر الأوكسجين O١٨δ والكربون C١٣δ لصواعد كهف جعيتا Jeita Grotto في لبنان، على حدوث تقلبات في مناخ بلاد الشام على مدى العشرين ألف سنة الأخيرة، حيث سيطر مناخ رطب نسبياً بين (19–26) ألف سنة، في حين اتسمت الفترة بين (14.7–18) ألف، والتي أطلق عليها Heinrich Stadial 1(HS1)، بالجفاف والبرد الشديد، أما عصر بولينغ بين الجليدي Bølling–Allerød Interstadial فكان أكثر رطوبة، وامتد بين (12.9–14.7) ألف سنة مضت. تلاله في الهولوسين الأوسط –الأخير middle-late Holocene مناخ رطب نسبياً، مع فترتي جفاف كبيرتين خلال (٥,٣–٤,٢) ألف سنة و(٢,٨–١,٤) ألف سنة (Cheng. 2015. 8647-8648).

أما في جنوب أفريقيا، فقد بينت دراسة الصواعد في كهف الهواء Air Cave، انتشار كثافة نباتية أعلى من الأشجار و/أو الشجيرات، وظروف رطوبة أعلى قليلاً من الوقت الحالي، خلال الفترة بين (5.5–7) ألف سنة مضت، تلا ذلك فترة باردة وجافة، حسب سجلات مستوى البحيرات في خط الاستواء وشمال إفريقيا. (Lee-Thorp. 2004. 64).

في الصين، أُعيد بناء تغير المناخ القديم منذ منتصف عصر الهولوسين إلى آخره، بدقة عالية، من خلال تحليل نظائر الكربون والأكسجين من صواعد كهف شيانغشوي Xiangshui Cave، بالقرب من قويلين Guilin، مقاطعة قوانغشي Guangxi، المؤرخة باليورانيوم/الثوريوم U/Th باستخدام مطياف كتلة التأين الحراري thermal ionization mass spectrometric (TIMS). وكان من نتائجها: أن الرياح الموسمية الآسيوية شهدت تغيرات عبر مرحلتين، امتدت الأولى بين (6000 – 3800) سنة مضت، كانت فيها الرياح الصيفية قوية نسبياً شرق آسيا، والمناخ دافئ إلى رطب نسبياً، مع وفرة في كميات الأمطار، بدليل زيادة قيم δ18O في الصواعد، وارتفاع معدلات نموها إلى (51–70)ملم / 100 سنة، مقارنة بالمتوسط العام البالغ (12.44) ملم/ 100 سنة. أما الفترة الثانية، والتي استمرت بين (3800 – 373) سنة مضت، فاتسمت بمناخ بارد، وضعف قوة الرياح الموسمية، وسيطرة فترات دافئة قصيرة. فمثلاً شهدت قيمة d13C، انحرافاً كبيراً خلال الفترة بين ( 4650 –5150) سنة مضت، وهو ما

يتوافق مع حدود مرحلة الترسيب عند عمق (61.5) سم في الصواعد. ما يشير إلى تحول في المناخ من بارد/ رطب إلى جاف / دافئ (Zhang. 2004. 697–701).

ومن التضاريس الخشة للتغيرات المناخية أيضاً، الصحاري، فقد خلفت تقلبات المناخ الرباعي بصمات واضحة في المناظر الطبيعية، وقد تم تحديد نمطين رئيسين لسلوك الصحراء الكبرى منذ ذروة الجليدية الأخيرة قبل حوالي 20 ألف سنة، وهما: نمط جاف، هيمنت عليه عمليات "صحراوية"، ونمط أكثر رطوبة، نشطت فيه عمليات مرتبطة بظروف شبه قاحلة أو معتدلة (Lee & Others. 2013. 107). وبما أن الكثبان الرملية، أكثر مظاهر الصحاري ديناميكية، فهي تستجيب بسرعة، للتغيرات المناخية، وذلك من خلال: (1) استقرار الكثبان الرملية الفردية، أو تنشيطها. (2) تكوين مناطق كثبان رملية جديدة، و(3) تآكل مناطق الكثبان الرملية الحالية.

تتعدى العلاقة بين المناخ والكثبان الرملية مسألة نمو الأخيرة أو اندثارها، حيث يؤثر ارتفاع كميات الهطل الفعال effective precipitation – وهو ناتج طرح البخر النتح PE من كمية المطر P– في زيادة انتشار النباتات، وبالتالي تثبيت الكثبان الرملية، والحد من عمليات الحت والإزالة التي تزود ها بالرمال. فيتوقف نمو الكثبان، لانعدام التغذية بتعطيل التذرية والنقل أو الحد منهما. ويفضي العكس إلى نتائج عكسية. على سبيل المثال، تم التعرف على ست فترات من نشاط الكثبان الرملية في منطقة تلال نبراسكا الرملية خلال الـ (1500) عام الماضية، وارتبطت بأدلة على نوبات الجفاف، في أماكن أخرى من المنطقة، حدثت هذه الفترات منذ (1390 – 670– 470–240– 140–70) سنة مضت، وتزامنت أهم هذه الفترات من النشاط مع جفاف واسع النطاق حدث في القرن السادس عشر (Lancaster. 2010. 142-147).

أكدت دراسة (Lee-Thorp. 2004. 64) مرور زامبيا بفترة جفاف خلال الفترة بين (8–10) ألف سنة مضت، أدت إلى تشكل الكثبان الرملية الخطية Linear dune، عزيت إلى انخفاض نشاط البقع الشمسية. وعلى مدى زمني أبعد، فإن التسلسلات المتكررة من رواسب الكثبان الرملية، وقاع البحيرات في منطقة جوراب Djurab بحوض تشاد، قدمت دليلاً محليًا على تناوب تغيرات المناخ الجاف والرطب في أواخر العصر الثلاثي ( Lee & Others. 2013. 107).

أجبرت التغيرات المناخية خلال الفترة الرباعية الأنظمة الجيوموفية، على التكيف معها، فمع انخفاض منسوب سطح البحار والمحيطات خلال الفترات الجليدية، وتوسع الأغشية الجليدية فوق القارات، وجليديات الأودية Valley glaciers فوق الجبال المرتفعة إلى حد الثلج الدائم. كان تأثير هذه الفترات شاملاً، فانخفاض مستويات الأساس المطلقة – البحار والمحيطات– يستدعي تعمق الأنهار في مصباتها لحاقاً بمستوى سطح البحر الجديد، وهو تعمق متداعي، يستمر بوتيرة متخامدة نحو المنابع، لكنه يؤثر في كامل الشبكة النهرية، أو معظمها، وهذا بدوره يعني سعي المنحدرات للحاق بالمجاري المائية، فتتخفض تدريجياً، وأما تلك الأراضي التي غطتها أغشية الجليد Ice sheets، فتخضع للخسف والهبوط بسبب وزن الكتلة الجليدية، وتنشأ عليها مظاهر تضريسية خاصة بالمناخات الباردة، تليها تضاريس صقيعية، كلما اتجهنا بعيداً عن القطبين، كما تسود مناخات أكثر رطوبة في المناطق الجافة، لتتحول إلى سهوب وتكسوها غطاءات نباتية متأقلمة مع مناخها. ويمكن إيجاز التأثيرات الجيومورفية للتغيرات المناخية على النحو الآتي:

1- ظهور يابس جديد، إما بتكشف الرفوف القارية التي كانت مغمورة بالمياه، فتتشكل سواحل جديدة، أو بروز المناطق الضحلة من قاع البحار والمحيطات، ففي جليدية الفورم الأخيرة، انخفض مستوى سطح البحار بين (90-130)م، فتحول قاع البحر الادرياتيكي إلى سهل، تحتل أعمق نقاطه بحيرات مالحة، واتصلت آسيا بأمريكا الشمالية عبر ممر بيرنغ Bering حتى (14) ألف سنة مضت، كما تحول البحر إلى يابس بين تونس وجزر صقلية وسردينيا وكورسيكا بعد تقلص مساحة البحر المتوسط، ومع انتهاء الفترة الجليدية، تراجعت الجليديات ومناخاتها الباردة تدريجياً، مقابل ارتفاع مستمر لمنسوب سطح البحار، بمعدلات راوحت بين (9-25) مم/ سنة، منذ( 12.5) ألف سنة (سلوم، صيام. 2018. 255).

2- تغير شكل السواحل ومناطقها: مع هبوط مستوى سطح البحر بفعل سيادة شروط مناخية باردة جليدية، ثم ارتفاعه خلال الفترات بين الجليدية (الدفيئة) -وهو ما يطلق عليه التغيرات الايوستاتية Eustatic changes - تتغير المناطق الساحلية، ويعاد تشكيلها مع كل حالة هبوط وارتفاع، فخلال عصر البليستوسين، الذي شهد عدة دورات جليدية، تمددت خلالها الصفائح الجليدية، واحتُجزت كميات هائلة من المياه، مما أدى إلى انخفاض منسوب مياه البحر إلى حد أقصاه (130) متراً عن مستوياتها الحالية. فتسبب ذلك بكشف مساحات واسعة من الجروف القارية، مما أدى فعلياً إلى إزاحة السواحل بعيداً عن حدود اليابسة السابقة. وعلى العكس من ذلك، تسبب ذوبان الصفائح الجليدية في ارتفاع منسوب مياه البحر، مما أدى إلى غمر المناطق الساحلية ودفع الشواطئ إلى الداخل. فتتكشف مناطق جديدة كانت مغمورة بانحسار البحر عنها في الحالة الأولى، وتختفي مناطق ساحلية بالغمر في الحالة الثانية. فعلى سبيل المثال، شهد الغطاء الجليدي في جرينلاند زيادة في ذوبان الجليد من (34) مليار طن سنوياً في التسعينيات إلى متوسط (286) مليار طن سنوياً خلال الفترة بين (2010-2018)م. وبالمثل، تضاعف معدل ذوبان الغطاء الجليدي في أنتاركتيكا ثلاث مرات خلال العقد الماضي، حيث تُشير التقديرات الحديثة إلى فقدان حوالي 252 مليار طن سنوياً (.Sohi. 2025). كما نجد أن اختلال توازن الجليد في جرينلاند خلال الفترة بين (2000-2019)، أدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار (274 ± 68) ملم على الأقل (Box & Others. 2022). بينما قدّر (Zeising & Others. 2024. 1333) معدل ارتفاع مستوى سطح البحر بسبب ذوبان جليدية غرينلاند بنحو (1.4) ملم / سنة.

3- تشكل المصاطب البحرية Marian terraces: مع انخفاض مستوى سطح البحار والمحيطات، ينتقل نطاق حت الأمواج إلى السوية الجديدة من الجروف القارية، لتشكيل مدرجات أو مصاطب حية، تكون أعلاها - الأقدم- متقطعّة، متهالكة، وأدناها- الأحدث- أكثر استمرارية وأقل تقطعاً إلا من فعل الأمواج البحرية والأنهار القارية، يختلف عددها ومستوياتها في البحر المتوسط، وذلك بسبب نشأته المعقدة، وتنوع التأثيرات على سواحله، بين بنائية ومناخية. فمثلاً بلغ عددها في بلاد المغرب العربي خمس مصاطب، بدأ تشكلها منذ الفيلافرنشيان Villafranchian مع بداية البليستوسين*، هي: المغربي، المسعودي، المعرفي، الأنفاسي -الرباطي، والأولجي (حاج حسن. 1996. 63). في حين بلغ عدد المصاطب البحرية في جزيرة كاسوس Kasos اليونانية، سبعة

*** تؤكد دراسة أخرى أن الفيلافرنشيان، يمتد من نهاية الميوسين وحتى منتصف البليستوسين، وبالتحديد خلال الفترة بين (1-3.5) مليون سنة. (Pillans & Gibbard.2012.990).**

مصاطب تتباين ارتفاعاتها بين مستوى سطح البحر الحالي و(120) م فوقه، ويعود أقدمها إلى (260) ألف سنة مضت (Isouki. 2023.32- 37).

4- تغير مواقع المصبات النهرية والدلتاواتdeltas: حيث تضطر الأنهار لاختراق مصباتها القديمة، ومتابعة حفر مسارات جديدة وصولاً إلى البحار المتراجعة والغائرة في مواقعها الجديدة، ما يعني تغير نوع العمليات الجيومورفية موقعياً، فتحل عمليات الحت والتعمق في مواقع الدلتاوات القديمة، والترسيب في مناطق متقدمة نحو البحر، كانت مغمورة سابقاً، وبالعكس، فقد تتشكل دولتاوات جديدة في مواقع متقدمة داخل القارات، مع ارتفاع مستوى سطح البحر، بعد انتهاء عصر جليدي ما، بسبب الطغيانات البحرية وغمر مساحات من القارات، كما حدث خلال فترة الطغيان الفلاندري Flandrian Transgression، الذي أعقب آخر جليدية، وكانت معدلات سرعته تحوم حول (6)مم/سنة (حاج حسن،1996. 70)، وتراجعت على إثر ذلك، دلتا نهر النيل إلى حدود داخلية جنوب موقع مدينة القاهرة، وقد استدل على ذلك، من خلال عدم تكشف صخور قاع النهر إلا على مسافة تبعد (700) كم إلى الجنوب منها (جودة. 2002. 171-172).

5- تشكل المصاطب النهرية River terraces: تتشكل المصاطب النهرية، بتعمق الأنهار ضمن أسرتها اللحقية، استجابة لانخفاض مستوى سطح البحر، لأسباب مناخية، أو نهوض اليابسة، وخسف قاح البحار، لأسباب بنائية، ومع كل حالة تعمق رئيسة، تتشكل مصطبة جديدة قريبة من قاع الودي ومسايرة للنهر، لذلك تعد هذه المدرجات شاهدة على عدد المرات التي تغير فيها منسوب سطح البحر، تبعاً للتغيرات المناخية و/ أو البنائية، وقد حددت خمس مصاطب نهرية في المغرب العربي، متوافقة مع المصاطب البحرية سابقة الذكر، وهي: المولوية، الساليسية، الأميرية، التنسيفية، السلطانية (حاج حسن. 1996. 63)، وبشكل عام، يمكن العثور على أربعة إلى ستة مستويات مصاطب في معظم أنظمة أنهار حوض البحر المتوسط، مع أعمار تتراوح من زمن طغيان الفلاندري الأعلى بداية البليستوسين، وحتى جليدية الفورم الأخيرة ( Slaymaker & Others. 2009. 305).

6- تشكل أنظمة نهرية واسعة ومعقدة في مناطق أصبحت صحاري حالياً: وذلك خلال الفترات الرطبة، ينتمي إليها ما أطلق عليه أنهار الصحابة the Sahabi rivers، التي تشكلت في وقت معاصر لانخفاض مستوى سطح البحر المتوسط الميسيني، أواخر العصر الميوسيني وأوائل العصر البليوسيني، وكان بمثابة فياضات من بحيرة كبيرة في حوض تشاد، وشبكة أنهارٌ تنبع من جبال تيبستي، ومنطقة الكفرة جنوباً، وتدفقت أنظمة أنهار مبكرة إلى وادي النيل، واشهرها وادي الهور Howar، وهو أكبر وادي جاف – حالياً- في الصحراء الشرقية، ويمتد على مسافة (1100) كم من منبعه في شرق تشاد إلى نهر النيل، شمال الخرطوم ( Lee & Others. 2013. 115).

7- جفاف الشبكات المائية النهرية: تنتشر في صحاري أفريقيا وآسيا وأستراليا، شبكات مجاري مائية جافة، تعرف بالأودية wadis تماثل أبعادها، وكثافة شبكاتها المائية، وشكل توزعها الشجيري، تلك الموجودة في المناخات المطيرة حالياً. مثال عنها: وادي الرمة Wadi Al-Rummah، الشكل (4)، الذي يبلغ طوله نحو (1000) كم -أي أطول من نهر الراين- ويقطع شبه الجزيرة العربية عرضياً، من غربها إلى شرقها، حيث تقع منابعه في

حرة خيبر شمال المدينة المنورة، وينتهي في منطقة القصيم، ثم يدخل الأراضي الكويتية والعراقية باسم وادي الباطن Wadi Al-Batin، وبالتالي فمن المستحيل أن ينتمي إلى المناخ الصحراوي الحالي، وحتماً هو من نتاج مناخ مطير سابق، وهذا ما أكدته (Alenziy & Aldughairi. 2023. 46) أن وادي الرمة، كان نهراً دائم الجريان بداية الهولوسين، وتحديداً بين (9026–9627) ألف سنة، حسب نتائج فحص الكربون المشع 14، وأن مصاطبه الفيضية شهدت نمو غطاءات نباتية خلال الفترة بين (4400–12.380) ألف سنة. في حين قدّرت دراسة (Al-Hurban. Hassan. 2025. 1-2) نشأته إلى زمن أقدم، مؤكدة تشكله فوق حزمة صدوع ميوسينية، ذات محور شمالي شرقي–جنوبي غربي، وأن دلتاه –وتعرف بدلتا الدبدبة Dibdibbah Delta – قد نشأت من تراكم الرواسب النهرية بعد عصر الإيوسين داخل حوض الدبدبة، وتغطي الأجزاء الشمالية والغربية من دولة الكويت.

الشكل (4) حوض الرمة/من غربي المملكة العربية السعودية إلى جنوبي العراق.

وبالمثل لكن في بيئات جبلية، يمكن تسليط الضوء على تطور أودية جبال القلمون Al Qalamoun Mountains في سورية تبعاً للتغيرات المناخية، من زاوية الدراسات الآركيولوجية. فقد انتشرت جماعات انسان العصر الحجري القديم، فيها بالقرب من الينابيع والأنهار، رجح (Dodonov & Others. 2007. 592). وقد زودتهم بعض المواقع بصخور صوانية، استخدمت في صناعة الأدوات الحجرية الحادة، من نصال ومكاشط.. ومن أشهر الأودية، وادي مشكونةMushkuna، صورة (1)، ووادي اسكفتا Sikfta(Kanjou & Tsuneki.2016.1)، الشكل (5). وهي أودية جافة حالياً، تشهد جريانات مائية سيلية، موسمية من حين لآخر. كانت في السابق متدفقة بغزارة أكبر، ولفترات أطول، وما يؤكد ذلك، أن إنسان نياندرتال الذي سكن منحدراتها وكهوفها ومغاورها، لم يكن يعرف الزراعة، بل كان جامعاً للطعام، صائداً للحيوانات، كالخيول والحمير البرية والأغنام والغزلان (Conard & Others. 2010. 19)،

وهي حيوانات لم تعد موجودة في وقتنا الحالي في المنطقة. وقد أكد التحليل البوغي لموقع يبرود Yabroud 1، في سلسلة جبال القلمون الأولى، أن أودية المنطقة شهدت تغيرات مناخية، من فترات دافئة إلى رطبة بالإضافة إلى فترات باردة (Schrøder & Others. 2012. 30 ).

صورة (1) مغاور الإنسان القديم في وادي المشكونة، إلى الشمال من بلدة يبرود.

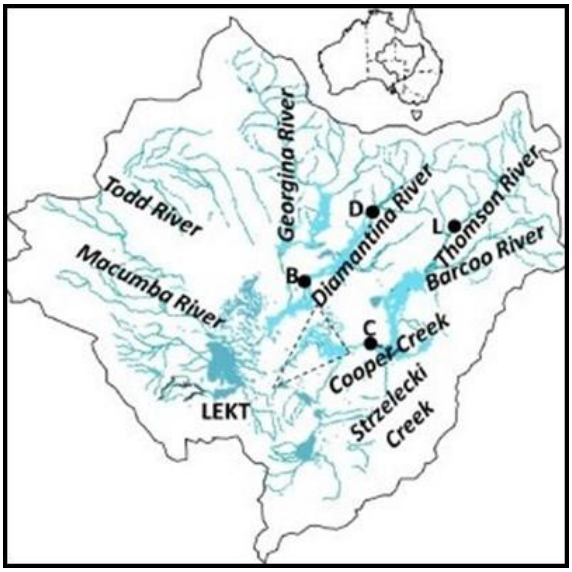
الشكل (5) واديّ المشكونة وأسكفتا، إلى الشمال من بلدة يبرود.

ومن الأدلة التي سيقت في هذا الشأن، انتشار تكوينات الرواسب النهرية المعروفة بـ proluvium جنوب شرق خط جرف معلولا–جبعدين، التي تدل على سيادة ظروف مناخية ذات هطول أمطار موسمية غزيرة خلال البليستوسين الأوسط Middle Pleistocene، الممتد بين (770–129) ألف سنة مضت، كما راوح سُمك تكوينات الرصيص أو الكونغلوميرات conglomerates المنتشر بوفرة في الأودية الجبلية بين بضعة أمتار و (25) متراً، وهي تكوينات ترتبط بأنظمة تصريف مائي كانت أكثر نشاطاً مما هي عليه حالياً، وقد تشكلت طبقة من الكالسيت calcrete بسمك بين (0.5–1) م، فوق طبقات الكونغلوميرات في مناخ جاف تخلله فترات رطبة لاحقاً، كما تميز البليستوسين الأعلىUpper Pleistocene الممتد بين (126–11.7) ألف سنة مضت، بتشكل بحيرة في منطقة الروافد العليا لوادي معلولا فوق جرف الأوليغوسين، فيما يعرف حالياً بوادي المجّر Al-Majar depression الواقع

بين جبال لبنان الشرقي، وسلسلة جبال القلمون الأولى، حيث راوح سمك الرواسب البحيرية lacustrine sediment بين (2 – 3)م، مع طبقة تعلوها من الكالسيت بسمك (0.8–1.0) متر، وهي توضعات يؤكد مرور المنطقة بمناخ رطب عموماً، ثم جاف مع فصل رطب. وتدل وفرة بطنيات القدم gastropodsمن القواقع والرخويات، على نشاط عمليات غسل منحدرات slope washing وادي معلولا، ما أدى إلى ترسب الأصداف في البحيرة سابقة الذكر. (Dodonov. 2007. 595-596).

ومن الأدلة الأخرى على قدم بعض الأودية، امتلاكها لمصاطب طمية ناتجة عن دورات من الحفر والردم، والتي يُفترض أنها كانت استجابة للتغيرات المناخية، كما في أودية المرتفعات الصحراوية، والتي قد تمتد بعيداً في السهول لعشرات الكيلومترات، على سبيل المثال، تحيط المصاطب بوادي الساورة Saoura في شمال غرب الصحراء الأفريقية الكبرى، لأكثر من (750) كم، وهي تكشف بالقرب من بني عباس عن دورتين من الحت ارأسي، والترسيب بين الحمادة البليستوسينية (أسطح حجرية مزواة)، والسهول الفيضية الحالية، تكونت رواسب الساورة في البليستوسين العلوي، بشكل أساسي من رمال مفروزة جيداً، ما يشير إلى نظام نهري منتظم، كما يحتوي الطمي في قاع الوادي على الكثير من الرمال الريحية، ما يؤكد أن بحر الرمال المجاور قد تطور قبل البليستوسين العلوي، في ظروف جافة أسبق. في حين تضم الرواسب الحالية، مكونات تسجل حدوث فيضانات متقطعة في ظل ظروف تقلبت بين الجفاف وشبه الجفاف (Mabbull. 1977. 274).

تتكرر هذه الظاهرة، في أستراليا، كما في شبكة أودية حوض نهر تود Todd الشكل (6). ونهر هيوHugh ونهر فينك Finkeإلى حوض أماديوسAmadeus في الجنوب، وحتى أبعد من ذلك إلى حوض بحيرة إير Eyre. وتشبه أشكال هذه الأودية مع روافدها الجبلية، تلك الموجودة في نهر فينك في سلسلة جبال ماكدونالدز ذات المناخ الرطب، وهو تشابه يدعم فكرة كون الأودية الجافة هي بقايا أنهار ضخمة سابقها، شكّلتها عمليات حت مائي في ظل ظروف مناخية رطبة، مغايرة لظروف المناخ الجاف الحالي، وقد حُدد عمرها بنهاية الزمن الثالث ( Álexandre & Others. 1994. 9).

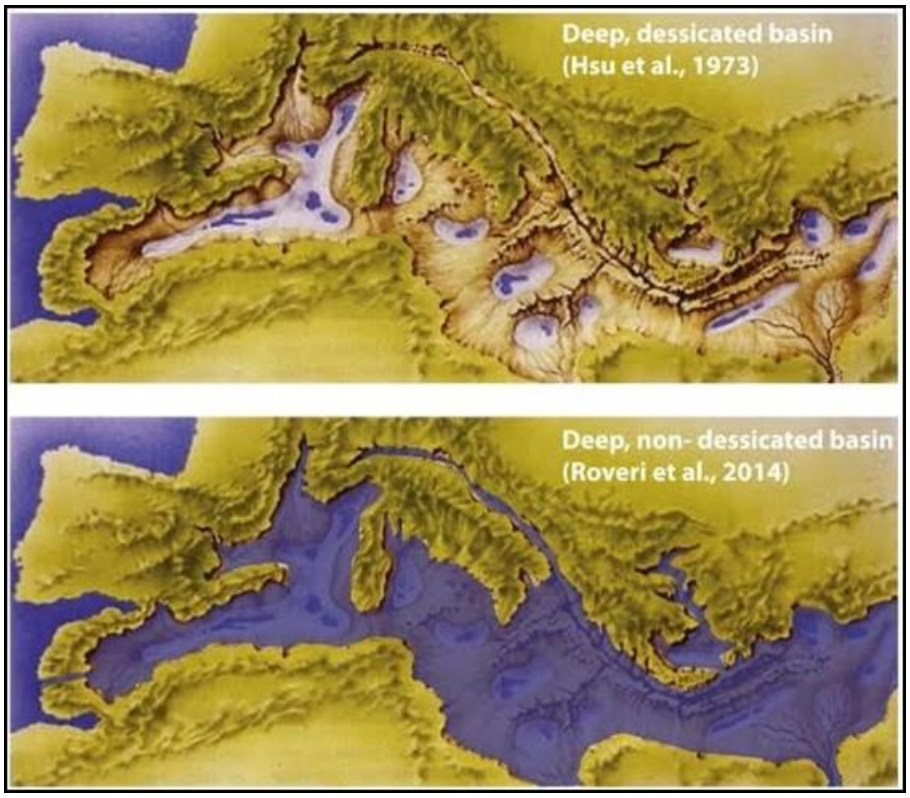



الشكل (6) شبكة مجاري حوض تود/ وسطة استراليا.

8- موت مستعمرات المرجان، بسبب انحسار مياه البحار عنها، وتكشفها، ما أفقدها وسطها الحيوي الذي نمت فيه من جهة، وجعلها عرضة لعمليات الحت والإزالة التي تمارسها الأمواج السطحية من جهة أخرى، وهذا ما حدث في منطقة باربادوس Barbados، خلال الفترة بين (16.2-15.8) ألف سنة مضت (سلوم، صيام. 2018. 256). وبالمقابل نمت مستعمراته في المناطق التي توفرت فيها شروط ذلك، ومن الحالات الاستثنائية لتغيير المرجان لمواقع مستعمراته، ما حدث على الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية خلال الفترة المطيرة الأخيرة من البليستوسين، من حالات إطماء واسعة قرب الساحل، نتيجة تطور أنظمة نهرية، الأمر الذي أخرج هذا الحزام من دائرة الأراضي الصالحة لنمو المرجان، بسبب تعكر المياه، وارتفاع قاع البحر بسبب الرواسب السيلية – اللحقية، فاختلت بذلك الشروط البيئية المناسبة لنمو المرجان، من عمق، ودرجة حرارة المياه، وصفاء يسمح لضوء الشمس بالولوج نحو الأعماق المناسبة، ما دفع بالمرجان إلى بناء مستعمراته بعيداً عن خط الساحل الحالي (البارودي. 2000. 168).

9- طفو سطح القشرة الأرضية: مع تراجع الأغشية الجليدية، تحررت المناطق المتكشفة من وزن الجليد، الذي بلغ سمكه نحو (3000) متر، وفي عملية توازنية بين الكتلة والارتفاع، يطلق عليها الانتعاش الجليدي Glacial recovery، أو الارتداد بعد الجليدي postglacial rebound، أو ارتفاع ما بعد الجليدي post-glacial uplift. والذي يراوح معدله بين (5.6-18)ملم / سنة (Zeitz.et al. 2022. 1078). ومع نهوض الأرض، تتشكل شواطئ مرفوعة فوق مستوى سطح البحر، كما حدث في أوروبا وأمريكا الشمالية وأستراليا، وقد استدل عليها من بقايا مستعمرات المرجان الحفري (Menzies. 2013. 3).

لم تكن العصور الجليدية وحدها العامل المؤثر في تغير شكل البحار والمحيطات، وبالتالي سواحلها، فمن الأحداث التي حيرت العلماء، واعتبرت حدثاً استثنائياً، متطرفاً، عالمياً، بل مثلت إشكالية عميقة لدى علماء الجيولوجيا والمناخ القديم حتى الآن، ما عرف بأزمة الملوحة الميسينية The Messinian Salinity Crisis (MSC)، التي تقلصت فيها الكتلة المائية للبحر المتوسط نهاية عصر الميوسين، وبالتحديد خلال الفترة بين (7.25- 5.33) مليون سنة، فتحول إلى بحيرات ضحلة، مالحة، منفصلة، احتلت أعمق نقاط قاعه. وقد وجهت أصابع الاتهام في هذا الحدث الكارثي، إلى عمل مشترك لتأثيرات متزامنة من قوى جيوديناميكية، عملت على رفع بنائي لمنطقة مضيق جبل طارق، ما تسبب إما بإغلاقها، أو بتشكيل عتبة طبوغرافية تحت بحرية، خفّضت معدلات التبادل المائي بين البحر المتوسط والمحيط الأطلسي إلى أدنى حدوده. وتأثيرات مناخية، عبر دروات متعاقبة من الجفاف، والتي بدأت عند (5.96 ± 0.02) مليون سنة، وترافقت مع زيادة في سعة الإشعاع الشمسي (Roveri. Et al. 2014. 7-28). الشكل (7).



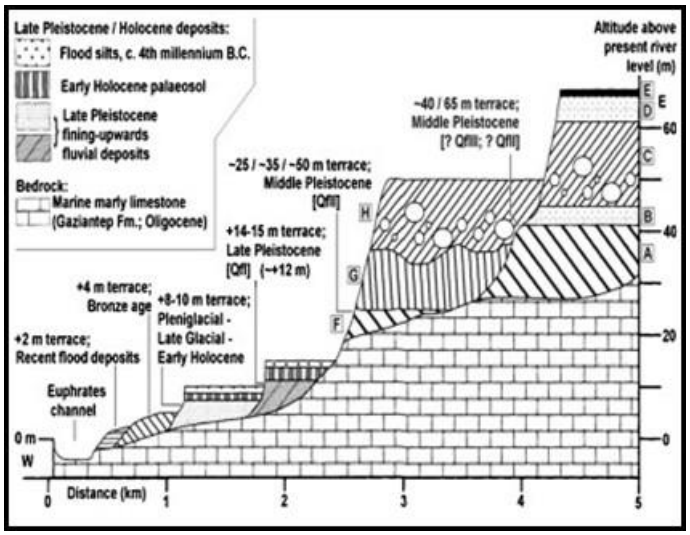

الشكل (7) البحر المتوسط خلال الأزمة الميسينية، وفق بين دراستي (Hsu et al 1973) (Roveri el at 2014)

**خامساً- أمثلة عن تضاريس مرتبطة بالتغيرات المناخية.**

1- مصاطب البحر المتوسط: يبلغ عدد مصاطب البحر المتوسط نحو خمسة مصاطب رئيسة، يقع منسوب العليا منها، وهي مصطبة الكالابري Calabrian على ارتفاعات بين (100-200)م فوق مستوى سطح الحالي، في حين يقع منسوب الأدنى منها، أي مصطبة الصقلي Sicilian بين (80-100)م، يليها الرصيف الميلازي Millazian على منسوب (50-60)م، وأدنى منه الرصيف التيراني Tyrrhenian بين (35-40)م، وقد اختلف العلماء في تسمية المنسوب الأدنى، فمنهم من دعاه بالرصيف المونستيري Monasterian ومنهم من اعتبره قسم من التيراني (جودة. 2002. 177-178). وهي في الساحل السوري، على ارتفاعات (2-5)م (10-20)م (30-40)م (60-80)م (90-120) فوق مستوى سطح البحر، حسب دراسات ميرزاييف، تعود اقدمها إلى بداية البليستوسين، وأحدثها إلى الهولوسين (عبد السلام وزملاؤه. 2004. 216) م، أما دراسة (Dodonov & Others. 2008. 158)، فقد أكدت وجود سبعة مصاطب ثانوية، على الساحل السوري بين مدينتي طرطوس واللاذقية، بين مستويي (3-5) (30-35)م فوق مستوى سطح البحر، حددت أعمارها باستخدام نظائر اليورانيوم Th/U230، بين (85-130) ألف عام.

2- مصاطب نهرية في سورية: تعد مصاطب الأنهار من المظاهر الناجمة عن النشاط البنائي (التكتوني) إثر عمليات الرفع التي تتعرض لها اليابس، أو الخسف الذي يصيب قيعان البحر والمحيطان، إضافة إلى التأثيرات المناخية على مستوى سطح البحر، الذي ينخفض مع سيادة مناخات جليدية، ويرتفع

خلال فترات الدفيئة، أو بين الجليدية، وقد تعمق نهر الفرات ضمن سريره اللحقي، عبر أربعة مراحل رئيسة، شكلت أربع مصاطب نهرية تساير المجرى الحالي، تقع أقدمها والتي تعود للرباعي القديم بين (60–80–100–120)م فوق مستوى النهر، في حين تقع الأدنى منها على ارتفاع بين (25–35)م، فالأدنى بين(12–15)م، والأخيرة أو الدنيا بين (3–5)م، وتعود للرباعي الحديث (الهولوسين). (عبد السلام وزملاؤه. 2004. 200–202). الشكل (8).




الشكل (8) مصاطب نهر الفرات.

إلا أن نتائج الأبحاث التي أجراها بيسانكون وسانلافيل (1981)، اضافت مصطبة نهرية خامسة على ارتفاع (0.5) م مع اختلافات بسيطة في المناسيب الأعلى (Stow & Others. 2020. 179). أما مصاطب نهر الكبير الشمالي، الذي يصب في البحر المتوسط مروراً بمدينة اللاذقية، فقد بلغت الرئيسة منها (4)، راوحت ارتفاعاتها في مواقع مختلفة من جانبي الوادي، بين (10–40)م (35–85)م (70–105)م (100–135)م فوق مستوى النهر الحالي، وقد أستدل من كون منحدرات مصاطب نهر الكبير الشمالي القديم، أكثر انحداراً من سفوح النهر الحديث، على أنها تشكلت في فترات جليدية، وهي متداخلة مع المصاطب البحرية بين الجليدية في المنطقة الساحلية السورية، عندما كان مستوى سطح البحر منخفضاً، وكان الخط الساحلي أبعد غرباً، مع عدم استبعاد تأثير حركات الرفع الحديثة التي تعرض لها الساحل منذ (400) ألف سنة الماضية، وبلغ معدلها (0.4)ملم/ سنة. (Bridgland & Others. 2008. 45)

3- الترب الحديدية Ferretto أو الحمراء: تشكلت خلال الفترات بين الجليدية، عند أقدام السلاسل الجبلية الألبية (حاج حسن. 1996.54). كما اشارت دراسة بودل(1962)م ثم مكسيلاين (1964)م إلى أن طبقة اللوم الأحمر التي تغطي هضبة تادمايت Tademait الكريتاسية الفسيحة، بين دائرتي (27 ْ–30 ْ) ويناهز ارتفاعها (600) م، وتمتد لمئات الكيلومترات من الشمال إلى الجنوب، تشير إلى ارتباطها بظروف رطبة طويلة جداً، امتدت منذ أواخر الحقب الثالث، واستمرت حتى بداية البليستوسين (جودة. 2002. 225).

4- الكتل الضالة Erratic rock هي كتل صخرية ضخمة الحجم، تختلف عن البيئة المحيطة بتركيبها وبنيتها، تم نقلها بواسطة الأنهار الجليدية، ووضعها في مواقع بعيدة عن مصادرها، مثال عنها: صخرة Big Rock التي

تزن (16500) طن متري في ألبرتا، الصورة (2). تقدم هذه الكتل معلومات مهمة فيما يخص التغيرات المناخية، حيث تدل مواقعها على المكان الذي انتهت إليه الأنهار الجليدية، كما يتم تحديد مسارها، من خلال معرفة مواقعها الأصلية السابقة وربطها بالحالية، أما حجمها، فيساعد على تقدير قدرة الجليد الناقل لها. ومنها أيضاً الكتل الموجود في جبال جورا، والتي نقلت عبر الأودية الجليدية من جبال الألب، والكتل الصخرية الضخمة التي تنتشر شرق إنكلترا قرب إيلاي Ely وعلى شواطئ نورفولك Norfolk ويراوح طولها بين (400–600)م، وسمكها نحو (50) متراً (جودي. 1996. 5–23).

الصورة (2) الصخرة الكبيرة في ألبيرتا.

5- الركام الجليدي (الموارينات Moraines): ينتشر في أماكن متعددة من العالم، أشهرها في أوروبا وأمريكا الشمالية، ويكون خليطاً من الرمال والحجارة والجلاميد، يصنف حسب مواقعه من الجليديات، إلى: ركام قاعي، ويكون أسفل الأغشية والألسنة الجليدية، يبقى على سطح الأرض على الهيئة التي تجمع فيها أسفل الجليد. والجليد الجبهي أو النهائي، ويكون مروحياً، مقوساً، منحنياً باتجاه حركة الجليد عند نهايات الألسنة الجليدية الجبلية، ومستقيماً – متعرجاً في مقدمة الأغشية الجليدية القارية. وينتمي إليها أيضاً تلك التلال المنفردة الحصوية –الرملية، التي تدعى دروملين Drumlin، وهي مستطيلة الشكل إلى مثلثية، غير متناظرة، يدل سفحها لطيف الانحدار على جهة تراجع الجليد، تراوح أطوالها بين (1–2) كم، وارتفاعها بين (15 – 30) م، واتساعها بين (400 – 600) م. الصورة (3). وقد نتجت عن فعل تراكم الأغشية الجليدية (عبد السلام. 2000. 440). وبالتالي فهي من دلائل تراجع الجليد بفعل ارتفاع درجة حرارة المناخ مع بداية الفترة الدفيئة (جودة. 2002. 62).

الصورة (3) دروملين منفرد، وسط أراضي زراعية.

وبالمثل تنتمي تلال الرواسب الجليدية المعروفة بالإسكر Eskers إلى المظاهر التضريسية التراكمية، لذلك تمثل سجلات مهمة لمراحل تراجع الجليد، تتكون من رمال وحصى، وقد تشكلت نتيجة عملية الترسيب بفعل مياه ذوبان الأنهار الجليدية، عبر أنفاق تمتد بين قاع الوادي الجليدي، وقاعدة اللسان الجليدي، أو عبر مجاري مياه ذوبان الأنهار الجليدية الخارجة من بوابات مقدمة الألسنة الجليدية نحو السهول الأمامية، ومع تراجع الجليد تكشفت على شكل حدبات حصوية، مرتفعة، ضيقة، مستقيمة – متعرجة، يصل طولها أحياناً إلى (800) كم، وعادة ما يكون ارتفاعها أقل من (50) متراً، لكنها قد تبلغ ( 200)متر، كما تتسع لأكثر من (150) متراً (Korteniemi & Others. 2014. 1-2). وتنتشر بكثرة في مختلف المناطق التي شهدت زحوفاً جليدية كما في كندا، وأوروبا وأسيا. الصورة (4).

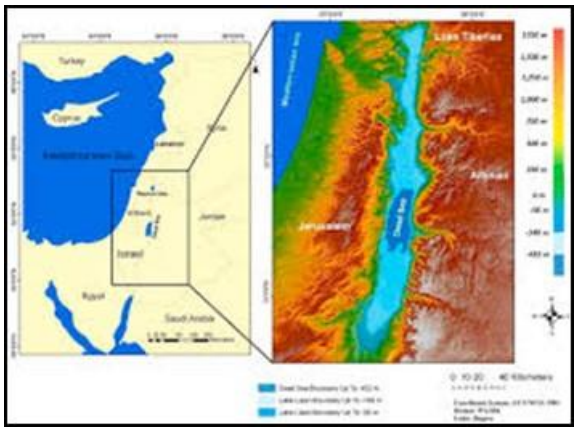
الصورة (4) تلال الإسكر الجليدية في مقدمة هوربيبرين Hørbyebreen ، سفالبارد Svalbard. تطل اللوحة (أ) على التل الجليدي من نهايته الأمامية، والتي تم تحديدها بسهم في اللوحة (ب). تُظهر اللوحة (ب) منظراً آخر للجبال الجليدية من جانبها.

6- البحيرات الجافة: انتشرت العديد من البحيرات العذبة في إقليم الجبل- المنخفضbasin and Range، من الحوض العظيم Great Basin غربي الولايات المتحدة الأمريكية، كانت عبارة عن بحيرات عذبة، تشكلت خلال الفترات المطيرة Pluvial من الزمن الرابع، أو ما أطلق عليه الفترات البحيرية lacustric Periods، قدمت دراسة شواطئها القديمة، وتحليل رواسب قيعانها، أدلة مهمة عن تاريخ المناخ المطير الذي ساد على الإقليم منذ عصر الميوسين نهاية الزمن الثالث (Reheis. 2014. 33). ومنها بحيرات بون فيل، ولاهونتان Lahontan، الشكل (9). ومجموعة بحيرات مانلي Manly، امتلأت جميعها بالمياه حتى بلغ مستوى سطحها أعلى نحو (300) م من البحيرات الحالية، فاتصلت بالمحيط الهادي عبر انسكاب مياهها في شبكة نهر سنيك Snake، وذلك خلال الجليدية قبل الأخيرة، ثم تقلصت خلال الجليدية الأخيرة، وأكد تحليل عينة رسوبية عميقة أخذت من قاعها، أن المنطقة مرت بخمس فترات مطيرة، منذ (800.000) سنة.

الشكل (9) أنظمة البحيرات الرئيسية في العصر البليستوسيني في الحوض العظيم (الخط المنقط) غرب الولايات المتحدة الأمريكية.

أما في بلاد الشام، فقد شهد البحر الميت، حالات مماثلة من التوسع والانكماش، حيث احتلت موقعه الحالي بحيرة كبيرة أطلق عليها بحيرة اللسانLake Lisan، خلال الفترة الرطبة بين (75–15) ألف سنة قبل الميلاد، حددت مناسيبها ضمن المدة بين (55–15) ألف سنة قبل الميلاد، بطرق تأريخ الكربون المشع وأساليب سلسلة U. فتبين حدوث تذبذب في منسوبها، راوح بين (–340) و(–160) م تحت مستوى سطح البحر، ويشير مستوى البحيرة الأعلى من (–380) م تحت مستوى سطح البحر، إلى مساهمة مائية كبيرة في الحوض، تؤكد سيطرة ظروف مطيرة، مكّنت مياه الأودية من ملء البحيرة. وهو ما تكرر بكميات أكبر، خلال الارتفاع السريع والشديد لمنسوبها من (–280) إلى (–160) م تحت مستوى سطح البحر، منذ نحو (27) ألف سنة قبل الميلاد (Bartov & Others. 2002. 9)، وقد امتدت البحيرة من الجليل إلى مسافة تبعد (35) كم نحو الجنوب منه، بطول (220) كم، وأقصى اتساع (17) كم، وقد بلغ حجم مياهها (325) كم$^3$، الشكل (10). أي ما يعادل ضعفي حجم مياه البحر الميت حالياً، والذي يقدّر بـ (126) كم$^3$، وأكدت دراسة (Pastoors & Others. 2008. 61-62) انخفاض منسوب البحيرة منذ العصر الحجري القديم العلوي Upper palaeolithic، نحو (50)م، وبسرعة كبيرة بدءً منذ (42) ألف سنة مضت، وتدرج بالهبوط خلال الفترة الجافة الحالية، حتى بلغ (–400)م دون مستوى سطح البحر في وقتنا الحاضر (جودة. 2002. 161).

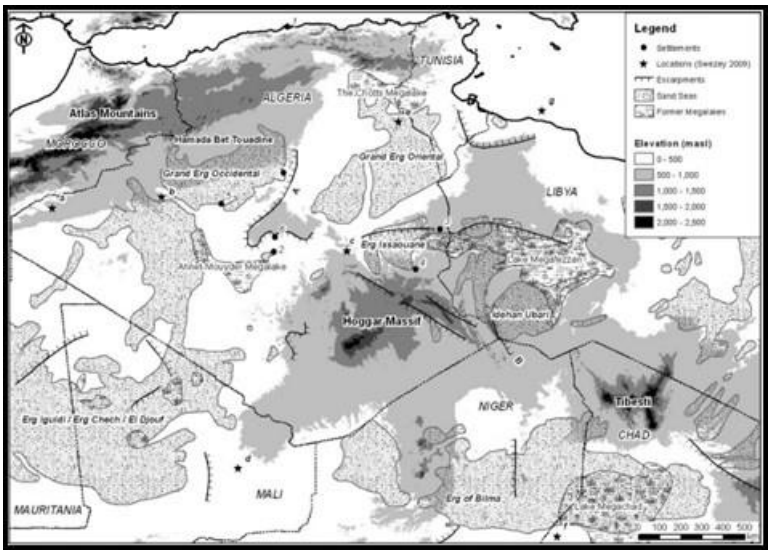
أما في جنوبي غرب سورية، وبالتحديد في حوض بردى، فقد شهد النهر، نشوء بحيرات متعددة ومتتالية على طول مساره الجبلي، يدل على ذلك الرواسب البحيرة كالطف والحجر الكلسي، العائدة إلى الرباعي الأدنىQ1 في مواقع متسعة من واديه بين خانقيّ التكية وعين الفيجة، ما يدل على سيادة ظروف مناخية أكثر رطبة من الحالية، سادت خلال البليستوسين، أعقبها ظروف أقل رطوبة، تشكل على إثرها نهر بردى، متعمقاً في رواسبها بين (10–25)م الشكل (11).



الشكل (10) بحيرة لسان وأقصى امتداد لها على اليمين، البحر الميت على اليسار.

الشكل (11) موقع البحيرة القديمة في وادي بردى الأعلى.

في شمال أفريقيا، شهدت الفترات الرطبة التي مرت بها القارة في الفترات (14.7) ألف سنة مضت، و(11) ألف سنة مضت، تشكل مجموعة من البحيرات العملاقة Mega-lakes في أحواض مغلقة كبيرة من الصحراء الكبرى، مثل: بحيرة ميجاشادLake Megachad ، ومساحتها أكثر من (400,000) كم$^2$، وبحيرة ميجافزّان Lake Megafezzan جنوبي غرب ليبيا، بمساحة نحو (159,000) كم$^2$، وحوض الشط Basin of the Chotts في تونس وشمال شرق الجزائر، مساحتها (42,000) كم$^2$، وبحيرة أهنات–مويدر Ahnet-Mouyder العملاقة جنوب الجزائر، بمساحة (58,000) كم$^2$، الشكل (12). وربما غطت هذه البحيرات ما نسبته (10)% من مساحة الصحراء الكبرى، وكان يتبعها منظومة من الأنهار الدائمة (Lee & Others. 2013. 113-114).



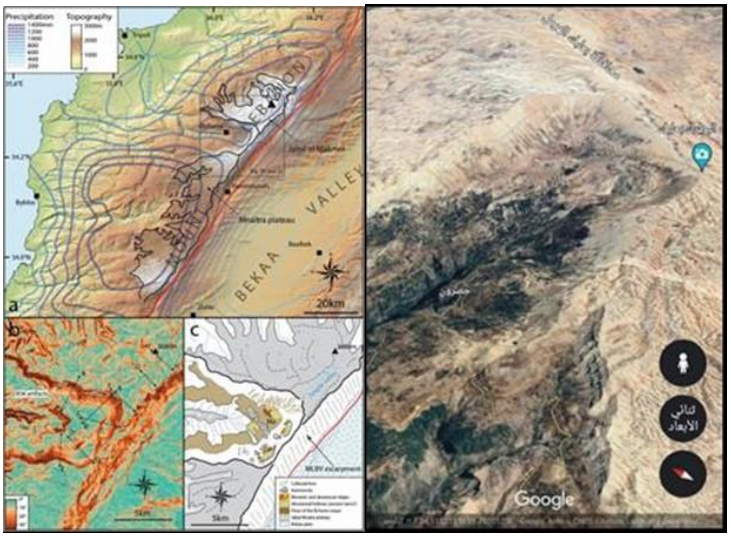

الشكل (12) البحيرات العملاقة في أفريقيا خلال الفترات الرطبة من الزمن الرابع المتأخر.

7- الحلبات الجليدية Glacial cirques في بلاد الشام: تصنف الحلبات الجليدية في سورية ولبنان ضمن فئة التضاريس الموروثة عن مناخ جليدية سابق، كتلك الموجود في طلعة موسى، وجبل لبنان الشرقي (سنير) وجبل الشيخ، وعلى الرغم من أن ذلك يؤكد، حقيقة أن مستوى خط الثلج الدائم خلال جليدية الفورم كان أعلى من حده الحالي البالغ (1700-1800) م فوق مستوى سطح البحر. إلا أن اختلاف العلماء في شأن ذلك الحد، جعله مثار جدل واسع، حيث اعتمد كايزر (1961-1965)م حدود (2100-2250)م فوق مستوى سطح البحر، في حين حدده عبد السلام (1966) بنحو (2350)م فوق مستوى سطح البحر، أما ميسرلي (1966-1976)م، فقدره بنحو (2700)م فوق مستوى سطح البحر (عبد السلام وزملاؤه.2004. 215-238). الصورة (6)، الشكل (12).

أكدت دراسة (Moulin. 2022. 5-19) لعينات كلوريد أحد مورينات أعلى قمم شرقي البحر المتوسط، وهو جبل القرنة السوداء في لبنان، والبالغ ارتفاعه (3088)م إن عمر التقدم الجليدي الأقصى، كان خلال الفترة بين (25.4 ± 3.1) ألف سنة و(31.2 ± 4.5) ألف سنة، وأنه كان مناخاً أكثر جفافاً وبرداً من الحالي. ويتفق مع التسلسل الزمني لآخر امتداد جليدي في المنطقة، وقد خلّف وراءه حلبة الأرز Cedars cirque، التي تتخذ شكل حدوة حصان مفتوحة إلى الغرب، وتمتد لمسافة (10-12) كم، باتساع أقصاه (7) كم، وتشغل مساحة (28) كم$^2$، ويرتفع قاعها نحو(1900) م فوق مستوى البحر، يقطعها وادي نهر قاديشا الذي يمتد من الشرق إلى الغرب بعمق (300-400)م، وهي منفصلة عن الهضبة، بمنحدر يراوح ارتفاعه بين (600-900) م، مكون من الحجر الكلسي. ينتهي إليها وادي السوداء على شكل وادي معلق، يعلو فوق أرضها بين (100-150) متراً، ويتخذ شكل حرف U بطول (4-5) كم. ما يعني أنها مثلت منظومة جليدية متكاملة، استمرت لفترة طويلة من الزمن تحت تأثير مناخ بارد. الصورة (5) الشكل (13).

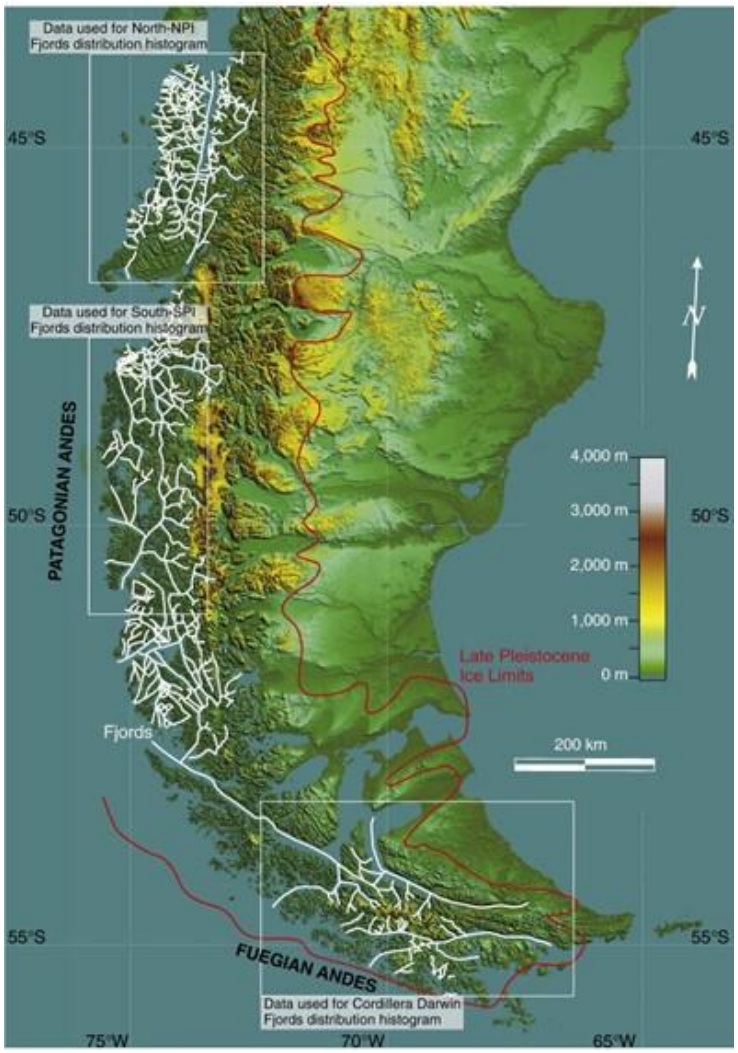
1- سواحل الفيوردات Fjords: تطلق مصطلحات "فيورد fjord" و"فيوردfiord " و"فيورثر fjorthr" و"لو loch" و"لوlough " على مصبات الأنهار العميقة الواقعة في خطوط العرض المتوسطة والعالية، والتي حُفرت أو حُدِّدت حالياً بواسطة عمل جليدي بري توافق غالباً مع مسارات الصدوع وتوزعها

الجغرافي (Bianchi, et al. 2020. 2). وهي شائعة في القطب الشمالي والقطب الجنوبي، وكذلك على طول الحواف البحرية لجنوب أمريكا الجنوبية، وشمال غرب أوروبا، والنرويج، الصورة (6) وكندا، وألاسكا، ونيوزيلندا. وتعرف بأنها سواحل ذات خلجان عميقة، يعود أصل نشأتها إلى عمل الحت الجليدي الخطي، أو زحف الألسنة الجليدية داخل أوديتها، وهو عمل متكرر في مسار مقيد شبه ثابت مع كل زحف جليدي، وبالتالي تخضع الأودية الجليدية إلى عمل حتي عنيف، بل يمكن وصفها بآليات الجرف القوية، القادرة على دفع كل ما يواجهها من صخور وتربة باتجاه المصب، مع اقتلاع الصخور من القاع والجوانب، وقد حُسبت معدلات تعرية الجليدية الرباعية لأودية جليدية غرب النرويج، واسكتلندا فراوحت بين (1 –2) مم/سنة ما يؤدي إلى تعميق الوادي وتوسعته، فتتخذ الأودية شكل حرف U، أي أنها ذات جوانب قائمة إلى حادة، وقيعان منبسطة عريضة، ومع ارتفاع درجة حرارة الأرض بعد انتهاء العصر الجليدي، تتراجع جبهات الألسنة الجليدية، بسبب ذوبان الجليد، ويرتفع بالتالي منسوب سطح البحار والمحيطات لاستقباله المياه الذائبة عن الجليد، فتغمر نهايات الأودية الجليدية الساحلية، وبالتالي فهي سواحل نتجت عن أودية جليدية مغرقة. ويُعدّ مشهد المضايق البحرية في أمريكا الجنوبية، الممتد على مسافة (1500) كم تقريباً، بين خليج كوركوفادو Golfo Corcovado (43 درجة جنوبًا تقريبًا) وتييرا ديل فويغو Tierra del Fuego (56 درجة جنوبًا تقريبًا)، أكبر مشهد مضايق بحرية متواصل على وجه الأرض. الشكل (14). وقد نشأت بعض خلجانه بتأثير زحف الأودية الجليدية، مع توسع جليدية باتاغونيا Patagonian Ice Sheets خلال ذروة العصر الجليدي الأخير، إلا أن معظمها تشكل بتأثيرات جيولوجية، تمثلت بنقاط الضعف (صخور طرية) وخطوطها الهيكلية (الصدوع والكسور). والتي قيدت تطور العمل الجليدي وفق اتجاهات محددة ( Glasser & Ghiglione. 2009. 291–298). من الأهمية التطبيقية لهذه السواحل، أنها تؤمن اتصال عميق على الأصعدة الحيوية والهيدرولوجية والجيولوجية، عبر مسار طويل – هو الوادي الجليدي المغمور– كما أنه آمن بسبب اتساعه وعمقه للاستخدامات البشرية وحركة النقل البحري من البحر إلى الداخل القاري.




الصورة (5) فضائية تظهر حلبة الأرز، والشكل (13) إلى اليسار يبين خرائطها التفصيلية.

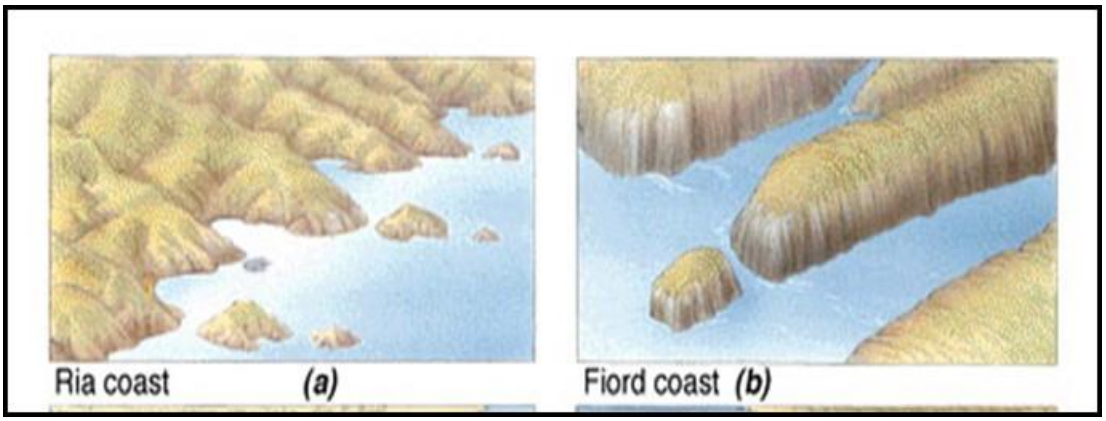
الصورة (6) فيورد سوغن في النروج.




الشكل (14) جبال الأنديز الواقعة في أقصى الجنوب (حوالي ٣٨ درجة إلى ٥٦ درجة جنوبًا). تظهر المضايق والوديان الساحلية الكبيرة بالخطوط البيضاء، بالإضافة إلى حدود الجليد في أواخر العصر البليستوسيني بالخط الأحمر. Glasser & Ghiglione. 2009. 292).

2- سواحل الريا Ria تشبه سابقتها، بكونها نتاج عمليات حت، لكنه حت نهري، فهي أودية نهرية أغرقت بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر و/أو خسف سطح الأرض بفعل الحركات البنائية. لذلك تكون متشعبة، متعرجة، قليلة العمق، ذات مقطع عرضي مثلثي، فهي متسعة من الأعلى، ضيقة القاع ( Ai & Others. 2014. 170). تحولت إلى سواحل مع بداية الفترة الدفيئة التي أعقبت الجليدية الأخيرة، مثال عنها، سواحل غاليسيا شمال غرب أيبيريا. (عبد السلام. 2000. 395). الصورة (8). الشكل (14).

الصورة (8) أحد سواحل الريا.

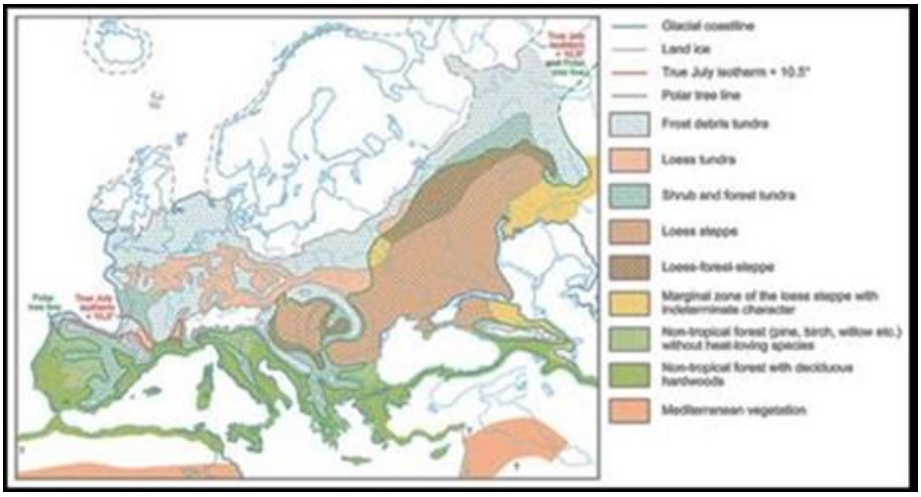



الشكل (14) سواحل الفيوردات والريا

3- تكوينات اللوس Loess في أوروبا وأمريكا: هي رواسب رملية، تم نقلها بواسطة الرياح وتراكمها، تهيمن عليها جزيئات تراوح أقطارها بين (50-2 مم) (Muhs. 2007. 1405) تتكون من الغرين المتطبق، غير المتماسك، مع بعض الصلصال والرمال والكربونات. يمكن تتبع حدودها في أوروبا، بوضوح من الشمال الغربي إلى الجنوب والجنوب الشرقي، على ارتفاعات بين (300-600) م عند الحافة الشمالية لجبال الألب، بشكل يساير الحد الذي بلغته الجليدية الأخيرة (Büdel.2021). واللوس ظاهرة عالمية، حيث تغطي ما نسبته (10%) من سطح القارات، منها في أوروبا ما يقدر بـ(1.8 × 610) كم$^2$، ويوضحها الشكل (13)، وفي أمريكا الشمالية (1.6 × 610) كم$^2$، وتبلغ ثخانتها في الصين نحو

(180) متراً (جودي. 1996. 58). وهي من أصول جليدية، فقد عملت الرياح على تذرية الرواسب الجليدية، ونقل حبيباتها إلى مواقعها الحالية (جودة. 2002. 116).

تقع تحت طبقة اللوس الأدنى، طبقة من الطين الأحمر، وهي من أصل ريحي أيضاً، لكنها تعرضت لعوامل التجوية، بشكل أقوى من اللوس. يرجع تاريخ الحدود بين الطين الأحمر وقاعدة اللوس، إلى حوالي (2.8) مليون سنة، ويتميز بزيادة كبيرة في حجم الحبيبات، وتدل بذلك على تحول كبير في المناخ، من الظروف الرطبة الدافئة طويلة الأمد إلى تذبذبات كبيرة السعة بين البرد – الجفاف والدفء – الرطوبة، مع زيادة واضحة في الجفاف في منطقة المصدر. (Pillans & Gibbard.2012.990).




الشكل (13) انتشار تكوينات اللوس في أوروبا، (اللون البني والبني المرقش)

يمكن اعتبار التنافر الجيومورفي بين مظاهر معينة ومحيطها النباتي، من أهم الدلائل على حدوث تغير مناخي ملموس، فوجود أغشية وكثبان رملية كبيرة مستحاثة في أراض واسعة، محاطة بغطاء نباتي، دليل قاطع على مرور المنطقة بفترتين مناخيتين، أولهما جافة وأخراهما رطبة. فقد أكدت دراسة الكثبان الرملية في الأقاليم الرطبة الحالية، أنه وخلال الفترات الجافة من العصر الجليدي السابق، سادت أعمال الرياح من تذرية ونقل وتراكم، وشكلت كثبان رملية، ازدادت أعدادها وأحجامها، مع توفر إمدادات رملية قريبة أو مستمرة. وفي المقابل، فإن تغير المناخ إلى رطب، يعني زيادة كميات الهطل، ونمو النباتات تدريجياً، لتتحول مع توفر التربة إلى غطاء نباتي، يحيط بالكثبان الرملية، ويعمل على تثبيتها في صورة متناقضة تجمع بين مظهرين متضادين، هما الرمال الصحراوية، ونباتات المناخات الرطبة (Lancaster. 2010. 141-142).

ومن الأدلة التي ساقها العلماء لوصف حالة الكثبان الرملية القديمة الحفرية، وضوح تأثير عمليات التجوية المتعمقة، ومن ذلك:

- ارتفاع كثافة أكسيد الحديد.
- احتوائها الصلصال والدبال.
- تراكم الكربونات.

- انتشار النباتات عليها.
- تعمق المجاري المائية فيها.
- انخفاض درجة انحدار واجهاتها، والتي يفترض أنها تقع بين (32ْ –33ْ ) مقارنة بمثيلاتها المعاصرة.

ومن أمثلتها تلك الكثبان المنتشرة في مناطق متفرقة من الهند، بين راجستان ووادي بيلاس في باكستان، وتمتد حتى أحمد آباد جنوباً ودلهي شرقاً، في مناطق ذات معدلات هطل سنوية تراوح حالياً بين (750–900) مم / سنة. (جودي. 1996.23–91).

**المراجع**

1. البارودي. محمد سعيد: تغيرات مستوى سطح البحر خلال البليستوسين وآثارها الجيومورفولوجية على طول الساحل الشرقي للبحر الأحمر (المملكة العربية السعودية) الجمعية الجغرافية الكويتية، 2000.
2. جودة. حسنين جودة: الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع (زمن الجليد والمطر) مع تطبيق على أراضي العالم العربي، درا المعرفة الجامعية، الإسكندرية. 2002.
3. جودي. أندرو. س: التغيرات البيئية (جغرافية الزمن الرابع)، ترجمة محمود عاشور، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة.1996.
4. حاج حسن. محمد فائد: أسس الجيومورفولوجيا المناخية، منشورات جامعة دمشق، دمشق، 1996.
5. سلوم. غزوان، صيام. نعمان: علم أشكال الأرض التطبيقي، منشورات جامعة دمشق، دمشق. 2018.
6. سلوم، غزوان: تشكل وادي نهر بردى، دراسة جيومورفولوجية، مجلة جامعة دمشق، المجلد 34، العدد الثاني، دمشق. 2018.
7. عبد السلام. عادل: أشكال الأرض، علم أشكال الأرض، منشورات جامعة دمشق، دمشق، 2000.
8. عبد السلام. عادل، الشيخ. محمد إسماعيل، حليمة. عبد الكريم: الجغرافيا الطبيعية لسوريا، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية. 2004.
9. Ai.T, Zhou. Q, Zhang. X, Huang.Y & Zhou. M: A Simplification of Ria Coastline with Geomorphologic Characteristics Preserved, Marine Geodesy, 37:2, 167-186, DOI: 10.1080/01490419.2014.903215.
10. Aldughairi. A.A, Alenziy. M.A: Use Spatial Analysis Toolsin A Study The Hydromorphological Characteristics of Wadi Al-Rimah in Its Lower Section in Qassim Area, Journal of Nature, Life and Applied Sciences (JNSLAS). Vol 7, Issue 1 (2023). P: 56 - 35 https://journals.ajsrp.com/index.php/jnslas ISSN: 2522-3356 (Online). ISSN: 2522-3356 (Print) 35.
11. Álexandre. A , De Dapper. M & Symoens. J-J: Climatic change and Geomorphology in Tropical Environment. Royal Academy of Overseas Sciences and the journal Geo-&o-Trop (16, 1-4).1994.
12. Al-Hurban. A, Hassan. A: Environmental geomorphology of Wadi Al-Batin, Kuwait: Unveiling natural and anthropogenic influences. Kuwait Journal of Science. Volume 52, Issue 1, January 2025, 100314
13. Ates. M. E: Pioneers of the Ice Age Models: A Brief History from Agassiz to Milankovitch. https://doi.org/10.5194/hgss-2021-17 History of Geo- and Space

Sciences Open Access Discussions Preprint. Discussion started: 2 November 2021 c Author(s) 2021. CC BY 4.0 License.

14. Bartov. Y, Stein. M , Enzel.Y, Agnon.A & Reches. Z: Lake Levels and Sequence Stratigraphy of Lake Lisan, the Late Pleistocene Precursor of the Dead Sea, Quaternary Research 57, 9–21 (2002) doi:10.1006/qres.2284, available online at http://www.idealibrary.com on.
15. Bianchi. Th.B (et al): Fjords as Aquatic Critical Zones (ACZs). Contents lists available at Science Direct Earth-Science Reviews journal homepage. Earth-Science Reviews 203 (2020) 103145. www.elsevier.com/locate/earscirev.
16. Box. J. E , Hubbard. A , Bahr. D. B, Colgan. W. T, Fettweis. X, Mankoff. K. D , Wehrlé. A, Noël. B , Van den Broeke. M. R , Wouters. B , Bjørk. A.A & Fausto. R.S: Greenland ice sheet climate disequilibrium and committed sea-level rise. Nature Climate Change 12(9). DOI:10.1038/s41558-022-01441-2. 2022.
17. Bridgland. D, Westaway. R, Daoud. M, Yassminh. R & Abou Romieh. M (2008) River Terraces of the Nahr el Kebir, NW Syria, and their Palaeolithic Record, Bulletin for the Council for British Research in the Levant, 3:1, 41-46, DOI: 10.1179/175272608X375593 Büdel, J.: The climatic zones of the Ice Age, DEUQUA Spec. Pub., 3, 11–18, https://doi.org/10.5194/deuquasp-3-11-2021, 2021.
18. Cheng. H , Sinha. A, Verheyden. S, Nader. F. H, X.L.Li1, Zhang. P. Z ,Yin. J , Yi. L, Peng. Y. B., Rao. Z. G, Ning. Y. F & Edwards. R. L: The climate variability in northern Levant over the past 20,000 years, Geophys. Res. Lett., 42, 8641–8650, doi:10.1002/2015GL065397.2015.
19. Conard. N, J, Masri. M , Bretzke. K, Napierala. H.A, Welte. B and Kandel. W.A: The 2008 excavation at The Middle Paleolithic Site of Wadi Mushkuna rockshelter, Damascus Province, Syria. Universität Tübingen-Germany, DGAM-Syrie, Heidelberger Akademie Tübingen-Germany. excavation Reports of 2008. Al-BAssel Centre for Archaeological research and training. the directorate general of Antiquities And Museums. Ministry of Culture, Syrian Arab republic. 2010.
20. Dodonov. A. E , Kande. A. W, Simakova. A. N, al-Masri. M & Conard. N. J: Geomorphology, Site Distribution, and Paleolithic Settlement Dynamics of the Ma'aloula Region, Damascus Province, Syria. An International Journal, Vol. 22, No. 6, 589–606 (2007) © 2007 Wiley Periodicals.
21. Dodonov. A.E, Trifonov. V.G, Ivanova. T.P, Kuznetsov. V. Y, Maksimov. F.E, Dmitry Bachmanov, Sadchikova. T.A, Simakova. A.N , Minini. H, Al-Kafri. A.-M. Ali. O: Late Quaternary marine terraces in the Mediterranean coastal area of Syria: Geochronology and neotectonics, Quaternary International 190(1):158-170. DOI:10.1016/j.quaint.2008.02.008.
22. Glasser. N. F & Ghiglione. M.C: Structural, tectonic and glaciological controls on the evolution of fjord landscapes. Geomorphology 105 (2009) 291–302. Geomorphology. journal homepage: www. Elsevier. com / locate / geomorph.
23. Goudie. A.S (ed): Encyclopedia of Geomorphology Volume 1. Routledge Ltd. London.
24. https://en.wikipedia.org/wiki/Okotoks_Erratic.
25. Hussein. K.M: Climatic Characteristics of the Late Pleistocene and Holocene continental deposits from southwestern Syria based on Palynological data. Darwiniana 44(2): 329-340. ISSN 0011-6793. 2006.
26. Isouki. V: Marine terraces of Kasos Island, Greece. HELLENIC REPUBLIC, National and Kapodistrian. University of Athens.

file:///C:/Users/DELL/Downloads/Marine%20terraces%20of%20Kasos%20island%20(2).pdf.2023.

27. Kanjou. Y & Tsuneki. A: A History of Syria in One Hundred Sites Introduction: The Significance of Syria in Human History. Archaeopress Publishing Ltd. Gordon House. ISBN 978 1 78491 381 6. Archaeopress and the authors 2016. Oxford OX2 7ED.
28. Korteniemi. J, Russell. H.A.J ,Sharpe. D.R & Storrar. R.D: Esker. Encyclopedia of Planetary Landforms DOI 10.1007/978-1-4614-9213-9_141-1 # Springer Science Business Media New York.2014.
29. Lancaster. N: Climate change and geomorphic processes in deserts: insights for the future from the record of past climate change. Desert Research Institute, 2215 Raggio Parkway, Reno, Nevada, 89512, USA. 2010. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20163288909.2010.
30. Lee. E. M, Fookes. P. G & Hart. A. B: Observations on the impact of climate change on landform behaviour and geohazards in the Algerian Sahara, Technical Note Downloaded from http://qjegh.lyellcollection.org/ by guest on February 12, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 46, 107 –116 DOI: 10.1144/qjegh2012-058. 2013.
31. Lee-Thorp. J. A: Longterm high resolution records of climate variability from cave speleothems in Cold Air Cave, Makapans Valley, Limpopo Province. Final report to the water research commission. ISBN 1-77005-205-4. WRC REPORT NO 1013/1/04. 2004.
32. Mabbull. J.A: Desert Land forms. An Introduction to Systematic Geomorphology Volume Two. Australian National University Press Canberra.1977.
33. Marshall, S.J.: Glaciations, Quaternary. In: Gornitz, V. (eds) Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4411-3_97. 2009.
34. Menzies. J: Glacial Geomorphology. In H. French and J. Harbor, 8.1 The Development and History of Glacial and Periglacial Geomorphology, In Treatise on Geomorphology, edited by John F. Shroder, Academic Press, San Diego, 2013.
35. Moulin. A, Benedetti. L, Vidal. L, Hage-Hassan. J, Elias. A: LGM glaciers in the SE Mediterranean? First evidence from glacial landforms and 36Cl dating on Mount Lebanon. Quaternary Science Reviews, 2022, 285, pp.1-42. 107502. ff10.1016/j.quascirev.2022.107502ff. ffhal-03659266.
36. Muhs. D. R; LOESS DEPOSITS, ORIGINS AND PROPERTIESU.S. Geological Survey, CO, USA Published by Elsevier B.V. DOI: 10.1016/B0-444-52747-8/00158-7.2007.
37. Nash. D.J: Dry valleys (mekgacha). Landscapes and Landforms of Botswana.2022. https://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/32327750/Dry_valleys_20_R2_Pure.
38. Palacios. D, Oliva. M, Fernández-Fernández. J. M: The impact of the Quaternary ice ages on the landscape. Iberia, Land of Glaciers (pp.1-12). DOI:10.1016/B978-0-12-821941-6.00027-X. 2022.
39. Pastoors. A, Weniger. G.C and Kegler. J. F: the Middle – Upper palaeolithic transition at Yabroud II (SYRIA). A Re-Evaluation of the Lithic Material from the Rust Excavation. Paléorient, vol. 34.2, p. 47-65 © CNRS ÉDITIONS 2008. Manuscrit reçu le 20 août 2008, accepté le 25 November 2008.
40. Pillans.B & Gibbard. P: The Quaternary Period Chapter · July DOI: 10.1016/B978-0-444-59425-9.00030-5. 2012.

41. Reheis M.C, Adams. K. D, Oviatt, Ch. G, Bacon. S.N: Pluvial lakes in the Great Basin of the western United Statesda view from the outcrop. Contents lists available at ScienceDirect Quaternary Science Reviews journal homepage: www.elsevier.com/locate/quascirev. Quaternary Science Reviews 97 (2014) 33-57.
42. Roveri, M., et al., The Messinian Salinity Crisis: Past and future of a great challenge for marine sciences, Marine Geology (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2014.02.002
43. Schrøder. N, Jensen. G. M, Limborg. M: Groundwater spring deposits as proxy for interstadials in the Levant: The chronology and climate history of the Palaeolithic cultures from Yabroud (Syria). Quaternary International. Volume 257, 20 April 2012, Pages 27-33. 2012.
44. Slaymaker.O, Spencer. Embleton-Hamann. Ch: Geomorphology and Global Environmental Change. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Dubai, Tokyo. 2009.
45. Sohi. J. S: The Accelerating Melting of Glaciers: Impacts on Earth and Emerging Challenges. International Journal of Advanced Research and Interdisciplinary Scientific Endeavours 2(1). DOI:10.61359/11.2206-2501. 2025.
46. Spadin. F , Marti. D, Hidalgo-Staub. R, Ricka. J, Fleitmann. D & Frenz. M: Technical Note: How accurate can stalagmite formation temperatures be determined using vapour bubble radius measurements in fluid inclusions? Clim. Past, 11, 905–913, 2015, www.clim-past.net/11/905/2015/, 2015.
47. Stow. D , Nicholson. U , Kearsey. S , Tatum.D , Gardiner.A , Ghabra.A, Jaweesh. M: 'The Pliocene-Recent Euphrates River system: Sediment facies and architecture as an analogue for subsurface reservoirs', Energy Geoscience, vol. 1, no. 3-4, pp. 174-193. 2020. https://doi.org/10.1016/j.engeos.2020.07.005.
48. Tricart. J , Cailleux. A: Introduction to Climatic Geomorphology. Longman. London.1972.
49. Walker. A.C: Deserts:: Geology and Resources. U.S. Department of the Interior/U.S. Geological Survey. U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1992 0-305-515.
50. Zeising. O, Necke. N, Dörr. D, Helm. V, Steinhage. D, Timmermann1. R & Humbert. A: Extreme melting at Greenland's largest floating ice tongue. The Cryosphere, 18, 1333–1357, 2024 https://doi.org/10.5194/tc-18-1333-2024 © Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.
51. Zeitz. M , Haacker. J. M, Dongest. J. F, Albercht. T & Winkelmann. R: Dynamic regimes of the Greenland Ice Sheet emerging from interacting melt–elevation and glacial isostatic adjustment feedbacks. Earth Syst. Dynam., 13, 1077–1096, 2022 https://doi.org/10.5194/esd-13-1077-2022 © Author(s) 2022. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.
52. Zhang. M, Yuan. D.X , Lin. Y, Oin. J, Bin. L, Cheng. H & Edwards. L. R:A 6000-year high-resolution climatic record from a stalagmite in Xiangshui Cave, Guilin, China. The Holocene 14(5):697—702. 2004.

# الفصل الثامن

# الاحترار العالمي وأثره على المناخ السياحي في محافظة بورسعيد

**أ.د. مسعد سلامة مسعد مندور**

أستاذ المناخ وكيل كلية الآداب للدراسات العليا والبحوث جامعة المنصورة

**الملخص**

تعد مشكلة تزايد درجة حرارة الكر الأرضية بصفة خاصة والمشكلات المناخية بصفة عامة من أهم المشكلات التي تواجه العالم حالياً لما يمكن أن تحدثه من تغيرات مختلفة في العديد من خصائص البيئة الطبيعية في الدول المختلفة والتي تؤثر بدورها علي النشاط السياحي والسياحة المفتوحة المعتمدة علي خصائص المناخ السياحي، وأظهرت بعض الدراسات والهيئات المعنية بالتغيرات المناخية عن تزايد درجة حرارة الغلاف الجوي، وحددت اللجنة الدولية للتغير المناخي IPCC التابعة للامم المتحدة بأن درجة حرارة الكرة الارضية زادت في الفترة من 1850-2005م بمقدار 0.6 °م، ويهدف البحث إلي دراسة تزايد درجة الحرارة(الاحترار العالمي)وأثره على مستقبل المناخ السياحي في محافظة بورسعيد، ومحدداً لدرجات التأثير وطبيعة المناخ السياحي المستقبلي معتمداً على تطبيق بعض مؤشرات المناخ الفسيولوجي والمناخ السياحي، ثم تحديد أقاليم السياحة البيئية بمحافظة بورسعيد في حالات تزايد درجات الحرارة بمقدار ٣ °م

والسياحة البيئية هي السياحة الصديقة للبيئة والتي تعتمد على تنفيذ قواعد السياحة البيئية المستدامة التي تحقق إستغلال وصيانة وحفظ الموارد الطبيعية السياحية للاجيال القادمة، والبحث تناول إتجاهات تزايد درجة الحرارة في العالم، والمقومات الطبيعية للسياحة البيئية في محافظة بورسعيد، آثر الاحترار العالمي علي السياحة البيئية في محافظة بورسعيد، من خلال تحديد خصائص مناخ محافظة بورسعيد وتطبيق بعض مؤشرات المناخ الفسيولوجي ومؤشر المناخ السياحي لميزوسكي Mieczkowski ومؤشر المناخ السياحي في حالة تزايد درجة حرارة الكرة الأرضية.

وأسفرت الدراسة عن درجات مؤشر ميزوسكي هى جيد فى يناير، وجيد جدا وفى فبراير ومارس ونوفمبر، وممتاز فى أبريل وديسمبر وصالحة فى باقى شهور السنة، وتتميز الشهور من ابريل وحتي اكتوبر وشهر ديسمبر بأن المناخ بها رائع لممارسة النشاط السياحى بكافة أنواعه، وأن باقى الشهور المناخ بها مفضل لممارسة النشاط السياح

ومع تطبيق الافتراض بزيادة الحرارة إلي ٣ °م، وتطبيق ذلك علي مؤشر المناخ السياحي لميزوسكي يظهر أن درجة جيد وجيد جداً تقلصت وسيطرت درجة ممتاز حتي أصبحت العشرة أشهر الممتدة من مارس وحتى ديسمبر تمتاز بالمناخ الرائع للنشاط السياحي وشهري يناير وفبراير مفضلة

لذا فان تزايد درجة الحرارة لا يعيق الانشطة السياحية البيئية في بورسعيد بل حول شهور الشتاء لشهور صالحة للسياحة البيئية، في حين أن الوضع في شهور الصيف والخريف لم يحدث به تغير واضح

**مقدمة:**

إن قضية الاحترار العالمي (تزايد درجة حرارة الكرة الأرضية) شغلت بال العلماء والباحثين والهيئات البحثية المختلفة لدرجة أن الأمم المتحدة أنشأت الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ (IPCC) The intergovernmental Panel on Climate Change عام 1988، كما تناولتها اتفاقية باريس ٢٠١٥ في المادة الثانية وبالنقطة ( أ ) من خلال الإبقاء علي ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية في حدود أقل بكثير من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية ومواصلة الجهود الرامية إلي حصر ارتفاع درجة الحرارة في حد لا يتجاوز ١,٥ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية، تسليماً بأن ذلك سوف يقلص بصورة كبيرة من مخاطر تغير المناخ وآثاره. وهذه المادة من اتفاقية باريس تلزم العالم بضرورة الإبقاء وعدم ارتفاع درجات الحرارة عن درجات الحرارة وقت بدية الثورة الصناعية وهو ما يمكن اعتباره احد التوجهات نحو مواجهة الاحترار العالمي، والبحث يتناول الاحترار العالمي وآثره علي السياحة البيئية في محافظة بورسعيد من واقع درجات الحرارة الحالية ثم وضع فرضية أن درجات حرارة الكرة الأرضية ارتفعت بمقدار ٣ °م وليس ١,٥ °م وهو ضعف ما جاء في اتفاقية باريس، وماذا سيكون تأثير هذا الارتفاع علي خصائص مناخ السياحة البيئة بمحافظة بورسعيد ؟ وجاء اختيار محافظة بورسعيد للأسباب التالية:

- الخصائص المكانية للمحافظة إذ تقع علي ثلاث واجهات مائية هي البحر المتوسط من الشمال وبحيرة المنزلة من الجنوب والغرب وقناة السويس التي تمر بالمحافظة وتشطرها إلي نصفين شرق وغرب القناة، وهذا المسطحات تعدل من درجات الحرارة عن غيرها من محافظات مصر
- أن محافظة بورسعيد من محافظات التنمية المستدامة بما تشهده من مشاريع تنموية في جميع المجالات الاقتصادية المختلفة
- أن محافظة بورسعيد تقع في المناخ الجاف وفقاً لتصنيف كوبن Koppen، وديمارتون De martonne، ولانج lang، ويؤكد ذلك معامل اعتدال المناخ لبيلي Bailey ( مسعد سلامة مندور، ١٩٩٩،ص ١٧٦-١٧٧)

**أ – أهداف الدراسة**

تأتي أهمية الدراسة من صفتها وطبيعتها نظراً لتناولها مشكلة من المشكلات العالمية التي تورق العالم وتأثيراتها المستقبلية، وذلك لتحقيق الأهداف التالية:

- تحديد مقدار تغير درجة الحرارة واتجاهها في بعض المناطق العالمية.
- تحديد نوع المناخ السياحي بشهور السنة في محافظة بورسعيد في ظل درجات الحرارة الحالية من خلال تطبيق المنحني المناخي ومعامل الحرارة والرياح لسبيل ومؤشر المناخ السياحي لميزوسكي Mieczkowski
- تحديد نوع المناخ السياحي بمحافظة بورسعيد في حالة تزايد درجة حرارة كوكب الأرض إلي ٣ °م خلال شهور السنة، ومقارنتها بخصائص المناخ السياحي الحالي.

**ب – تساؤلات الدراسة**

يحاول البحث الإجابة علي الأسئلة التالية

- هل يمكن أن يحدث تغير في خصائص المناخ السياحي في محافظة بورسعيد في حالة ارتفاع درجة الحرارة.
- هل يختلف مقدار ومعدل تغير المناخ السياحي فيما بين شهور السنة المختلفة.
- هل تمتلك محافظة بورسعيد مقومات لتنمية السياحة البيئية

ج – الدراسات السابقة

يوجد العديد من الدراسات والأبحاث التي تناولت التغيرات المناخية، ومعظمها دراسات عالمية لمناطق مختلفة من العالم، ومنها علي سبيل المثال لا الحصر دراسة (Jones,et al,1986) عن تغير درجة الحرارة السطحية في النصف الشمال للكرة الأرضية للفترة من 1851–1984، دراسة الوليعي (1987) عن تغيرات المناخ في المناطق الجافة مع التطبيق علي حالة المملكة العربية السعودية. دراسة (El-Asrag,1999) والمتناولة للتغيرات المناخية فوق مصر مقارنة بالتغيرات العالمية، ودراسة (Folland,et al,2001) عن التغيرات العالمية لدرجة الحرارة وعدم التيقن منذ عام 186، ودراسة (Polyakov ,et al,2003 ) عن تذبذبات واتجاهات درجة حرارة الهواء والضغط الجوي لمنطقة القطب الشمالي للفترة من 1875–2000، ودراسة (Smith&Reynalds,2005) عن التغيرات العالمية لدرجة الحرارة السطحية اعتماداً علي السجلات التاريخية من 1880–1997، ودراسة Almisind (2005) عن تغير المناخ في المملكة العربية السعودية واستخدام المياه للري في منطقة القصيم وخلصت الدراسة إلي أن معدل درجة الحرارة يرتفع في منطقة الدراسة بمعدل 0.55 ° م في العقد الواحد وأيضا ارتفاع في درجة الفروق بين درجة الحرارة الدنيا والقصوى بمقدار 0.3 ° م في العقد، ودراسة (Hegerl,et al,2006) التي تناولت الكشف عن تغير المناخ وإعطاء مؤشر لمتوسط درجة الحرارة، ودراسة (Mandoer,2006) عن التغيرات المناخية في مصر خلال النصف الثاني للقرن العشرين وعلاقتها بالبقع الشمسية، ودراسة (Hansen,et al,2006) عن التغيرات العالمية لدرجة الحرارة، ودراسة (Szeto,2007) عن التباين والتغير في درجة الحرارة بالموسم البارد في شمال غرب كندا، ودراسة البارودي (2007) والمتناولة للأدلة الجيومورفولوجية علي فترات المطر والجفاف خلال عصري البلايوستوسين والهولوسين علي طول المناطق الغربية للمملكة العربية السعودية، ودراسة المسند (2007) عن تغير المناخ في المملكة العربية السعودية كدراسة حالة منطقة القصيم من عام 1970–2099، ودراسة مندور (٢٠١٢) والتي تناولت تغير درجة الحرارة السطحية في المملكة العربية السعودية، ودراسة مندور (٢٠١٩) والتي تناولت الاحترار العالمي واثرة في السياحة البيئية بالمملكة العربية السعودية. دراسة محمد (2019) والتي تناولت مؤشرات المناخ السياحي مع التطبيق على مدينة الأقصر بمصر

**د – المناهج والأساليب المستخدمة في الدراسة**

تعتمد الدراسة على ثلاثة مناهج رئيسية، الأول: المنهج الإقليم وذلك لطبيعة منطقة الدراسة فهي إقليم إداري (محافظة).

الثاني: المنهج التاريخي والمحدد سلفاً لطبيعية البيانات المناخية التي يجب أن تعالج تاريخياً ولفترة تزيد عن دورة مناخية.

الثالث: هو المنهج التحليلي والمستخدم في تحليل البيانات وتطبيق مؤشر المناخ السياحي لميزوسكي.

ودعُمت المناهج ببعض الأساليب الكمية والكارتوجرافية وهي الأسلوب الإحصائي والذي يعد الركيزة الأساسية للدراسة واستخدم بها برامج Excel , SPSS , SAS لحساب قيمة واتجاه تغير درجة الحرارة الشهري لكل محطة ورسم الأشكال البيانية.

هـ– المحطات والبيانات المستخدمة في البحث

المحطات المستخدمة في البحث: تم الاعتماد علي البيانات العالمية التي ذكرت في الدراسات السابقة وقائمة المراجع، إضافة إلي بيانات محطة أرصاد بورسعيد ( محطة الجميل)

**أولاً: تعريف السياحة البيئية**

ظهر مصطلح السياحة البيئية منذ بداية الثمانينيات من القرن العشرين، والسياحة البيئية هى نوع من أنواع السياحة الصديقة للبيئة والمعتمدة علي عناصر البيئة الطبيعية، وتهدف لتنفيذ قواعد السياحة المستدامة لحماية الأقاليم السياحية، وعرفتها الجمعية الدولية للسياحة البيئية بأنها السفر إلي المناطق الطبيعية والتي يحافظ فيها السائح علي البيئة

وركزت المنظمة العالمية علي مفهوم السياحة المستدامة في إعلان مانيلا (1980) وفي صوفيا (1985) وفي القاهرة (1995)

إقليم السياحة البيئية: هو المنطقة التي تحتوى على مكونات طبيعية نباتية وحيوانية وأشكال تضاريسية وشواطئ وجزر وشعاب مرجانية وغيرها من عناصر البيئة الطبيعية التى تجذب السياح والسكان

الأقليم المناخي (الحراري) للسياحة البيئية: هو المنطقة التي تتلاءم فيها درجات الحرارة وخصائص المناخ لقيام السائح بالأنشطة السياحية في البيئة المفتوحة، ومن ثم فإن الاحترار العالمي يمكن أن يساهم فى تعديل أو تغير مناطق السياحة البيئية فى العالم نتيجة زيادة درجة الحرارة عن معدلاتها الحالية

**ثانياً: اتجاه تغير درجة الحرارة**

قبل تناول قضية الاحترار العالمي للكرة الأرضية يجب أن نفرق بين التغير المناخي والاحترار العالمي والتطرف والذبذبة الحرارية، فالتغير المناخي ظاهرة قديمة حدثت أكثر من مرة للكرة الأرضية، حيث تعرض كوكب الأرض لتغيرات مناخية سابقة أهمها وأشهرها التغيرات البلايوستوسينية، والتي حدثت في عصر البلايوستوسين. ولم يكن عصر البلايوستوسين عصرا باردا فحسب، بل الأهم من ذلك أنه كان يتميز بتغيرات مناخية حادة قصيرة المدى إذا ما قورنت بغيره من العصور الجيولوجية التى سبقته وحينما نفترض أن خط الثلج الدائم قد انخفض أثناء العصر الجليدي إلى حوالى 1000 متر فى المتوسط عنه فى العصر الحالي فإن هذا يعنى انخفاضا فى متوسط درجات الحرارة السنوية إلى حوالى 5ْ م أو 6ْ م فى المتوسط، وتشير الكثير من الدراسات إلى أن انخفاض درجة الحرارة

فى الفترة الجليدية الأخير بحوالى 4 ْ م ( جودة حسنين جودة، 1997، ص 16 – 18 ). والتغير في اللغة يعنى تبدل الحالة أو تحول الحالة، ويعنى ذلك أن التغير المناخي هو تبدل حالة درجات الحرارة وبالتالي زيادتها أو انخفاضها بمقدار يسمح بهذا التغير وتغير المناخات المطيرة إلى جافة والعكس.

والتطرف الحراري هو ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة في أحد الأيام عن المعدل اليوم أو معدل الشهري فى محطات الرصد الجوي. ويمكن أن يستعمل متوسط الحرارة العظمى أو الصغرى لأية فترة زمنية للدلالة على التطرفات الحرارية (على موسى، 1986، ص 124) ويمكن أن تحدث تطرفات مرتفعة في الصيف ومنخفضة فى الشتاء، ولهذا يجب أن لا نستنتج من حدوث ظواهر غير عادية مثل انخفاض درجة الحرارة فى الشتاء عن الفصول السابقة أو زيادتها فى الصيف بشكل لم يسبق مثله أن نتخذها كشواهد للتغير المناخي بل يمكن أن تكون تطرف مناخى. أما الاحترار العالمي هو زيادة درجة الحرارة عن معدلاتها المعتادة ويوجد إرتباط وثيق بين الاحترار العالمي لدرجة الحرارة والتغير المناخي فالأولى هى أحد الحلقات المؤدية للثانية.

ومن خلال جدول رقم (١) والموضح لمقدار تغير درجات الحرارة في بعض الأقاليم الجغر افية يتضح أن العديد من العلماء والباحثين[1] أهتموا بتحليل ودراسة تغيرات درجة الحرارة السطحية للكرة الأرضية اعتماداً علي السجلات المتيورولوجية لمحطات الرصد الجوي، حيث تباين معدل تغير درجة الحرارة السطحية للكرة الأرضية S Global Surface Air Temperature (A T) من دراسة لآخري، إلا أن غالبية الدراسات اجتمعت علي اتجاه تزايد درجة الحرارة. فدراسة شيبمان وولش (Chapman&Walash,1993) قدرت معدل تزايد درجة الحرارة في المحطات الأرضية للفترة من 1961– 1990 بنحو 0.19 °م. وأسفرت دراسة (Jones ,et al,1999 ) عن زيادة درجة الحرارة السطحية للكرة الأرضية بمعدل 0.6°م منذ عام 1961، وقدرت دراسة كلين (Klein,et al,2002) معدل زيادة درجة الحرارة السطحية في أوروبا للفترة من 76 – 1999 بمعدل 0.45 °م، هذا وتباين معدل التزايد بين الصيف والشتاء فبلغ معدل تزايد أشهر الصيف 0.46 °م (0.24 – 0.68 °م ) ومعدل التزايد خلال الشتاء 0.47 °م (0.01 – 0.93°م ) وأسفرت دراسة مندور (٢٠١٢) عن تزايد درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية بمقدار ٠,١ °م.

(1) ومنهم لاندسبرج ( Lansberg, etal.,1968 ) و مانلي (Manley, 1974) و لامب (Lamb,1979 ) ويوسف فايد ( 1982 ) و كار (Karl, etal., 1989) والأسرج ( El Asrag, 199 ) ومتز (Metz,etal.2001 ) وهوجتن (Haughton, etal., 2001) وواتسون (Watson , 2001 ) ومندور (Mandoer , 2006) ومندور (٢٠١٢)

جدول رقم (١) مقدار تغير درجات الحرارة في بعض الأقاليم الجغرافية

| الدراسة | المنطقة (الإقليم) | الفترة | مقدار التغير (°م) |
|---|---|---|---|
| Vinnikoe, et al,1980 | 87.5-17.5 شمالاً | 1978-1891 | + 0.04 |
| Chapman&Wolsh,1993 | المحطات الأرضية | 1990-1961 | + 0.19 |
| Kahl, et al,1993 | المحيط القطبي الشمالي | 1990-1950 | - 0.37 |
| Martin, et al,1997 | وسط المحيط القطبي الشمالي | 1990-1961 | + 0.14 |
| Jones, et al,1999 | نصف الكرة الشمالي | 1997-1861 | + 0.4 |
| Rigor, et al,2000 | شرق المحيط القطبي الشمال | 1997-1970 | + 0.1 |
| Almisnid,2005 | منطقة القصيم | 2200-1971 | + 1.54-0.99 |
| مندور ،٢٠١٢ | المملكة العربية السعودية | 2009-1967 | + 0.1 |
| IPCC | العالم | | + 0.6 |

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً علي Vinnikoe (1980) , Hansen(1987) , Chapman& Wolsh (1993) Rigor(2000) , Almisnid(2005)، مندور (٢٠١٢)

و الاتجاه العام للحرارة في معظم مناطق الكرة الأرضية يتجه نحو التزايد وهو الاحترار العالمي، حيث أوضح تقرير IPCC بأن التزايد بلغ ٠,٦ درجة مئوية، واختلف مقدار التزايد من منطقة لآخري حسب ما يظهر في البيانات الواردة بالجدول (١).

**ثالثا: آثر الاحترار العالمي علي السياحة البيئية في محافظة بورسعيد**

يعد المناخ أحد الموارد الطبيعية التي تحمل بين جوانبها نقاط قوة ونقاط ضعف ويحدد ذلك خصائص المناخ ومدى مهارة الانسان في استغلاله والتكيف معه، والنشاط السياحي بكافة أنواعه ويرتبط بشكل مباشر بأحوال الطقس والمناخ، ويتصف مناخ مصر بصفة عامة وبورسعيد بصفة خاصة باعتداله لراحة الانسان معظم شهور العام، بل يمكن القوم أن كل كيلو متر مربع من أرض مصر يمكن أن يكون به أحد المقومات الطبيعية والمناخية الملائمة لإنشاء أحد الأنشطة السياحية البيئية

ويوجد العديد من المؤشرات والمعايير الكمية التي وضعها الباحثين والعلماء لتحديد المواقع الملائمة والاوقات الأفضل للأنشطة السياحية والترويحية، وأهم النقاط التي سيتم تناولها في هذا الجزء هي

أ – المقومات الطبيعية للسياحة البيئية في محافظة بورسعيد

ب– خصائص مناخ محافظة بورسعيد

ج– بعض مؤشرات المناخ الفسيولوجي

د – مؤشر المناخ السياحي لميزوسكي Mieczkowski

هـ – مؤشر المناخ السياحي في حالة تزايد درجة حرارة الكرة الأرضية

وفيما يلي تناول كل منها

**أ – المقومات الطبيعية للسياحة البيئية في محافظة بورسعيد**

أن أهم مقومات السياحة البيئية هى الموقع الجغرافى والرواسب السطحية والمناخ ومظاهر السطح والكائنات الحية، وسنتناول المقومات المختلفة بشكل مختصر مع التركيز على المناخ خاصة درجة الحرارة لارتباطه بالاحترار العالمى.

**1– الموقع الجغرافي**

تمتد محافظة بورسعيد لتطل على ثلاث واجهات مائية رئيسية ويأتى فى المقدمة البحر المتوسط والذي يقع فى شمال المحافظة شكل رقم (١)

الواجهة الثانية: بحيرة المنزلة وهي فى نفس الوقت جزء من المحافظة وتقع فى جنوب وغرب المحافظة

الواجهة الثالثة: هى قناة السويس والتى تقسم المحافظة إلى جزئين شرق وغرب القناة

والواجهة الاولى والثانية من أهم مقومات السياحة البيئية لما يرتبط بهما من أنشطة سياحية متعددة حالياً وفى المستقبل.

**٢– الرواسب السطحية**

يقصد بالرواسب السطحية رواسب الشاطئ وتأثيرها فى استخدامه كمناطق للسياحة الشاطئية أو الاستجمام فى الشتاء، وتتميز رواسب الشاطئ فى بورسعيد بأنها تكوينات رملية يتراوح حجمها فيما بين الرمال المتوسطة والرمال الناعمة والتى تساعد فى سهولة الحركة وتنخفض نسب الشوائب، مما يساعد على اعتبار الشاطئ فى بورسعيد من الشواطئ الصالحة فى النشاط السياحى البيئى.

**3 – مظاهر السطح**

تضاريس بورسعيد تعد من التضاريس البسيطة Microrelif والتي لايتجاوز تباينتها عن عدة سنتيمترات وتصل في بعض الاحيان إلي ما يقرب من المتر أو عدة أمتار، ولا يوجد معلم من معالم سطح الأرض يجذب الإنتباه الا تتابع البرك المائية والسياحات مع بعض الاراضي المجاورة لها، وهذه التضاريس تساعد علي سهولة التخطيط والتنقل ولكنها لا تمثل عناصر جذب للسياحة البيئية.

### 4 – الكائنات الحية

تضم كافة الكائنات الحية النباتية والحيوانية المتواجدة في زمام محافظة بورسعيد، إذ يتواجد العديد من النباتات الطبيعية والكائنات الحية الحيوانية في بحيرة المنزلة وحاجز البحيرة ومحمية أشتوم الجميل فضلاً عن الطيور المهاجرة ويلاحظ التباين الواضح في تغير المساحات التي تغطيها النباتات الطبيعية في البحيرة حيث زادت بصورة ملحوظة، والنباتات الطبيعية تضم 9 أنواع نباتية رئيسية تجعلها تشكل منظر جمالى للمكان، ويرتبط بكل نطاق أرضي أنواع معينة من النباتات، وأهمها:-

– والبناتات فى التجمعات الرملية التى يرتفع منسوبها عن الأراضى المحيطة بها كما هو الحال فى التجمعات الرملية (نباك) لمنطقة الديبه ويرتبط بها نباتات الرطريط والام Zygophllum Decumbens، و Zygophllum Album و نباتات الغاب والبردى فى المناطق الأنتقالية الضحلة التى يتراوح حجمها بين صفر– 75. م

شكل ( ١ ) المرئيات الفضائية الموضحة لتوزيع النبات الطبيعي في محافظة بورسعيد

– نباتات المناطق الانتقالية الضحلة التي يتراوح عمقها 0 – 0.75 متر وتضم نباتات الغاب والحجنة والبردي

– نباتات المناطق التي ينخفض منسوبها عن –1 متر وهي النباتات المائية المغمورة ومنها نخشوش الحوت وشعر الحصان

والكائنات الحية الحيوانية تضم مجموعتين رئيسيتن هما الحيوانات المائية و الطيور المهاجرة، وتضم المنطقة بيئة صيد صالحة سواء للصيد المائى أو الصيد البرى، و الطيور إما طيور مهاجرة فى الشتاء أو طيور دائمة فى المنطقة وتضم أكثر من 80 نوع تنتمى إلى 40 جنس، والكائنات الحية الحيوانية تشكل منظر جمالي للمكان من خلال تداخلها مع المياة المكشوفة والسطح المنخفض، وهي بيئة صالحة لإقامة أنشطة الصيد البري والبحري

**٥ – المناخ**

يعد المناخ مورد طبيعي يحمل بين جوانبه نقاط قوة ونقاط ضعف و يحدد ذلك خصائص المناخ ومدى مهارة الانسان في إستغلاله والتكيف معه، والنشاط السياحي بكافة أنواعه يرتبط بشكل مباشر بأحوال الطقس والمناخ، ويوجد العديد من المؤشرات والمعايير الكمية التي وضعها الباحثين والعلماء لتحديد المواقع الانسب والاوقات الأفضل للانشطة السياحية والترويحية وسيظهر ذلك جلياً عند تناول بعض خصائص المناخ فى محافظة بورسعيد وتطبق بعض المؤشرات الخاصة بالمناخ الفسيولوجى والمناخ السياحى.

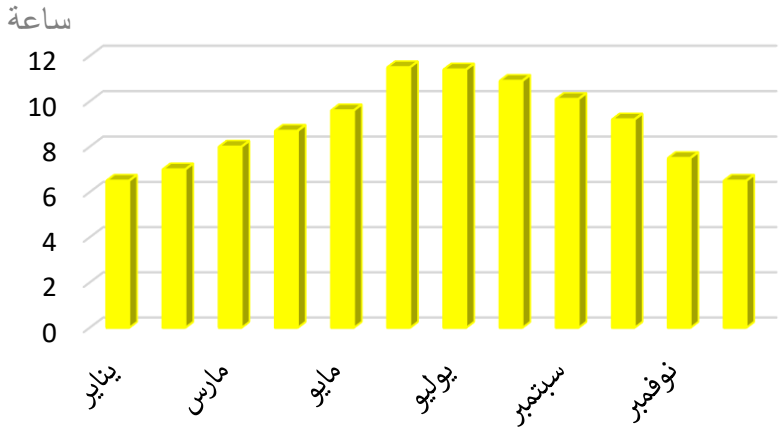
ب – بعض خصائص مناخ محافظة بورسعيد

يوضح الجدول رقم ( ٢ ) المعدلات الشهرية لبعض العناصر المناخية في بورسعيد ومنها يتضح الخصائص التالية

مدة سطوع الشمس: يبلغ المتوسط اليومي لمدة سطوع الشمس في بورسعيد خلال شهر يناير 6.5 ساعة، ويتزايد الإشعاع الشمسي مع بداية شهور الربيع لتصل أقصاها في الصيف بشهر يونيو بمقدار 11.5 ساعة ثم تاخذ في الانخفاض التريجي، ولا تنخفض عن ١٠ ساعات في يولو وأعسطس وسبتمبر، ولا تزيد عن ٧ ساعات في شهور الشتاء كما يظهر في شكل ( ٢)، وهي ملائمة للقيام بنشاط السياحة البيئية في جميع شهور العام.

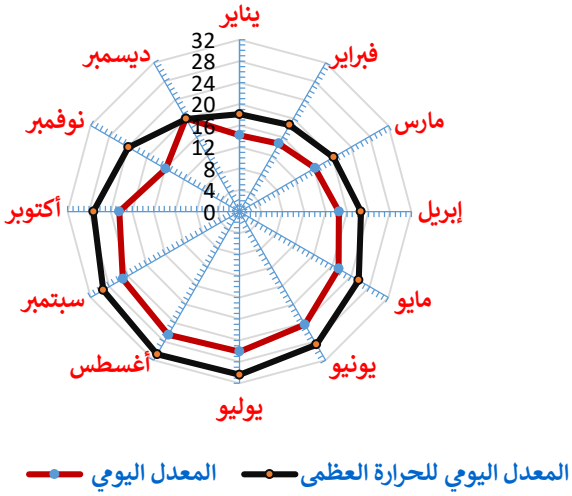
جدول (٢) المعدل الشهري لبعض عناصر المناخ في محطة بورسعيد

| العنصر | يناير | فبراير | مارس | ابريل | مايو | يونيه | يوليو | اغسطس | سبتمبر | أكتوبر | نوفمبر | ديسمبر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درجة الحرارة(مْ) | 14.2 | 14.6 | 16.2 | 18.5 | 21.3 | 24.3 | 26.1 | 26.5 | 25.1 | 22.4 | 15.9 | 20 |
| الحرارة العظمي | 18.1 | 18.6 | 20.2 | 22.6 | 25.6 | 28.6 | 30.4 | 30.7 | 29.3 | 27.2 | 23.9 | 19.9 |
| مدة سطوع الشمس | 6.5 | 7 | 8 | 8.7 | 9.6 | 11.5 | 11.4 | 10.9 | 10.1 | 9.2 | 7.5 | 6.5 |
| الرطوبة النسبية | 70 | 68.4 | 68.2 | 69.3 | 70.1 | 70.8 | 71.6 | 71.5 | 69.1 | 67.5 | 68.5 | 69.5 |
| الامطار(ملم) | 12.4 | 11.3 | 8.5 | 2.7 | 2.6 | tr | صفر | tr | 0.2 | 7.3 | 9.1 | 17.6 |
| سرعة الرياح كم/س | 1.4 | 0.7 | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.4 |



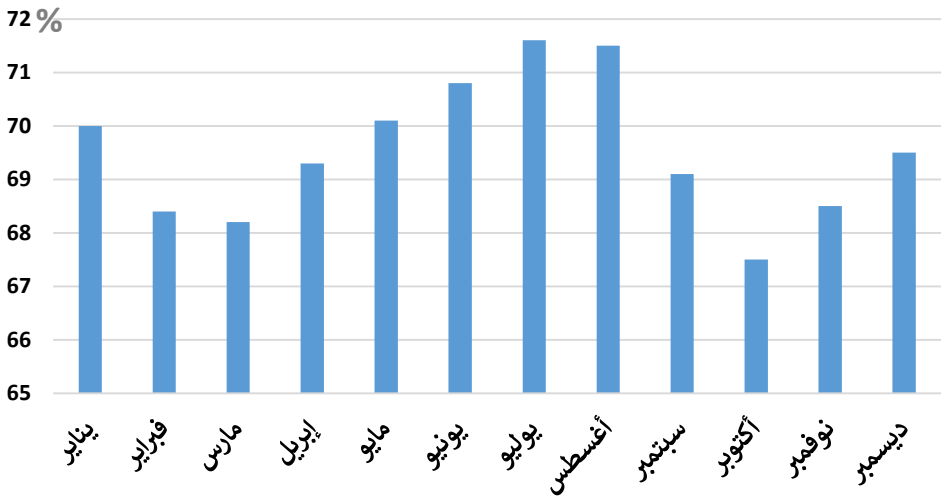

شكل (٢) معدل ساعات سطوع الشمس خلال شهور السنة في محافظة بورسعيد

درجة الحرارة: تتراوح درجة الحرارة ببورسعيد من 14.2 درجة مئوية في يناير إلي 26.5 درجة في أغسطس، ويتراوح المتوسط اليومي لدرجات الحرارة العظمي من 18.1 في يناير إلي 30.7 في أغسطس كما يظهر في شكل (٣)، ودرجات الحرارة تعد مثالية للممارسة السياحة البيئية في معظم شهور السنة.



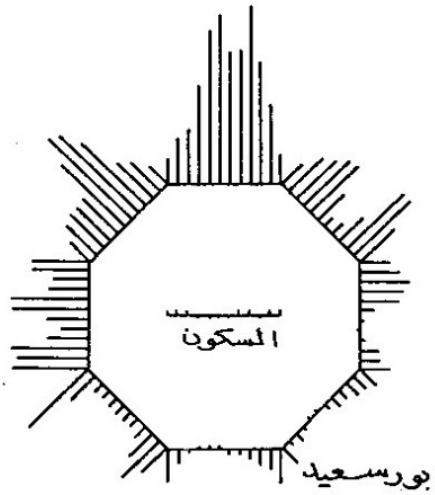

شكل (٣) دائرة الحرارة في محافظة بورسعيد

الرطوبة النسبية: تتراوح الرطوبة النتسبية في محافظة بورسعيد من ٦٧,٥ ٪ في شهر أكتوبر إلي ٧١,٦ ٪ في شهر يوليو، ومن خلال شكل (٣) يتضح أن شهري يوليو وأغسطس ارتفعت بهما الرطوبة عن ٧١ ٪، وأن شهر أكتوبر انخفضت به الرطوبة عن ٦٨، في حين تراوحت الرطوبة النسبية في باقي شهور العام فيما بين ٦٨ – ٧١ ٪




شكل ( ٤ ) المعدل الشهري للرطوبة النسبية في محافظة بورسعيد

إتجاه وسرعة الرياح: من خلال(٥) يظهر سيطرة الشماليات علي إتجاه الرياح في بورسعيد حيث تسود الرياح الشمالية ثم الرياح الشمالية الغربية ويليها الغربية فالشمالية الشرقية، ويتراوح المعدل الشهري لسرعة الرياح في بورسعيد من 1.4: 1.8 كم /ساعة، جدول رقم ( ٢)




شكل ( ٥ ) نجمة الرياح المثمنة في محافظة بورسعيد

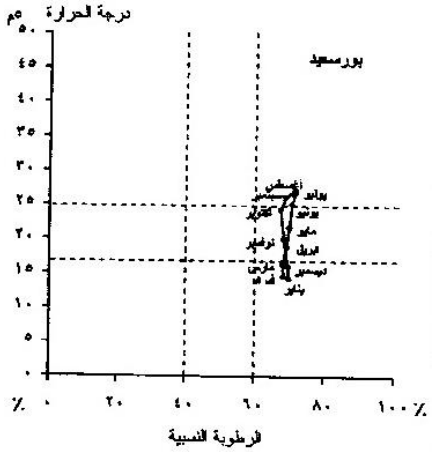
**ج – بعض مؤشرات المناخ**

**– المنحني المناخي**

يستخدم المنحنى البياني المناخي لإظهار اتجاه الحرارة والرطوبة معاً في الأقاليم الجغرافية. وتفيد دراسة منحنيات المناخ في معرفة مدى تأثير الظروف المناخية المختلفة على النشاط البشري، فالإنسان لا يستطيع أن يتحمل درجات حرارة مرتفعة مع رطوبة مرتفعة (عبد القادر عبد العزيز، 2002، ص249) وكذلك لا يمكن للإنسان أن يتحمل درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة المنخفضة. فهو غير ملائم للإنسان حيث إن الجفاف الشديد يؤذي

الجلد ويؤدي إلى تشققه، كذلك يؤدي إلى جفاف الأنف والحلق ويزيد قابلية الإنسان لنزلات البرد (يوسف عبد المجيد فايد، 1995، ص205) وفى الحالة التي تنخفض فيها درجة الحرارة إلى حدود دنيا ويصاحبها انخفاض في الرطوبة النسبية فالمناخ يتصف بأنه حاد متطرف ولا يصبح ملائم للإنسان (عبد القادر عبد العزيز، 2000، ص29).

ومن خلال شكل رقم (٦) وتطبيق المنحني المناخي الفسيولوجي يتضح أن مناخ بورسعيد يتميز باعتداله لراحة الانسان معظم شهور العام، حيث أن خمسة أشهر ( نوفمبر – أكتوبر – يونيو – مايو – إبريل) تقع في الرحة الحرارية مع إرتفاع الرطوبة وهو مريح لدرجة كبيرة، وتتسم شهور يوليو وأغسطس وسبتمبر بوقوعها في نطاق بالمناخ الحار الرطب وهو غير مريح، وشهور يناير وديسمبر وفبراير ومارس تتسم بالمناخ البارد الرطب وهو مريح نسبياً




المصدر: مندور (٢٠٠٤)

شكل (٦) المنحني المناخي لمحطة بورسعيد

**– معامل الحرارة الرياح لسبل (1945) هو:**

يعتمد هذا المعامل على عنصرين من عناصر المناخ هما درجة الحرارة وسرعة الرياح ومن خلال تطبيق المعادلة التالية

$$\mathbf{k = (33 - T)(10\sqrt{V} + 10.45 - V)}$$

حيث إن:

K = قوة تبريد الرياح (الكيلو كالوري م$^2$/ساعة).

V = سرعة الرياح (م/ث).

T = متوسط درجة حرارة الهواء الجاف بالمئوي.

العدد 33 = ثابت (درجة حرارة الجلد الطبيعية في الأجزاء المكشوفة " العارية").

الأرقام (10.45 و100) ثوابت تم التوصل إليها بالتجربة.

وحدد المعامل درجة الإحساس بالتبريد من خلال قيم ثابتة تظهر في الجدول رقم (٣)

وأسفر تطبيق معامل سبل للرياح من خلال المعادلة لبورسعيد خلال شهور السنة كما في شكل (٧) عن وجود ثلاثة أنواع هي

المناخ اللطيف: وتواجدت في شهور يوليو وأغسطس وسبتمبر حيت تراوحت قيم المعامل من ١٠٠- ٢٠٠

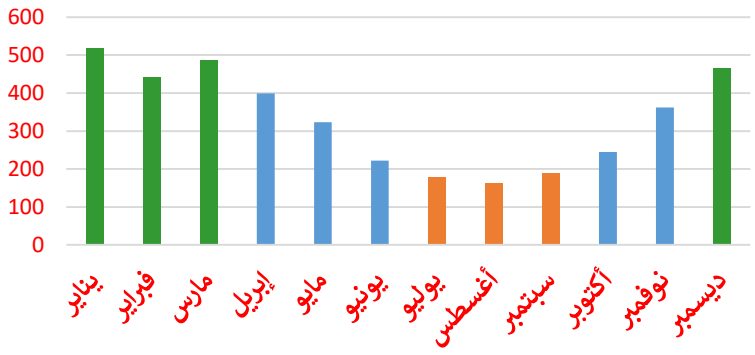
المناخ شبه المعتدل: خلال شهور إبريل ومايو ويونيو وأكتوبر ونوفمبر حيث تراوحت قيم المعدل من ٢٠٠-٤٠٠

المناخ الاميل للبرودة: وشملت شهور ديسمبر ويناير وفبراير ومارس لتراوح قيم المعدل من ٤٠٠-٦٠٠

جدول رقم (٣) قيمة معامل الحرارة والرياح لسبل

| معامل الحرارة والرطوبة | الإحساس | معامل الحرارة والرطوبة | الإحساس |
|---|---|---|---|
| أقل من 50 | حار | 600 – 400 | أميل للبرودة |
| 100 – 5 | دافئ | 800 – 600 | بارد |
| 200 – 100 | لطيف | 1000 – 800 | بارد جداً |
| 400 – 200 | شبه معتدل | 1200 – 1000 | قارس |

المصدر: على حسن موسي،1982، بتصرف.




شكل (٧) معامل الحرارة والرياح لسبيل في محطة بورسعيد خلال شهور السنه

**د – مؤشر المناخ السياحي لميزوسكي Mieczkowski**

وضع هذا المؤشر ميزوسكى[1] فى عام 1985م وأطلق عليه ( TCI) Tourism Climate Index وهو مؤشر يحدد الظروف المناخية الملائمة وغير الملائمة للنشاط السياحي إعتماداً علي عدة متغيرات مناخية هى متوسط

(1)كيفية حساب المؤشر : يتم حساب مؤشر المناخ السياحى Mieczkowski اعتماداً على الخطوات التالية .
- حساب الراحة الحرارية CI على مستوى اليوم CIA والنهار CID من المعادلة
CI = T-0.4 ( T-10)(1-R/ 100)

حيث
CI هى CIA ، CID
Tهى درجة الحرارة لليوم أو النهار
Rهى الرطوبة النسبية
- معرفة كمية المطر (ملم) وسطوع الشمس (ساعة ) وسرعة الرياح (كم/س )

درجة الحرارة العظمى ومتوسط درجة الحرارة اليومية ومتوسط درجة الرطوبة النسبية ومجموعات ساعات سطوح الشمس اليومي، ومتوسط الامطار اليومية ومعدل سرعة الرياح اليومية ومن خلال تطبق المؤشر ومن خلال حساب CIA و CID وبيانات جدول رقم (٤) يتضح أن درجات المؤشر هى جيد فى يناير وجيد جدا وفى فبراير ومارس ونوفمبر، وممتاز فى أبريل وديسمبر وصالحة فى باقى شهور السنة، وتتميز 8 شهور(الممتدة من ابريل وحتي اكتوبر وبالإضافة إلي شهر ديسمبر ) بأنها المناخ بها رائع لممارسة النشاط السياحى بكافة أنواعه، وأن باقى الشهور المناخ بها مفضل لممارسة النشاط السياحى.

جدول ( ٤) قيمة الوزن النسبى ومقدار مؤشر المناخ السياحى ونوع المناخ خلال شهور السنة فى محافظة بورسعيد

| الشهر | CIA | CID | R | S | W | مقدار مؤشر المناخ | نوع المناخ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| يناير | 2.5 | 3.5 | 5 | 3 | 5 | 69 | جيد |
| فبراير | 2.5 | 3.5 | 5 | 3.5 | 5 | 71 | جيد جدا |
| مارس | 2 | 4 | 5 | 4 | 5 | 78 | جيد جدا |
| ابريل | 3.5 | 4.5 | 5 | 4 | 5 | 83 | ممتاز |
| مايو | 4.5 | 5 | 5 | 4.5 | 5 | 94 | مثالى |
| يونيه | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 100 | مثالى |
| يوليو | 5 | 4.5 | 5 | 5 | 5 | 99 | مثالى |
| اغسطس | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 99 | مثالى |
| سبتمبر | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 100 | مثالى |
| اكتوبر | 4.5 | 5 | 5 | 4.5 | 5 | 94.5 | مثالى |
| نوفمبر | 3 | 5 | 5 | 3.5 | 5 | 78 | جيد جدا |
| ديسمبر | 4 | 4 | 4.5 | 3.5 | 5 | 80 | ممتاز |

**هـ – مؤشر المناخ السياحي لميزوسكي Mieczkowski في حالة تزايد درجة حرارة الكرة الأرضية**

مع افتراض تزايد درجة حرارة الكرة الأرضية بمقدار 3 درجة سواء حدث الارتفاع في المعدل أو في الحرارة العظمي، وبتطبيق الافتراض السابق علي مؤشر المناخ السياحي لميزوسكي وحساب الراحة الحرارية اليومية والراحة أثناء النهار يتضح حدوث تغير إيجابي في الوزن النسبي وقيم المؤشرات النهائية، إذ لم يظهر درجة جيد وتقلصت درجات جيد جداً وسيطرت درجة ممتاز حتي أصبحت العشرة أشهر الممتدة من مارس وحتى ديسمبر تمتاز بالمناخ الرائع للنشاط السياحي وشهري يناير وفبراير مفضلة

لذا فان تزايد درجة الحرارة لا يعيق الانشطة السياحية البيئية في بورسعيد بل حول شهور الستاء لشهور صالحة للسياحة البيئية، في حين أن الوضع في شهور الصيف والخريف لم يحدث به تغير واضح

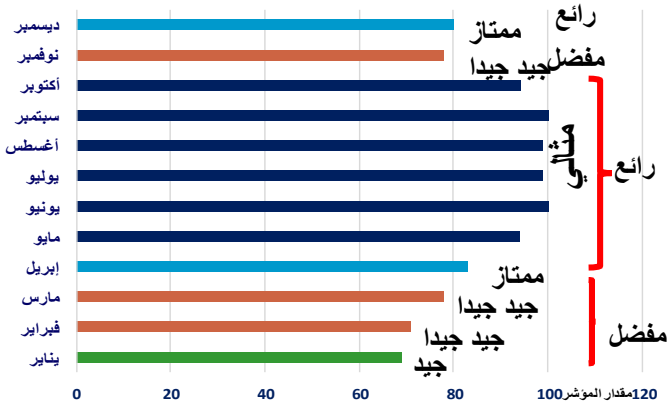
- تحديد الوزن النسبى لكل متغيرمن الجدول الذى وضعهMieczkowski والتى تتراوح من صفر – 5
- وضع فيه الوزن النسبى لكل متغيرات مؤشر المناخ السياحى ..... والمعادلة

TCI=8CID+2CIA+4R+4S+2W

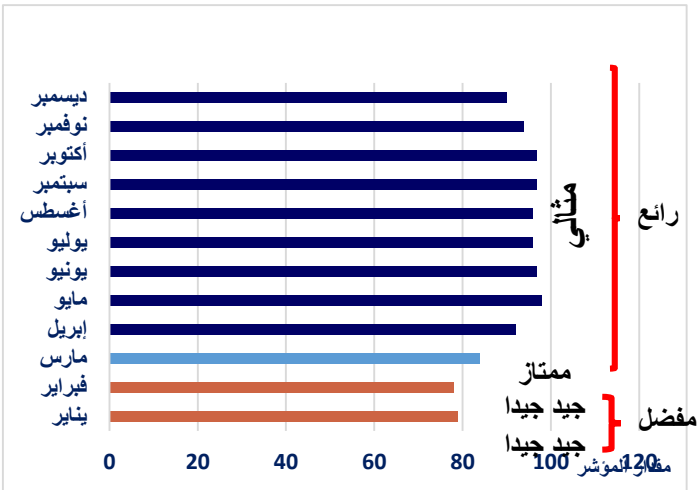
أو تحديد وزن كل مؤشر فى جدول الوزن النسبى الموضح فى الملحق
- تحديد طبيعة المناخ فى ضوء ناتج المؤشر السياحى كما يظهر فى الملحق
للاستزادة انظر محمد، محمد توفيق (2019) .

وبمقارنة الشكلين(٨-أ)،(٨-ب) يتضح أن ارتفاع درجة الحرارة الكرة الارضية بمقدار 3مْ يحدث تغير ايجابى فى الوزن النسبى وقيم المؤشر ونوع المناخ السياحى، وأهم هذه المتغيرات الايجابية هى:

- زيادة الوزن النسبى يقيم الراحة الحرارية اليومية CIA والراحة الحرارية خلال النهار CID اذ زادت قيم الوزن النسبى خلال شهور الشتاء بمقدار يتراوح من 5. -1.5 نتيجة ارتفاع درجة الحرارة.
- تغير طبيعة المناخ السياحى فى شهر يناير من جيد إلى جيد جدا وفى شهر نوفمبر من جيد جدا إلى ممتاز.
- زادت عدد شهور المناخ الرائع من 8 شهور إلى 10 شهور الممتدة من مارس وفى شهر ديسمبر
- انخفضت قيم الوزن النسبى لقيم الراحة الحرارية اليومية CIA والراحة الحرارية خلال النهار CID فى شهور الصيف بمقدار يتراوح من 5. - 1.5.




أ – خلال درجات الحرارة الحالية




ب – خلال تزايد درجة الحرارة

شكل (٨) نتائج مؤشر المناخ السياحي خلال شهور السنة في محافظة بورسعيد

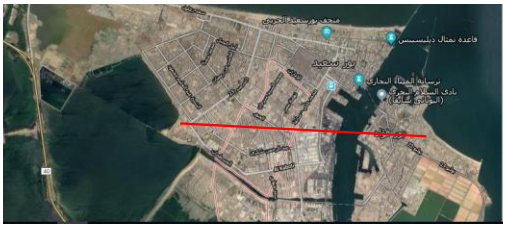
**رابعاً: بعض المشاريع المستقبلية لتنمية السياحة البيئية في محافظة بورسعيد**

يمكن التوسع في عمل بعض مشاريع السياحة البيئية والتي تتوازي مع مشاريع التنمية المستدامة في محافظة بورسعيد، ومن المشاريع التي يمكن اقتراحها

- إنشاء متحف مفتوح وبانوراما للعمليات العسكرية والحربية التي حدثت في محافظة بورسعيد وشارك فيها الشعب البورسعيدي ويحدد موقعه بالشكل رقم (٩)
- إنشاء قرى سياحية أو قري صيد بري وبحري تأخذ في شكلها نمط قرى الصيادين التي كانت في إقليم بحيرة المنزلة ويحدد موقعها كما في شكل (١٠)
- إنشاء تليفريك يمر ببحيرة المنزلة وقناة السويس ثم ينتهي عند شاطئ البحر، والموقع المقترح لإنشاء مسار التليفريك يظهر في شكل (١١)
- تحديد مواقع ثابته للصيد المائي في البحر والبحيرة، ومواقع وفترات محددة للصيد البري ( صيد الطيور المقيمة أو المهاجرة )
- إنشاء مدينة للألعاب المائية في مواقع جنوب المدينة علي شواطئ بحيرة المنزلة كما في شكل (١٢)

شكل (٩) الموقع المقترح لعمل المتحف المفتوح لمحافظة بورسعيد

شكل (٩) الموقع المقترح لإنشاء قرى سياحية أو قري صيد بري وبحري بمحافظة بورسعيد



شكل (٩) الموقع المقترح لمسار التليفريك ببورسعيد

شكل (٩) الموقع المقترح إنشاء مدينة الألعاب المائية بورسعيد

## قائمة المراجع والمصادر

### أولاً: المراجع العربية


- البارودي، محمد سعيد (2007) الأدلة الجيومورفولوجية على فترات المطر والجفاف خلال عصر البلايوستوسين والهولوسين على طول المناطق الغربية للمملكة العربية السعودية، سلسلة رسائل جغرافية، وحدة البحث والترجمة، الجمعية الجغرافية الكويتية، رسالة 328.
- المسند، عبد الله عبد الرحمن ( 1427 ) تغير المناخ في المملكة العربية السعودية – دارسة حالة منطقة القصيم من عام 1970 – 2099، الندوة التاسعة لأقسام الجغرافيا بجامعات المملكة الغربية السعودية، جامعة الملك سعود.
- الوليعي، عبد الله ناصر (1987) تغيرات المناخ في المناطق الجافة: دراسة حالة المملكة العربية السعودية، الكتاب الجغرافي السنوي، مجلد 4، صص 31 – 85، كلية العلوم الاجتماعية – جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية.
- إيملي، محمد حلمي (2003) فاعلية معدلات الحرارة والرطوبة وآثارهما على راحة الإنسان في الدلتا المصرية، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافيه – كلية الآداب، جامعة المنوفية، العدد الأول.
- جودة، حسنين جودة (١٩٩٧) جغرافية الزمن الرابع، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- جوده، حسنين جوده (2000) الجغرافيا المناخية والحيوية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- علي، عبد القادر عبد العزيز (2000) العلاقة بين المناخ والحركة السياحية في جمهورية مصر العربية – دراسة تطبيقية، مجلة الأرصاد الجوية، الهيئة المصرية العامة للأرصاد الجوية، جمهورية مصر العربية.
- ---------- (2002) الطقس والمناخ والمتيورولوجيا، مطبعة جامعة طنطا، طنطا.
- فايد، يوسف عبد المجيد (1995) جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، القاهرة.
- محمد، توفيق محمد (٢٠١٩) مؤشر المناخ السياحي دراسة تطبيقية علي مدينة الأقصر، مجلة كلية الآداب جامعة بني سويف.
- موسى، على حسن (1982) الوجيز في المناخ التطبيقى، دار الفكر، دمشق.
- ---------- (1998) المناخ والسياحة، دار الأنوار للطباعة والنشر، دمشق.
- مندور، مسعد سلامه مسعد (2002) الإشعاع الشمسي في مصر – دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب – جامعة المنصورة.
- ---------- (٢٠٠٥) أقاليم الراحة والإرهاق المناخي في مصر، المجلة الجغرافية العربية، العدد السادس والأربعون، الجزء الثاني

- ---------- (٢٠١٢) تغير درجة الحرارة السطحية بالمملكة العربية السعودية – دراسة في الجغرافيا المناخية، رسائل جغرافية (380)، وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا والجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت
- ----------(٢٠١٩) الاحترار العالمي ومستقبل السياحة البيئية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي للمعلومات الجغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، 10–14 فبراير 2019 الرياض
- موسي، علي حسن (1986) المعجم الجغرافي المناخي، دار الفكر، دمشق.
- يوسف، عبد العزيز عبد اللطيف (2000) المناخ الفسيولوجي في مصر، حوليات كلية الآداب، المجلد 28، العدد الثاني.
- يوسف، عبد العزيز عبد اللطيف (2000) التباين المناخي على ثلاثة محاور طولية في مصر، مجلة بحوث كلية الآداب – جامعة المنوفية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Almisind, A. (2005) Climate Change and Water use for irrigation: A case study in The Gassim area of Saudi Arabia, Ph. D. ,University of East Anglia.
- Chapman, W. L. and Walsh, J. E. (1993) Recent variations of sea ice and air temperature in high latitudes, Bull. Amer. Meteor. Soc. 74, PP.33-77.
- Folland, C. K., Rayne, R N. A., Brown, S. J., Smaith, T. M., Shen S. S. P., Parker D. E., Macadam I., Jones, R. N., Nicholls, N., and Sexton, D.,H. (2001)Global Temperature Change and its uncertainties since 1861, Jou. of Geophysical Research Letters, Vol.28, No.13.
- El – Asrag , A.M. ( 1999 ) Climate Change Over Egypt and Its Relevance To Global Change , The Fourth Conference Meteorology & Sustainable Development to 7 – 9 March , Egyptian Metrological Authority.
- Hanson, J. and Lebedeff, S., (1987) Global Trend of Measured Surface Air Temperature, Jou. of Geophysical Research Letters, Vol.92, No.D11,P.13345-13372.
- Hanson, J., Sato M., Ruedy, R., Ken, L., Lea, D., and Elizad, M.M. (2006) Global Temperature chang , PNAS, Vol.103, No.39.
- Hegeral, G. C., Karl, T. R., Allen, M., Bindoff, N. L., Gillett, N., Karoly, D., Zhang, X., and Zwiers, F. (2006) Climate Change Detection and Attribution: Beyond Mean Tempeture signals, Jou. of Climate Special section, Vol.19.
- Haughton, J. T. , Ding, Y. , Griggs, D. J., Noguer, M., Daix, Maskell, K., Johnson, C.A. and Vander Linden, P.J. ( 2001 ) Climate change 2001 , The Scientific Basis , Cambridge University Press.
- Jones, P. D., Raper, S. C., Bradley, R.S., Diaz, H.F., Kelly, P. M., and Wiegley, M.L. (1986) Northern Hemisphere Surface Air Temperature Variation (1851-1984), J. of Climate AND applied Meteorology, Vol.25, No.2.
- Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S., and Rigor, I. G. (1999) Surface Air Temperature and its changes over the past 150 years, Rev. Geophysics., No.37, P.173-199.

- Kahl, J. D., Charlevoix, D. J., Zaitseva, N. A., Schnell, R. C., and Serrsze, M. C. (1993) Absence of evidence for green house warming over the Arctic Ocean in the past 40 yars, Nature., 361 , P.P. 335-337.
- Karl, T.R., H. Diaz and Barnett, T. ( 1989 ) Climate variation of the past century and the green house effect ( A report based on the first climate Trends Workshop ) Rockville , MD: National climate program office / NOAA.
- Klein Tank, A. M., Wijngarrd, J. B., Konnen, G. P., Demaree, G., Goeheva, A., Mileta, M., Pashiardis, S., Hejkrik, L., Kern, G., Heino, R., Bessemoulin, P., Muller, G., Tzanakou, M., Szalai, S., Palsdottir, T., Tizgerald, D., Rubin, S. (2002) Daily Dataset of 20 th-Centry Surface air temperature and precipitation serifs for the European Climate Assessment, Int. Jo. Climat. 22, p.p. 1441-1453.
- Lamb, H. H. ( 1979 ) Arctic ice , atmospheric circulation and world climate , Geographical Journal , No. 144.
- Landsberg, H. E., Yu, C. S. and Huang, L. ( 1968 ) Preliminary reconstruction of a long time series of climatic data for the eastern united states. Tech. Note BN – 571 univ. of Maryland.
- Mandour , M. S. (2006) Climate Changes in Egypt within the Second Half of the 20th Century in Relation to Sunspot, Egyptian Meteorological Authority Meteorological Research Bulletin ISSN 1687-1014, Vol. 21 .
- Martin, S., Minoz, E. A., and Drucker, R. (1997) Recent Observation of a spring – summer surface warmaing over the Arctic Ocean, Geophys. Res. Lett., 24, P.P. 1259 – 1262.
- Metz, B., Davidson, O., Swart, R., Pan, J. ( 2001 ) Climate change 2001 , Mitigation , Cambridge university Press , New York
- Manley, G. ( 1974 ) Central England Temperatures: monthly means 1959 to 1973. Journal of the royal Meteorological Society , No 100
- Rigor, I. G., Colong, R. L., and Martin, S. (2000) Variation in surface temperature observation in the Arctic, 1979 -1997, Jo. Climate, 13, P.P.896-914.
- Smith, T. M., and Reynolds, R. W., (2005) A Global Merged Land-Air Sea Temperature Reconstruction Based on Historical Observation (1880-1997) , J. OF Climate, Vol.18.
- Szeto, K. K. (2007) On the extreme variability and change of cold-sea son temperatures in Northwest Canada, Jour. Of Climate, Amer. Meteo. Soc., Vol.21.
- Polyakov, I., Bekryaev, R.,Alekseev.G., Bhatt.U., Golony. R., Johinson, M., Maskshta, A. and Walsh, D. (2003) Variability and Trends of Air Temperature and Pressure in the Maritime Arctic,1875-2000,Jou.of Climate Meteorological Society,Vol.16.
- Vinnkiov, K., Gruza, G. V., Zakharov, V. F., Kirllov, A. A., Kovyneva, N. P., and Rankov, E. (1980) Recent climate change in the Norhern Hemisphere, Sov. Meteor. Haydrol., 6, P.P.1-10.
- Watson , R. ( 2001 ) Climate Change 2001 , Synthesis Report , WMO , Cambridge University Press.

ثالثا لمصادر البيانات

- The Egyptian Meteorogical Authority (1979) Climatological normals for A.R.E. Up to 1975, Cairo.
- The Egyptian Meteorogical Authority (Monthly weather reports) for period 1950 – 1995.

# الفصل التاسع

# التغيرات المناخية وتأثيراتها على التنوع البيولوجي

## تأصيل الأفكار وتطبيقات عربية.

أ. د. عادل معتمد عبد الحميد

أستاذ الجغرافية البيئية بجامعة أسيوط– جمهورية مصر العربية، وجامعة الملك خالد بالمملكة العربية السعودية.

ثمة ارتباط كبير متعدد التفرعات بين قضيتي التغيرات المناخية والتنوع البيولوجي، ويصل هذا الارتباط بين الموضوعين الى حد التشابك في فكرة السبب والنتيجة؛ فالتغير في قيم العناصر المناخية وخاصة عنصري الحرارة والمطر يترك تأثيرات بالغة الوضوح على مستوى الاثراء والتنوع البيولوجي، كما أن تراجع مستوى الثراء والتنوع البيولوجي يعد في بعض الأحيان عاملا محفزاً لزيادة حدة التأثيرات الخاصة بالتغيرات المناخية.

وهذا الموضوع يصيب شتى أقاليم العالم ومن بينها عالمنا العربي الذى يمثل جزءا من النظام البيئي العالمي متأثرا بما يحدث فيه، ومؤثرا في الصورة النهائية لتلك التفاعلات بين التغيرات المناخية والتنوع البيولوجي، وهو ما سنسعى في هذه الورقة الى طرحه ومناقشته.

ووفقاً لما ورد في تقرير المنتدى العربي للبيئة والتنمية لعام 2009، فإن رغم ضآلة مساهمة المنطقة العربية في حدوث التغيرات المناخية من خلال انبعاثاتها المحدودة من غازات الاحتباس الحراري، والتي تقل عن 5% من الرقم العالمي، إلا أنها تواجه ضعفاً هائلاً في مواجهة تغير المناخ.

ومع هذا فإن للدول العربية مصلحة راسخة في الدفع بقوة نحو معاهدة قوية تتضمن مجموعة متنوعة من التدابير الصارمة للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه، والأهم من ذلك، ضمان تقديم المساعدة المالية والفنية لمن يحتاجونها لتحقيق أهدافها.

وربما ما يمكن اعتباره مؤشرا مهما على استعداد الدول العربية للمشاركة في الجهود العالمية للتخفيف من آثار تغير المناخ، يمكن أن على تطوير تقنيات الطاقة النظيفة، لاسيما في ظل وفرة موارد الطاقة المتجددة المتاحة في العالم العربي، وتحديدًا الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية.

التَّغيرات المناخية.... المفهوم والتَّأثيرات يشير تغير المناخ العالمي إلى متوسط التَّغيرات طويلة المدى على الأرض بأكملها. وتشمل هذه التَّغيرات ارتفاع درجات الحرارة والتَّغيرات في كميات الأمطار، فضلاً عن تأثيرات ارتفاع درجة حرارة الأرض.

**ومن أهم أثاره:**

- ارتفاع منسوب مياه البحر
- تقلص الأنهار الجليدية الجبلية

- ذوبان الجليد بمعدل أسرع من المعتاد في جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية والقطب الشمالي
- التَّنوع البيولوجي والتَّغيرات المناخية.... علاقات متداخلة

تتداخل العلاقة بين التَّغيرات المناخية والتَّنوع البيولوجي، ويمكن رصد هذه العلاقة من خلال مناقشة المحورين التاليين:

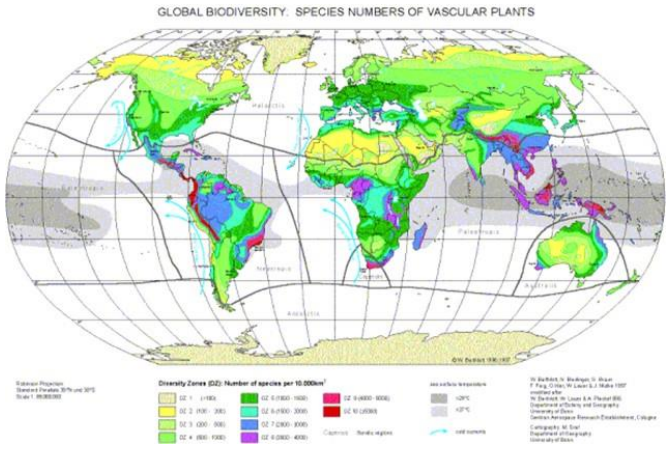
أولاً التَّنوع البيولوجي في حد ذاته نتاج مباشر لحالة الخصائص المناخية حاليا وقديما وكذلك مستقبلاً.

ثانيا: تترك التَّغيرات المناخية أثارها المباشرة على حالة التَّنوع البيولوجي (خاصة في حالة الفقد)، كما أن تدهور التَّنوع البيولوجي (خاصة الغطاء النَّباتي) يترك آثاره على خصائص العناصر المناخية

- اهتمام عالمي متنامي

منذ البدايات المبكرة لدراسة القضايا البيئية كأن التَّنوع البيولوجي حاضرا بقوة حتى وأن لم يعبر عن ذلك بصياغة مباشرة، ولعل التتبع التالي يؤكد على ذلك:

1- في عام 1948، تم تأسيس الاتحاد الدولي لصون الطَّبيعة، وهي أولى المؤسسات الدُّولية التي تأسست للحفاظ على النُّظم البيئية ومحتواها من الأنواع الأحيائية
2- في عام 1962 بداية القصة قدمت الأستاذة راشيل كارسون عالمة البيولوجى الأمريكية كتابها الشهير "الربيع الصامت" silent Spring حيث نبهت فيه لخطورة التلوث البيئي إذ أشارت إلى أنه "سوف يأتي زمان لا نسمع فيه شقشقة الطُّيور ولا زقزقة العصافير.... والسبب الملوثات الكيميائية"
3- تم في عام 1964 IUCN Red List تدشين القائمة الحمراء التَّابعة للاتحاد الدولي لصون الطَّبيعة، ويتم ذلك بناءً على معايير دقيقة لتقييم خطر الانقراض على الاف الأنواع والأنواع الفرعي، ويهدف IUCNإلى إعادة تقييم فئة كل الأنواع كل عشر سنوات على الأقل، أو كل خمس سنوات أن أمكن.
4- ثم توالت مظاهر الاهتمام بقضايا التَّنوع البيولوجي مرورا بأيام البيئة العالمية المعتمدة للحفاظ على المعطيات البيئية، وصولا لتخصيص يوم من كل عام كمناسبة عالمية للحفاظ على التَّنوع البيولوجي والذي يوافق 22 مايو من كل عام.




شكل رقم (1) الصُّورة التَّوزيعية للتنوع البيولوجي للكرة الأرضية

أهم الملاحظات على الصُّورة التَّوزيعية للتنوع البيولوجي

بناء على ما تبينه الخريطة رقم (1) فإنه يمكن ملاحظة ما يلي:

1- يختلف منحنى التَّنوع البيولوجي على طول امتداده من خط الاستواء مرورا بمناطق العروض الوسطى والعُليا وصولا للقطبين وتكون الوفرة من نصيب المناطق الاستوائية ذات المطر الغزير والحرارة المرتفعة التي تهيئ الظُّروف لوجود تنوع نباتي وحيواني قلما نجد له مثيل في أي بقعة أخرى بالكرة الأرضية.

2- يتباين التَّنوع البيولوجي مع الارتفاع حيث إنه يكون واضحا كثيفا في سفوح الجبال (تماما كالعروض الدنيا) ثم يأخذ في الانخفاض في حالة الارتفاع الذي يصل الى حالة من الفقر الواضح عند القمم الجبلية (متساوية في ذلك مع المناطق القطبية).

3- تتميز البيئات اليابسة بتنوع بيولوجي أكبر وأغنى من نظيرتها المائية، والسبب الرئيسي في ذلك هو كثافة عمليات التَّمثيل الضَّوئي التي تتم بصورة كبيرة من خلال النَّباتات التي تغطى مساحات شاسعة من اليابس ولا تجد نفس المجال المكاني ولا الظُّروف الحيوية المناسبة لذلك في البيئة المائية.

4- يقل التَّنوع البيولوجي كثيراً في الجزر عما هو الحال عليه في الكتل القارية.

ومما سبق يتضح أن هناك اختلافات فرضتها الظُّروف المناخية والطبوغرافية (التضاريسية) فأوجدت حالة من التَّنوع المميز والمفيد لكل بيئة من البيئات.

كيفية قياس وتقدير التَّنوع البيولوجي

لقد ترتب على كثرة التَّعريفات والمفاهيم التي حاولت شرح المقصود بتعبير التَّنوع الحيوي أن تعددت وجهات النظر الخاصة بحساب التَّنوع الحيوي وتقييمه؛ فهناك طرق تدعوا للتمييز بين التَّنوع على مستوى الأعداد وأخرى على مستوى الأفراد داخل النَّوع الواحد، كما ظهرت مشكلات فيما يتعلق بالاختلافات الجغرافية بين البيئات على مستوى الكرة الأرضية وما لذلك من أثر على الطريقة التي تتبع لتقدير التَّنوع الحيوي وحسابه.

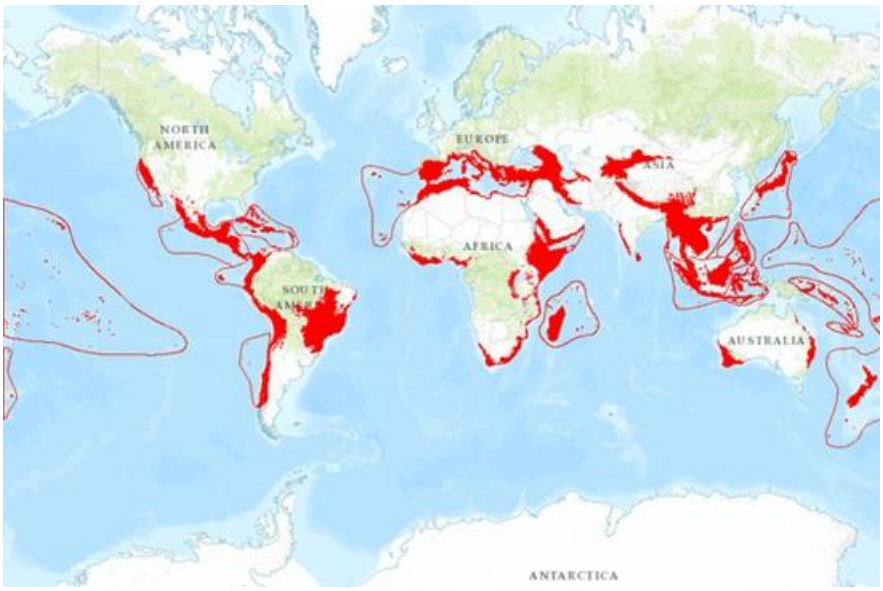
مؤشرات القياس

أولها المؤشر ألفا Alpha diversity

وهو يشير إلى عدد الأنواع في مجتمع واحد ومن ثم فأن هذا المؤشر يعطينا تصور عن وفرة الأنواع Species richness وبالتالي فهو يساعد عند مقارنة عدد الأنواع في مختلف الأنظمة البيئية.

وأما المؤشر بيتا Beta diversity فيعتمد عليه إذا كان الهدف معرفة تغير عدد الأنواع ومدى ارتباط ذلك بتغير مماثل في الظُّروف البيئية.

وأخيرا المؤشر جاما Gama diversity الذي يطبق في الدِّراسات التي تتناول عدة بيئات ومناطق جغرافية ومن ثم عرف هذا المؤشر بأنه يعبر عن معدل تواجد الأنواع الإضافية كبديل جغرافي (أي أنه يحل بديلا لأنواع أخرى غابت نتيجة لاختلاف الظُّروف الجغرافية).




شكل رقم (2) القاع السَّاخنة للتَّنوع البيولوجي

تبين الخريطة رقم (2) أن هناك العديد من البقاع الجغرافية ذات التَّنوع البيولوجي المميز تعاني من تهديدات الفقد للموائل، تقدر تلك المناطق بنحو 36 منطقة حيث يمكن أن يكون للنجاح في الحفاظ على الأنواع تأثير هائل في تأمين التَّنوع البيولوجي العالمي.

أهمية التَّنوع البيولوجي

تتعدد أوجه الأهمية والفوائد التي يجنيها الإنسان من حالة الثراء والتَّنوع البيولوجي، والتي يمكن إيجازها فيما يلي:

- الأهمية البيئية
- الأهمية الغذائية
- الأهمية العلاجية
- الأهمية الجمالية
- حماية موارد المياه العذبة.
- تعزيز تكوين التُّربة وحمايتها.
- اتاحة الفرصة لتخزين المغذيات وإعادة التدوير.
- المساهمة في استقرار المناخ. التَّعافي السَّريع من الكوارث الطَّبيعية.
- توفير المزيد من الموارد الغذائية.
- توفير المزيد من الموارد الطِّبية والأدوية.
- توفير بيئات للتَّرفيه والسِّياحة.

يقدر أن نحو 25٪ من الأدوية المستخدمة في الطب الحديث مشتقة من نباتات الغابات المطيرة بينما 70٪ من عقاقير السَّرطان هي منتجات طبيعية أو اصطناعية مستوحاة من الطَّبيعة. هذا يعني أنه في كل مرة ينقرض فيها نوع ما، نفقد دواء جديد محتمل.

فقد التَّنوع البيولوجي

تعرف اتفاقية التَّنوع البيولوجي (CBD) عملية فقدان التَّنوع البيولوجي" على أنه: "التخفيض النَّوعي أو الكمي طويل الأجل أو الدائم في مكونات التَّنوع البيولوجي وإمكانية توفير السلع والخدمات، التي يتعين قياسها على المستويات العالمية والإقليمية والوطنية"

وعلى الرغم من أن سجلات الحفريات قد أظهرت أن الأمر استغرق في المتوسط مليون سنة قبل أن تنقرض أنواع من الفقاريات، فقد كأن من المتوقع ألا ينقرض أكثر من نوع واحد من بين مليون نوع. ومع ذلك، فأن معدل الانقراض الحالي الملحوظ هو 2.6 نوع من الفقاريات لكل 10000 في السَّنة

أصدر الصندوق العالمي للحياة البرية (WWF) تقرير الكوكب الحي لعام 2020، حيث أظهر التقرير انخفاضا بنسبة 68٪ في أعداد الحيوانات التي تم تتبعها على مدار 46 عامًا (1970–2016).

العوامل المسببة لتدهور التَّنوع البيولوجي

اتفقت أغلب الدراسات البحثية على أن هناك خمسة عوامل مسئولة عن فقدان وتدهور التَّنوع البيولوجي منها أربعة عوامل بشرية وهي:

- تعديل الموائل.
- الاستغلال المفرط.
- الأنواع الغريبة الغازية.
- سلاسل الانقراض.

**التَّغيرات المناخية وفقد الأنواع**

- سرعة التَّغير المناخي:
- يقصد بها السُّرعة والاتجاه الذي يحتاج فيه نوع ما إلى التَّحرك للحفاظ على ظروفه المناخية الحالية في ظل تغير المناخ

من المرجح أن تتجاوز السُّرعة الحالية وحجم اتجاهات تغير المناخ قدرات عدد من الأنواع على البقاء والتَّكيف مع الظُّروف البيئية الجديدة مما يؤدي إلى زيادة معدلات الانقراض

التَّأثيرات المناخية المباشرة

وتشمل تلك التَّأثيرات النَّاتجة عن زيادة درجة الحرارة وزيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بتغير المناخ العالمي، حيث تؤدي هذه الآثار المباشرة إلى العديد من التَّأثيرات غير المباشرة الرَّئيسة المحتملة، مثل التَّغيرات في

الدورات الهيدرولوجية) التبخر والتساقط (وزيادة حجم ومدى الظَّواهر الجوية المتطرفة والحرائق المتكررة التي تدمر النِّظام البيئي .يمكن أن تؤثر هذه التَّغييرات على التَّنوع البيولوجي بعدة طرق، بما في ذلك تغيير دورات الحياة، عن طريق تغيير نطاقات الموائل وتوزيع الأنواع، والتَّغيرات في الوفرة، والتَّغيرات في أنماط الهجرة، والتَّغيرات في تواتر وشدة تفشي الآفات والأمراض.

**التحولات في توزيع الأنواع**

تظهر الاستنتاجات العامة لنتائج الأدبيات أن العديد من الأنواع قد غيرت نطاقاتها الجغرافية استجابة للتغيرات السريعة في أنظمة درجات الحرارة سقوط الأمطار، عمومًا في اتجاه القطب، نحو ارتفاعات أعلى، حيث أنتهي جروفمان وآخرون (2014) إلى أنه في البيئات الأرضية، تحركت النَّباتات والحيوانات نحو ارتفاعات أعلى بمعدل 0.011 كيلومترًا لكل عقد وإلى خطوط عرض أعلى بمعدل 16.9 كيلومترًا لكل عقد. أدى تغير المناخ إلى تحولات جذرية في التَّوزيع الجغرافي للأنواع والنُّظم البيئية في شرق إفريقيا.

**تغيرات فينولوجيه**

لوحظت تغيرات في علم الفينولوجيا أو التوقيت الموسمي لأحداث الحياة في إفريقيا استجابة للتغيرات في درجات الحرارة، والتساقط، والفترة الضَّوئية (Workie and Debella, 2017) تشمل الأحداث الفينولوجية التَّغيرات في نمو الأوراق، وازدهار النَّباتات وتفتحها، وتحولات في توقيت التبويض والتَّكاثر والهجرات في الحيوانات Miller- (Rushing et al,2011).

يمكن أن تؤثر الظَّواهر الجوية المتطرفة أيضًا على التَّنوع البيولوجي بطرق أكثر تعقيدًا. على سبيل المثال، في الفيلة الأفريقية (africana Loxodonta)، يتم التَّكاثر على مدار السَّنة، لكن الذكور المهيمنة تتزاوج في موسم الأمطار وتتكاثر الذكور التَّابعة في موسم الجفاف. وبالتَّالي، فإن التَّغيير في شدة أو مدّة مواسم الأمطار مقابل مواسم الجفاف يمكن أن يغير معدلات التَّكاثر النِّسبية، وبالتَّالي، الهياكل الوراثية في هذه المجموعات

**دراسة مهمة لقياس تأثر الأحياء بالتَّغيرات المناخية**

درَس الباحثون حساسية الأحداث الفينولوجية لاثنين من متغيرات المناخ، في طيف عريض من الأنواع، بغرض تقدير مستويات التَّغير في الكائنات الحية تأثراً بالتَّغيرات المناخية.

كشفت الدِّراسة التي أعدها باحثون في "معهد ليبنيز لأبحاث الحيوان والحياة البرية" في ألمانيا أن أنواع الطُّيور تحاول التَّكيف مع درجات الحرارة من خلال تقديم مواعيد وضع البيض، مشيرةً إلى أن التَّغيرات الفينولوجية المتعلقة بدورة حياة الحيوان–مثل عمليتي التناسل والهجرة– تنطوي على فوائد بدنية مثل تحقيق أعلى ناتج تناسلي على سبيل المثال.

لكن الدِّراسة حذرت، في الوقت ذاته، من أن المناخ يتغير بدرجة تجعل من الصعب على بعض الأنواع الحيوانية أن تكون قادرةً على التَّكيف بسرعة كافية تتناسب مع معدلات التَّغير الذي تشهده الكرة الأرضية في درجات الحرارة.

ووفق الدِّراسة، التي نشرتها "نيتشر كوميونيكيشنز" ( Nature فقد استعان الباحثون بـ10090 ملخصًا علميًّا و71 دراسة منشورة تناولت 17 نوعًا في 13 دولة، خاصة الطُّيور؛ لتقييم استجابة الأنواع لتغيُّر المناخ.

وأوضح الباحثون أنه "على الرغم من أن بعض الأنواع كأنت تقدم دورات حياتها الموسمية استجابةً لارتفاع درجات الحرارة، فأن هذه التَّغيرات التَّكيفية قد لا تحدث بمعدل يضمن استمرارًا طويل الأجل لبعض الأنواع، وأنه يمكن لبعض الأنواع أن تتكيف مع التَّغيرات المناخية عن طريق تغيير "الفينولوجيا" الخاصة بها، ولكن هذا يحدث فقط في حالة إذا كأن هناك تبايُن وراثي كافٍ أو مرونة في سلوكها وتطورها".

وقد خلص الباحثون إلى أنه على الرغم من أن الاستجابات الفينولوجية قابلة للتّكيف، إلا أن غالبية الأنواع معرضة للخطر؛ إذ أن الاستجابات التَّكيفية التي تُظهرها الأنواع ليست سريعةً بما يكفي لضمان استمرار الأنواع على المدى الطويل".

وحذرت الدِّراسة من أن الأنواع المدروسة مهددة بخطر الانقراض في حال استمرار تسارع معدلات تغير المناخ مع عدم قدرة الأنواع على التَّكيف مع هذا التَّغير بالقدر الكافي. ومن ثم فالأمر لازال بحاجة إلى المزيد من البحوث لقياس مستويات هذه التَّأثيرات

**مخاوف كبرى**

وفقا لما أوردته مجلة نيتشر فأن انقراض التَّنوع البيولوجي يحدث بوتيرة أسرع 1000 مرة من المعتاد، إذا لم نتوقف عنه فأننا نجازف بفقدان كل شيء "تختفي النَّباتات والحيوانات الآن بما يصل إلى 1000 ضعف معدل الانقراض الطَّبيعي في الخلفية، مع النُّظم البيئية الحيوية الداعمة للحياة التي يمكن أن تتضرر قريبًا بشكل لا رجعة فيه. ومن ثم لدينا ظاهرة الاحتباس الحراري، حتى مع وجود حدود صارمة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، لا يزال من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الأرض 3.5 درجة مئوية أخرى في غضون بضعة عقود، مما قد يؤدي إلى موت غابات الأمازون المطيرة، والأعاصير الهائلة التي تضرب المدن السَّاحلية، انبعاث واسع النطاق للميثان من ذوبان التُّربة الصقيعية، وفي نهاية المطاف، الانقراض الجماعي... إذا لم يتم إيقاف هذه العوامل الستة بسرعة، فأننا نجازف بفقدان كل شيء

**تأثيرات التغيرات المناخية**

أكدت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، وهي الهيئة العلمية التابعة للأمم المتحدة والمعنية بهذه القضية، بيقين كبير أن الأسباب البشرية تكمن وراء معظم الزيادات المرصودة في درجات الحرارة العالمية. فقد ارتفعت تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من حوالي 280 جزءًا في المليون في عصر ما قبل الصناعة إلى حوالي 430 جزءًا في المليون اليوم. وعند مستوى 550 جزءًا في المليون، والذي يمكن الوصول إليه بحلول عام 2035، قد يرتفع متوسط درجات الحرارة العالمية بأكثر من درجتين مئويتين. وفي ظل سيناريو بقاء الأمور على حالها، قد يتضاعف مخزون غازات الدفيئة أكثر من ثلاثة أضعاف بحلول نهاية القرن، مما يعني وجود خطر بنسبة 50% على الأقل لارتفاع درجات الحرارة بأكثر من 5 درجات مئوية خلال العقود التالية. ويمكن

توضيح حجم هذه الزيادة من خلال حقيقة أن المناخ حاليًا أكثر دفئًا بمقدار 5 درجات مئوية مما كان عليه في العصر الجليدي الأخير، الذي كان قبل أكثر من 10,000 عام.

لقد تأثرت النظم البيئية الفيزيائية والبيولوجية في جميع القارات وفي معظم المحيطات بالفعل بالتغيرات المناخية الأخيرة (IPCC، 2007أ). ومن المتفق عليه عمومًا الآن أن هذا التغير المناخي ناتج عن زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز وغازات الدفيئة الأخرى في الغلاف الجوي (IPCC، 2001أ

وفقًا لدراسات النمذجة، ستواجه المنطقة العربية ارتفاعًا في درجة حرارة سطح الأرض يتراوح بين درجتين مئويتين و5.5 درجة مئوية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. وسيصاحب هذه الزيادة انخفاض متوقع في هطول الأمطار من صفر إلى 20%. وستؤدي هذه التغيرات المتوقعة إلى فصول شتاء أقصر، وصيف أكثر جفافًا وحرارة، وارتفاع معدل موجات الحر، وارتفاع مستوى تقلبات الطقس، وزيادة وتيرة حدوث الظواهر الجوية المتطرفة

## نماذج من البيئات العربية

تتعرض الدول العربية كجزء من العالم لتأثيرات التغيرات المناخية، وقد تكون مظاهر هذا التعرض طفيفا قاصرا على ارتفاع ملحوظ في قيم درجات الحرارة، أو ارتفاع في قيم التساقط المطري في بعض السنوات، أو انحباس المطر لسنوات أخرى، أو تزايد عدد الأيام المطيرة أو تقلصها، وقد يصل الأمر إلى مستوى الكارثة مهددة حياة السكان وممتلكاتهم ومراكز عمرانهم.

وفى هذا الصدد سيكون الحديث مركزاً على حالة دولة ليبيا من خلال مراجعة ما حدث في إعصار دانيال الذي ضرب مدينة درنة في خريف 2023، وكذلك ما تتعرض له الأراضي المصرية من تأثير للتغيرات المناخية وخاصة على بيئة الدلتا المصرية والقطاع الساحلى للبحر المتوسط.

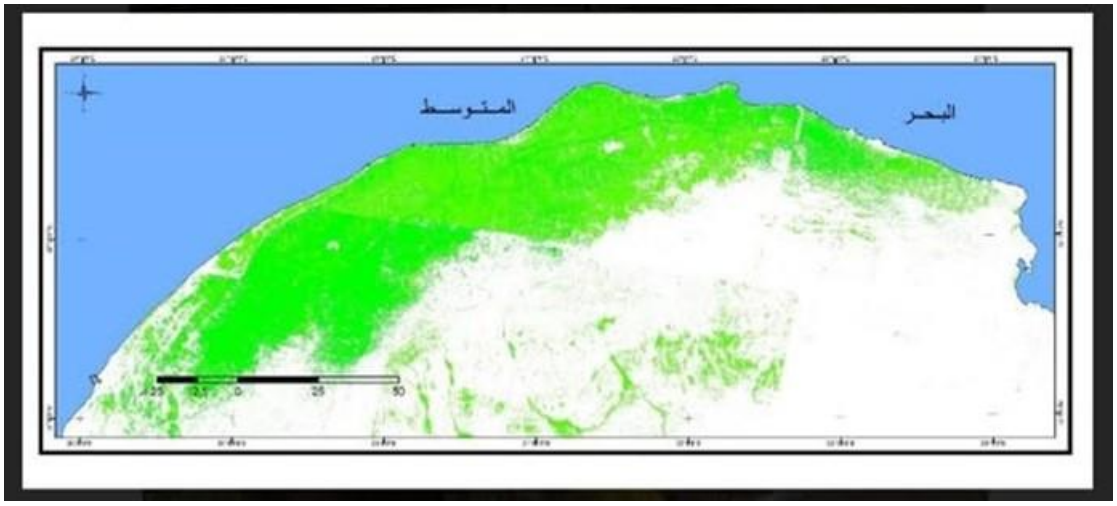
### 1- الحالة الليبية

تصنف ليبيا بلداً صحراويا بشكل شبه كامل، حيث تمثل الصحراء ما يناهز ال 95 % من اجمالي مساحة الراضي، دفع هذا الى تركز كثافة سكانية مرتفعة للغاية في المناطق الساحلية التي تتركز بدورها بين الجبال المنخفضة على حساب باقي جغرافيا ليبيا.

وقد أدى هذا الى تدهور الأراضي بشكل ملحوظ، مع كثافة سكانية مرتفعة في المناطق الساحلية، التي تستقطب غالبية السكان جنبا الى جنب مع الجبال المنخفضة والواحات المتناثرة في الصحراء، مما جعلها تعاني من أعلى مستويات تدهور الأراضي والتحذير من أي تساقطات مفرطة للأمطار أو الكوارث البيئية.

ورغم هذه السمة الصحراوية، فإن ثمة إقليم فريد بين الأقاليم الليبية من الناحيتين المناخية والبيئية، وهو إقليم الجبل الأخضر على الرغم من أن هذا الإقليم لا يمثل مساحياً أكثر من نحو 1% من إجمالي مساحة الأراضي الليبية (البالغة نحو مليوني كم2) إلا أنه بمثابة الإقليم المتفرد من حيث محتواه من التنوع البيولوجي _ولا يقترب من خصائصه هذه إلا إقليم جبل نفوسه في الغرب الليبي_ حيث يتميز الإقليم بتنوع واضح من حيث محتواه من صور الحياة البانية والفطرية، إذ يضم أكثر من 50 % من إجمالي الأنواع النباتية المنتشرة بالبلاد.

يقدر عدد الأنواع النباتية بهذه المنطقة حوالي " 1100 " نوع من إجمالي الأنواع النباتية الليبية المقدر عددها بحوالي " 2000نوع كان أهمها على الإطلاق نبات عرف قديمًا واشتهرت به هذه المنطقة وهو نبات السلفيوم البرقاوي الذي نقشه القدماء على آثارهم وأوراقهم المالية وفي رسوماتهم، كما يوجد نحو " 75 " خمسة وسبعين نوعًا من النباتات لا تنمو إلا بهذا الإقليم وهي تشكل حوالي 4 % من مجموع الأنواع النباتية في ليبيا .شكل رقم (3)




شكل (3) إقليم الجبل الأخضر في ليبيا

وتقع مدينة درنة في قلب هذا الأقاليم فتتمتع بمعظم سمات إقليم البحر المتوسط المناخى من حيث مستوى الأمطار وتكراريتها.

إعصار دانيال: مرت عاصفة دانيال على مدينة درنة يومي 10، 11 سبتمبر 2023، مخلفة أضرار مادية وبشرية غير مسبوقة في تاريخ المدينة بسبب انهيار السدين بوادي درنة الذي تعتبر نهايته تمر بقلب المدينة قبل وصولها إلى شاطئ البحر المتوسط،حيث استمر سقوط الأمطار لمدة عشر ساعات بالمدينة بكمية مطر قدرت بنحو 672ملمتر، وهى كمية كبيرة جدا لم يتحملها جسم سد درنة (صورة رقم 1 )

ضورة رقم (1) انهيار سد درنة جراء العاصفة دانيال

وقد أشارت الكثير من التقارير الدولية والإقليمية والأبحاث العلمية التي تمت في أعقاب الكارثة إلى أن التغيرات المناخية لها دور لا يمكن انكاره في حدوث الكارثة أو على الأقل تفاقمها.

إذ أشار التحليل الأولى الذي أجرته مجموعةWorld Weather Attribution وهي مجموعة من العلماء مدعومة من الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر، قامت بتحليل البيانات المناخية والمحاكاة الحاسوبية لمقارنة المناخ كما هو اليوم، أي بعد زيادة حوالي 1.2 درجة مئوية من الاحتباس الحراري، مع مناخ الماضي. ووجد العلماء أن تغير المناخ الناجم عن النشاط البشري أدى إلى زيادة احتمال هطول الأمطار الغزيرة في شمال شرق ليبيا بما يصل إلى 50 مرة عما كان سيحدث في عالمٍ لا يعاني من تغير المناخ بسبب النشاط البشري. ووجدوا أيضًا أن الأمطار الغزيرة وصلت إلى 50% أكثر من معدلها في عاصفة ممطرة مماثلة في عالمٍ ما قبل تغير المناخ .(صورة رقم 2)

صورة رقم (2) انهيار المنشآت والطرق في مدينة درنة جراء العاصفة دانيال

لقد أوضح التقرير أنه حتى في عالمٍ "دافئ" بمقدار 1.2 درجة مئوية، فإن تساقط الأمطار في ليبيا كان متطرفًا. لقد كان حدثًا من المتوقع أن يحدث مرة واحدة فقط كل 300–600 عام. ومع ذلك، فإن هذه الوتيرة أعلى بكثير مما يمكن أن تكون عليه الحال في عالمٍ لم ترتفع فيه درجات الحرارة .

وأفاد التقرير أن هطول الأمطار وحده لم يجعل كارثة درنة حتمية، بحيث أن التأهب، وتقليل أعمال البناء في المناطق المعرضة للفيضانات، وتحسين إدارة البنية التحتية للسدود، لكانوا قد قللوا من التأثير الإجمالي للعاصفة دانيال. ومع ذلك، فإن التغير المناخي عاملاً هاماً في تسبب الظواهر الجوية المتطرفة وتفاقمها .

**2- <u>الحالة المصرية:</u>**

طبقا لمحددات جهاز شئون البيئة التابع لوزارة البيئة فإن مخاطر التغيرات المناخية الأساسية المعرضة لها مصر تتمثل فيما يلي:

1- ارتفاع منسوب مستوي البحر وتأثيره على المناطق الساحلية، مما قد يؤدي إلى غرق المناطق الساحلية المنخفضة ودلتا نهر النيل وتأثر مخزون المياه الجوفية القريبة من السواحل وتأثر جودة الأراضي الزراعية وتأكل السواحل المصرية مما يؤثر على السياحة بشكل عام والسياحة البيئية بشكل خاص والتجارة والموانئ بالمناطق الساحلية، كما سيؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل الغذائية كالأرز والقمح.

2- ارتفاع درجات الحرارة وشدة الموجات شديدة الوطأة التي تؤثر على زيادة معدلات التصحر والجفاف مما سيؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل التي تحتاج في زراعتها إلى منسوب ماء مرتفع.
3- اختفاء بعض أنواع الكائنات الحية ( تدهور التنوع البيولوجي) حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تغيير توزيع الكائنات الحية وفقدان مواطنها الطبيعية وتغير في دورات الحياة. كما تزيد هذه التغيرات من تهديدات الانقراض التي تواجه الكائنات الحية بسبب فقدان مواطنها الأصلية .
4- التأثير السلبي على الصحة، حيث يؤدي الارتفاع الشديد في درجات الحرارة وتلوث مياه الشرب والهواء النقي والمأوي الغير أمن والغذاء الغير كافي إلى تدهور الصحة العامة بشكل مباشر.

**المناطق الأكثر عرضة لمخاطر المناخ في مصر**

في أواخر عام 2023ُ نشرت مجلة Nature العلمية المتخصصة في الطبيعة والبيئة والجيولوجيا، دراسة بإشراف البنك الدولي كشفت من خالّ لها عن قائمة الدول العشرين التي تضم أكبر عدد من المناطق والمدن المعرضةً لخطر الفيضانات المحتملة بسبب التغير المناخي. الجدير بالذكر أن مصر احتلت المركز التاسع في هذه القائمة،ً من وحذرت الدراسة بشكل واضح من زيادة معدلات إقامة مجتمعات سكنية في مناطق خطر الفيضانات بدال الابتعاد عنها .والمؤسف أنه ال تزال تعتبر منطقة دلتا النيل في مصر وساحلها على البحر الأبيض المتوسط عرضة لتغيرات خط الساحل بسبب التآكل والتراكم والهبوط وارتفاع مستوى سطح البحر بسبب تغير المناخ.

على الرغم من أن انبعاثات مصر من غازات الاحتباس الحراري بشرية المصدر بلغت عام 2018 طبقاً للبنك الدولي 329،220.00 كيلو طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، بزيادة قدرها 2.76 ٪ عن عام 2017، وهي حوالي 0.7 % من إجمالي الانبعاثات العالمية طبقاً للبنك الدولي، إلا أن دلتا النيل المكتظة بالسكان مهددة بشكل خطير بارتفاع مستوى سطح البحر، وسيكون لتغير المناخ أيضًا تأثير على صحة المواطنين. وقد أُجريت دراسات في محاولة لتحليل تدابير التكيف الممكنة، وتم تنفيذ بعض دراسات تقييم الضعف في القطاعات ذات الأولوية كجزء من تطوير خطة العمل الوطنية للتكيف مع تغير المناخ؛ حيث أكدت إلى أن قطاعات التنمية المختلفة سوف تكون عرضة للعديد من المخاطر نتيجة ارتفاع منسوب سطح البحر، وزيادة شدة وحدة وتكرارية الأحداث الجوية العنيفة، ومحدودية الموارد المائية، ومن المتوقع أن تؤثر تلك التغيرات على الزراعة، والمناطق الساحلية، والاستزراع المائي ومصايد الأسماك، والمستوطنات البشرية والمناطق العمرانية، والتنوع البيولوجي، وصحة الإنسان

التأثيرات المرتبطة بالتغيرات المناخية على البيئة المصرية:

1-ارتفاع منسوب مستوى سطح البحر وتأثيراته على المناطق الساحلية، خاصة المناطق المنخفضة منها على السواحل الشمالية لجمهورية مصر العربية

يمتد الساحل المصري بطول 3500 كم منهم 1150 كم على ساحل البحر المتوسط، و1500 كم ساحل البحر الأحمر. ويشير تقرير الإبلاغ الوطني الثالث لمصر، إلى أن أحد السيناريوهات تتوقع زيادة مستوى سطح البحر بمقدار 100 سم حتى عام 2100 مع الأخذ في الاعتبار هبوط الأرض في الدلتا، مما يتسبب في دخول

المياه المالحة على المياه الجوفية، مما يؤدى إلى تلوثها وتملح التربة وتدهور جودة المحاصيل وفقدان الإنتاجية. كما يؤدي ارتفاع درجة حرارة مياه البحر إلى تغير نوعية المياه في البحيرات الشمالية، مما يؤثر على الثروة السمكية بهذه البحيرات. وتتسبب زيادة تركيزات وانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في زيادة حمضية مياه البحار والمحيطات (pH) مما يؤثر على نوعية وكمية الأسماك. كما تتعرض المناطق الساحلية للأحداث الجوية العنيفة مثل العواصف البحرية والسيول، وتؤدي الخسائر الاقتصادية، ونقص الوعي إلى تغيير النشاط الاقتصادي للصيادين والقوى العاملة في المناطق الساحلية، صورة رقم (4)

صورة رقم (4) دلتا نهر النيل المصري وتأثرها بالتغيرات المناخية

صورة رقم (5) غرق السواحل المصرية متأثرة بالتغيرات المناخية

**2- زيادة معدلات التصحر**

جاء تعريف التصحر في المادة الأولى من اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر على أنه «تدهور الأراضي بالأقاليم القاحلة وشبه القاحلة والجافة نتيجة عوامل متعددة تتضمن التغيرات المناخية والأنشطة البشرية». وتعد مشكلة التصحر واحدًا من أهم التحديات البيئية التي تعاني منها مصر؛ حيث تصنف مصر من أكثر الدول معاناة من المشكلة؛ وذلك وفقًا لإحصائيات السكرتارية التنفيذية لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر، والتي تؤكد أيضًا أن هناك 3.5 فدان تتعرض للتصحر كل ساعة، وهو أمر يعد شديد الخطورة، خاصة وأن المساحة الزراعية محدودة، وتمثل فقط نحو 4 % من مساحة مصر.

### 3- -تأثر جودة الأراضي وتدهور الإنتاج الزراعي وتأثر الأمن الغذائي

تؤكد الدراسات المستخدمة لسيناريوهات المناخ المختلفة على تأثر الإنتاج الزراعي بالقارة الأفريقية، ومن بينها مصر، أن ارتفاع درجات الحرارة، وتغيير أنماط هطول الأمطار سوف تؤثر على إنتاجية المحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية، مما يؤدي إلى زيادة معدلات الفقر والمخاطر وإلى خسائر في سبل العيش(وفقًا للتقرير التجميعي الخامس 2014 الفصل 12 الأمن البشري – الهيئة الحكومية الدولية لتغير المناخ).

### 4- -تأثر الموارد المائية وزيادة معدلات شح المياه

يعتبر نهر النيل المصدر الرئيسي للمياه؛ حيث يقدم حوالي 95 % من الاحتياجات المائية لمصر، يليه الأمطار الموسمية والتي تتساقط على سواحل مصر الممتدة شمالاً وشرقاً، ثم المياه الجوفية، وإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي المعالجة. ومازال هناك عدم يقين واضح في التنبؤات المناخية المستقبلية حول احتمالية زيادة أو انخفاض إيراد نهر النيل. ومن المتوقع أن يزيد الطلب على المياه بزيادة عدد السكان بدول حوض النيل بما فيها جمهورية مصر العربية؛ ولهذا يجب تبني إجراءات للتكيف تتلاءم مع حالة عدم اليقين لإيراد نهر النيل في ظل تأثيرات التغيرات المناخية المحتملة على موارد المياه.

### 5- تدهور الصحة العامة

تؤثر التغيرات المناخية بشكل مباشر على الصحة عند الأحداث الجوية العنيفة كالعواصف، والفيضانات، وارتفاع درجات الحرارة، أو بشكل غير مباشر من خلال التغيرات الحيوية لمدى انتشار الأمراض المنقولة بواسطة الحشرات كالملاريا وغيرها ومسببات الأمراض التي تنقلها المياه كالبلهارسيا وغيرها وجودة الهواء وانتشار الالتهاب السحائي، وجودة وإتاحة المياه، والغذاء الصحي، وعلاقته بأمراض سوء التغذية خاصة لدى الأطفال تحت سن 5 سنوات كما أن مصر مهددة بسبب ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها الطبيعية إلى انتشار أمراض النواقل الحشرية مثل أمراض: الملاريا، والغدد الليمفاوية، وحمى الضنك، وحمى الوادي المتصدع، خاصة في المناطق الجنوبية من البلاد، ويرجع ذلك إلى توافر المناخ والموطن المناسب لهذه النواقل.

### 6- تدهور السياحة البيئية

تعد السياحة بشكل عام إحدى أهم مصادر الدخل القومي في مصر، وهناك احتمالية بتأثر هذا القطاع بالتغيرات المناخية؛ حيث من المتوقع نتيجة ارتفاع مستوى سطح البحر حدوث عدد من التأثيرات المباشرة على الاستثمارات والمنشآت السياحية، مثل تآكل أجزاء من الشواطئ الرملية في المناطق الشمالية. كما قد تتأثر الشعاب المرجانية نتيجة ارتفاع درجة حرارة مياه البحار أو هجرة أنواع من الكائنات الحية إلى أماكن تواجدها مؤدية إلى ابيضاضها وفقدها للألوان المميزة لها، والتي تجذب السياح لمشاهدتها. ومن المحتمل أيضاً أن تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على ألوان وعمر الآثار والمنشآت التاريخية المختلفة مما يؤثر على جودتها وبالتالي على أعداد الزائرين لمشاهدتها. كما يتوقع أن يؤثر تغلغل المياه المالحة في المناطق الساحلية المنخفضة على الآثار المدفونة في المناطق الساحلية مما يؤدي إلى زيادة معدل تدهورها.

### 7- تأثر المدن والمجتمعات العمرانية

هناك اتجاه على المستوى العالمي لانتقال سكان الريف إلى الحضر مما يؤدي إلى زيادة عدد المهمشين والفقراء بالمدن الحضرية، وجراء تزايد شدة العواصف الترابية والسيول والموجات الحرارية التي يسببها تغير المناخ

**خطة مصر لمواجهة التغيرات المناخية**

أعلنت الحكومة المصرية في مايو،2022 الاستراتيجية الوطنية الأولى لتغير المناخ في مصر 2050 تأكيدًا على عدة أمور: أن مواجهة تغير المناخ أولوية، ولكن الاهتمام بالبيئة ال يعنى إغفال أهمية تحقيق تقدم اقتصادي واجتماعي، لذا حددت الاستراتيجية 5 أهداف رئيسية تمثلت فيما يلي:

1- تحقيق نمو اقتصادي مستدام وخفض الانبعاثات في مختلف القطاعات.
2- بناء المرونة والقدرة على التكيف مع تغير المناخ وتخفيف الآثار السلبية المرتبطة بتغير المناخ
3- تحسين حوكمة وإدارة العمل في مجال تغير المناخ .
4- تحسين البنية التحتية لتمويل الأنشطة المناخية .
5- تعزيز البحث العلمي ونقل التكنولوجيا وإدارة المعرفة ورفع الوعي.

**جهود تخفيف آثار التغيرات المناخية على السواحل ودلتا النيل**

اتخذت مصر مجموعة من الاجراءات للتخفيف من مخاطر المناخ في مصر، من أهمها مشروع "تعزيز التكيف مع تغير المناخ في منطقتي الساحل الشمالي للبحر المتوسط ودلتا النيل في مصر" إذ يركز المشروع على هدفين الهدف الرئيسي هو الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة وهو العمل المناخي وهدف اخر ذو صلة وهو الهدف الأول القضاء على الفقر. ويتم تنفيذه بالتعاون بين وزارة الموارد المائية والري، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، وبتمويل بمنحة من صندوق المناخ الأخضر بقيمة ٣١,٤ مليون دولار.

طبقا لمعلومات وزارة التعاون الدولي يهدف المشروع إلى الحد من مخاطر الفيضانات الساحلية في الساحل الشمالي لمصر بسبب مزيج من ارتفاع مستوى سطح البحر المتوقع وتكرار وشدة أحداث العواصف الشديدة .ويعد أكبر مشروع للتكيف مع تغير المناخ والتعامل مع ارتفاع منسوب البحر في أفريقيا، حيث يتم تنفيذ أعمال حماية للشواطئ بأطوال تصل إلى ٦٩ كيلومترا بشمال الدلتا في خمس محافظات هي: البحيرة وكفر الشيخ والدقهلية ودمياط وبورسعيد باستخدام مواد قليلة التكلفة وصديقة للبيئة.

بالإضافة إلى وضع خطة متكاملة لإدارة المناطق الساحلية بالبحر المتوسط، بما يسهم في إدارة مخاطر تغير المناخ على المدى الطويل وتحقيق التنمية المستدامة بالمنطقة .على الجانب الآخر هيئة الأرصاد الجوية المصرية على اتصال بهيئة الأرصاد الدولية وأنها من خال التكنولوجيا التي تمتلكها يمكنها التنبؤ بالأرصاد والظواهر المناخية قبلها بـ 72 ساعة. كما أن مصر مؤخرًا استقبلت 3أجهزة رادار للطقس متقدمة .وفي إطار التخفيف من تأثر قطاع الزراعة، أولت الحكومة اهتماما بذلك في برنامجها، وفيما يلي أبرز الإجراءات المستهدفة في إطار ذلك البرنامج .:وضع خريطة استثمارية زراعية جغرافية ومناخية تراعي التغيرات المناخية وربطها مع شبكة الري، تتضمن خطط الزراعات المستقبلية باستخدام نظم الرصد والاستشعار عن بعد عن طريق ربطها بشبكة مزودة بنظام بصمة طيفية للمحاصيل الزراعية ..تفعيل نظم الإنذار المبكر للتنبؤ بتأثير

التغيرات المناخية المتوقعة على المحاصيل الزراعية، وتوعية المزارع بطبيعة المحاصيل المناسبة وفقا لهذه المنظومة ..تبني سياسة الزراعات الذكية المناخية Agricultural Smart Climate بما يكفل الزيادة المستدامة في الإنتاجية الزراعية، والتكيف أو الحد من تأثير التغيرات المناخية على قطاع الزراعة، بالإضافة إلى خفض الانبعاثات الكربونية ..تعزيز سبل الزراعة المستدامة، وتوفير الدعم المالي والفني لتحسين قدرة الإنتاج الزراعي على الصمود أمام التحديات ذات الصلة بتغير المناخ

## خاتمة

من خلال ما تقدم في هذه الورقة يتبين لنا أننا أم قضية مهمة تمس حياة الانسان وكذلك حياة غيره من الكائنات الحية ويهدد باختفاء أنواع أو تناقص أعداد تلك الأنواع وكثافتها في أفضل الأحوال.

ومع التسليم بأن الدول النامية (ومن بينها الدول العربية) لم تكن مساهما ذو شأن كبير في إحداث التغيرات المناخية، إلا أنها تبقي الدول الأكثر تضررا من تبعات تلك التغيرات، وخاصة الدول التي يعتمد اقتصادها على النشاط الزراعي الذي يتضرر بشكل واضح جراء تلك التغيرات، أو أن تتعرض أراضيها الساحلية وخاصة على ساحل البحر المتوسط لتبعات تلك التغيرات مما يهدد حياة سكانها وينذر بتلاشي مدن بأكملها.

لذا ينبغي أن تستمر جهود الدول العربية متسقة مع الجهود الدولية الساعية للحد من تلك التغيرات المناخية والعمل على تخفيف حدتها، والتأهيل السكاني للتعايش معها.

# الفصل العاشر

# خصائص الامطار الساقطة وتأثيرها في إنتاجية وإنتاج محصول القمح في الدول العربية المتأثرة بنظام مناخ البحر المتوسط

**الأستاذ الدكتور نهاد خضير كاظم الكناني**

قسم الجغرافية / كلية التربية للبنات

جامعة الكوفة

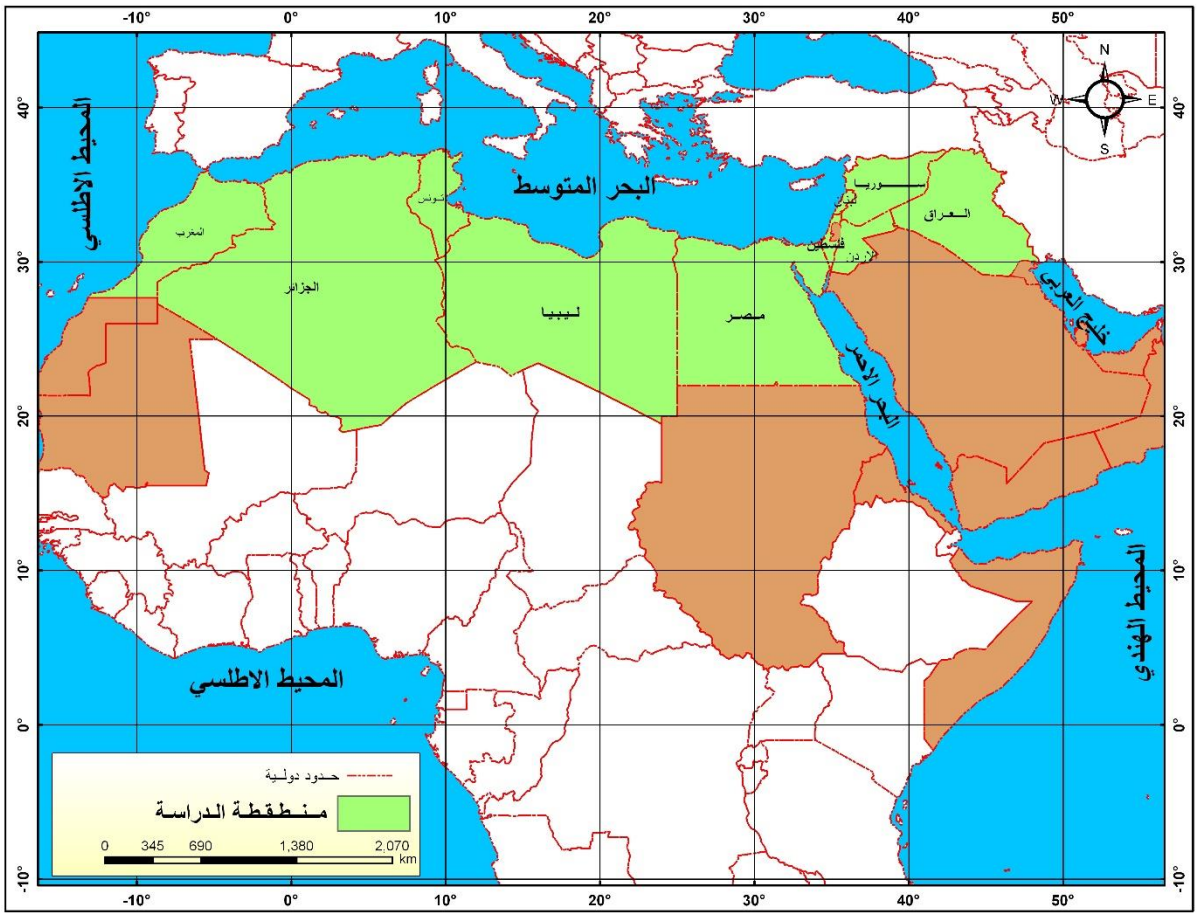
تعد الامطار في الوطن العربي احدى اهم عناصر المناخ التي لها الدور الكبير المؤثر في زراعة وانتاجية مختلف المحاصيل الحقلية خاصة محاصيل الحبوب والتي يعد محصول القمح في مقدمتها، وعلى الرغم من التطور العلمي والتكنلوجي الذي تشهده معظم الدول العربية الا ان انتاج المحاصيل الحقلية بصورة عامة ومحصول القمح بصورة خاصة يكون عرضة للتذبذب وفقاً لتذبذب كميات الامطار الساقطة، خاصة في الدول التي تقع تحت تأثير نظام امطار البحر المتوسط. وترجع **اهمية البحث** هنا في التركيز على عنصر الامطار الى كون معظم العوامل المؤثرة في انتاج محصول القمح الشتوي اكثر ثباتا من الامطار، فطبيعة السطح ونوع التربة ودرجة الحرارة، وكذلك العوامل البشرية لا تتغير او تتذبذب زمانيا ومكانيا بنفس السرعة التي تتذبذب فيها الامطار، والى ان معظم المساحات المزروعة في الوطن العربي تعتمد على الامطار وبمساحة تعادل ( 90.3 % ) من مجموع المساحة المزروعة مقارنة بالأراضي التي تعتمد في ريها على مياه الانهار والعيون والتي تبلغ ( 9.7 % ) [1]، لذا تكون هذه الاراضي عرضة للتذبذب في مساحتها وانتاجيتها بين عام واخر وفي نفس الوقت لاتزرع في معظمها الا مرة واحدة خلال العام، فضلا عن مساحات واسعة من تلك الاراضي تترك بوراً من عام الى اخر حتى تسترد جزءاً من خصوبتها كونها لايمكن زراعتها سنويا، خاصة في الدول التي تكون امطارها شتوية متاثرة بنظام امطار البحر المتوسط والتي تعتمد عليها في زراعة المحاصيل الشتوية والتي يعد القمح من اهمها.

تتباين الدول العربية المشمولة بالبحث تباينا مكانيا في تأثر انتاجية محصول القمح بالامطار الساقطة عليها وفقا لكمياتها وخصائصها تبعا للعوامل المؤثرة فيها، وتكمن **مشكلة البحث** هنا في الؤال التالي ( هل للامطار الساقطة في منطقة الدراسة دور مؤثر في انتاجية محصول القمح فيها ؟ وهل توجد علاقة بينهما ؟ ومابيعة تلك العلاقة )، لذا **يفترض البحث** بان لخصائص الامطار الساقطة وكمياتها دور كبير على انتاجية وانتاج محصول القمح في منطقة الدراسة وبان هناك علاقة بينهما، ومن اجل ايضاح طبيعة هذه العلاقة وقياسها تم الاعتماد اضافة الى **المنهج التحليلي على المنهج الكمي الاحصائي**، اذ تم الاستعانة بالعلاقات الاحصائية ( معامل الارتباط، معامل التحديد ومعامل الاختلاف ) للبيانات المسجلة **للدول المشمولة بالدراسة والتي تم تحديدها** في كل من ( العراق، الاردن، سوريا، لبنان، فلسطين، مصر، تونس، الجزائر، ليبيا والمغرب العربي ) ذات الامطار الشتوية

---

**1 )** جلال بدر خضرة ، ايمان الزايد ، جغرافية الوطن العربي في اسيا ، مديرية الكتب والمطبوعات ، سوريا ، 2010 ، ص 129 .

المتاثرة في خصائصها وكمياتها بنظام امطار البحر المتوسط، والتي يشكل انتاج القمح فيها نسبة تصل الى حوالي ( 80 % ) من المحاصيل الحقلية المزروعة، شكل (1).




**شكل ( 1 )**

**حدود منطقة الدراسة من الوطن العربي**

المصدر:حيدر شفيق، اطلس العراق والوطن العربي والعالم، دار المريخ للعلوم، بغداد، 2013.

**اولا: خصائص الامطار الساقطة في منطقة الدراسة:**

تظهر سنويا تباينات واضحة في كميات الامطار الساقطة في عموم منطقة الدراسة، احيانا تزداد وقد تتجاوز المعدلات العامة لها فتوفر بذلك المتطلبات المائية المناسبة لمحصول القمح بالشكل الذي يسمح في نجاح زراعته وزيادة انتاجيته، واحيانا اخرى تصل كميات الامطار الساقطة الى اقل من تلك المعدلات، ممايشكل خطرا كبيرا على نجاح زراعة المحصول وانتاجيته، ان هذا التذبذب الذي تمتاز به كميات الامطار الساقطة في منطقة الدراسة فضلا عن الخصائص الاخرى المتمثلة بعدم انتظامها في شدتها واستمراريتها في المنطقة الواحدة بسبب منخفضات البحر المتوسط وبسبب تاثير عدة عوامل اخرى سوف نحاول ايضاح اهمها بما يلي:

يمتد الوطن العربي بمساحة تزيد على ( 14 مليون ) كيلو متر مربع تشغل حوالي ( 40 ) دائرة عرض مابين ( 2ْ جنوبا الى 37ْ 3َ شمالا ) عند الحدود الشمالية للعراق مع تركيا في اقصى الشمال والشمال الشرقي للوطن العربي [1]، مما يعني ان الجزء الاكبر من مساحته يقع ضمن النطاق المداري الجاف مع هوامش شمالية

1 ) محمد صبري محسوب ، العالم العربي ، الطبعة الاولى ، القاهرة ، 2002 ، ص 40 .

ضمن النطاق المعتدل الدافئ وهامش جنوبي ضمن المداري والاستوائي الرطب، لذا يعد الموقع الفلكي احد العوامل المؤثرة في تحديد الخطوط الجغرافية لانماط المناخ في منطقة الدراسة والتي تشكل انماط الاطار الساقطة في والتي سيتم ايضاحها اما الموقع بالنسبة لكتل اليابسة والماء الى جانب تنوع التضاريس واختلاف ارتفاعاتها وامتداداتها هو الذي يحدد ويضفي تفاصيل خصائص تلك الامطار.

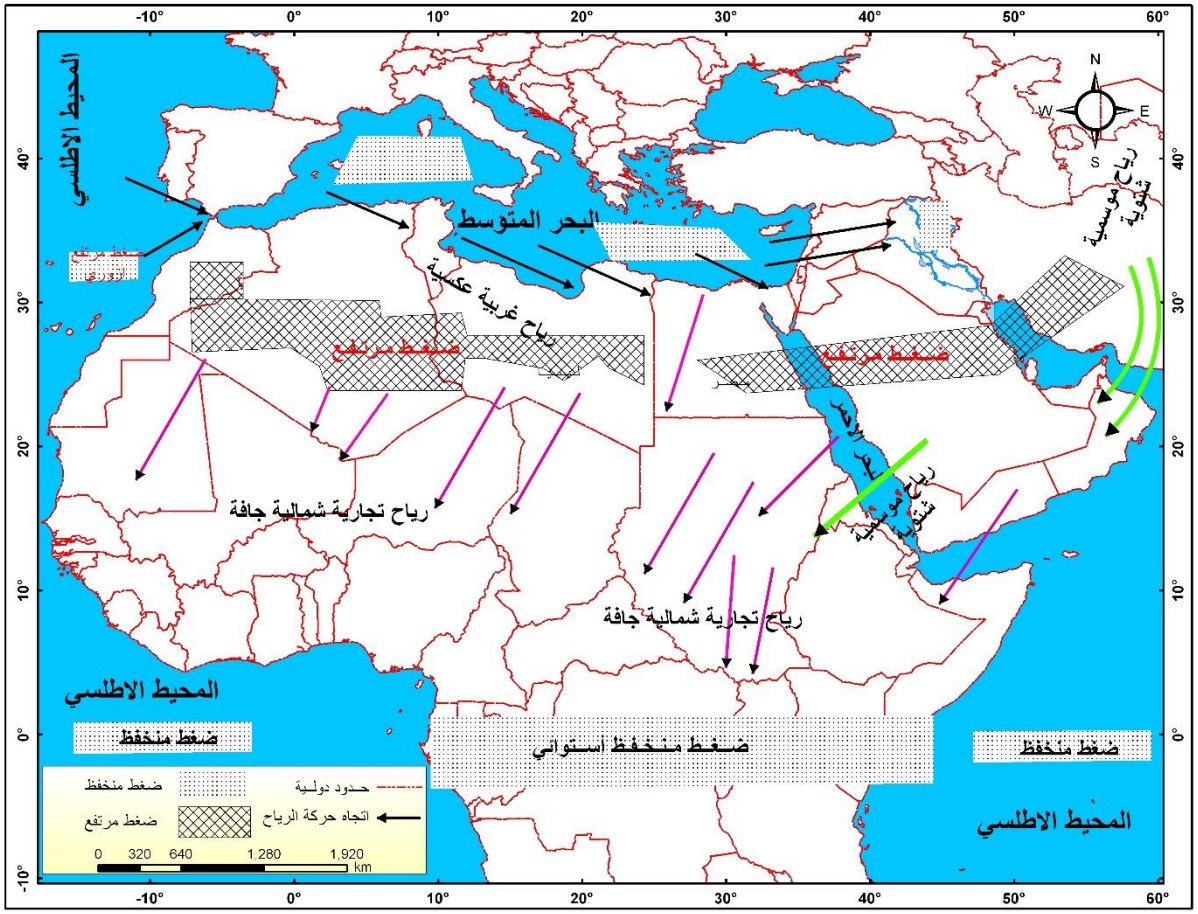
يعد الوطن العربي وفق المساحة التي يمتد فيها كتلة ضخمة من اليابسة تشغل كل الشمال الافريقي الى جانب الجزء الجنوبي الغربي من قارة اسيا، وهذه المساحة الضخمة المجاورة لمساحات يابسة اضخم ولمسطحات مائية واسعة متابينة الظروف والمساحات جعلها تتاثر بخصائص مناخ هذه المساحات سواء القارية منها او المائية، أي التي تصل اليه من اسيا والخليج العربي والبحر العربي من الشرق واوربا والبحر المتوسط من الشمال والمحيط الهندي من الجنوب الشرقي والبحر المتوسط والمحيط الاطلسي من الغرب، فضلا عن البحر الاحمر المتغلغل في داخله.

اثبتت الدراسات ان البحر المتوسط والمحيط الاطلسي مع التضاريس كان لهما الدور الكبير في تحديد خصائص وكميات الامطار الساقطة في منطقة الدراسة، مقارنة بمحدودية تاثير البحر الاحمر والخليج والبحر العربي بسبب ضيقهما من جهة واحاطة الاول منهم بمرتفعات جبلية عالية قللت نسبيا من تاثيره في نظام امطار المنطقة، الا انه يؤثر احيانا في الجزء الاسيوي من منطقة الدراسة من خلال تغذيته لمنخفض السودان بكميات من الرطوبة عند تحركه باتجاه المنطقة مندمجاً مع المنخفضات المتوسطية [1] مسببا بسقوط امطار في نهاية الفصل فضلا عن دور في سقوط كميات من الامطار على السواحل الشمالية والغربية له والتي هي ضمن المنطقة موضوع البحث.

تتحرك الانطقة الضغطية التي تعد الاساس في تحديد كميات وخصائص الامطار الساقطة من والى منطقة الدراسة متاثرة بالموقع السالف الذكر، ففي فصل الشتاء ( فصل سقوط الامطار في المنطقة ) تتاثر منطقة الدراسة بالضغط المرتفع وسط القارة الاسيوية والضغط المرتفع السيبيري والذي يمتد لسان منها باتجاه ايران ثم باتجاه الجزء الاسيوي من الوطن العربي والذي قد يمتد احيانا ليلتحم بالضغط الازوري الذي يمتد فوق شمال افريقيا والصحراء الكبرى [2]، مساعدا بذلك في تعميق خصائص الضغط الواطئ المتركز فوق البحر المتوسط خلال هذا الفصل بالشكل الذي يجعله من اهم مناطق تولد ونشوء المنخفظات الجوية التي تتحكم في خضوع منطقة الدراسة لخصائص ونظام امطار البحر المتوسط، شكل ( 2 ).

1 ) عبد الامام نصار ديري ، تحليل جغرافي لخصائص مناخ القسم الجنوبي من العراق ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، كلية الاداب ، جامعة البصرة ، 1988 ، ص31 .

2 ) ابراهيم خليل بظاظو ، الجغرافية السياحية – تطبيقات على الوطن العربي ، جامعة الحسين بن طلال ، الطبعة الاولى ، الاردن ، 2010 ، ص 133 .




**شكل ( 2 )**

**مناطق الضغوط واتجاهات الرياح في منطقة الدراسة والوطن العربي خلال فصل سقوط الامطار**

المصدر بالاعتماد على:

- حيدر شفيق، اطلس العراق والوطن العربي والعالم، دار المريخ للعلوم، بغداد، 2013.
- جلال بدر خضرة، ايمان الزايد، جغرافية الوطن العربي في اسيا، مديرية الكتب والمطبوعات، سوريا، 2010، ص 65.

يبدأ نشاط المنخفضات الجوية من المحيط الاطلسي وتتجه باتجاهين الاول يتجه نحو جنوب جبال الاطلسي في اتجاه موازي لسواحل افريقيا الشمالية [1]، والتي تقع منطقة الدراسة في هذا الجزء في ضمنها مؤثرة عليها في نهاية الفصل البارد بسبب تراجع المرتفع الجوي عليها مسببة سقوط كميات من الامطار الربيعية في منطقة خليج سرت وبرقة ومصر السفلى، اما الاتجاه الثاني فيكون باتجاه البحر المتوسط عن طريق جبل طارق او عن طريق ممر كركسون مع اتجاه الرياح الغربية العكسية، وتكون في بداية نشؤها قوية وعميقة مؤثرة بذلك على الاجزاء الغربية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة متمثلة بالمغرب العربي والجزائر وتونس، ثم تضعف خلال اتجاهها نحو الشرق لبعد المسافة، الا انها تتجدد وتتولد من جديد بصورة اوضح عند اتصالها بالبحر المتوسط والتي تستمر بالاتجاه

1 ) نعمان شحادة ، فصلية سقوط الامطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط واسيا العربية ، مجلة الدراسات ، المجلد الخامس ، العدد 1 ، الجامعة الاردنية ، ص19 .

نحو الشرق مؤثرة بذلك على المناطق الشمالية من ليبيا ومصر وفلسطين ولبنان وسوريا، وبالرغم من وجود الجبال العالية ذات الاتجاه الشمالي الجنوبي على سواحله الشرقية الا ان وجود الفتحات في تلك السلاسل الجبلية ساعد على توغلها باتجاه الشرق بالشكل الذي اصبحت فيه من ابرز مسببات سقوط الامطار في الاردن والعراق، ويستمر مرورها حتى تصل الى هضبة ارمينيا وايران.

ان ما يساعد على توالد ونمو وتكوين هذه المنخفضات فوق البحر المتوسط هو التناقض الكبير في الضغوط، والناتج عن الفرق بين الضغط الواطئ المتركز عليه بسبب دفئ مياهه وبين الضغط العالي المناطق السهلية والمرتفعات الباردة الواقعة الى الشمال منه والسواحل والجهات الداخلية الجافة المحيطة به [1]، مما يؤدي الى حدوث اضطراب شديدة في الجو وسقوط الامطار على منطقة حوض البحر المتوسط، وتتكون على هذه الجبهة حوالي (91%) من مجموع المنخفضات التي يتعرض لها الحوض، وهي منخفضات عميقة وكثيرة التاثير [2] بالشكل الذي جعلها من ابرز المؤثرات في امطار المنطقة، وان صفة التقطع والتذبذب والتباين في الشدة والاستمرارية التي تتميز بها الامطار هنا يرجع الى ان المنخفضات الجوية (الاعصارية) خاصة المتوسطية منها هي العامل المناخي الاهم المؤثر في سقوطها، وان هذه المنخفضات لاتخضع لنظام معين من حيث توالدها ومساراتها وقربها او بعدها عن البحر المتوسط، ولكونها تتأثر في مدى قوتها او ضعفها بمقدار الفروقات في الضغوط الناتج عن التباينات في كميات الاشعة الواصلة ودرجات الحرارة المكتسبة والتي تتأثر بدورها بعوامل ومؤثرات مختلفة.

اما بالنسبة للرياح فتهب على منطقة الدراسة عدة انواع من الرياح كان من اهمها الرياح القطبية التي تهب في فصل الشتاء واحيانا في الربيع، حيث تكون على شكل موجات من الهواء البارد من داخل اوراسيا نحو الجنوب والغرب، وتكون عادة على نوعين الاول يكون يهب من منطقة المرتفعات (اضداد الاعاصير ) السيبيرية ويكون بارد وجاف الا انه احيانا عند وصوله لمنطقة الدراسة يتسبب في زيادة عمليات التكاثف مسببا زيادة في سقوط الامطار على منطقة الدراسة خاصة الواقعة منها في الجزء الافريقي وتهب عادة في اوائل الشتاء، اما الثاني وهو الاهم فمصدره وسط وشرق اوربا حيث تسوده التي تسودها في هذا الفصل اضداد الاعاصير خلال الاشهر ( كانون الثاني، شباط واذار ) وتكون عبارة عن مخازن للهواء البارد الرطب تتدفق باتجاه المنطقة مسببةً بزيادة الرطوبة وسقوط امطار غزيرة من النوع الرذاذي [3]، وعندما تكون قادمة بدرجات حرارة شديدة الانخفاض خاصة عند تندفع على شكل هواء قطبي في مؤخرة المنخفضات فانها تؤدي الى حدوث تساقط ثلجي او عواصف ثلجية مدمرة خاصة فوق شمال ليبيا ومصر وفلسطين ودول بلاد الشام والعراق التي قد يصل تأثيرها الى شبه الجزيرة العربية متسببة في تراكم ثلوج تصل فيها في بعض السنوات الى عدة امتار وهي ما يخشاها الفلاحون في هذه المناطق كونها تدمر المحاصيل الزراعية المختلفة ومحصول القمح الشتوي موضوع الدراسة.

كما تؤثر الرياح الغربية العكسية على شمال منطقة الدراسة وسواحلها مسببة تساقط امطار غزيرة في المناطق التي تواجه هذه الرياح، كما يصل تأثيرها الى دول بلاد الشام مسببة في سقوط امطار غزيرة عليها نتيجة لتعامدها على الجبال فيها، كما يصل تأثيرها الى العراق مسببةً تساقط كميات من الامطار عليه، كما ان وجود التضاريس

---

1 ) محمد سعودي ، الوطن العربي - دراسة ملامحه الاقتصادية ، القاهرة ، 1967 ، ص 58 .
2 ) كاظم عبد الوهاب الاسدي ، تكرار المنخفضات الجوية واثرها في طقس العراق ومناخه ، رسالة ماجستير (غير منشورة ) ، كلية الاداب ، جامعة البصرة ، ص36 .
3 ) محمد سعودي ، الوطن العربي- دراسة ملامحه الاقتصادية ، المصدر اعلاه ، ص 60 .

في منطقة الدراسة والذ يسهم في تخفيض درجات الحرارة ساعد على تراكم الثلوج على عدد من القمم الجبلية بسبب تأثرها بهذه الرياح كما هو الحال في جبال اطلس ولبنان [1]. تتميز الامطار في منطقة الدراسة فضلا عن تذبذبها وعدم انتضامها بتفاوت كمياتها من منطقة الى اخرى بسبب التباين في ارتفاعات الاراضي فيها وبسبب شكل السواحل فيها كونها تحدد الزاوية التي تصنعها الرياح او المنخفضات معها، وبصورة عامة فهي تزداد كمياتها في المناطق الشمالية والساحلية فيه والتي تعد من اهم مناطق زراعة القمح الشتوي فيها، وتقل كلما اتجهنا باتجاه المناطق الداخلية القليلة الانحدار والبعيدة عن المناطق الجبلية والساحلية فيها [2].

نستنتج مما سبق ان المنخفضات المتوسطية هي الاكثر تأثيرا في امطار منطقة الدراسة وخصائصها فضلا عن باقي العوامل والتي بالرغم من انها جميعها تعمل خلال فصل سقوط الامطار الى انها تتباين في تأثيرها من منطقة الى اخرى ومن سنة الى اخرى وفقا لطبيعة شدتها وقوتها مضيفة بذلك صفة التذبذب الدائمي عدم الاستقرار للدول المشمولة بالدراسة، جدول ( 1 )، مؤشرة بذلك على انتاجية المحاصيل الزراعية الشتوية بصورة عامة ومحصول القمح بصورة خاصة والتي يعتمد في زراعته في هذه الدول على الامطار بدرجة كبيرة كما ذكرنا سابقا.

يتبين من الجدول ( 1 ) ان هناك تباين مكاني واضح في كميات الامطار الساقطة في الدول المشمولة بالدراسة، وهذا التباين ناتج عن الاختلافات في تعرضها لمؤثرات البحر المتوسط السالفة الذكر، اذ نجد ان اعلى القيم المسجلة لها في منطقة الدراسة كانت في لبنان اذ بلغت (757.5804 )ملم خلال المدة (2005 – 2012 )، تليها كل من سوريا وفلسطين والجزائر التي سجلت فيها قيم وصلت الى ( 567.389، 526.181، 449.267)ملم في كل منها على التوالي [*]. في حين سجلت اقل قيم لها خلال المدة في مصر والتي بلغت (194.43113 ) ملم، ومن خلال الجدول نفسه نلاحظ انه على الرغم من وقوع المغرب العربي وليبيا وتونس تحت تاثير منخفضات ومؤثرات البحر المتوسط والمحيط الاطلسي الا انها سجلت قيم للأمطار تقل عن التي سجلت في دول بلاد الشام مما يدلل على ان هذه الدول تكون في مواجهة المؤثرات المتوسطية المختلفة، وان طبية السطح وشكل السواحل وامتداد الجبال المتعامد مع اتجاه تلك المؤثرات والزاوية التي تتكون بينهم تسهم في زيادة كميات الامطار الساقطة في هذه الدول مقارنة بالدول الاخرى. كما يشير الجدول (1) ايضا الى ان قيم الامطار المسجلة لا تتباين في معدلاتها العامة فقط وانما هناك تباين مكاني واضح بينها في السنة الواحدة، فضلا عن وجود تباين زماني في الدولة الواحدة من سنة الى اخرى نتيجة لتباين قوة وشدة المؤثرات السالفة الذكر بالشكل الذي ينعكس على انتاج وانتاجية المحاصيل الزراعية بصورة عامة ومحصول القمح الشتوي بصورة خاصة والمعتمد عليها في زراعته كما سنبين ذلك لاحقا.

---

1 ) محمد ازهر السماك ، جغرافية الوطن العربي ، الطبعة الاولى ، الاردن ، 2011 ، ص 33-34 .
2 ) نعيم ظاهر ، جغرافية الوطن العربي ، الطبعة العربية ، عمان ، 2007 ، ص 106 .
* ) بسبب صعوبة ادراج وحصر الكم الكبير لجميع التسجيلات الخاصة بالامطار الساقطة لجميع الدول المشمولة بالدراسة ولجميع السنوات المختارة في هذا البحث ، تم الاعتماد على متوسطات تلك الامطار لاظهار التباينات المكانية لقيمها ومايعكسه من ثاتيرات على محصول القمح وانتاجيته .

## جدول ( 1 )

### متوسطات كميات الامطار الساقطة في منطقة الدراسة (ملم)خلال السنوات ( 2005 – 2012 )

| المحطات/السنوات | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | المعدل للمدة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| العراق | 258 | 434.2 | 258.8 | 197.18 | 254.2 | 232.8 | 290.6 | 248.6 | 271.795 |
| الاردن | 164.064 | 216.691 | 182.188 | 169.422 | 361.377 | 227.401 | 196.504 | 230.631 | 218.5348 |
| سوريا | 389.723 | 290.815 | 255.307 | 816.777 | 392.638 | 459.515 | 467.169 | 467.169 | 567.389 |
| لبنان | 709.1 | 689.6 | 709.7 | 681.1 | 691.21 | 709.6 | 775.033 | 1095.3 | 757.5804 |
| فلسطين | 552.558 | 491.691 | 561.581 | 420.442 | 420.002 | 682.142 | 558.033 | 5230033 | 526.1815 |
| مصر | 246.961 | 153.109 | 168.192 | 182.91 | 258.586 | 135.211 | 207.777 | 202.703 | 194.43113 |
| تونس | 396.471 | 350.41 | 447.295 | 251.429 | 251.429 | 335.598 | 351.293 | 451.223 | 354.3935 |
| ليبيا (*) | 189.345 | 253.61 | == | == | == | == | == | 346.718 | 263.2243 |
| الجزائر | 415.677 | 376.823 | 476.563 | 429.839 | 484.226 | 512.426 | 567.588 | 330.994 | 449.267 |
| المغرب | 268.817 | 392.613 | 276.326 | 267.809 | 544.865 | 483.194 | 509.05 | 435.894 | 397.321 |

المصدر بالاعتماد على:

– المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، الخرطوم، المجلد 26، 27،28، 29، 30، 31، 32، 33 للسنوات 2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011، 2012 على التوالي، بيانات منشورة.

– وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي، شعبة المناخ، بيانات غي منشورة للسنوات2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011، 2012.

(*) نقص في بيانات الامطار لعدم توفرها.

**ثانيا: محصول القمح في منطقة الدراسة ( اهميته وانتاجيته ):**

يعد محصول القمح الشتوي من اهم المحاصيل الزراعية الغذائية الستراتيجية في منطقة الدراسة والتي عرفت بالمنطقة منذ الاف السنين، ويزرع فيها بمساحات واسعة اعتمادا على الامطار الساقطة كما ذكرنا سابقا بنسبة تصل الى ( 90.3 % ) من المساحات الكلية المزروعة منه.

ترجع اهمية محصول القمح في المنطقة الى عدد من الامور التي يمكن ايجازها بما يلي:

1-ان القمح سلعة تعد من ابسط مقومات الحياة التي يجب توفرها للسكان، فهي تشكل حوالي (95% )من استهلاك الفرد اليومي في الوطن العربي بصورة عامة ومنطقة الدراسة بصورة خاصة.

2-يعد القمح احد اساليب التاثير الاقتصادي في القرار السياسي، اذ ان انتاج رغيف الخبز يمثل نقطة البداية لاي تحرر جدي من التبعيات الاقتصادية والسياسية.

3-كما يعد من المحاصيل التي تتخذها الدول المصدرة كوسيلة من وسائل الضغط السياسي والاقتصادي خاصة على الدول النامية والتي تعد منطقة الدراسة من ضمنها.

4-يسهم القمح بحوالي اربعة اخماس السعرات الحرارية من الحبوب يومياً ، ويحتوي على(63.2) غم من المواد البروتينية وعلى ( 80 ) غم من المواد الدهنية، فضلا عن المواد المعدنية والفيتامينات الاخرى. فضلا عن كونه محصول يفيد في اصلاح الاراضي باعتباره من المحاصيل التي تحافظ على الترب الزراعية.

5-يعد القمح من اكثر المحاصيل اهمية في خريطة النشاط التجاري في العالم بصورة عامة والوطن العربي ومنطقة الدراسة بصورة خاصة [1].

يتبين من النظر الى معطيات الجدول ( 2 ) و(3) والاشكال (3، 4، 5، 6، 7، 8، 9، 10، 11، 12 ) اهمية محصول القمح في منطقة الدراسة من خلال يزرع فيها وبمساحة تصل الى (1073.67 )الف هكتار خلال العام 2012 من المساحة الكلية المزروعة للحبوب في المنطقة والبالغة (19195.59 ) الف هكتار ولنفس السنة، كل دولة من دول المنطقة تحتل جزء منها وخلال سنوات الدراسة. وهذه المساحات تشكل نسبة ( 95.766 % ) من المساحة الكلية المزروعة بالقمح بالوطن العربي ككل والبالغة (11213.42 ) الف هكتار [2].

1 ) محمد ازهر السماك ، جغرافية الوطن العربي ، مصدر سابق ، ص 122- 123 .
2 )المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية ، الخرطوم ، المجلد 33 ، سنة 2013 ، ص 29 .

**جدول ( 2 )**

**المساحات المزروعة بمحاصيل الحبوب في منطقة الدراسة خلال السنوات ( 2005 - 2012)**

**المساحة: ألف هكتار الانتاجية: كغم/هكتار الانتاج: الف طن**

| السنوات /المساحات المزروعة الانتاجية والانتاج | الدول | العراق | الاردن | سوريا | لبنان | فلسطين | مصر | تونس | ليبيا | الجزائر | المغرب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2005 | المساحة | 3914.25 | 67.14 | 3344.42 | 59.96 | 32.21 | 3028.26 | 1449.88 | 382.80 | 2813.53 | 5451.80 |
| | الانتاجية | 946.80 | 1524 | 1693 | 2754 | 1931 | 7590 | 1461 | 776 | 1254 | 783 |
| | الانتاج | 3706.00 | 102.32 | 5663.38 | 165.10 | 62.19 | 22984.64 | 2118.90 | 297.20 | 3527.44 | 4269.63 |
| 2006 | المساحة | 2854.75 | 63.60 | 3202.81 | 64.90 | 33.25 | 3039.42 | 1449.88 | 382.80 | 3267.50 | 5583.80 |
| | الانتاجية | 2026 | 878 | 1978 | 2713 | 2452 | 7560 | 1461 | 776 | 1230 | 1652 |
| | الانتاج | 5785.00 | 55.82 | 6336.75 | 176.10 | 81.54 | 22977.47 | 2118.90 | 297.20 | 4017.75 | 9226.59 |
| 2007 | المساحة | 2948.50 | 68.47 | 3154.40 | 63.65 | 32.41 | 2964.82 | 1600.74 | 328.80 | 3056.91 | 5682.00 |
| | الانتاجية | 1266 | 766 | 1596 | 2767 | 2092 | 7490 | 1244 | 841 | 1178 | 477 |
| | الانتاج | 3734.00 | 52.46 | 5034.06 | 176.10 | 67.82 | 22207.42 | 1991.43 | 276.67 | 3601.91 | 2711.00 |
| 2008 | المساحة | 3022.25 | 41.95 | 3070.75 | 63.65 | 34.55 | 3137.46 | 1348.50 | 328.80 | 1485.24 | 5309.29 |
| | الانتاجية | 736 | 1151 | 883 | 2767 | 1569 | 7537 | 879 | 841 | 1146 | 1002 |
| | الانتاج | 2225.00 | 48.30 | 2711.73 | 176.10 | 54.19 | 23648.02 | 1185.80 | 276.67 | 1702.05 | 5321.49 |
| 2009 | المساحة | 2163 | 94.13 | 2832.60 | 63.66 | 35.60 | 3064.16 | 1348.50 | 342.86 | 3243.37 | 5434.80 |
| | الانتاجية | 1225 | 650 | 1683 | 2928 | 1888 | 7395 | 879 | 807 | 1620 | 1923 |
| | الانتاج | 2650 | 61.23 | 4766.16 | 186.40 | 67.22 | 22658.93 | 1185.80 | 276.67 | 5253.15 | 10451.80 |
| 2010 | المساحة | 2577.75 | 116.61 | 3233.33 | 64.94 | 18.66 | 2883.56 | 1243.80 | 329 | 2856.37 | 5056.10 |
| | الانتاجية | 1692 | 749 | 1221 | 2740 | 2006 | 6762 | 868 | 662 | 1596 | 1548 |
| | الانتاج | 4361.80 | 87.33 | 3946.76 | 177.91 | 37.44 | 19499.99 | 1079.60 | 217.90 | 4558.57 | 7825.10 |
| 2011 | المساحة | 2767.75 | 107.35 | 2873.68 | 43.07 | 15.69 | 2953.98 | 1368.35 | 358.95 | 2584.54 | 5376 |
| | الانتاجية | 1542 | 778 | 1679 | 2802 | 2199 | 7407 | 1712 | 614 | 1442 | 1604 |
| | الانتاج | 4269 | 83.47 | 4824.70 | 120.67 | 34.50 | 21880.38 | 2342.02 | 220.43 | 3727.99 | 8621.64 |
| 2012 | المساحة | 2715.50 | 115.52 | 2798.13 | 54.08 | 18.58 | 3161.20 | 1368.35 | 383.45 | 3063.03 | 5517.75 |
| | الانتاجية | 1764 | 2112 | 1646 | 3485 | 2399 | 7486 | 1712 | 815 | 1677 | 1108 |
| | الانتاج | 4789 | 243.93 | 4604.94 | 188.45 | 44.57 | 23665.79 | 2342.02 | 312.40 | 5137.15 | 6114.2 |

المصدر بالاعتماد على: -المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، الخرطوم، المجلد 26، 28،27، 29، 30، 31، 32، 33 للسنوات 2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011، 2012 على التوالي، بيانات منشورة.

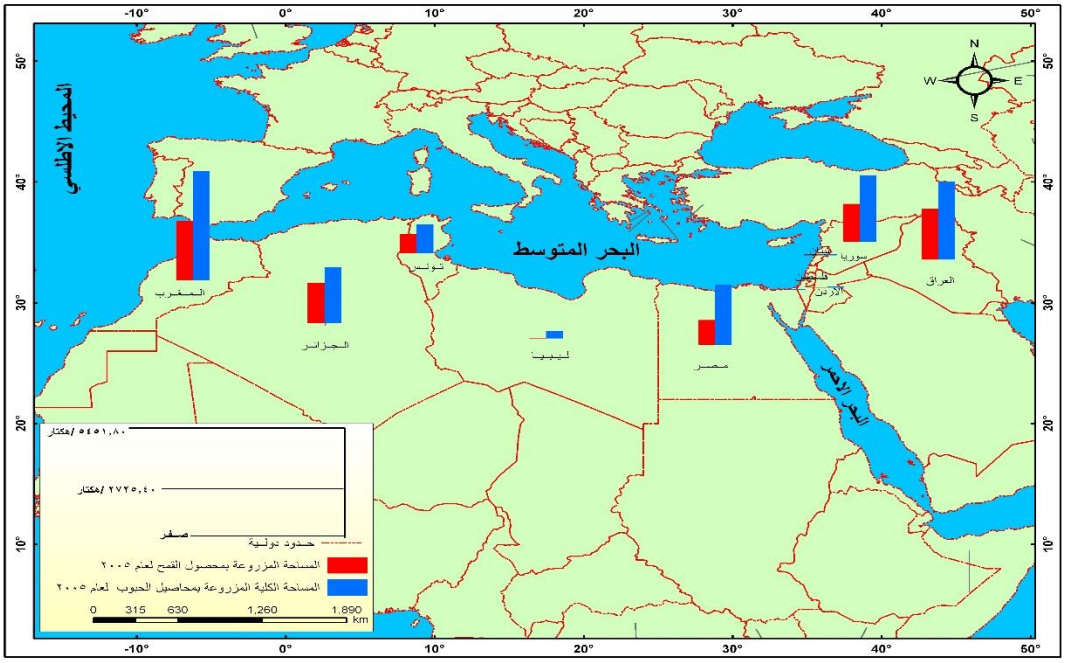
## جدول ( 3 )

## المساحات المزروعة بمحصول القمح في منطقة الدراسة خلال السنوات ( 2005 – 2012)

**المساحة: ألف هكتار الانتاجية: كغم/هكتار الانتاج: الف طن**

| السنوات /المساحات المزروعة الانتاجية والانتاج | الدول | العراق | الاردن | سوريا | لبنان | فلسطين | مصر | تونس | ليبيا | الجزائر | المغرب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2005 | المساحة | 2549.75 | 29.29 | 1903.75 | 46.00 | 22.00 | 1253.82 | 961.42 | 29.00 | 2036.20 | 2965.80 |
| | الانتاجية | 874 | 1073 | 1452 | 2609 | 2273 | 6493 | 1692 | 1600 | 1186 | 1026 |
| | الانتاج | 2228.00 | 28.36 | 2668.70 | 120.00 | 50.00 | 8140.96 | 1626.70 | 46.40 | 2414.73 | 3043.00 |
| 2006 | المساحة | 1513.50 | 26.92 | 1787.00 | 49.50 | 21.11 | 1286.75 | 837.00 | 29.00 | 2058.05 | 3106.60 |
| | الانتاجية | 2700 | 752 | 2760 | 2903 | 2008 | 6430 | 1692 | 1600 | 1306 | 2037 |
| | الانتاج | 4086.00 | 19.93 | 3932.00 | 143.70 | 42.39 | 8274.23 | 1251.00 | 46.40 | 2687.93 | 6326.70 |
| 2007 | المساحة | 1569.75 | 20.76 | 1667.73 | 49.50 | 20.23 | 1140.52 | 999.80 | 132.00 | 1911.71 | 3200.00 |
| | الانتاجية | 1403 | 883 | 2403 | 2903 | 1966 | 6470 | 1443 | 788 | 1213 | 497 |
| | الانتاج | 2203.00 | 20.40 | 4001.10 | 143.70 | 39.79 | 7378.92 | 1442.75 | 104.00 | 2318.96 | 1590.00 |
| 2008 | المساحة | 1435.25 | 12.46 | 1485.99 | 49.50 | 22.94 | 1226.56 | 785.10 | 132.00 | 1006.57 | 2858.10 |
| | الانتاجية | 874 | 604 | 980 | 2903 | 1393 | 6504 | 1170 | 788 | 1270 | 1319 |
| | الانتاج | 1255.00 | 7.90 | 2039.31 | 143.70 | 31.96 | 7977.05 | 918.90 | 104.00 | 1278.70 | 3769.29 |
| 2009 | المساحة | 1262.25 | 24.05 | 1437.38 | 50.00 | 24.00 | 1321.75 | 785.10 | 132.00 | 1889.16 | 2977.00 |
| | الانتاجية | 1347 | 511 | 1575 | 3060 | 1875 | 6448 | 1170 | 788 | 1563 | 2140 |
| | الانتاج | 1700.00 | 10.50 | 2701.78 | 153.00 | 45.00 | 8523.00 | 918.90 | 104.00 | 2953.12 | 6371.40 |
| 2010 | المساحة | 1386 | 30.01 | 1599.11 | 46.10 | 11.59 | 1260.58 | 714.16 | 135. | 1755.73 | 2852.30 |
| | الانتاجية | 1983. | 637 | 1028 | 2996 | 1500 | 5687 | 1151 | 785 | 1682 | 1710 |
| | الانتاج | 2748.80 | 18.13 | 2083.08 | 138.10 | 17.38 | 7169.02 | 821.90 | 106. | 2952.70 | 4876.10 |
| 2011 | المساحة | 1635.50 | 19.30 | 1521.03 | 30 | 11 | 1280.41 | 722.20 | 143.45 | 1672.43 | 3087.90 |
| | الانتاجية | 1717 | 698 | 2037 | 3000 | 1622 | 6537 | 2223 | 775 | 1528 | 1949 |
| | الانتاج | 2808 | 19.80 | 2858.33 | 90 | 17.84 | 8370.53 | 1605.50 | 111.22 | 2554.93 | 6017.7 |
| 2012 | المساحة | 1728.50 | 21.36 | 1602.81 | 38.00 | 13.34 | 1327.48 | 754 | 165. | 1945.78 | 3142.4 |
| | الانتاجية | 1771 | 802 | 2052 | 3947 | 1999 | 6626 | 2020 | 1212 | 1764 | 1234 |
| | الانتاج | 3062.00 | 19.27 | 3009.10 | 150 | 26.67 | 8795.48 | 1523.30 | 200 | 3432.23 | 3878 |

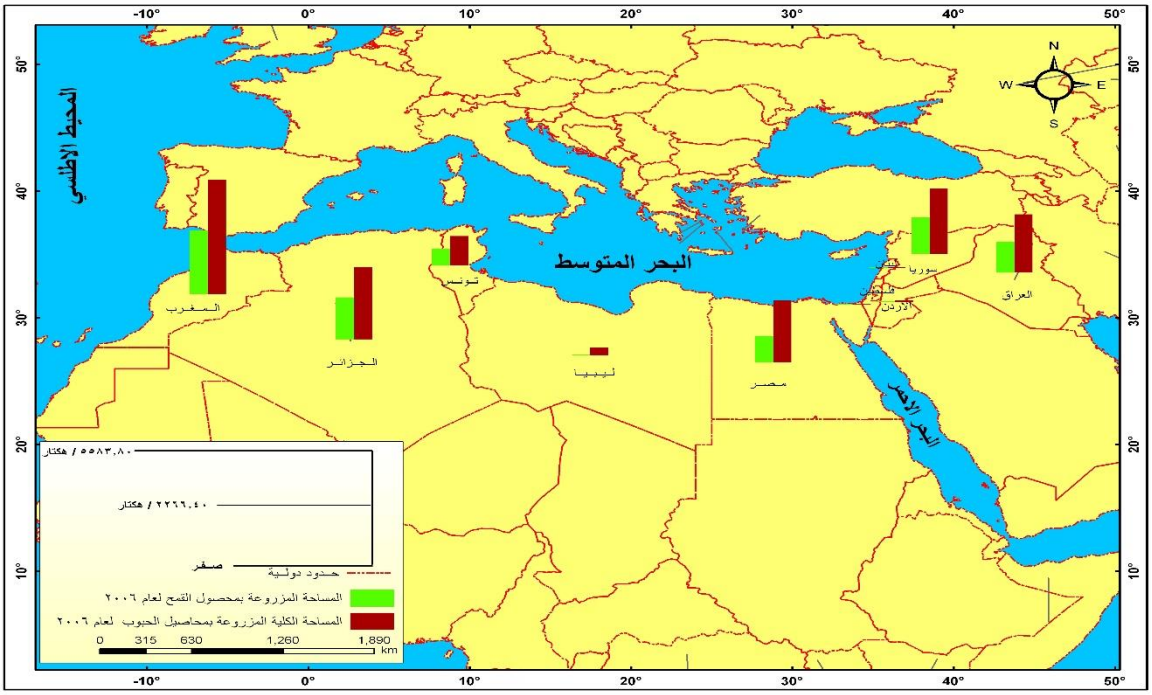
المصدر بلاعتماد على: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، الخرطوم، المجلد 26، 27، 28، 29، 30، 31، 32، 33 للسنوات 2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011، 2012 على التوالي، بيانات منشورة.




شكل ( 3 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2005

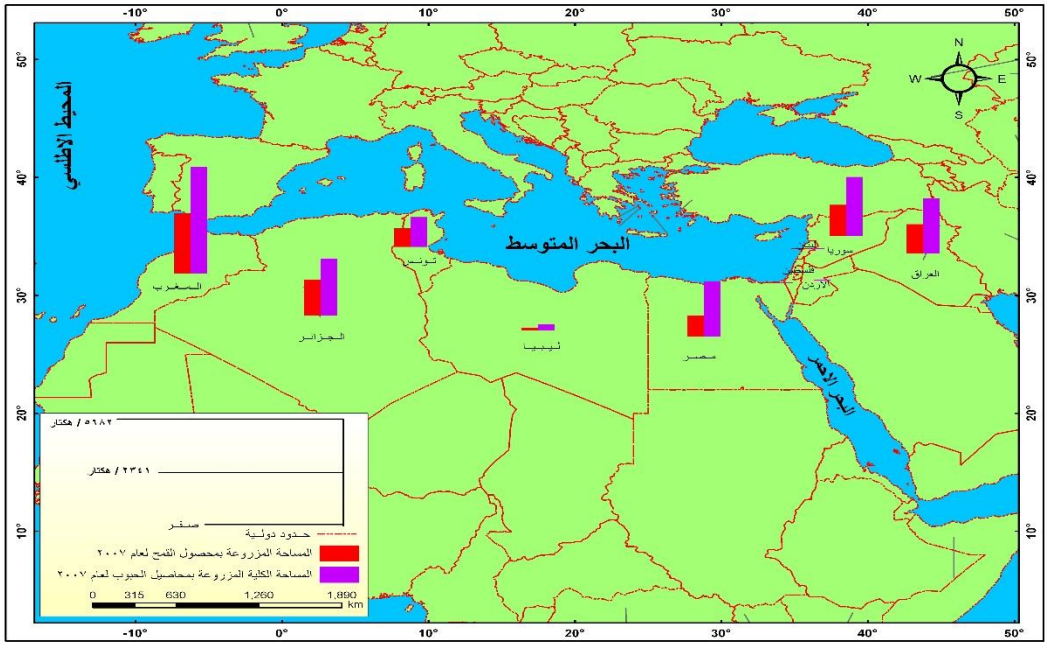
المصدر: جدول (2) و(3).




شكل ( 4 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2006

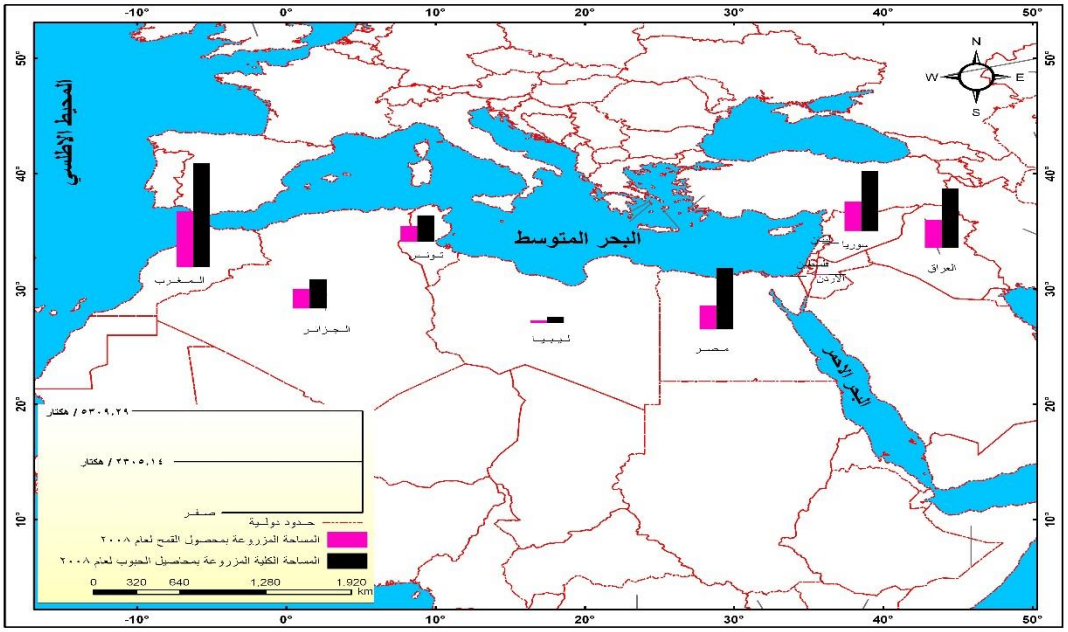
المصدر: جدول (2) و(3).




شكل ( 5 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2007

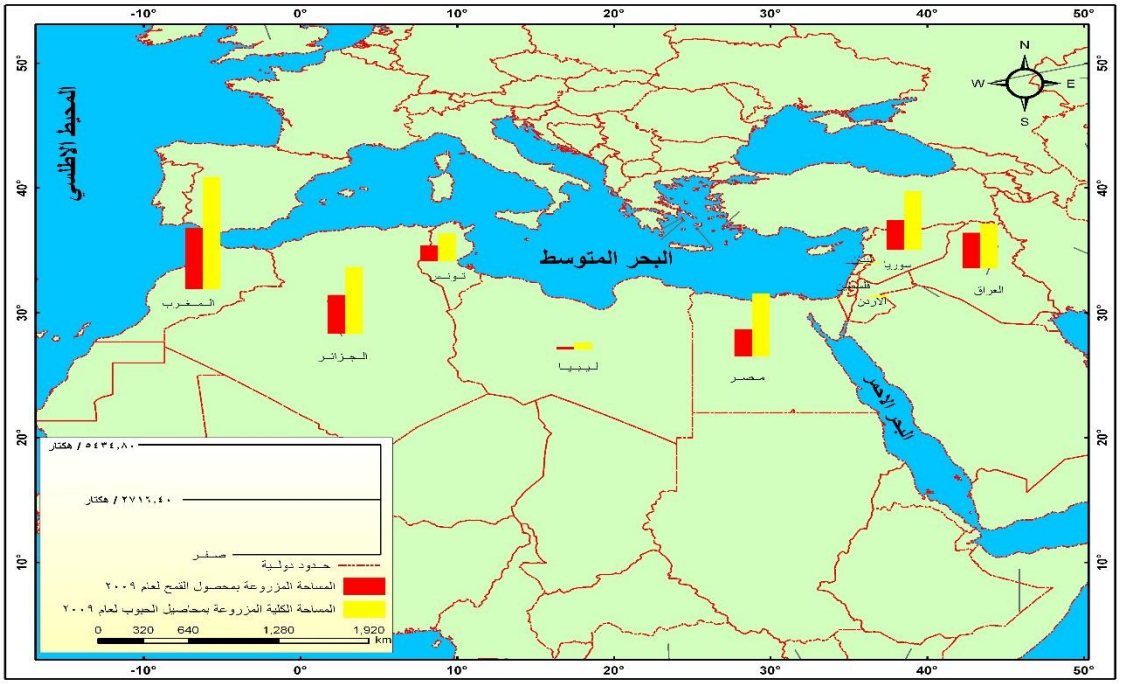
المصدر: جدول (2) و(3).




شكل ( 6 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2008

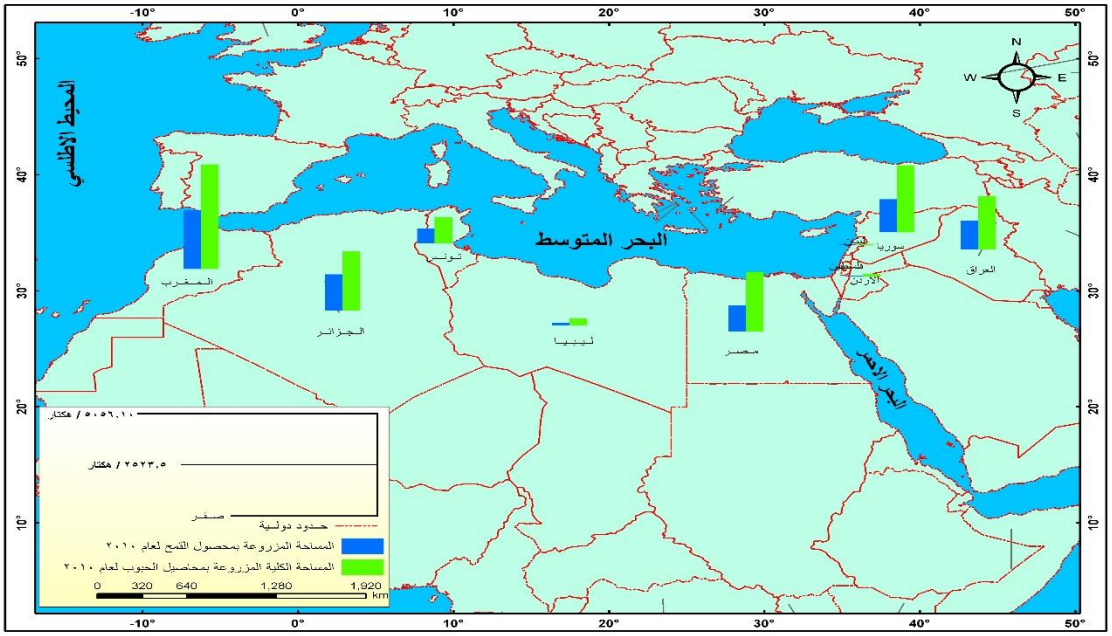
المصدر: جدول (2) و(3).




شكل ( 7 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2009

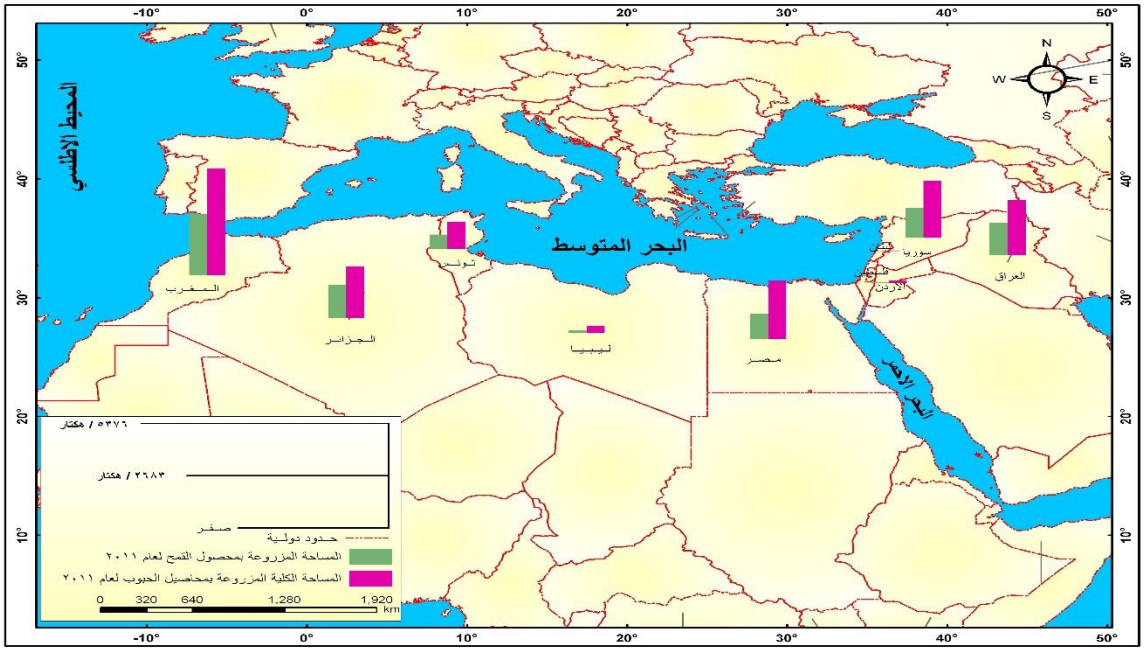
المصدر: جدول (2) و(3).




شكل ( 8 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2010

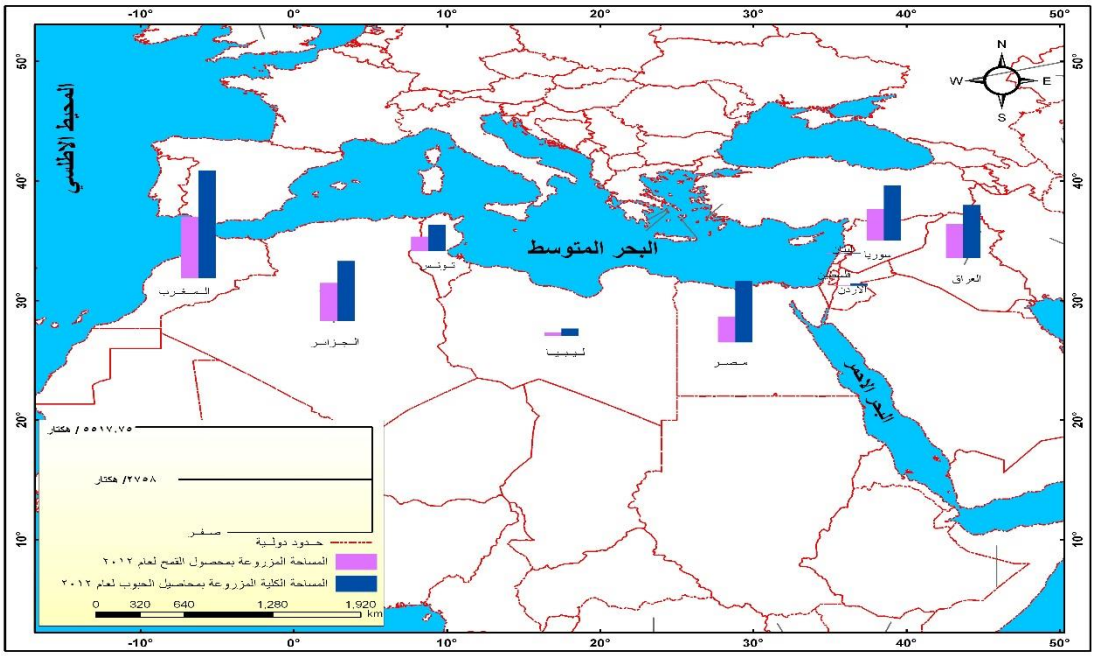
المصدر: جدول (2) و(3).




شكل (9)

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2011

المصدر: جدول (2) و(3).




شكل ( 10 )

المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي في منطقة الدراسة خلال سنة 2012

المصدر: جدول (2) و(3).

اما معدل انتاجيته في المنطقة تصل الى ( 2342.7 )كغم/هكتار خلال نفس السنة مشكلةً نسبة تصل الى (97.775 % ) من معدل انتاجيته في الوطن العربي البالغة ( 2376)كغم / هكتار. اما الكميات المنتجة منه في منطقة الدراسة خلال سنة 2012 فقد وصلت الى (24096.05 ) الف طن، وهي بذلك تنتج مايعادل ( 92.4 % ) من الانتاج الكلي لمحصول القمح الشتوي الديمي في الوطن العربي والبالغ ( 26086.48 ) الف طن [1]. تعكس القيم والنسب السابقة اهمية محصول القمح في اقتصديات دول منطقة الدراسة والوطن العربي باكمله، ويحتل الصدارة مقارنة بباقي محاصيل الحبوب فيه.

يزرع القمح الديمي في العراق في الاراضي الخصب الواقعة ضمن المناطق الشمالية ويبلغ الانتاج فيها حوالي ( 80% ) من الانتاج الكلي فيه وماتبقى منه يزرع في الاخرى [2]. ووصلت الانتاجية فيه الى ( 1771 ) كغم /هكتار. ويبلغ متوسط انتاجه حوالي ( 12% ) من انتاج منطقة الدراسة. اما في سوريا فيزرع بمساحة تزيد عن النصف من المساحة المزروعة فيها باعتماد كلي على الامطار خاصة في حوران والجزيرة ومحافظة الحسكة التي التي تحتل وحدها ثلث المساحة المزروعة منه، يليها حمص وحلب [3].

اما في الاردن فيزرع في الضفتين الشرقية والغربية، وفي لبنان يزرع في سهل البقاع الذي يعد من اهم مناطق زراعته فيها يليه سهل عكار ومناطق شمال طرابلس، وان الانتاج رغم جودته فيها انه لايكفي لسد الحاجة المحلية للسكان مما يضطر الى استيراد القمح من مناطق اخرى، اما في فلسطين فبالرغم من غزارة الامطار فيها خاصة المناطق الجيلية والساحلية وبالرغم من جودة الانتاجية فيها الا ان الانتاج منه لايكفي لسد الحاجة المحلية وذلك بسبب ان مايقارب نصف المساحات المزروعة منه والملائمة لزراعته واقعة تحت سيطرة اليهود فيها وبسبب هجرتهم المستمرة لها، لذا يعتمدون على الاستيراد في سد تلك الاحتياجات. وتبين ان القمح الديمي المزروع في مصر يقل عن نصف الانتاج السنوي فيها، ويزرع اكثره في الوجه البحري لوفرة الامطار فيها والباقي يزرع في الوجه القبلي. وهو بمجموعه المطري والديمي فيها لايكفي لسد احتياجات السكان مما يضطرها الى استيراد مايقارب الكميات المنتجة فيها من الخارج خاصة من روسيا والولايات المتحدة الامريكية، وفي ليبيا تزرع في المناطق الشمالية بصورة رئيسية خاصة في برقة وطرابلس وهي تعتمد على الاستيراد ايضا في سد احتياجاتها منه [4].

وتتركز زراعته في تونس في المناطق الشمالية المتاثرة بدرجة كبيرة بمناخ البحر المتوسط رغم كونها ذات تربة طينية ثقيلة صعبة الحرث وفي اقليم مجردة. وفي الجزائر تنتشر زراعته في مناطق ستيف ووادي شليف والسهول الساحلية المتاثرة بمناخ البح المتوسط بنوعيه الصلب واللين وفي المغرب يزرع معضمه في اقليم التل الغزير الامطار وفي سفوح المرتفعات مابين السهول الساحلية وفي السهول الساحلية خاصة الشمالية منها ويزرع بنسب تصل الى (70%) من المساحات الزراعية الكلية، ويكفي الانتاج فيها بمعظم السنوات لسد حاجة السكان [5].

1 ) المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية ، مصدر سابق ، ص 30 .
2 ) محمد سعودي ، الوطن العربي - دراسة لملامحه الجغرافية ، مصدر سابق ، ص287 .
3 ) المصدر اعلاه ص 122.
4 ) المصدر اعلاه ، ص 123.
5 ) محمد صبري محسوب ، العالم العربي ، مصدر سابق ، ص 327 .

على الرغم من ان زراعة القمح الشتوي تمارس منذ القدم وتمارس ضمن الزراعة الديمية (البعلية) الى انها لاتزال تعاني من جملة من المشاكل والتي من اهمها مشكلة التذبذب وعدم الاستقرارمن دولة الى اخرى سواء في المساحات المزروعة ام الانتاجية ام الانتاج، فمن خلال ملاحظة الجدول ( 3 ) والاشكال (3، 4، 5، 6، 7، 8، 9، 10) يتضح التباين المكاني للمساحات المزروعة بمحصول القمح من دولة الى اخرى في اهم الدول التي يزع فيها المحصول والمشمولة بالدراسة. وكذلك الحال بالنسبة الى انتاجية وانتاج محصول القمح فيها، فمن ملاحظة جدول (3) تتضح حالة التذبذب السنوي الكبير فيهما في جميع الدول المشمولة بالدراسة وخلال السنوات ( 2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011 و 2012 )، لدرجة انها تتدنى في بعض السنوات لتقل عن نصف الانتاج، على سبيل المثال ما حصل خلال سنة 2008 التي تعد سنة جافة في مجمل دول المنطقة، وفي سنوات اخرى ترتفع لتقترب من المتوسط العالمي. وهذا التذبذب راجع الى التذبذب الكبير وعد الاستقرار في كميات الامطار الساقطة عليها والتي يمكن ملاحضتها من الجدول (1 ) والناتج لتاثير الظروف المناخية السالفة الذكر، ولكون زراعته في منطقة الدراسة تعتمد في زراعته عليه، ففي بعض السنوات تقل كميات الامطار الساقطة عن نصف المعدل، وفي سنوات اخرى تصل الى ضعف المعدل السنوي لها مما يؤدي اضطراب زراعة هذا المحصول وعدم استقراره في جميع دول منطقة الدراسه وما يعكسه من عدم استقرار ومن تاثيرات في الحياة الاقتصادية والسياسية فيها، وما تسمية زراعته فيها بالزراعة المطرية او الديمية الا مؤشرا على الاعتماد على كميات الامطار الساقطة في زراعته.

ومن اجل توضيح اثر تذبذب الامطار الساقطة على انتاج وانتاجية محصول القمح المزروع في منطقة الدراسة تم الاعتماد على معاملات الارتباط والاختلاف واختبارتها من اجل توضيح طبيعة تلك العلاقة وما يرافقها من نتائج تنعكس على انتاجية وانتاج محصول القمح في منطقة الدراسة.

## ثالثا: العلاقة بين الامطار الساقطة في منطق الدراسة وانتاج وانتاجية محصول القمح فيها

يتضح مما سبق بان هناك علاقة بين انتاجية محصول القمح وكميات انتاجه في دول منطقة الدراسة وبين كميات الامطار الساقطة فيها ونجد هذه العلاقة واضحة من خلال مقارنة جدول (1) مع جدول (3)، والتذبذب وعدم الاستقرار في انتاجية هذا المحصول وانتاجه والناتج عن هذه العلاقة يشكل عائقا كبيرا امام الاكتاء الذاتي الذي تسعى لتحقيقه دول منطقة الدراسة لما يعكسه من نتائج على الابعاد الاقتصادية والسياسية.

وتعتمد قوة هذه العلاقة على مدى التطور العلمي والتكنولوجي في مناطق زراعته، ففي حالة الاعتماد على الاساليب التقليدية فان العلاقة تكون قوية للغاية، اما اذا استعملت الطرائق الحديثة كاسلوب الزراعة الجافة ( Dry farming ) حيث يتم تخزين الرطوبة في التربة لمدة سنة او سنتين ومن ثم الاستفادة منها في السنة التي تزرع الارض فيها بهذا المحصول، فان العلاقة بين الامطار الساقطة والانتاجية تكون قليلة، الا ان هذا الاسلوب غير مطبق في دول منطقة الدراسة الا في مناطق قليلة منها [1]. كما انه توجد عدة مشاريع يمكن من خلالها الحفاظ

1 ) نسيم ابراهيم ، اثر الامطار على انتاجية القمح في الاردن ، المجلة العربية للعلوم الانسانية ، الكويت العدد 29 ، سنة 1988 ، ص 38 .

على انتاجية وانتاج محصول القمح الشتوي وتحسينها بالشكل الذي يسهم في تقليل تاثير التذبذب المطري عليها، على سبيل المثال المشاريع المتعددة التي تبنتها وزارة الزراعة العراقية لتحسين انتاج المحاصيل الزراعية الاستراتيجية كالمشروع الوطني لتنمية زراعة القمح وانتاجيته للتقليل من اثر التذبذب المطري عليها، والجهود المبذولة في اطار الصندوق الوطني لتنمية وضبط زراعة القمح في الجزائر، والحملات الوطنية والقومية للنهوض بمحصول القمح في مصر. ومشروعات تنمية المحاصيل الزراعية الغذائية خاصة القمح في المغرب [1]، وغيرها..

ومن اجل تحديد طبيعة هذه العلاقة وقياس درجاتها تم الاعتماد على الطرائق الاحصائية التالية:

**1-معامل ارتباط (r ):**

يعد من افضل المقاييس المستخدمة بين ظاهرتين، ووجود ارتباط بين ظاهرتين يعني ان أي تغير في ظاهرة يصاحبه تغير في الظاهرة الثانية، وهذا المعامل يتخذ الدلالات التالية:

(( قيمة معامل الارتباط دلالته يجب ان تكون اقل من( +، - ) 0.2، ارتباط ضعيف جدا من(-،+) 0.2 الى (-،+) 0.4 ، ارتباط منخفض من (-،+) 0.4 الى (-،+) 0.7 ، ارتباط متوسط من (-،+) 0.7 الى (-،+) 1.0 ، ارتباط قوي 1 فاكثر )) [2].

**2-معامل التحديد ( $R^2$ ):**

عبارة عن مربع معامل الارتباط وهو مقياس لنسبة التغير في المتغير التابع ( الذي يمثله محصول القمح هنا ) التي يفسرها المتغير المستقل ( الذي يمثله الامطار هنا )، اذا بلغت قيمته بين ( 0 – 1 ) وهذه حالة نادرة معناها ان الترابط بين المتغيرين تاماً، اما اذا بلغت بين ( -1 و +1 ) فانه يشير الى ان أي تغي في المتغير التابع يفسرها المتغير المستقل، واذا بلغت قيمته ( 0.50 ) فانه يدل على ان ( 50 % )من التغير في المتغير التابع يفسرها التغير في المتغير المستقل، واذا كانت قيمته ( 0 9 معناها ان الترابط بين النتغيرين معدوم [3].

**3- اختبار ستودنت ( t ):**

يستخدم لمعرفة الاهمية الاحصائية لقيمة معامل الارتباط ودلالتها، يشير الى هل ان الترابط ناتج عن علاقة بين المتغيرين ام ناتج عن عامل الصدفة، فاذا كانت القيمة المحسوبة اكبر من الجدولية فهذا يعني وجود ارتباط معنوي، وبالعكس يكون الارتباط غير معنوي [4]. وقد تم الاختبار هنا وفق مستوى معنوية ( 0.05 ).

**4- معامل الاختلاف ( CV ):**

هو عبارة عن النسبة المئوية لناتج الانحراف المعياري على الوسط الحسابي، ويشي الى درجة الاستقرارية في المتغيرات ويعبر عنها إحصائيا بالتذبذب، اذا كان ( لايزيد عن 15%) فهو يشير الى استقرار عالي، و ( 15

1 ) المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، اوضاع الامن الغذائي العربي ، 2013 ، ص 8 .
2) علي احمد هارون ، جغرافية الزراعة ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، الطبعة الاولى ، 2000 ، ص 67 .
3 ) علي موسى ، الجغرافية الكمية ، منشورات جامعة دمشق ، مطبعة الاتحاد ، 1988 ، ص 225 .
4 ) عبد الرزاق البطيحي واخرون ، الاحصاء الجغرافي ، بغداد ، 1979 ، ص 219 .

– 20 % ) استقرار فوق الوسط، ( 20 – 25 % ) استقرار الوسط، ( 25 – 35 %) ضعيف، 35 – 50 % فما فوق ) غير مستقر [1].

**جدول ( 4 )**

**العلاقة بين الامطار وانتاجية القمح في منطقة الدراسة للمدة(2005 – 2012 )**

| القطـــــــر | r | $R^2$ | Tالحسابية | Tالجدولية | P < 0.05 |
|---|---|---|---|---|---|
| العراق | 0.61 | 0.37 | 2.17 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| الاردن | - 0.62 | 0.38 | 2.23 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| سوريا | - 0.70 | 0.49 | 2.77 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| لبنان | 0.62 | 0.38 | 2.84 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| فلسطين | - 0.04 | 0.002 | 0.11 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| مصر | 0.56 | 0.31 | 1.91 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| تونس | 0.57 | 0.32 | 1.96 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| الجزائر | 0.08 | 0.006 | 0.23 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| المغرب | 0.78 | 0.78 | 3.5 | 1.94 | ارتباط معنوي |

**== تحليل العلاقة بين كميات الامطار الساقطة وانتاجية محصول القمح في منطقة الدراسة:**

يتبين من الجدول (4) بالنسبة لمعامل الارتباط ( r ) ان هناك ارتباط في ( العراق، مصر، تونس، الجزائر والمغرب ) بين كميات الامطار الساقطة وانتاجية محصول القمح فيه مما يشير الى وجود تاثير قوي للامطار الساقطة على انتاجية القمح، اما في الاردن فان الارتباط بينها منخفض وفي ( سوريا، لبنان وفلسطين ) كان الارتباط بينهما متوسط وهذا يشير الى وجود عوامل اخرى تؤثر في انتاجية محصول القمح في كل منها.

وبالنسبة لمعامل التحديد ( R2 ) فان الارتباط بين كميات الامطار الساقطة وانتاجية محصول القمح كان ذو دلالة في جميع دول المنطقة، وهو يشير الى ان أي تغير في كميات الامطار الساقطة يؤثر في انتاجية محصول القمح في كل منها. اما مايخص اختبار ( t ) فيتضح انه في كل من ( العراق، الاردن، سوريا، لبنان، تونس والمغرب ) وجود ارتباط معنوي بين كميات الامطار الساقطة وانتاجية القمح أي ان العلاقة بينهما لم تكن بسبب عامل الصدفة بعكس الحالة في كل من ( فلسطين، مصر والجزائر ).

**== تحليل العلاقة بين كميات الامطار الساقطة وانتاج محصول القمح في منطقة الدراسة:**

يتضح من النتائج التي تم الحصول عليها في جدول ( 5 ) فيما يخص معامل الاتباط ( r ) ان هناك ارتباط بين كميات الامطار الساقطة وانتاج محصول القمح الشتوي في كل من ( العراق، مصر، تونس والمغرب )، وكان معامل الارتباط متوسط في كل من ( سوريا، لبنان، فلسطين والجزائر )، في حين كان منخفضاً في الاردن.

1 ) علي دياب ، البنية الوظيفية القطاعية للمجمعات الزراعية الصناعية التخصصية في محافظتي دمشق وريف دمشق ، مجلة دمشق للاداب والعلوم الانسانية ، المجلد (18) ، 2002 ، ص 253 .

ويتضح من نفس الجدول ان معامل التحديد ( R2 ) اعطى نتائج كان فيها ذو دلالة معنوية في جميع دول المنطقة، مما يدلل على وجود علاقة بين كميات الامطار الساقطة في المنطقة وانتاجية محصول القمح الشتوي فيها، وبذلك يتضح ان النتائج اظهرت تشابه في النتائج في علاقة المتغيرين الانتاجية والانتاج مع كميات الامطار الساقطة. ومن ملاحظة نتائج الجدول (5) ايضا يتبين ان اختبار ( t ) اعطى نتائج تشير الى ان الارتباط لم يكن معنوياً في كل من ( الاردن، لبنان، فلسطين والجزائر ) في حين كان معنوياً في كل من ( العراق، سوريا، مصر، تونس والمغرب )

**جدول ( 5 )**

**العلاقة بين الامطار وكمية انتاج القمح في منطقة الدراسة للمدة (2005 – 2012 )**

| القطـــــــر | r | $R^2$ | Tالحسابية | tالجدولية | P < 0.05 |
|---|---|---|---|---|---|
| العراق | 0.82 | 0.67 | 4.04 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| الاردن | - 0.45 | 0.20 | 0.63 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| سوريا | - 0.70 | 0.49 | 2.77 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| لبنان | - 0.50 | 0.25 | 1.63 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| فلسطين | - 0.50 | 0.25 | 1.63 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| مصر | 0.63 | 0.40 | 2.3 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| تونس | 0.75 | 0.56 | 3.2 | 1.94 | ارتباط معنوي |
| الجزائر | - 0.15 | 0.023 | 0.43 | 1.94 | لايوجد ارتباط معنوي |
| المغرب | 0.78 | 0.61 | 3.5 | 1.94 | ارتباط معنوي |

**== نتائج معامل الاختلاف ( CV ) لبيان درجة استقرارية كل من كميات الامطار الساقطة وانتاجية محصول القمح الشتوي وانتاجه في منطقة الدراسة.**

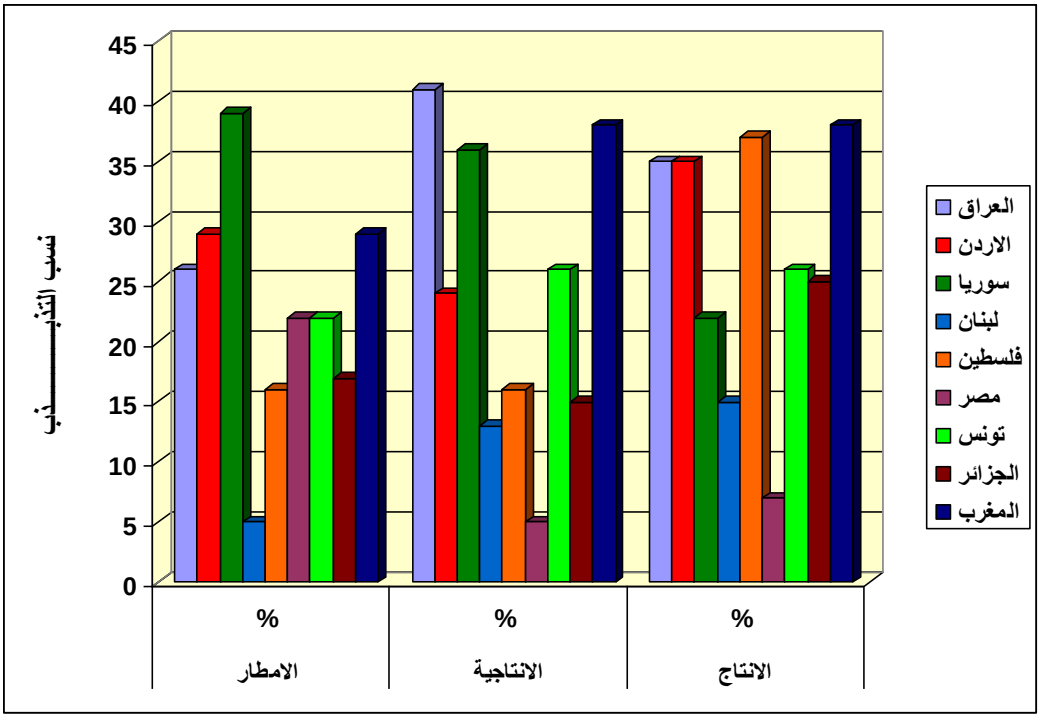
من ملاحظة جدول (6) والاشكال ( 11) و (12) ان معامل ( cv ) اعطى نتائج تبين على ان كميات الامطار الساقطة في منطقة الدراسة كانت غير مستقرة ( متذبذبة جدا ) في سوريا، واستقرار ضعيف في كل من ( العراق، الاردن و المغرب )، واستقرار متوسط في ( مصر وتونس ) وفوق المتوسط في ( فلسطين والجزائر ) ومستقر في لبنان، مما يشير الى ان المؤثرات المتوسطية السالفة الذكر تتشابه في تاثيرها السنوي عليها خلال مدة البيانات المسجلة، بعكس الحالة بالنسبة لنتائج عدم الاستقرارية في امطار دول المنطقة والتي تدلل على ان تلك المؤثرات تؤثر على تلك الدول بدرجات مختلفة ترجع اسبابها الى عدة عوامل ابرزها مدى مواجهة الدولة لتلك المؤثرات ونوع زاوية التاثير التي تعملها معها بمساعدة التضاريس وشكل السواحل، وهذه الحالة من التباين في الاستقرارية والتذبذب في امطار منطقة الدراسة انعكست على انتاجية وانتاج محصول القمح الشتوي المزروع فيها، فمن ملاحظة الجدول (6) يتضح ان انتاجية المحصول اعطت نتائج تشير الى انها غير مستقرة في كل من (

العراق، سوريا، والمغرب ) في حين كان استقرارها ضعيف في ( الاردن وتونس ) وفوق الوسط في ( فلسطين و الجزائر ) ومستقرة في ( لبنان ومصر )، اما الانتاج فكانت نتائج المعامل تشير الى انه غير مستقر في كل من ( العراق، الاردن، فلسطين، والمغرب ) واستقرار ضعيف في ( تونس والجزائر ) ووسط في ( سوريا ) ومستقر في ( لبنان ومصر ).

**جدول ( 6 )**

**معامل الاختلاف ( نسبة التذبذب ) في كمية الامطاروالانتاجية وكمية الانتاج في منطقة الدراسة للمدة( 2005 – 2012 )**

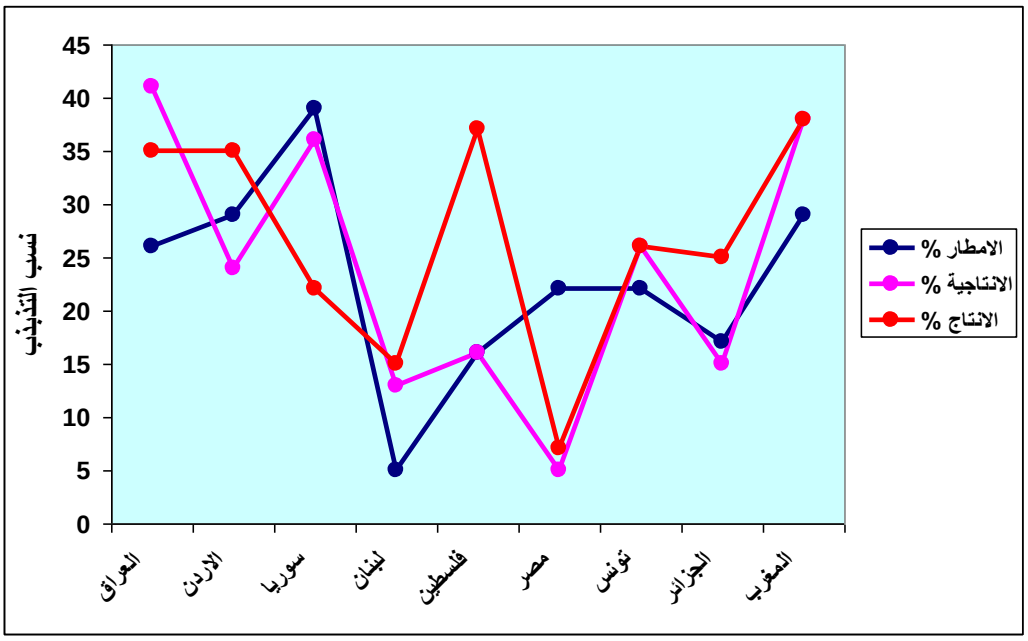
| القطـــــــــــر | نسبة التذبذب / الامطار % | نسبة التذبذب / الانتاجية % | نسبة التذبذب / الانتاج % |
|---|---|---|---|
| العراق | 26 | 41 | 35 |
| الاردن | 29 | 24 | 35 |
| سوريا | 39 | 36 | 22 |
| لبنان | 5 | 13 | 15 |
| فلسطين | 16 | 16 | 37 |
| مصر | 22 | 5 | 7 |
| تونس | 22 | 26 | 26 |
| الجزائر | 17 | 15 | 25 |
| المغرب | 29 | 38 | 38 |




**شكل ( 11 )**

**نسبة التذبذب في كمية الامطاروالانتاجية وكمية الانتاج في منطقة الدراسة للمدة ( 2005 – 2012)**

المصدر :جدول رقم ( 6 ).




**شكل ( 12 )**

**نسبة التذبذب في كمية الامطاروالانتاجية وكمية الانتاج في منطقة الدراسة بحسب الدول فيها للمدة(2005 – 2012 )**

المصدر: جدول رقم ( 6 ).

يتضح مما سبق ان هناك الارتباط بين كميات الامطار الساقطة وانتاجية وانتاج القمح الشتوي في منطقة الدراسة الا انه يكون متباين من منطقة الى اخرى في الدول المشمولة بالدراسة، لوجود عوامل اخرى تؤثر في الانتاجية والانتاج غير كميات الامطار الساقطة وتؤثر في درجات الارتباط بينهما، فلى سبيل امثال تقل قيم الارتباط بسبب طبيعة الاساليب والطرائق المستخدمة في الزراعة ونوعية الملكيات السائدة، ففي الاردن وفلسطين مثلا يسود فيها نظام الملكيات الصغيرة بحيث لاتتجاوز (نصف هكتار )، كما يتميز المزارعون معظمهم بكونهم هم اصحاب الاراضي الزراعية، لذا لاتظهر فيها طريقة المشاركة الزراعية الا قليلا، بعكس الحالة في سوريا والعراق وغيرها.

ويؤدي تفتت الملكيات هذا الى الحد من استعمال الآلات والاساليب الزراعية الحديثة، وبالتالي لايتيح المجال الى استغلال الاراضي المزروعة على اساس اقتصادي ، اذا لايزال استعمال الآلات الزراعية التقليدية في تلك المناطق وفي لبنان وغيرها، وكذلك الحال بالنسبة لطبيعة استخدام الاسمدة وغيرها، مما يؤدي الى رفع تكاليف الانتاج وخفض انتاجية العمال من المحصول المزروع .

**الاستنتاجات:**

1-تبين من خلال البحث ان كميات الامطار الساقطة في منطق الدراسة تتباين في سقوطها من دولة الى اخرى، وهذا التباين لايقتصر على المعدلات العامة لها وانما ايضا في المعدلات السنوية لها.

2-ان التباين في كميات الامطار الساقطة يرجع الى عدة مؤثرات مناخية اهمها مؤثرات البحر المتوسط خاصة المنخفضات الجوية منها والتي تحدث خلال فصل الشتاء، موسم سقوط الامطار فيها.

3-ان هذا التذبذب المطري انعكس على تذبذب المساحات المزروعة بمحصول القمح الشتوي فيها وعلى انتاجيته وانتاجه من دولة الى اخرى، ومن سنة الى اخرى في كل دولة منها.

4-ومن خلال استخدام العمليات الاحصائية لبيان نوع العلاقة بين كميات الامطار الساقطة وبين انتاجية محصول القمح الشتوي وانتاجه، تبين ان هناك ارتباط بينهما، الا ان ذلك الارتباط كان متباين من دولة الى اخرى ضمن المنطقة المدروسة، وان طبيعة الارتباط بينهما قد تتأثر بعوامل اخرى خارجية مثل نوعية الملكيات الزراعية الصغيرة السائدة في عدد منها، وستخدام الاساليب والادوات الزراعية التقليدية، وغيرها.

5-كما بينت النتائج الاحصائية المستخدمة ان معامل التحديد كان ذو دلالة معنوية في جميع دول منطقة الدراسة. اما نتائج اختبار (t) فكانت متباينة فيما بين دول المنطقة.

6-اما نتائج معامل الاختلاف فاوضحت ان كميات الامطار الساقطة في منطقة الدراسة كانت غير مستقرة او ذات استقرار ضعيف في معضمها، وهذا التذبذب في عدم الاستقرارية انعكس فيها على عدم استقرارية انتاجية وانتاج محصول القمح فيها.

7-كما تبين بان هناك عدد من الاساليب والطرائق والمشاريع الزراعية التي يمكن اتباعها في دول المنطقة للتقليل من تاثير التذبذب المطري على انتاجية وانتاج محصول القمح الشتوي فيها مثل استخدام اسلوب الزراعة الجافة، وايجاد مشاريع وطنية لتنمية زراعة المحصول للتقليل من التذبذب في انتاجيته وانتاجه كالتي بدأت تستخدم في العراق ومصر والجزائر والمغرب.

**المصادر :**

1-ابراهيم خليل بظاظو، الجغرافية السياحية – تطبيقات على الوطن العربي، جامعة الحسين بن طلال، الطبعة الاولى، الاردن، 2010.

2- جلال بدر خضرة، ايمان الزايد، جغرافية الوطن العربي في اسيا، مديرية الكتب والمطبوعات، سوريا، 2010

3- حيدر شفيق، اطلس العراق والوطن العربي والعالم، دار المريخ للعلوم، بغداد، 2013.

4- علي احمد هارون، جغرافية الزراعة، دار الفكر العربي، القاهرة، الطبعة الاولى، 2000

5- عبد الامام نصار ديري، تحليل جغرافي لخصائص مناخ القسم الجنوبي من العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الاداب، جامعة البصرة، 1988.

6- عبد الرزاق البطيحي واخرون، الاحصاء الجغرافي، بغداد، 1979.

7- علي دياب، البنية الوظيفية القطاعية للمجمعات الزراعية الصناعية التخصصية في محافظتي دمشق وريف دمشق، مجلة دمشق للاداب والعلوم الانسانية، المجلد (18)، 2002.

8- علي موسى، الجغرافية الكمية، منشورات جامعة دمشق، مطبعة الاتحاد، 1988.

9- كاظم عبد الوهاب الاسدي، تكرار المنخفضات الجوية واثرها في طقس العراق ومناخه، رسالة ماجستير (غير منشورة )، كلية الاداب، جامعة البصرة.

10- محمد ازهر السماك، جغرافية الوطن العربي، الطبعة الاولى، الاردن، 2011.

11- محمد سعودي، الوطن العربي – دراسة ملامحه الاقتصادية، القاهرة، 1967.

12- محمد صبري محسوب، العالم العربي، الطبعة الاولى، القاهرة، 2002.

13- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، الخرطوم، المجلد 26، 27،28، 29، 30، 31، 32، 33 للسنوات 2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011، 2012 على التوالي، بيانات منشورة.

14- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية، الخرطوم، المجلد 33، سنة 2013.

15- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، اوضاع الامن الغذائي العربي، 2013.

16- نسيم ابراهيم، اثر الامطار على انتاجية القمح في الاردن، المجلة العربية للعلوم الانسانية، الكويت العدد 29، سنة 1988.

17- نعمان شحادة، فصلية سقوط الامطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط واسيا العربية، مجلة الدراسات، المجلد الخامس، العدد 1، الجامعة الاردنية، بلا.

18- نعيم ظاهر، جغرافية الوطن العربي، الطبعة العربية، عمان، 2007.

19- وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للانواء الجوية والرصد الزلزالي، شعبة المناخ، بيانات غير منشورة للسنوات 2005، 2006، 2007، 2008، 2009، 2010، 2011، 2012.

# الفصل الحادي عشر

# التفاعل بين حقوق الإنسان والقانون الدولي الإنساني بين التغيرات المناخية ومستقبل مستدام

د. رشا عقيل عبد الحسين
كلية الامام الكاظم (ع)

المستخلص

يعيش الناس والكائنات الحية الاخرى على هذه الارض ويعتمدون على البيئة التي يعيشون فيها في جميع النواحي. وتُعد البيئة الآمنة والصحية والمستدامة، من متطلبات عيش الإنسان التي لايمكن التخلي عن جزء منها لانها لا تتجزأ، اذ يرتبط التمتع باحداها بمجموعة واسعة من حقوق الإنسان، بما في ذلك الحق في الحياة والصحة والغذاء والماء والحق في الطبيعة الامنة. فلا نستطيع العيش بدون بيئة سليمة ولا يمكن تحقيق الأهداف والسياسيات الدولية دون توفيرها أو حتى العيش بمستوى يتناسب مع الحد الأدنى من معايير الكرامة الإنسانية. فتُسهم حماية حقوق الإنسان في حماية البيئة في الوقت نفسه. فعندما يتمكن الناس من التعرّف على القرارات التي تؤثر على حياتهم والمشاركة فيها، يُمكنهم المساعدة في ضمان مراعاة هذه القرارات، اذ لا يمكن تحقيق التطلعات نحو مستقبل مشرق دون وعي الناس باهمية البيئة واستدامة مواردها، والامتثال للقواعد التي تعني بحماية البيئة، ولا يمكن ان تحقق الحكومات التقدم الاقتصادي والسياسي دون مراعاة حقوق افرادها، والعناية بما يلائم متطلباتهم، وما نلاحظه من تردي الاوضاع الإنسانية والبيئية في معظم الاراضي العربية يحتم علينا بذل المستطاع في سبيل اعادة التوازن الطبيعي.

**المقدمة**

إن الدول ملزمة بموجب قواعد القانون الدولي العام باحترام مبادئ حقوق الإنسان وحماية الإنسان بموجب القانون الدولي الإنساني وترسيخ تلك القواعد ضمن تشريعاتها الوطنية. بعد تقنين معظمها دوليا، وهذا الالتزامات تتمثل بحماية الناس من الأذى المتوقع اثناء النزاعات او ما تسببه الحكومات لافرادها. يعد وجود البيئة الآمنة والنظيفة والصحية والمستدامة مرتبط مع التمتع الكامل بالحقوق المتعلقة بالإنسان، ويؤدي تغير المناخ الى تقليل او انعدام التمتع بهذه الحقوق. ويقع على عاتق الدول التزامات عدة، ومنها منع الآثار السلبية المتوقعة لتغير المناخ، وما ينجم عنه. ويقع على عاتق الدول، الالتزام بضمان أن يتمتع الأشخاص المتضررين من تغير المناخ – تحديدا اولئك الذين يعيشون أوضاعا صعبة – بإمكانية الوصول إلى التعويضات جراء ما لحقهم ايضا توفير الوسائل من اجل عيش حياة كريمة.

اما الأضرار التي يسببها تغير المناخ في ضرر غير متوقع احيانا، وغير محدود في حدود معينة بل هي متفشية في كلّ مكان وفتاكة. فما يلاحظ في هذه الفترة، من تطرف مناخي شديد قد أدى إلى الاختفاء التدريجي لأغلب الحقوق على نطاق لا يمكن تصوره. واذا استمر الحال على هذا النمط سيؤدي بنا الى نهاية الحياة. وعدم منعها، يعد من الاخطار المحتمة. فالدول ملزمة بحماية الناس من هذه الأضرار، والشركات الكبرى مسؤولة ايضا عن

الأعمال التي تصدر منها نسبة اضرارا على حساب حياة الناس مقابل المنفعة الاقتصادية. فقانون حقوق الإنسان يلزم الدول على اتخاذ إجراءات جدية للتخفيف من انبعاثات غازات الدفيئة والتأكد من أن الناس جميعهم يتمتعون بالوسائل اللازمة للتكيف مع تغير المناخ. والا سنكون امام مسألة اخلاقية متمثلة بعدم توفر العدالة المناخية للجميع.

أهمية البحث:

تبرز اهمية هذه الدراسة بتسليط الضوء على الواقع البيئي المتردي الذي يواجه الارض بصورة عامة والوطن العربي بصورة خاصة اذ تحولت العديد من الاراضي الخضراء الى اراضي جرداء بفعل تغير وتغيير المناخ اذ تسبب التغيير المتعمد للعديد من الاراضي العربية الى هجرة الناس او عيشهم في ظروف مناخية لا تحتمل.

اشكالية البحث:

يعد تغير المناخ من المواضيع العالمية اذ تمتد الاثار الضارة الناجمة عن التدخل المتعمد في البيئة او اساءة استخدام المصادر الطبيعية على الجميع. والدول ملزمة باتباع القواعد المعنية بحماية البيئة ومنها اتفاقيات جنيف والبروتوكول الملحق الاضافي الاول لعام 1977 وتعد الانتهاكات التي تسببها الحروب من المثرات الاساسية على الاجيال المستقبلي ولا يمكن تجاهلها. اذ ترتبط العدالة الاجتماعية مع مفهوم العدالة المناخية، وفي ظل ازمة المناخ التي تعد قضية مؤثرة بصورة مباشرة على مبادئ حقوق الإنسان، لا يمكن ان تحقق الدول تقدما في مجال التزاماتها تجاه حقوق الانسان والامتثال لقواعد القانون الدولي الانساني.

**المبحث الأول:**

**أثر التغيرات المناخية على حقوق الإنسان**

تعد المبادئ الأخلاقية والفطرة السلمية، السلوك البشري السليم الذي يسعى البشر الاسوياء الى تحقيقه، وتتمثل بحقوق الإنسان التي تكون لصيقة بالإنسان، وهي مستحقه لكل إنسان مهما كانت انتماءاته ديانته او لغته، او توجهاته وتمثل بالإضافة الى ذلك الحقوق الأساسية التي لا يمكن التنازل عنها او حتى المساس بها، وهي حقوق يجب ان تمنح للناس جميعا سواسية، دون تفريق بينهم. وهي مبادئ راسخة في الاديان السماوية وتحديداً على وجه التحديد في ديننا الحنيف الذي تؤكد نصوصه الشرعية، على ضرورة مراعاة الاخرين وعدم الأضرار بهم إضافة الى احترام حقوق النفس وحماية الجسد الذي وهبه الله الينا، ولا يمكن ان يتم التمييز بين الناس بسبب الشكل او المعتقدات.

وتعني كلمة الحق التي هي مفردة حقوق شرعا؛ الشيء الثابت الصحيح، وقد ورد استعمال كلمة الحق في القرآن الكريم بمعان عدة(مجد الدين محمد بن الفيروز آبادي، ١٩٧٩، ص ٢٢٢ ) ومن معاني الحق في اللغة بمعنى النصيب ؛واحيانا اليقين(الشريف علي بن محمد الجرجاني، 1985، ص93.) ويمكن القول إن ( الحق مصلحة تثبت لإنسان أو لشخص طبيعي أو اعتباري، أو لجهة أخرى، والمصلحة هي المنفعة، ولا يعد الحق حقا إلا إذا قرره الشرع والدين أو القانون والنظام والتشريع والعرف)( اسماعيل غانم، ١٩٥٨، ص١٠) وبعد إيضاح مفهوم الحق نأتي إلى الهوية الانسانية التي يولد الإنسان وهو حامل لها، وهذه الهوية لصيقة بالإنسان، ولهذا فان تطبيق قواعد حقوق الإنسان ضمن مبادئ الشريعة الإسلامية تعد واجباً على الفرد وعلى المجتمع الذي ينتمي إليه الفرد ويكون ايضا لزاما على السلطة احترام الحقوق ولا يمكن التصرف بها. لذلك لا يجوز مطلقا حرمان أيّ شخص منها، إلا في حالات محددة ووفقًا للإجراءات القانونية الواجبة هذا حسب التشريعات والصكوك الدولية. والذي لا تمتثل له

العديد من الدول التي تدعي تطبيق الحرية الفكرية والدينية. لكن، قد يتم تقييد حق أحدهم في الحرية، في حال أدانته محكمة قانونية بارتكاب جريمة. وتتصف قواعد حقوق الإنسان بمبدأ العالمية الذي يعد السمة الأساس في القانون الدولي لحقوق الإنسان. والتي تعني الجميع متساوون في التمتع بحقوق الإنسان والذي برز للمرة الأولى في الإعلان العالمي لحقوق الإنسان، في العديد من الاتفاقيات والإعلانات والقرارات الدولية لحقوق الإنسان.

**المطلب الأول**

**حق الإنسان في الطبيعة والبيئة**

ظهر مفهوم جديد للحفاظ على البيئة، ألا وهو حقوق الطبيعة. ويتحدى هذا المنظور المُبتكر المفهومَ التقليدي للطبيعة كموردٍ للاستهلاك من قبل الانسان فحسب، ويصف الطبيعة بصفتها كيانٍ حي ذي حقوق أصيلة. تسعى حركة حقوق الطبيعة إلى الاعتراف القانوني بالنظم البيئية، وغيرها من الكيانات الطبيعية كالأنهار والغابات وحمايتها، وهو أمر يتشابه مع حقوق الإنسان وحمايته اوتهدف حركة حقوق الطبيعة، في الاساس، إلى استعادة الصلة الجوهرية بين الإنسان والبيئة. وهو أمر لطالما أدركته الديانات السماوية والشعوب الاصلية اذ ترتبط الصحة بالطبيعة وتؤثر بشكل مباشر على رفاهيتنا. وللأسف، أصبحت المجتمعات الصناعية الحديثة أكثر انفصالًا عن هذه العلاقة التكاملية، مما أدى إلى تدهور النظم البيئية وفقدان التنوع البيولوجي، واخذ الاتحاد العالمي لحقوق الطبيعة(https://www.garn.org/about-garn)على عاتقه هذه المهمة اذ يؤكد التحالف العالمي من أجل حقوق الطبيعة على ضرورة ضمان مستقبل مستدام بيئيًا، يجب على البشر إعادة توجيه أنفسهم من علاقة استغلالية ومدمرة للذات في نهاية المطاف مع الطبيعة، إلى علاقة تحترم الترابط العميق بين جميع أشكال الحياة وتساهم في صحة وسلامة البيئة الطبيعية. ومن الخطوات الأساسية لتحقيق ذلك إنشاء نظام قانوني ينظر إلى الطبيعة ويعاملها ككيان أساسي ذي حقوق، وليس مجرد ملكية يمكن استغلالها كما يحلو لنا. إن كسر القيود التي تُركز على الإنسان في أنظمتنا القانونية الحالية، من خلال الاعتراف بحقوق الطبيعة واحترامها وإنفاذها، هو أحد أكثر الإجراءات تحويليةً وفعاليةً التي يمكن للبشرية اتخاذها لبناء مستقبل مستدام للجميع. لان الجميع يتحمل المسؤولية بصفتنا اعضاء مجتمع غير قابل للانفصال التام، الا ان واقع الحال لايمكن ان نقول بان للطبيعة ارادة المطالبة بالحقوق بل لابد من سن التشريعات الحامية للطبيعة، بصورة مستقلة اذ توجد مواد في القوانين تعني بحماية الطبيعة لكن ليس كتشريع مستقل، اما حق الإنسان في الطبيعة معترف به على نطاق واسع في جميع الدول، رغم اختلاف التطبيق والفعالية، فتشير معظم الدساتير إلى حق الجميع في الوصول إلى بيئة صحية والعيش فيها. وعلى الرغم من أهميته كمسألة إنصاف وعدالة، وعدم توفيرها يعد عائقًا محتملاً أمام التحول البيئي.

ويلاحظ ان هذا التحول ادى الى نقلة نوعية في مجال الاهتمام بالطبيعة والبيئة، فمن الضروري إشراك ومشاركة جميع قطاعات المجتمع والفئات الاجتماعية، بغض النظر عن خلفياتهم، في المشاركة في إيجاد حلول مشتركة تنتج عن وجهات نظر مختلفة وتعدد المعارف. يمكن أن يتضمن هذا الجهد، الذي قد يستفيد من إطار التحول البيئي، دمج مفهوم الطبيعة في الأطر القانونية والسياسية من خلال الاعتراف بالقيمة الجوهرية.

من الممكن وصف قانون الاتحاد الأوروبي لاستعادة الطبيعة بكونه أول قانون يضع اهداف ملزمة لاستعادة النظم البيئية والموائل والأنواع الحية. اذ نص على متطلبات محددة لأنواع مختلفة من النظم البيئية، بما في ذلك الأراضي

الزراعية والغابات والنظم البيئية الحضرية. وهي اشارات تفصيلية، اما تواجد قوانين مشابه في البلدان العربية فهو امر غير متوفر حاليا وتعاني اغلب الموائل الحية(UNEP/CBD/WG8J/8/6/Add.1) من مشاكل الاندثار.

**المطلب الثاني**

**التحديات التي تواجه حق الإنسان في العدالة والمساواة.**

يمثل خطر تغير المناخ تهديدا بطريقة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة، على تمتع الانسان بصورة متكاملة وفعلية في العدالة، فالتأثير يشمل مجموعة متنوعة من حقوق الإنسان، ولا يقتصر على امرا محددا على وجهه التحديد، فيطال تغير المناخ الحق في الحياة، والحق في الحصول على المياه وخدمات الصرف الصحي، والحق في الغذاء، والحق في الصحة العامة، والحق في السكن، وايضا الحق في تقرير المصير، وحتى يطال الحق في الثقافة، والحق في التنمية. ويقع على عاتق أشخاص القانون الدولي عدة التزامات في مجال حقوق الإنسان تهدف الى منع الآثار السلبية المتوقعة لتغير المناخ، وضمان أن يتمتّع الأشخاص المتضررين منه، بإمكانية الوصول إلى التعويضات ووسائل التكيف الفعالة لعيش حياة كريمة. وتمثل أزمة المناخ تهديدا خطيرا على بقاء البشرية، وتهدد بالفعل حقوق الإنسان في جميع أنحاء العالم، اذ ان ارتفاع درجات الحرارة المستمر؛ بسبب النشاطات التي يقوم بها الإنسان والتي تؤدي إلى ارتفاع نسبة غازات الدفيئة(تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، الآثار والتكيف وسرعة التأثر، ٢٠٠٧) ويمثل العمل المناخي من منظور حقوق الإنسان أهمية، وذلك لكون التزامات حقوق الإنسان ومعاييرها ومبادئها، يمكن ان ترشد وتقوي عملية وضع السياسات على الصعيدين، الدولي والوطني(قرار مجلس حقوق الإنسان ٢١/٤١، الفقرة ١٤ من الديباجة.) ومن المؤكد اذ لم يتم اتخاذ إجراءات صارمة تجاه تغير المناخ فان مستويات الفقر سترتفع الى ما يقارب مئة مليون شخص بحلول عام ٢٠٣٠حسب ما ورد عن البنك الدولي(البنك الدولي،2015) ولكل فرد الحق في الحياة والامن، وفقا لما ورد عن الاعلان العالمي لحقوق الإنسان، ايضا ما اشار اليه العهد الدولي الخاص بالحقوق المدنية والسياسية في التأكيد على الحق الاصيل في الحياة ؛ لكل انسان على وصف ان هذا الحق هو حقا اساسيا، كما سبق ان اشرنا الى ذلك، وهذا الحق لا يمكن ان يتم التصرف به، او ان يتم تقييد ذلك الحق وينبغي بناءً على ذلك، ان تكون الدول ضامنة لعدم حدوث خسائر بشرية، متوقعة، باتخاذ الإجراءات اللازمة، وتضمن التمتع بالحياة الكريمة (مؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية،٢٠١٥)

واشارت المادة الأولى من ميثاق الأمم المتحدة الى ضرورة احترام حق تقرير المصير للشعوب، وايضا أكدت على ذلك المادة الثالثة من الميثاق، ونصت المادة الأولى المشتركة من العهد الدولي الخاص بالحقوق المدنية والسياسية والعهد الدولي الخاص بالحقوق الاقتصادية والاجتماعية والثقافية على" لجميع الشعوب الحق في تقرير المصير" ويجب عدم حرمان اي فئة من الناس من هذا الحق لكون ذلك الحق يعد حقا جماعيا يجي ان يضمن تحقيقه لجميع الشعوب، وعلى الدول الالتزام بتوفير ذلك حتى لمن يعيش خارج اقليمها. ويهدد تغير المناخ على وجود الاراضي، اذ من الممكن ان تزال الجزر الصغيرة بسبب ذوبان الجليد، والقضاء على مساحات واسعة من الدول الجزرية مما تترتب عليه آثارا عدة، كحرمان الشعوب من اراضيهم، وتغير حدود الدولة، ومما يثير مشاكل دولية جمة، في مسألة تحديد الحدود البحرية من خط الاساس، الذي انطمر تحت عمق بعيد في مياه البحر، بالإضافة الى حدوث العواصف

وتغير نسبة هطول الأمطار، مما يتطلب ترك الأراضي والتزوح، وهي تهديدات لم يتم الى الان التصدي لها او معالجتها وفقا لقواعد القانون الدولي العام، وتمنع تحقق المساواة.

## المبحث الثاني

## تأثير تغير المناخ على الالتزامات بموجب القانون الدولي الإنساني

يمثل القانون الدولي الانساني فرعا من فروع القانون الدولي العام والذي ينظم العلاقات بين اشخاص القانون الدولي يهدف لحماية الانسان اثناء النزاعات المسلحة وحمايتهم من الاعمال العدالة والتقييد في وسائل القتال ويحل القضايا الانسانية التي تنتج لما بعد النزاع وحل القضايا الانسانية وابرزها حماية البيئة(اللجنة الدولية للصليب الاحمر، القانون الدولي الانساني،2014) ولا يشكل التغير المناخي تحديا من التحديات التي تواجه الالتزامات بقواعد القانون الدولي الانساني، والذي يتطلب استجابة فعالة من قبل المجتمع الدولي، واعربت الدول عن التزامها بحماية الارض في خطة التنمية المستدامة لسنة 2030. والتزامات القانون الدولي الانساني من الممكن تلخيص مبادئ القانون الدولي الإنساني في محاور اربعه متمثلة بالإنسانية في التعامل، والتمييز بين المقاتلين والأهداف العسكرية، وغيرهم، ومبدأ الضرورة العسكرية، ومبدأ التناسب بين الهدف العسكري والأضرار المحتملة.

وتحدث جان بكتيه نائب رئيس اللجنة الدولية للصليب الأحمر سابقا، عن مبادئ أربعة متمثلة بالمبادئ الأساسية وهي تأمين حد أدنى من الضمانات الإنسانية للجميع في الحرب والسلم ومنها عدم إلحاق الضرر بالخصم لا يتناسب مع غاية الحرب وهو مبدأ الضرورة والتناسب أما المبادئ المشتركة وهي صيانة الحرمات والمبادئ الخاصة بضحايا النزاعات والمبادئ الخاصة بقانون الحرب(عباس عبود عباس،2020،ص118-119) الربط بين أنسنه قواعد القانون الدولي وربطها مع ما جاءت به الشريعة الإسلامية، نلاحظ ما ذكره الدكتور عباس عبود في مؤلفه القانون الإنساني، بكون القاعدة القانونية تمثل سلوكاً للإنسان، لذلك يعد القانون المتعلق بالإنسان وما يخصه، اي القانون الذي يحمي كرامة الإنسان، قانونا انسانيا، فكل قانون يتوجه مباشرةً الى إنسانية البشر ويعمل من اجل صيانتها يعد قانوناً إنسانيا. وهذا القانون يختلف باختلاف نطاقه: فهنالك قانون يعمل من حيث النطاق الجغرافي وهو النطاق المكاني، وهو ما نطلق عليه تسمية النطاق الوطني، او قد يكون نطاقا إقليميا، او يكون بصورة أشمل وأوسع وهو ما نطلق عليه تسمية النطاق العالمي. وبموازاة مع النطاق الجغرافي، هنالك النطاق الزماني، فقد يتحدد من خلال فترات ومنية معينة، قد تكون أثناء النزاعات المسلحة.

وتعد مشاكل البيئة من القضايا التي تعالجها قواعد القانون الدولي الإنساني وتضفي الاهمية البالغة لها، وتمثل جزء من اهداف القانون الدولي الانساني، ويراعي القانون الدولي الإنساني حماية البيئة من ناحيتين؛ أولاً، بموجب أحكامه العامة، وثانياً، من خلال بعض الأحكام الإضافية الخاصة وتنطبق الأحكام العامة المتعلقة بسير العمليات العدائية على البيئة (هشام بشير،2010، ص٣٦.) الا ان من العراقيل التي تواجه تطبيق قواعد القانون الدولي الإنساني هي عدم حظوة قواعده بالأهمية نتيجة عدم مصادقة الدول عليها او عدم الانضمام، اذ لا توجد قوة تشريعية عليا، تفرض الزاما على الدول اتباع المعاهدات، ويتم مواجهة الانتهاكات التي تحدث بشأن تطبيق قواعد القانون الدولي الإنساني بواسطة المحاكم الدولية المختصة، كالمحكمة الجنائية الدولية، او يتم من خلال المحاكم الوطنية، اذ يوجد تكامل بين القانون الدولي الإنساني والنظم القانونية الاخرى، وذلك خلال وقوع النزاعات المسلحة.

**المطلب الاول**

**تأثير النزاعات المسلحة على الإنسان والبيئة**

ان خطر تغير المناخ يهدد بطريقة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة، تمتع الانسان بصورة متكاملة وفعلية، فالتأثير يشمل مجموعة متنوعة من حقوق الإنسان، ولا يقتصر على امرا محددا على وجهه التحديد، فيطال تغير المناخ الحق في الحياة، والحق في الحصول على المياه وخدمات الصرف الصحي، والحق في الغذاء، والحق في الصحة العامة، والحق في السكن، وايضا الحق في تقرير المصير، وحتى يطال الحق في الثقافة، والحق في التنمية. ويقع على عاتق أشخاص القانون الدولي عدة التزامات في مجال حقوق الإنسان تهدف الى منع الآثار السلبية المتوقعة لتغير المناخ، وضمان أن يتمتّع الأشخاص المتضررين منه، بإمكانية الوصول إلى التعويضات ووسائل التكيف الفعالة لعيش حياة كريمة.

وتعد ظاهرة تغير المناخ، ذريعة أساسية من اجل سعي الدول لتطوير تقنيات جديدة، وهذه التقنيات قد تكون ملائمة وجيدة من اجل تحسين المناخ والبعض منها له اثارا سلبية جانبية أخرى وهنالك تقنيات تستخدم من اجل اقحام الطرف العدو في بيئة صعبة من اجل اخضاعه، سواء كانت تلك الآثار آنية عند حدوث النزاع او تكون اثارها لاحقة الظهور والتأثير. ويتم استهداف البنى التحتية والمدنية بشكل شائع في النزاعات وأن الجهات الفاعلة الحكومية وغير الحكومية لها تاريخ طويل في التلاعب في البيئة لتحقيق ميزة تكتيكية عسكرية. وهو ما يشكل تهديدات جديدة للسلام والأمن البيئي (International and Operational Law Department, 2015, p73.) ولطالما عدت الأضرار البيئية الجانبية نتيجة حتمية للنزاعات المسلحة. ولكن هناك أيضًا العديد من الأمثلة على التلاعب المتعمد بالبيئة من قبل الأطراف المتحاربة، حيث تصبح البيئة سلاحًا في الحرب.

ويتم ذلك عند استهداف منطقة معينة وحرمانها من أي شيء ذي قيمة للخصم أو المدنيين. منها الغذاء والماء والمأوى والموارد الطبيعية والبنية التحتية المدنية الحيوية، وغالبًا ما تستخدم أطراف النزاع محيطها لتحقيق منفعة عسكرية. ويشمل ذلك الاستخدام الاستراتيجي للبنية التحتية البيئية مثل شبكات المياه والمرافق الصناعية الخطرة بيئياً. مثل هذا التسليح أمر شائع، ومع تزايد اعتماد المجتمعات على البنية التحتية البيئية للحياة الاجتماعية والاقتصادية، فإن عواقب استخدامها العدائي من قبل الأطراف المتحاربة تزداد خطورة ولقد شهدت أرض العراق، بسبب السياسة الممنهجة من قبل أعضاء الأمم المتحدة، تغيرا بيئيا واسع النطاق، بعد شن حروب مدمرة على أرضه وتسببت بأضرار طويلة الأمد، اذ استخدمت القوات الأمريكية القنبلة الفسفورية في مدينة الفلوجة العراقية عام 2004م. وقامت دولة صهيون باستخدام هذا السلاح على قطاع غزة عام 2009، واعيد استخدامه من قبل قوات الاحتلال الامريكي في مدينة الموصل في العراق باستخدام القنابل الفسفورية سنة 2017. واكدت منظمة العفو الدولية على إن استعمال الفسفور الأبيض في محيط مدينة الموصل يشكل خطراً مميتاً للمدنيين (سلافة طارق الشعلان،2018، ص7).

وتوصلت المنظمة من خلال شهادات من شهود موثوقين وأدلة بالصور، على انفجار مقذوفات للفسفور الأبيض في الهواء فوق المنطقة الواقعة شمال قرية كرملش، على بعد حوالي 20 كيلومتراً إلى الشمال من الموصل، والفسفور الأبيض مادة حارقة تشتعل بدرجات حرارة عالية عند تعرضها للهواء، وضحت دوناتيلا روفيرا كبيرة مستشاري برنامج الاستجابة للأزمات في منظمة العفو الدولية، كون الفسفور الأبيض يمكن أن يتسبب بإصابات مروعة، فيحدث

حروقاً عميقة في العضلات والعظام. ومن الممكن أن يحترق بصورة جزئية فقط، ويعود إلى الاشتعال بعد أسابيع من إطلاقه (منظمة العفو الدولية العراق، 2022)

ويعد الفسفور الابيض من ضمن فئة الأسلحة الكيميائية ظاهرا، لكن في واقع الأمر فان استخدام تلك المواد يؤدي الى تعديل البيئة بصورة غير مباشرة وعلى الأمد الطويل، اذ تشكل آثاره السالقة الذكر، اضرارا مباشرة كالموت او الاحتراق والتشوهات والإصابة بالأمراض، لكن الأضرار التي تصيب الارض ومدى خصوبتها تعد أضرارا غير مباشرة، وهي تمثل تغييرا للبيئة بصورة عامة، والمناخ بصورة خاصة، وهو ما يلاحظ على بيئة العراق اذ ان ارتفاع درجات الحرارة المستمر، والذي يفوق ما يجاوره من بلدان تقع على خط عرض مشابه، والذي يعزى الى عدة أسباب منها الجفاف، والقضاء على الغطاء النباتي من خلال الملوثات الكيمائية، واستخدام غاز الكميتريل بكثافة في اجواءه.

ويسهم الانتشار غير المراقب للأسلحة في زيادة انتهاكات القانون الدولي الإنساني ويقوض جهود تقديم المساعدات إلى الضحايا. وبدأت الدول منذ عام 2006 مناقشات بشأن إبرام "معاهدة لتجارة الأسلحة" تطبق على الصعيد العالمي. وقررت الجمعية العامة للأمم المتحدة في كانون الثاني/يناير 2010، عقد مؤتمر الأمم المتحدة الخاص بمعاهدة تجارة الأسلحة لعام 2012، بهدف إعداد صك ملزم قانوناً يحدد أعلى المعايير الدولية الممكنة لتنظيم نقل الأسلحة التقليدية. وتؤيد اللجنة الدولية إعداد معاهدة شاملة وملزمة قانوناً بشأن تجارة الأسلحة تحدد معايير دولية مشتركة لتنظيم نقل جميع الأسلحة التقليدية وذخيرتها والسمسرة فيها بشكل مسؤول(.A/RES/69/49)

ولقد اكدت اللجنة الدولية للصليب الأحمر على ضرورة احترام الأطراف المتنازعة للمبادى المعنية في حماية البيئة وعدم الاضرار بالأنظمة الأيكولوجية للبيئة فأشارت الى (يجب علينا أن نؤكد التحريم القديم ضد استخدام السم الطاعون في الحرب حيث أنهما ينتقلان لاجيال عدة في مختلف الثقافات، ومنذ عهد الإغريق والرومان وحتى قانون مانو للحرب في الهند وصولا الى قواعد إدارة الحرب التي استقاها العرب المسلمون من القرآن، كان يحظر استخدام السم والأسلحة السامة في الحرب، وقد تم تقنين هذا الحظر في قانون ليبر لسنة١٨٩٩، أثناء الحرب الأمريكية وعلى المستوى الدولي في إعلان لاهاي سنة١٩٨٨، والقواعد الملحقة باتفاقية لاهاي الرابعة لسنة ١٩٠٧).ويثار تساؤل حول استمرار تطبيق الاتفاقيات غير المتعلقة بتنظيم النزاعات المسلحة اثناء النزاعات المسلحة، وظهرت عدة نظريات لايضاح ذلك منها نظرية التصنيف، والتي تشير الى ان القوانين المتعلقة في الشان البيئي تبقى سارية المفعول في حال اشار النص الاتفاقي الى ذلك، او في حال كان النص متوافقا مع النزاعات المسلحة، او كان ملزما بوصفه قاعدة امرة(سيلكافونكي، غطاء جديد واقي للبيئة،2010 ص٢١) وذهب جانب من الفقه الى نظرية القصد، اي يتمسك بتطبيق قواعد القانون الدولي البيئي حسب ما ورد من قصد في الاتفاق بين الاطراف، ويرى اخرون بان غياب النص على انهاء العمل بمبادى القانون الدولي البيئي اثناء النزاعات المسلحة يعد دليلا على ضرورة الاستمرار بالالتزام بمبادئ القانون الدولي البيئي(والتر شارب،1992، ص٢٣.)

**المطلب الثاني: الاطر القانونية لحماية الانسان والبيئة**

إن النظام الأساسي للمحكمة الجنائية الدولية أورد نصا خاصا بحماية البيئة تحديدًا في المادة 8 الفقرة (2) ب (4) عندما وصف الأعمال التي تلحق ضررًا واسع النطاق وطويل الأجل وشديدًا بالبيئة الطبيعية وتنتهك مبدأ التناسب هي جريمة حرب تستوجب المساءلة والعقاب، ويبدو إلى حد بعيد أن مضمون النص يتشابه مع المادتين 35 و55

من البروتوكول الإضافي الأول 1977، وبالتالي ينطبق ما قيل آنفًا على هذا النص أيضًا. وعلى كل حال تبقى مسألة حماية البيئة والتقيد بالنصوص الواردة واللجوء؛ لما توفره نصوص القانون الدولي للبيئة من حماية – في ظل عدم كفاية نصوص القانون الدولي الإنساني– متوقفًا على إرادة الدول وتحديدًا أطراف النزاع، فخطورة إيذاء البيئة كبيرة وآثارها وخيمة على الأجيال اللاحقة، وكل الآمال تظل معقودة على التعاون من قبل الدول وحشد الجهود من أجل بيئة آمنة

اللجنة معنية في حماية البيئة أثناء النزاعات المسلحة التي وضعت مشروع مبادئ من 27 مبدا توضح فيها التزامات أشخاص القانون الدولي، وهي اختصارا ل: A/77/10, Protection of the Environment in Armed conflict (part58) اذ أشار المبدأ الثالث من التوجيهات الى تدابير لتعزيز حماية البيئة وهي: يتعين على الدول، وفقا لالتزاماتها بموجب القانون الدولي، اتخاذ الإجراءات التشريعية الفعالة، والتدابير الإدارية والقضائية وغيرها من التدابير لتعزيز حماية البيئة فيما يتعلق بذلك إلى الصراعات المسلحة. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي للدول أن تتخذ المزيد من التدابير، حسب الاقتضاء، لتعزيز حماية البيئة وعلاقتها بالنزاعات المسلحة. وفي المبدأ التاسع تمت الإشارة الى التعويض عن الأضرار الناجمة عن النزاعات المسلحة والزام الدول والمنظمات بالتعويض، اما المبدأ الثالث عشر فقد بين فيه الحماية العامة للبيئة أثناء النزاعات المسلحة وهي:

1. يجب احترام البيئة وحمايتها وفقاً للمعايير الدولية المعمول بها القانون، وعلى وجه الخصوص، قانون النزاعات المسلحة

2. مع مراعاة القانون الدولي المعمول به: (أ) يجب الحرص على حماية البيئة من الأمراض واسعة الانتشار والطويلة الأجل والشديدة ضرر؛ (ب) استخدام أساليب ووسائل الحرب التي يقصد بها، أو يتوقع منها، التسبب يحظر إلحاق ضرر واسع النطاق وطويل الأمد وشديد بالبيئة.

3. لا يجوز مهاجمة أي جزء من البيئة إلا إذا أصبح هدفاً عسكرياً. وفي المبدأ الرابع عشريوضح تطبيق قانون النزاعات المسلحة على البيئة وقواعد التمييز والتناسب وضرورة اتخاذ الاحتياطات اللازمة للبيئة بهدف حمايتها. وفي المبدأ الخامس عشر حظر الأعمال الانتقامية على البيئة. اما المبدأ السادس عشر حظر النهب نهب الموارد الطبيعية.

والولاية القضائية العالمية تشير إلى المبدأ القائل بأنه يجوز لمحكمة وطنية، وفي بعض الحالات، أن تحاكم الأفراد على جرائم بموجب القانون الدولي مثل: الجرائم المرتكبة ضد الإنسانية وجرائم الحرب والإبادة الجماعية والتعذيب أينما وقعت، استناداً إلى مبدأ أن هذه الجرائم تضر بالمجتمع الدولي أو بالنظام الدولي نفسه، الذي قد تتصرف فيه فرادى الدول من أجل الحماية. ويعرف هذا الاختصاص بالولاية القضائية العالمية. وتدعو منظمة العفو الدولية الدول إلى ضمان أن تمارس محاكمها الوطنية الولاية القضائية العالمية على الجرائم بموجب القانون الدولي، مثل جرائم الحرب والجرائم ضد الإنسانية والإبادة الجماعية والتعذيب (Howard and Zdunczyk, Katarzyna, Advancing Global International Crimes, 2020)

وتحتفظ المبادئ التوجيهية لعام 2020 بعناصرها الرئيسية والتي تتسم مبادئها بالتفصيل من خلال عرض قواعد القانون الدولي العرفي والقواعد المبينة في دراسة اللجنة الدولية، ثم الالتزامات التعاهدية الاضافية. لذلك سميت بالقواعد لكونها ملزمة وفي مواضع قليلة تمثل توصيات. وتهدف المبادئ الى تيسيؤ اعتماد تدابير عملية لتقليل الاثر

البيئي للنزاع المسلح من خلال تنفيذ تدابير في سبيل فهم الاثار التي يسببها النزاع المسلح على البيئة الطبيعية، وتحديد المناطق التي تتصف بالاهمية كالمنتزهات الوطنية او المحميات الطبيعية، وموائل الانواع المهددة بالانقراض او تكون هشة لانها مناطق منزوعة السلاح، واكدت التوجيهات الى ضرورة تبادل المعلومات من خلال تبادل المعلومات حول الاضرار التى تلحق في البيئة نتيجة استخدام سلاح معين. ايضا تبادل المعلومات حول الممارسات الجيدة المتعلقة بالتدابير المتخذة لضمان الامتثال، فسلاح التغيير المناخي خطر على البيئة لكونه يسبب في اضرار غير محددة الاثر والمدى فعلى الدول تقديم تعهدات لاجل حظر استخدامه فعليا.

لقد قرر مجلس حقوق الانسان في قراره 9/50 ادراج موضوع الاثار الضارة لتغيير المناخ على حقوق الانسان واطر تنفيذ العمل المناخي كعنصر اساس واكد في قراره 8/56 على تيسير الانتقال العادل بشان التصدي للاثار الضارة لتغير المناخ على حقوق الانسان للجميع (A/HRC/59/1/Rev.1.2025 ).

وقد قضت محكمة العدل الدولية، الهيئة القضائية الرئيسية للأمم المتحدة، بأن" الدول مُلزمة بحماية البيئة من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وأن تبذل العناية الواجبة والتعاون اللازم للوفاء بهذا الالتزام. ويشمل ذلك الالتزام المنصوص عليه في اتفاقية باريس بشأن تغير المناخ بالحد من الاحتباس الحراري العالمي إلى ١,٥ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية". ورحب خبراء الامم المتحدة باعتراف المحكمة بحالة الطوارئ المناخية باعتبارها خطراً وجودياً يهدد البشرية، ويؤثر بشدة على حقوق الإنسان للأجيال الحالية والمستقبلية، ويؤدي إلى تفاقم الفقر والتمييز والضعف وبفضل توجيهات المحكمة، وغيرها من الجهات، بما في ذلك مفوضية الأمم المتحدة لحقوق الإنسان، ينبغي للدول ألا يساورها شكٌّ بشأن وجود التزاماتها المتعلقة بحقوق الإنسان في هذا المجال ونطاقها. هناك حاجة ملحة لاتخاذ إجراءات جادة – من خلال التشريعات، وتغيير السياسات، وتعبئة الموارد، والتعاون الدولي – لوقف تفاقم أزمة المناخ وضمان وصول المتضررين إلى العدالة (A/77/L.58,2023 )

**الخاتمة**

في ظل التطور المضطرد لفروع القانون الدولي العام لايمكن الجزم مطلقا بانفصال القانون الدولي الإنساني عن القانون الدولي لحقوق الإنسان. على الرغم من أن أصولهما وتطوراتهما كانت مختلفة، فإن الأدوات الدولية الحديثة قد أخذت كلا القانونيين في الاعتبار في أوقات النزاع المسلح، يطبق كلا القانونيين على حد سواء. ومع ذلك، فإن تفاعلهما يكون في الممارسة العملية، ولا سيما في المحاكم الوطنية والدولية، فيكمل قانون حقوق الإنسان والقانون الإنساني بعضهما البعض كتعابير عن القواعد القانونية الدولية. حيث تقدم أحكام القانون الإنساني في كثير من الأحيان حماية أكثر تفصيلًا، لكن القانون الدولي لحقوق الإنسان يوفر الحماية بسبب تطوره الإضافي في السوابق القضائية والممارسة، وينبغي أن نلاحظ أن القانون الدولي لحقوق الإنسان لديه ضمانات إجرائية أكثر تقدما لحماية الحقوق الفردية مقارنة بالقانون الإنساني، وخاصة فيما يتعلق بالحق في وسائل الانتصاف الفردية، والتحقيق المستقل وغير المتحيز ، والتعويض الفردي. وهو ما يجب توفره مستقبلا كأالية لتطبيق وتنفيذ قواعد القانون الإنساني. فالشان المتعلق بالبيئة لا يمكن حصر اضراره ضمن فترة زمنية محددة او حصره بفئة محدده او جيل معين.

النتائج

1. هنالك دور متبادل بشأن حماية الإنسان بين القانون الدولي الإنساني ولحقوق الإنسان.
2. ان تغير المناخ يؤثر بشكل أساسي على حقوق الإنسان، فلا يمكن التمتع بالحقوق الاخرى مع تدهور المناخ الذي يؤثر على الحق بالصحة العامة والحق بالعيش، والحقوق الاخرى.
3. التكامل بين قواعد القانون الدولي الإنساني والقانون الدولي لحقوق الإنسان.
4. تعد حقوق الإنسان من الامور ألاساسية لتحقيق التنمية المستدامة، حيث أن تحقيق أهداف التنمية المستدامة يعتمد على احترام وحماية حقوق الإنسان.
5. يعد المبدأ ألاساسي في حقوق الإنسان عدم ترك الآخرين في الخلف وهو يعكس أهداف التنمية المستدامة التي تعمل على تحقيق المعايير الدولية لحقوق الإنسان ويجب تنفيذ الخطة بما يتماشى مع القانون الدولي لحقوق الإنسان.

**التوصيات**

1. –لابد من تقنين الالتزامات التي تقع على عاتق الدول بموجب القانون الدولي.
2. ضرورة وضع ألية تنفيذ العقوبات الدولية في حال عدم التزام الدول المتعمد بالتزامها تجاه ازمة المناخ، وفرض المسؤولية القانونية في حال إهمالها.
3. ينبغي ان تضمن الدول من خلال تشريعاتها الوطنية توفير بيئة امنة ومستدامة للجميع من خلال معالجة التغير المناخي وتوفير قابلية التكييف للجميع دون استثناء.
4. يجب ان يكون التعاون في مواجهة التغير المناخي حقيقيا ولا يقتصر على الاجتماعات الدورية غير الفعالة في الواقع، وعدم استغلال ازمة المناخ من اجل تحقيق اهداف سياسية واقتصادية او عدائية.
5. لابد من التعاون بين المجتمع المدني والحكومات في سبيل تأكيد وحماية حقوق الإنسان ضمن تحقيق أهداف التنمية المستدامة والتعاون يمتد على الصعيد الدولي وليس الوطني، من خلال التعاون بين الحكومات.

المراجع

1. اسماعيل غانم، محاضرات في النظرية العامة للحق، ط٢، القاهرة، ١٩٥٨، ص١٠.
2. الشريف علي بن محمد الجرجاني، التعريفات، بيروت، مكتبة لبنان ، 1985، ص93.
3. سلافة طارق الشعلان، أثر النزاعات المسلحة على البيئة، دراسة تطبيقية وفقا للقانون الدولي الإنساني والقانون البيئي الدولي، 2018، مطبعة زين الحقوقية.
4. عباس عبود عباس، القانون الإنساني بين الوضعية والإسلام، ط١، العارف للمطبوعات، لبنان،2020.
5. مجد الدين محمد بن الفيروز آبادي، القاموس المحيط، ج ٣، المؤسسة العربية للطباعة، بيروت، 1979.
6. هشام بشير، حماية البيئة في ضوء القانون الدولي الإنساني، القاهرة، المركز القومي للاصدارات الحديثة، ط1،2011.

**المجلات**

7. والتر شارب، "الردع الفعال للأضرار البيئية أثناء النزاع المسلح – تحليل حالة لحرب الخليج"، مجلة القانون العسكري، العدد1، ج1992،137.
8. فونكي، سيلكا، "غطاء جديد واقي للبيئة– معاهدات زمن السلم بمثابة قيود قانونية لأضرار زمن الحرب"، مجلة الجماعة الاوربية والقانون الدولي للبيئة، العدد 879، ج2010،92.

**الصكوك الدولية**

9. إعلان لاهاي سنة1988.
10. معاهدة تجارة الاسلحة، المؤتمر الاول للدول الاطراف، 2013.
11. اتفاقية التنوع البيلوجي 2015.

**الوثائق الدولية**

12. UNEP/CBD/WG8J/8/6/Add.1
13. حولية لجنة القانون الدولي، الدورة الثالثة والسبعون رمز الوثيقة هو: A/77/10, part58
14. A/RES/69/49
15. تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، الآثار والتكيف وسرعة التاثر، ٢٠٠٧
16. قرار مجلس حقوق الإنسان 21/41، 2011.
17. A/77/L.58,2023
18. الجمعية العامة للأمم المتحدة، مجلس حقوق الإنسان، الدورة التاسعة والخمسون،2025 A/HRC/59/1/Rev.1.

المواقع الالكترنية:

19. ورقة مقدمة الى الدورة الحادية والعشرين لمؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ،٢٠١٥: OHCHR, "Understanding human rights and climate change 2015, p.13 on: www.ohchr.org/Documents/Issues/ClimateChange/COP21.pdf.
20. البنك الدولي، التحرك لمنع تغير المناخ من الدفع ١٠٠ بمليون شخص من الوقوع في قبضة الفقر بحلول عام ٢٠٣٠، على الرابط: www.worldbank.org/ar/newes/feature/2015/11/8-climate-info-devlopment-needed
21. منظمة العفو الدولية العراق، "استعمال ذخائر الفسفور الأبيض يعرّض المدنيين لمخاطر جسيمة»، (28 أكتوبر 2016)، تمت الزيارة في 13 يناير 2022، الساعة 21:00. https://www.amnesty.org/ar/latest/news/2016/10/iraq-use-of-white-phosphorus-munitions-puts-civilians-at-grave-risk-2
22. التحالف العالمي لحقوق الطبيعة هو شبكة عالمية من المنظمات والأفراد الملتزمين بالتبني والتنفيذ العالمي للأنظمة القانونية التي تعترف بحقوق الطبيعة وتحترمها وتنفذها: https://www.garn.org/about-garn

**References**

20. International and Operational Law Department, Operational Law Handbook, Virginia, United States Army, 2015.
21. Varney, Howard and Zdunczyk, Katarzyna, Advancing Global Accountability-The Role of Universal Jurisdiction In Prosecuting International Crimes, New York, International Center For Transitional Justice (ICTJ) , 2020.

# الفصل الثاني عشر

# العدالة البيئية والمناخية

## توزيع عادل لأعباء وأخطار التغير المناخي – الوطن العربي أنموذجاً

أ. د. فواز أحمد الموسى
أستاذ المناخ بجامعة حلب

### المقدمة

يشكّل **التغير المناخي** أحد أبرز التحديات العالمية التي تواجه الإنسانية في القرن الحادي والعشرين، لما له من آثار مباشرة على النظم البيئية والاقتصادية والاجتماعية. غير أن هذه الآثار لا تتوزع بالتساوي بين الدول أو داخل المجتمعات، إذ تتحمل الدول النامية والفئات الهشّة النصيب الأكبر من الأضرار رغم إسهامها المحدود في مسببات الأزمة. هذا التأثير غير المتوازن للتغير المناخي يطرح تساؤلات جوهرية حول مفاهيم العدالة والمساواة والمسؤولية التاريخية، ويدفع باتجاه إعادة التفكير في كيفية توزيع أعباء وأخطار التغير المناخي على نحو أكثر إنصافًا.

خلال العقود الأخيرة، تطوّر الاهتمام العالمي بقضايا العدالة المناخية ليصبح محورًا رئيسًا في الأجندة الدولية، خاصة بعد إدراجها في اتفاق باريس للمناخ (2015) ومناقشتها ضمن مؤتمرات الأطراف (COP) المتتالية. وقد أصبحت العدالة المناخية إطارًا جامعًا يربط بين حقوق الإنسان، والتنمية المستدامة، والمسؤولية البيئية، ويؤكد ضرورة أن تُراعى مبادئ الإنصاف والتكافؤ في جهود التخفيف والتكيّف مع التغير المناخي.

يهدف هذا المقال إلى تحليل مفهوم العدالة البيئية والمناخية من منظور نظري وتطبيقي، مع التركيز على واقع العالم العربي الذي يجمع بين هشاشة بيئية متزايدة وتفاوتات اقتصادية واجتماعية عميقة. كما يسعى المقال إلى إبراز سبل تحقيق توزيع عادل لأعباء وأخطار التغير المناخي بما يضمن استدامة الموارد وكرامة الإنسان في المنطقة.

### أولًا: الإطار المفاهيمي والعلمي للعدالة البيئية والمناخية

#### 1. تطوّر مفهوم العدالة البيئية والعدالة المناخية

ظهر مفهوم العدالة البيئية environmental justice في ثمانينيات القرن العشرين داخل الولايات المتحدة، نتيجة احتجاجات المجتمعات المحلية ضد التوزيع غير المتكافئ للأعباء البيئية في المناطق الفقيرة والمهمشة (Bullard, 1990, p. 23). وقد ركزت هذه الحركات على أن الفئات الضعيفة غالبًا ما تتحمل العبء الأكبر من التلوث الصناعي والنفايات السامة دون استفادة مقابلة من عوائد التنمية.

ومع توسّع الاهتمام الدولي بالتغير المناخي في التسعينات، برز مفهوم العدالة المناخية climate justice كامتداد لمفهوم العدالة البيئية، لكنه أكثر شمولًا، إذ يربط بين قضايا المناخ، التنمية، وحقوق الإنسان. يهدف هذا المفهوم إلى ضمان توزيع عادل لتكاليف وأخطار التغير المناخي، ويؤكد على مبدأ "المسؤولية المشتركة ولكن المتباينة Common But Differentiated Responsibilities" التي تربط بشكل مباشر بين الانبعاثات العالمية للتغير المناخي، المسؤولية، والتأثيرات غير المتكافئة بين الدول والفئات، وحق الدول النامية في التنمية، وحقها في التكيف مع الآثار المناخية، الذي أقرّه مؤتمر ريو 1992 واتفاق باريس للمناخ (UNFCCC, 2015, p. 4).

يشير روبرت وباركس إلى أن العدالة المناخية تمثل نقلة نوعية في التفكير البيئي، لأنها تضع التغير المناخي في إطار اجتماعي وسياسي يحمّل الدول الغنية مسؤولية تاريخية عن التدهور البيئي، مقابل حماية حق الدول النامية في التنمية (Roberts & Parks. 2006, p. 17). كما ترى روبنسون أن العدالة المناخية هي "الوجه الإنساني للتغير المناخي"، لأنها تضع الإنسان والمجتمع في قلب النقاش حول الكربون والسياسات البيئية. (Robinson 2018, p. 23).

**2. الأساس العلمي: انبعاثات الغازات الدفيئة والمسؤولية التاريخية**

من الناحية العلمية، تغيُّر المناخ مدفوع بشكل أساسي بزيادة تركيز الغازات الدفيئة (GHGs) في الغلاف الجوي منذ الثورة الصناعية، وخاصة ثاني أكسيد الكربون، الميثان، وأكسيد النيتروز. هذه الانبعاثات نتجت في الغالب عن أنشطة صناعية، كهرباء، نقل، وتغير استخدام الأراضي.

تقوم العدالة المناخية على أساس علمي واضح مفاده أن التغير المناخي نتيجة مباشرة للانبعاثات المتزايدة لغازات الدفيئة منذ الثورة الصناعية. ويؤكد تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2021, p. 8) أن تأثير الإنسان في النظام المناخي «لا لبس فيه»، وأن الدول الصناعية مسؤولة عن النسبة الأكبر من الانبعاثات التاريخية.

تشير البيانات إلى أن نحو 23 دولة صناعية تتحمل أكثر من 60٪ من إجمالي الانبعاثات التراكمية منذ عام 1850، في حين لا تتجاوز مساهمة الدول العربية مجتمعة 5٪ (World Bank, 2023, p. 112). بناءً على ذلك، تُعد المسؤولية التاريخية Historical Responsibility مبدأً جوهريًا في العدالة المناخية، إذ يفترض أن تتحمل الدول الغنية مسؤولية أكبر في تمويل التخفيف والتكيّف في الدول الفقيرة (Roberts & Parks, 2006, p. 58).

كما أوضح تقرير (IPCC 2022, P. 101) أن التفاوت في الانبعاثات لا يقتصر على مستوى الدول، بل يمتد داخلها؛ فالأغنياء يساهمون في الانبعاثات بدرجة تفوق عشرات المرات مساهمة الفقراء، بينما يتأثر الفقراء بشكل أكبر بالأضرار المناخية مثل الجفاف والفيضانات. هذا يرسّخ الطابع غير المتكافئ للتأثيرات، ويدعم الدعوة لتبني سياسات تراعي الإنصاف في توزيع الأعباء.

**3. العلاقة بين التنمية، التلوث، وحقوق الإنسان البيئية**

العلاقة بين التنمية والتلوث وحقوق الإنسان البيئية هي علاقة معقّدة ومتداخلة. فبينما تسعى الدول النامية إلى تحقيق النمو الاقتصادي لتحسين مستويات المعيشة، تعتمد هذه العملية في الغالب على استهلاك الوقود الأحفوري، ما يزيد من معدلات الانبعاثات والتدهور البيئي. وفي الوقت نفسه، يؤدي التدهور البيئي الناتج إلى انتهاك حقوق الإنسان الأساسية، كحق الإنسان في الحياة والصحة والمياه والغذاء.

تُقرّ الأمم المتحدة اليوم بما يُعرف بـ **الحق في بيئة نظيفة وصحية** كحق من حقوق الإنسان (United Nations, 2022, p. 3) هذا التطور يعزز الترابط بين العدالة البيئية والعدالة الاجتماعية، ويؤكد أن قضايا المناخ ليست فقط تقنية أو اقتصادية، بل قضايا حقوقية وإنسانية بالدرجة الأولى. ووفقًا لماري روبنسون، فإن السياسات المناخية التي تتجاهل العدالة الاجتماعية "تفاقم اللامساواة بدلًا من معالجتها". لذلك، تُعد العدالة المناخية مدخلًا لإعادة بناء نموذج التنمية بحيث يحقق التوازن بين الحق في النمو الاقتصادي والحق في بيئة آمنة ومستدامة (Robinson, 2018, p. 74).

أما تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ فيؤكد أن تحقيق العدالة المناخية يتطلب دمج مبادئ العدالة التوزيعية والإجرائية والاعترافية في السياسات العامة، بما يضمن مشاركة المجتمعات المحلية والفئات المهمشة في صنع القرار المناخي (IPCC, 2022, p. 57).

**ثانيًا: التفاوت العالمي في المسؤولية والتأثير**

**1. مساهمات الدول الصناعية مقابل الدول النامية في الانبعاثات**

تُظهر البيانات المناخية منذ منتصف القرن العشرين وجود تفاوت صارخ في المساهمات التاريخية والحالية في انبعاثات غازات الدفيئة بين الدول الصناعية والدول النامية. فبينما تمثل الدول الصناعية الكبرى – وعلى رأسها الولايات المتحدة، ودول الاتحاد الأوروبي، والصين في العقود الأخيرة – الجزء الأكبر من الانبعاثات التراكمية، فإن معظم الدول النامية ساهمت بنسب ضئيلة للغاية، رغم أنها تواجه اليوم أشدّ آثار التغير المناخي.

وفقًا لتقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، فإن الدول المتقدمة مسؤولة عن أكثر من 70٪ من الانبعاثات التراكمية منذ عام 1850 (IPCC, 2021, p. 12). وتشير بيانات البنك الدولي إلى أن نصيب الفرد من الانبعاثات في الولايات المتحدة عام 2022 بلغ نحو 14.7 طنًا من ثاني أكسيد الكربون، بينما لا يتجاوز في معظم الدول العربية والنامية 2–3 أطنان للفرد سنويًا (World Bank, 2023, p. 115).

ويبيّن روبيرت وباركس أن هذا التفاوت لا يعكس فقط فروقات في التنمية الاقتصادية، بل أيضًا في القدرة على التكيف والتصدي للمخاطر. فالدول الغنية تمتلك بنية تحتية وتقنيات حديثة تسمح بتخفيف الأضرار المناخية، بينما تعاني الدول النامية من ضعف الموارد المالية والمؤسساتية لمواجهة الظواهر المناخية المتطرفة (Roberts & Parks, 2006, p. 61).

كما أن مبدأ "المسؤولية المشتركة ولكن المتباينة" الذي نصت عليه اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ عام 1992 (UNFCCC, 2015, p. 5) جاء ليترجم هذا الواقع، مؤكدًا أن الدول الصناعية يجب أن تتحمل عبئًا أكبر في تقليل الانبعاثات وتمويل التكيف في الدول النامية.

**2. عدم التناسب في الأضرار: أمثلة من الدول الفقيرة والجزر المهددة**

تتجلى اللامساواة المناخية بشكل أوضح في توزيع الأضرار الناجمة عن التغير المناخي. إذ تتأثر الدول ذات البصمة الكربونية المنخفضة بأشدّ الكوارث المناخية، بينما تتحمل أقل قدر من المسؤولية عنها.

على سبيل المثال، دول الجزر الصغيرة النامية مثل جزر المالديف، فيجي، وكيريباتي تواجه خطر الغرق الجزئي أو الكلي نتيجة ارتفاع مستوى سطح البحر، رغم أن مساهمتها في الانبعاثات العالمية لا تتجاوز 0.03٪ (IPCC, 2022, p. 84) كما تشهد دول إفريقية مثل السودان وإثيوبيا والنيجر موجات جفاف حادة تهدد الأمن الغذائي والمائي لملايين الأشخاص (FAO, 2022, p. 9).

يوضح تقرير أوكسفام 2020 أن 10٪ فقط من سكان العالم مسؤولون عن أكثر من نصف الانبعاثات العالمية، بينما يعاني النصف الأفقر من السكان من معظم الخسائر المرتبطة بالكوارث المناخية مثل الفيضانات والعواصف والجفاف، (Oxfam, 2020, p. 14) وتؤكد روبنسون أن هذه الفجوة المناخية هي "تجسيد حقيقي للظلم العالمي"، إذ يدفع الفقراء ثمنًا لممارسات لم يشاركوا فيها أصلًا (Robinson, 2018, p67). وفي هذا السياق، تُعد المنطقة العربية نموذجًا دالًا على عدم التناسب في التأثير؛ فهي من أقل المناطق إسهامًا في الانبعاثات لكنها من أكثرها هشاشة،

نظرًا لاعتمادها الكبير على الموارد المائية المحدودة وارتفاع معدلات التصحر ودرجات الحرارة (ESCWA, 2021, p. 22).

**3. الشركات الكبرى ودورها في تفاقم الأزمة المناخية**

لا يقتصر التفاوت في المسؤولية على الدول فحسب، بل يمتد إلى الجهات الفاعلة الاقتصادية، وبخاصة الشركات متعددة الجنسيات العاملة في قطاعات النفط، الغاز، الطاقة، والنقل. فقد أظهرت الدراسات أن 100 شركة فقط مسؤولة عن أكثر من 70٪ من الانبعاثات الصناعية العالمية منذ عام 1988 (CDP, 2017, p. 3).

تشير دراسة هيد إلى أن شركات النفط الكبرى مثل– إكسون موبيل، شيفرون، بي بي، أرامكو– كانت بين أكثر المنتجين للوقود الأحفوري انبعاثًا للكربون على مدى العقود الماضية، ويشير الكاتب إلى أن هذه الشركات "تمتلك من القوة الاقتصادية والسياسية ما يجعلها تؤثر في سياسات المناخ العالمية، غالبًا بما يخدم مصالحها الربحية على حساب البيئة والعدالة" (Heede, 2014, p. 236)

كما تُتهم بعض الشركات بممارسة ما يُعرف بـ "الغسل الأخضر" (Greenwashing)، أي الترويج لبرامج أو شعارات بيئية دون التزام فعلي بتقليل الانبعاثات. ويرى Sachs أن معالجة أزمة المناخ لا يمكن أن تتم دون مساءلة هذه الشركات ووضع ضوابط قانونية صارمة تلزمها بخفض بصمتها الكربونية والمساهمة في تمويل التحول الطاقي (Sachs, 2015, p. 143).

وبالتالي، فإن العدالة المناخية تقتضي إعادة هيكلة النظام الاقتصادي العالمي بحيث تتحمل الشركات الكبرى والدول الصناعية نصيبها العادل من المسؤولية، في مقابل تمكين الدول النامية من تحقيق التنمية المستدامة دون أن تُرغم على دفع ثمن لممارسات لم تشارك فيها.

**ثالثاً: الفئات الأكثر هشاشة عالمياً**

**1. النساء، الأطفال، الشعوب الأصلية، وسكان الأحياء الفقيرة**

تتأثر فئات محددة من المجتمعات عالميًا بشكل غير متناسب بآثار التغير المناخي، نظرًا لتقاطع عوامل اقتصادية واجتماعية وثقافية تحدّ من قدرتها على التكيّف والمقاومة. وتشير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2022, p. 58) إلى أن الفقر، التهميش الاجتماعي، وعدم المساواة بين الجنسين هي عوامل تزيد من هشاشة الأفراد والمجتمعات أمام الكوارث المناخية.

النساء هنّ من أكثر الفئات تضررًا، خصوصًا في الدول النامية، حيث يتحملن مسؤوليات مباشرة عن تأمين المياه والغذاء والطاقة المنزلية، وهي موارد تتأثر بشدة بالجفاف أو الفيضانات. (UN Women, 2022, p. 11) وتُظهر الدراسات أن النساء أكثر عرضة لفقدان مصادر الدخل أو الحياة أثناء الكوارث الطبيعية بسبب ضعف الوصول إلى الموارد والمعلومات.(Dankelman, 2010, p. 37)

أما الأطفال، فيعانون من آثار طويلة الأمد نتيجة سوء التغذية والأمراض المرتبطة بالتغير المناخي، مثل الملاريا والإسهالات الناتجة عن تلوث المياه. وفقًا لتقرير اليونيسف، يعيش أكثر من مليار طفل في مناطق شديدة التأثر بالمناخ، ما يجعلهم أكثر عرضة للمخاطر الصحية والتعليمية والاجتماعية.(UNICEF, 2021, p. 7)

وتواجه الشعوب الأصلية تحديات فريدة بسبب اعتمادها المباشر على الموارد الطبيعية في معيشتها وهويتها الثقافية. فقد وثّقت الأمم المتحدة أن ارتفاع درجات الحرارة وتدهور التنوع البيولوجي يهددان أساليب حياة مجتمعات السكان

الأصليين في الأمازون، القطب الشمالي، وجزر المحيط الهادئ، مما يؤدي إلى فقدان المعرفة التقليدية والهوية الثقافية.(UNDP, 2022, p. 23)

أما سكان الأحياء الفقيرة في المدن الكبرى، فهم من أكثر الفئات تعرضًا للمخاطر المناخية نتيجة تركزهم في مناطق منخفضة أو عشوائية تفتقر إلى خدمات البنية التحتية. وفقًا لتقرير البنك الدولي، يعيش نحو 900 مليون شخص في مستوطنات غير رسمية، كثير منهم معرضون لموجات حر وجفاف وفيضانات متكررة، دون حماية اجتماعية كافية.(World Bank, 2023, p. 212)

وتشير روبنسون إلى أن العدالة المناخية لا تتحقق إلا من خلال الاعتراف بهذه الفئات الهشة وإشراكها في تصميم وتنفيذ السياسات المناخية، معتبرة أن "من دون صوت الفئات الأضعف، لا يمكن للعدالة المناخية أن تكون شاملة" (Robinson, 2018, p. 65).

**2. الهجرة البيئية وتحوّلها إلى قضية جيوسياسية**

أدت الضغوط المناخية المتزايدة إلى تحفيز موجات واسعة من الهجرة والنزوح البيئي. فالكوارث الطبيعية، وتدهور الأراضي الزراعية، وارتفاع مستوى البحار تدفع الملايين إلى مغادرة مناطقهم الأصلية. تشير المنظمة الدولية للهجرة إلى أن أكثر من 23 مليون شخص نزحوا سنويًا خلال العقد الأخير بسبب الكوارث المناخية، وهو رقم مرشح للارتفاع إلى 200 مليون بحلول عام 2050.(IOM, 2022, p. 5)

وقد أصبحت الهجرة البيئية اليوم قضية جيوسياسية بامتياز، إذ ترتبط بالأمن الإنساني، والاستقرار الإقليمي، وإدارة الموارد العابرة للحدود. فمثلاً، يؤكد تقرير البنك الدولي أن مناطق في إفريقيا جنوب الصحراء وجنوب آسيا والشرق الأوسط قد تشهد موجات نزوح داخلي تصل إلى عشرات الملايين بسبب الجفاف وارتفاع درجات الحرارة (World Bank, 2021, p. 18).

وفي المقابل، تثير هذه التحركات السكانية مخاوف لدى الدول المستقبِلة حول الأمن والحدود والهويات الثقافية، مما يحوّل الهجرة من قضية إنسانية إلى تحدٍ سياسي واستراتيجي.(Bettini, 2014, p. 182)

ويرى Roberts و Parksأن العدالة المناخية تقتضي اعتبار المهاجرين البيئيين "ضحايا لسياسات غير عادلة"، وليست تهديدًا أمنيًا، داعين إلى وضع أطر قانونية دولية واضحة لحمايتهم، لأن القانون الدولي لا يعترف رسميًا بـ«اللاجئ البيئي» حتى الآن.(Roberts & Parks, 2006, p. 122)

**3. معايير تقييم الهشاشة الاجتماعية والمناخية**

لتحديد الفئات الأكثر هشاشة، يعتمد الباحثون وصانعو القرار على مؤشرات كمية ونوعية ضمن ما يُعرف بـ مؤشرات الهشاشة المناخية والاجتماعية Climate Vulnerability Indices. ويستند هذا التقييم إلى ثلاثة أبعاد رئيسة:

- التعرّض Exposure: مدى تعرض المنطقة للمخاطر المناخية مثل الجفاف والفيضانات وارتفاع درجات الحرارة.
- الحساسية:Sensitivity درجة تأثر الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية بهذه المخاطر.
- القدرة على التكيّف:Adaptive Capacity مدى امتلاك المجتمع أو الدولة للموارد والقدرات اللازمة للحد من الأضرار أو التكيف معها (IPCC, 2022, p. 64).

**من أبرز الأدوات المستخدمة:**

- مؤشر ND-GAIN الذي تصدره جامعة نوتردام، ويقيس جاهزية الدول لمواجهة التغير المناخي بناءً على بيانات بيئية واقتصادية واجتماعية (Chen et al., 2015, p. 98).
- مؤشر الهشاشة المناخية العالمية (CVI) الذي طورته Germanwatch ويقيس آثار الكوارث المناخية على السكان والدخل والبنية التحتية (Germanwatch, 2023, p. 14).

ويؤكد ساكس أن هذه المؤشرات ليست أدوات تقنية فحسب، بل وسائل لتوجيه التمويل الدولي نحو الفئات والمناطق الأكثر احتياجًا، بما يحقق العدالة في توزيع موارد التكيف.(Sachs, 2015, p. 189)

أما روبنسون فتشدّد على أهمية دمج المعرفة المحلية والمجتمعية في تقييم الهشاشة، لأن "الأرقام وحدها لا تعكس الواقع المعقّد لمعاناة البشر تحت التغير المناخي.(Robinson, 2018, p. 81) "

**رابعاً: القوانين والآليات الدولية لتحقيق العدالة**

**1. اتفاقية باريس وأدواتها في تخفيض الانبعاثات والتكيّف**

تُعد اتفاقية باريس للمناخ (2015) الإطار القانوني الدولي الأهم في مسار العدالة المناخية، إذ تمثل نقطة تحول من التعهدات الجماعية إلى المسؤوليات الوطنية المحددة عبر ما يُعرف بـ المساهمات المحددة وطنيًا (NDCs). تهدف الاتفاقية إلى حصر الاحترار العالمي عند 1.5–2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية (UNFCCC, 2015, p. 3).

وقد رسخت الاتفاقية مبادئ العدالة من خلال التأكيد على مبدأ المسؤولية المشتركة ولكن المتباينة، مع الاعتراف بالقدرات المختلفة بين الدول. وتنص المادة 2 على أن هدف الاتفاقية يتحقق "في سياق التنمية المستدامة وجهود القضاء على الفقر"، مما يربط بوضوح بين المناخ والتنمية والعدالة الاجتماعية.(UNFCCC, 2015, p. 6)

تشير روبنسون إلى أن اتفاق باريس شكّل "المرجع الأول الذي وضع العدالة المناخية في صميم الاتفاقيات البيئية متعددة الأطراف .(Robinson, 2018, p. 79) "كما يوضح Roberts و Parksأن ما يميز الاتفاقية هو إشراك الدول النامية في الجهد العالمي مع ضمان الدعم المالي والتقني اللازم لتمكينها من الوفاء بالتزاماتها (Roberts & Parks, 2006, p. 141).

**من بين أدوات الاتفاقية لتحقيق العدالة المناخية:**

- المساهمات الوطنية NDCs: التي تتيح لكل دولة تحديد أهدافها وفق قدراتها.
- آليات التكيّف Adaptation Mechanisms:لتمويل وتخطيط سياسات حماية المجتمعات الأكثر هشاشة.
- آلية الشفافية العالميةGlobal Stocktake : التي تقيم التقدم الجماعي نحو تحقيق أهداف العدالة المناخية كل خمس سنوات (IPCC, 2022, p. 73).

**2. صندوق المناخ الأخضر وآلية الخسائر والأضرار**

يُعد صندوق المناخ الأخضر (Green Climate Fund - GCF) أحد أبرز أدوات تمويل العدالة المناخية الدولية. أنشئ بموجب اتفاقية كانكون عام 2010، وبدأ عمله رسميًا عام 2015 تحت إشراف اتفاق باريس. ويهدف إلى دعم الدول النامية في مشاريع التخفيف من الانبعاثات والتكيف مع آثار التغير المناخي، مع التزام الدول المتقدمة بتوفير تمويل سنوي قدره 100 مليار دولار.(GCF, 2022, p. 5)

يرى ساكس أن هذا الصندوق يمثل خطوة مهمة نحو "تحويل العدالة من مفهوم أخلاقي إلى التزام اقتصادي"، لكنه يعاني من فجوات تمويلية كبيرة، إذ لم تلتزم الدول المانحة بجميع تعهداتها. فوفق تقرير OECD ، لم تتجاوز

المساهمات الفعلية 83 مليار دولار في عام 2022، معظمها على شكل قروض لا منح، مما يقلل من أثرها على العدالة المناخية الفعلية.(Sachs, 2015, p. 155; OECD, 2023, p. 12)

أما آلية الخسائر والأضرار (Loss and Damage Mechanism) فقد أُقرت رسميًا في مؤتمر الأطراف السابع والعشرين (COP27) في شرم الشيخ عام 2022، كإنجاز تاريخي للدول النامية. تهدف هذه الآلية إلى تعويض الدول المتضررة من الكوارث المناخية الناتجة عن انبعاثات لم تكن مسؤولة عنها، مثل الغرق والجفاف وفقدان الأراضي الزراعية.(UNFCCC, 2022, p. 8)

يعتبر هيد أن هذه الآلية تشكل "الاعتراف القانوني الأول بمسؤولية الشمال الصناعي عن أضرار الجنوب المناخي"، إلا أن تفعيلها ما زال يواجه عقبات مؤسسية وتمويلية، أبرزها غياب آلية واضحة لتحديد المسؤولية القانونية وتوزيع التمويل العادل.(Heede, 2014, p. 239)

### 3. التحديات المرتبطة بالتمويل والتكنولوجيا والشفافية

رغم التقدم النسبي في وضع الأطر القانونية الدولية، تواجه العدالة المناخية ثلاثة تحديات رئيسة تتعلق بالتمويل، التكنولوجيا، والشفافية في التنفيذ.

**أولًا – التمويل:**

تعاني معظم الدول النامية من فجوة تمويلية حادة في تنفيذ خطط التخفيف والتكيّف. فالتقديرات تشير إلى أن الاحتياجات المناخية العالمية تتجاوز 4 تريليونات دولار سنويًا حتى عام 2030، في حين لا يتجاوز التمويل الفعلي 700 مليار دولار .(World Bank, 2023, p. 162) ويشير Roberts و Parksإلى أن غياب العدالة التمويلية "يحرم الدول الفقيرة من أدوات الحماية الأساسية أمام الكوارث المناخية.(Roberts & Parks, 2006, p. 173) "

**ثانيًا – التكنولوجيا:**

نقل التكنولوجيا النظيفة من الشمال إلى الجنوب يُعد شرطًا جوهريًا لتحقيق العدالة، لكنه ما زال مقيدًا بحقوق الملكية الفكرية وبالقيود التجارية (Sachs, 2015, p. 161). كما أن التفاوت في القدرات البحثية والتعليمية يجعل من الصعب على الدول النامية تطوير حلول محلية منخفضة الكربون.

**ثالثًا – الشفافية والمساءلة:**

تتعلق العدالة المناخية أيضًا بمسألة الشفافية في الإبلاغ عن الانبعاثات، ومراقبة التزامات الدول والشركات. فقد أشار تقرير IPCC إلى أن نقص الشفافية في البيانات والتمويل يضعف الثقة المتبادلة بين الشمال والجنوب ويعرقل التنفيذ الفعلي للاتفاقيات .(IPCC, 2022, p. 92) وتؤكد Robinson أن "العدالة المناخية ليست فقط تقاسمًا للموارد، بل أيضًا تقاسمًا للمساءلة والمسؤولية.(Robinson, 2018, p. 104) "

### خامساً: الاقتصاد السياسي للعدالة المناخية

### 1. كلفة التحوّل الطاقي ومن يتحمّلها؟

يمثل التحول نحو اقتصاد منخفض الكربون أحد أبرز التحديات الاقتصادية والسياسية في تحقيق العدالة المناخية. فبينما يُنظر إليه كضرورة بيئية عالمية، فإن تكاليفه الاقتصادية ليست موزعة بالتساوي بين الدول أو الفئات الاجتماعية.

تشير الوكالة الدولية للطاقة إلى أن التحول الطاقي العالمي يتطلب استثمارات سنوية تتجاوز 4 تريليونات دولار حتى عام 2030، معظمها في قطاعات الطاقة النظيفة والبنية التحتية المستدامة. إلا أن أكثر من 70% من هذه الاستثمارات تتركز في الدول المتقدمة، بينما لا تحصل الدول النامية سوى على 20% منها، رغم أنها تضم غالبية سكان العالم.(IEA, 2023, p. 14; World Bank, 2023, p. 176)

من منظور العدالة المناخية، يطرح هذا التفاوت تساؤلات حول من يتحمل كلفة التحول؟ فالدول الصناعية هي المسؤولة تاريخيًا عن أكثر من 75% من الانبعاثات التراكمية(Heede, 2014, p. 234) ، بينما تتحمل الدول النامية اليوم أعباء اقتصادية واجتماعية كبيرة في تبني سياسات خضراء دون أن تكون قد استفادت من التصنيع الكربوني في الماضي.

يصف ساكس هذه المعضلة بأنها "فجوة العدالة الاقتصادية في التحول الطاقي"، داعيًا إلى آليات تمويل تعويضية بين الشمال والجنوب، تشمل إعفاءات من الديون الخضراء ونقل التكنولوجيا.(Sachs, 2015, p. 198)

كما يشير تقرير منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) إلى أن تحقيق الحياد الكربوني يتطلب إصلاحات مالية عادلة، تضمن ألا يتحمل الفقراء النسبة الأكبر من كلفة التحول من خلال رفع أسعار الطاقة أو الضرائب الكربونية غير المصممة بعناية.(OECD, 2023, p. 10)

**2. الانتقال العادل من الوقود الأحفوري إلى الطاقات المتجددة**

يُعد مفهوم الانتقال العادل (Just Transition) أحد الركائز الأساسية للعدالة المناخية، إذ يسعى لتحقيق التوازن بين حماية البيئة وضمان العدالة الاجتماعية للعمال والمجتمعات المتأثرة بالتحول الطاقي.

عرّفت منظمة العمل الدولية هذا المفهوم بأنه "عملية انتقال نحو اقتصاد مستدام وشامل يضمن فرص عمل لائقة، وعدالة اجتماعية، ومشاركة مجتمعية في صنع القرار.(ILO, 2015, p. 4) "

التحول من الوقود الأحفوري إلى الطاقات المتجددة مثل الشمس والرياح لا يعني فقط تغيير البنية التقنية، بل أيضًا إعادة هيكلة اقتصادية قد تؤثر في ملايين العمال في قطاعات الفحم والنفط والغاز. فعلى سبيل المثال، في جنوب إفريقيا وبولندا، ارتبط التحول الطاقي بتحديات بطالة واسعة بين عمال المناجم، ما استدعى خططًا وطنية لتعويضهم وتدريبهم.(Newell & Mulvaney, 2013, p. 133)

من منظور الاقتصاد السياسي، تُظهر الدراسات أن غياب التخطيط الاجتماعي في التحول الطاقي يمكن أن يُنتج عدالة بيئية شكلية دون عدالة اجتماعية فعلية.(Böhm et al., 2012, p. 160)

ويرى روبرتس وباركس أن الانتقال العادل يجب أن يشمل آليات تضامن دولي، تُمكّن الاقتصادات الريعية المعتمدة على الوقود الأحفوري – كدول الخليج أو الجزائر – من تنويع مصادر دخلها دون إفقار شعوبها أو فقدان مكانتها في النظام الاقتصادي العالمي.(Roberts & Parks, 2006, p. 185)

**3. دور الابتكار العلمي والتكنولوجي كمدخل لتحقيق العدالة**

يُعد الابتكار العلمي والتكنولوجي أحد المحركات الجوهرية لتحقيق العدالة المناخية، لأنه يسمح بفصل النمو الاقتصادي عن الانبعاثات الكربونية. ويشير تقرير IPCC إلى أن الابتكارات في مجالات الطاقة المتجددة، والهيدروجين الأخضر، وتقنيات احتجاز الكربون، يمكن أن تخفّض الانبعاثات بنسبة تصل إلى 50% بحلول عام 2050 إذا تم تعميمها عالميًا.(IPCC, 2022, p. 88) .

إلا أن هذه التقنيات ما تزال مركّزة في دول الشمال الصناعي، مما يعمّق الفجوة التكنولوجية ويقوّض العدالة المعرفية. تؤكدروبنسون أن "العدالة المناخية لا تتحقق فقط بتقاسم التمويل، بل بتقاسم المعرفة"، مشيرة إلى ضرورة جعل الابتكار منفعة عالمية عامة(Global Public Good) ، لا سلعة محصورة بالشركات متعددة الجنسيات (Robinson, 2018, p. 112).

كما يبرز دور الابتكار الاجتماعي، مثل مبادرات المجتمعات المحلية في إدارة الطاقة والمياه والزراعة المستدامة. ففي المغرب ومصر والأردن، أثبتت التجارب المجتمعية في الطاقة الشمسية الصغيرة والزراعة الذكية قدرة المجتمعات على المساهمة في التحول العادل بوسائل منخفضة الكلفة.(UNDP, 2023, p. 22)

ويرى ساكس أن تمكين الشباب والباحثين في الدول النامية من الوصول إلى التكنولوجيا والمعرفة يمثل "الخطوة الأخلاقية والاقتصادية الأهم في معركة العدالة المناخية.(Sachs, 2015, p. 205) "

**سادساً: العدالة البيئية والمناخية في العالم العربي (محور تطبيقي)**

**•محدودية الانبعاثات مقابل شدة التأثر في المنطقة العربية**

تُعدّ الدول العربية من بين أقل المناطق عالميًا من حيث مساهمتها في انبعاثات غازات الدفيئة، إلا أنها تعاني من تأثيرات مناخية شديدة، مما يضعها أمام تحدٍّ مزدوج يتعلّق بعدم المساواة في عبء التغير المناخي. ففي تقرير متخصص لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وُضح أن المنطقة "تعيش ارتفاع درجات الحرارة بمعدل يقارب ضعف المتوسط العالمي، مع شدّة موجات الحر والجفاف المتزايد.(Al-Mulla et al., 2025, p. 2) "

**•ندرة المياه وتفاقم التصحر في الدول العربية الجافة وشبه الجافة**

المنطقة العربية تحت ظروف من الجفاف وشبه الجفاف بطبيعتها، ومع تغيّر المناخ تتفاقم هذه التحديات. تشير دراسة لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا(ESCWA) إلى أن الدول العربية تُعدّ من الأكثر ندرةً في المياه، مع نحو 362 مليون شخص يعيشون في ظروف ندرة أو ندرة مطلقة للمياه .(ESCWA, 2019, p. 4)..كما أظهرت دراسة تحليلية أن بعض الدول العربية مثل تونس، الأردن، والمملكة العربية السعودية تُظهر مستويات شِدّة مياه مرتفعة للغاية، وتُعرّض السكان لمخاطر بيئية متزايدة.(Al-Mulla et al., 2025, p. 5)

**•الأمن الغذائي في مواجهة موجات الجفاف وارتفاع الحرارة**

يعاني الأمن الغذائي في المنطقة العربية من ضغوط متزامنة: انخفاض الموارد المائية، وارتفاع الحرارة، وتزايد الاعتماد على الغذاء المستورد. وقد أشار التحليل إلى أن اليمن وجيبوتي تواجهان أعلى معدلات هشاشة غذائية، ويزداد التهديد بسبب موجات الجفاف وارتفاع درجات الحرارة.(Kamel & Habib, 2022, p. 9)

**•ارتفاع حدّة الإجهاد الحراري والتفاوت بين الأحياء والمجتمعات**

تشير تحليلات لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى ازدياد معدّلات الحرارة بشكل يفوق المتوسط العالمي .(IEA, 2023, p. 14)وعند ربط ذلك بتوزيع الخدمات والبنية التحتية داخل المدن، يتبين أن الأحياء الفقيرة أو غير المخدّمة بالخدمات الأساسية تُعاني بشكل أكبر من موجات الحر، مما يجعل "الإجهاد الحراري" قضية عدالة بيئية (Al-Mulla et al., 2025, p. 7).

**•الفجوات الاجتماعية: الأرياف، البدو، اللاجئون، وسكان العشوائيات**

الفئات الأكثر هشاشة تشمل المجتمعات الريفية، البدوية، اللاجئين، وسكان الأحياء العشوائية، لأنهم غالبًا ما يعيشون في مناطق أقل خدمات ويملكون وصولًا محدودًا إلى الموارد، والمشاركة في اتخاذ القرار أقل (Kamel & Habib, 2022, p. 12).

**•المدن الساحلية تحت تهديد ارتفاع مستوى سطح البحر (الإسكندرية، البصرة، الدوحة، اللاذقية...)**

تشير الدراسات إلى أن المدن الساحلية العربية مثل دلتا النيل والإسكندرية والبصرة معرضة بشكل كبير لارتفاع مستوى سطح البحر وتسرّب المياه المالحة، ما يهدد البنى التحتية والسكّان.(Al-Mulla et al., 2025, p. 10)

**•ضعف البنية المؤسسية وغياب تشريعات واضحة للعدالة البيئية**

تواجه المنطقة ضعفًا في الأطر التشريعية والمؤسسية التي تُوفّر عدالة بيئية واضحة أو توزع الأعباء والمنافع بشكل عادل.(ESCWA, 2019, p. 8)

**•حاجة المنطقة لتمويل عادل ونقل للتكنولوجيا**

تحقيق العدالة المناخية في المنطقة يتطلّب دعمًا دوليًا وتمويلًا كبيرًا، إلى جانب نقل التكنولوجيا مثل تقنيات الطاقة المتجددة وإدارة المياه والزراعة الذكية.(World Bank, 2023, p. 176)

**•فرص الانتقال الطاقي: الطاقة الشمسية والرياح كرافعة اقتصادية مستقبلية**

تمتلك المنطقة إمكانات كبيرة في مجال الطاقة المتجددة، لا سيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ما يمثل فرصة لتحقيق العدالة المناخية من جانب "الاستفادة" وليس فقط "التحمّل.(Al-Mulla et al., 2025, p. 3) "

**الخاتمة**

يتضح من خلال هذا البحث أن العدالة المناخية ليست خيارًا تجميليًا أو إضافة ثانوية للسياسات البيئية، بل هي شرط أساسي لنجاح أي حلول مناخية. فالتعامل مع التغير المناخي دون مراعاة توزيع الأعباء والمسؤوليات بين الدول، وبين الفئات الاجتماعية الأكثر هشاشة، يعني استمرار الفجوات وزيادة الأضرار على المجتمعات الضعيفة. كما أظهرت دراسة IPCC أن دمج العدالة في سياسات التنمية المستدامة، والتخطيط الحضري، وإدارة الموارد الطبيعية يزيد من فعالية التكيف مع التغير المناخي ويخفف من التأثيرات السلبية على الفئات الأكثر عرضة. على سبيل المثال، تخطيط المدن الساحلية والريفية وفق مبادئ العدالة المناخية يساهم في حماية المجتمعات من الفيضانات، وتخفيف الإجهاد الحراري، وتأمين المياه والغذاء.

وتشير الأدلة أيضًا إلى أن تعزيز البحث العلمي المحلي وتوسيع الشراكات الدولية الداعمة للعدالة البيئية يمثلان آفاقًا واعدة لتحقيق حلول مناخية فعالة وشاملة. فتمكين الباحثين المحليين والوصول إلى التكنولوجيا الحديثة والتمويل العادل يسهم في تطوير حلول متناسبة مع الخصوصيات الجغرافية والاجتماعية للمنطقة، ويعزز القدرة على مواجهة التحديات المناخية بشكل عادل ومستدام.

في ضوء ذلك، يصبح من الواضح أن العدالة البيئية والمناخية ليست رفاهية أخلاقية فحسب، بل إطارًا ضروريًا لضمان استدامة التنمية والقدرة على التكيف مع المستقبل المناخي في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك العالم العربي الذي يعاني من هشاشة بيئية واجتماعية خاصة.

**قائمة المراجع**


- **موسى**، علي حسن. **والموسى**، فواز أحمد. (2024). الكوارث الطبيعية، دار الآفاق العلمية، الشارقة.

- **موسى**، علي حسن. **والموسى**، فواز أحمد. (2024). علم المناخ المعاصر، دار الآفاق العلمية، الشارقة.
- **موسى**، علي حسن. **والموسى**، فواز أحمد. (2025). التغيرات المناخية، دار الآفاق العلمية، الشارقة.
- **موسى**، علي حسن. **والموسى**، فواز أحمد. (2026) التغيرات المناخية، دار الآفاق العلمية، الشارقة.
- **الموسى**، فواز أحمد. (2018). جغرافية المخاطر والكوارث الطبيعية. جامعة حلب، حلب.
- **الموسى**، فواز أحمد. (2021). جغرافية المناخ. جامعة حلب، حلب.
- **الموسى**، فواز أحمد. (2024). كوارث الطقس والمناخ. جامعة دمشق، دمشق.
- **الموسى**، فواز أحمد. (2025). التصحر. جامعة دمشق، دمشق.
- Al-Mulla, H., Rahman, S., & El-Hassan, A. (2025). The Arab world at a crossroads: assessing future risks under changing climate. Environmental Sciences Europe. ص. 2–10.
- Bettini, G. (2014). Climate Migration as an Adaptation Strategy: Imagined Mobilities and Political Economy. Geoforum, 55, 182–190.
- Böhm, S., Misoczky, M. C., & Moog, S. (2012). “Greening Capitalism? A Marxist Critique of Carbon Markets.” Organization Studies, 33(11), 1617–1638.
- Bullard, R. D. (1990). Dumping in Dixie: Race, Class, and Environmental Quality. Boulder, CO: Westview Press.
- CDP (2017). Carbon Majors Report: The Companies and Investors Driving the Climate Crisis. London: Carbon Disclosure Project.
- Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M., & Chawla, N. (2015). University of Notre Dame Global Adaptation Index (ND-GAIN) Country Index Technical Report. Notre Dame: University of Notre Dame.
- Dankelman, I. (2010). Gender and Climate Change: An Introduction. London: Earthscan.
- ESCWA (2019). Moving towards Water Security in the Arab Region. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia. ص. 4–8.
- ESCWA (2021). Arab Region Climate Change Outlook 2021. Beirut: United Nations ESCWA.
- FAO (2022). The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Rome: Food and Agriculture Organization.
- GCF (2022). Annual Results Report 2022. Incheon: Green Climate Fund.
- Germanwatch (2023). Global Climate Risk Index 2023. Berlin: Germanwatch e.V.
- Heede, R. (2014). “Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854–2010.” Climatic Change, 122(1–2), 229–241.
- IEA (2023). Climate Resilience is Key to Energy Transitions in MENA. International Energy Agency.
- IEA (2023). World Energy Investment 2023. Paris: International Energy Agency.
- ILO (2015). Guidelines for a Just Transition towards Environmentally Sustainable Economies and Societies for All. Geneva: International Labour Organization.
- IOM (2022). World Migration Report 2022. Geneva: International Organization for Migration.
- IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Geneva: IPCC.
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kamel, S., & Habib, R. (2022). Climate Change and Vulnerability: The Case of MENA Countries. MDPI Geographies. ص. 9–12.

- Newell, P., & Mulvaney, D. (2013). “The Political Economy of the ‘Just Transition’.” The Geographical Journal, 179(2), 132–140.
- OECD (2023). Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2023. Paris: OECD.
- Oxfam (2020). Confronting Carbon Inequality: Putting Climate Justice at the Heart of the COVID-19 Recovery. Oxford: Oxfam International.
- Roberts, J. T., & Parks, B. C. (2006). A Climate of Injustice: Global Inequality, North–South Politics, and Climate Policy. MIT Press.
- Robinson, M. (2018). Climate Justice: Hope, Resilience, and the Fight for a Sustainable Future. Bloomsbury Publishing.
- Robinson, M. (2018). Climate Justice: Hope, Resilience, and the Fight for a Sustainable Future. Bloomsbury Publishing.
- Sachs, J. (2015). The Age of Sustainable Development. Columbia University Press.
- UN Women (2022). Gendered Impacts of Climate Change. New York: United Nations.
- UNDP (2022). Indigenous Peoples and Climate Change: Vulnerabilities and Opportunities. New York: United Nations Development Programme.
- UNDP (2023). Arab States Human Development Report: Climate and Human Security. New York: United Nations Development Programme.
- UNFCCC (2015). Paris Agreement. New York: United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC (2022). COP27 Decisions: Loss and Damage Fund Mechanism. Bonn: UNFCCC Secretariat.
- UNICEF (2021). The Climate Crisis Is a Child Rights Crisis. New York: UNICEF.
- United Nations (2022). Human Rights Council Resolution on the Right to a Healthy Environment. New York: UN.
- World Bank (2021). Groundswell Part II: Acting on Internal Climate Migration. Washington, DC: World Bank.
- World Bank (2023). Middle East and North Africa Climate Roadmap. Washington
- World Bank (2023). World Development Indicators 2023. Washington, DC: World Bank.

# الفصل الثالث عشر

# الهدف العالمي للتكيف المناخي في اتفاق باريس
# التحديات القانونية وإمكانات التفعيل في السياق العربي

**مكيكة مريم**
أستاذة محاضرة "أ"، كلية الحقوق والعلوم السياسية
مخبر المرافق العمومية والتنمية –جامعة الجيلالي اليابس سيدي بلعباس /الجزائر"

**ملخص:**

أضحى التكيف المناخي أحد الأهداف الحاسمة في اتفاق باريس، باعتباره ركيزة محورية في الاستجابة العالمية لتغير المناخ، غير أن تفعيل "الهدف العالمي للتكيف" لا يزال يواجه تحديات قانونية ومؤسسية وتنفيذية معقدة، لا سيما في الدول العربية. تسعى هذه الدراسة إلى تحليل تطور هذا الهدف في إطار القانون الدولي البيئي، وتسليط الضوء على أوجه القصور القانونية، مع اقتراح آليات عملية لتعزيز التكيف في الدول العربية في ظل خصوصياتها المناخية والمؤسسية. تعتمد الورقة على منهجية تحليلية قانونية وتستند إلى تطور النصوص الاتفاقية الأممية الأخيرة، وتخلص إلى مجموعة توصيات لتعزيز الشفافية والتمويل والتكامل الإقليمي العربي.

**مقدمة:**

يعد تغير المناخ من أكبر التحديات العالمية المعاصرة، حيث تتفاقم الظواهر المناخية المتطرفة، وتتصاعد حدة المخاطر البيئية، مما يستدعي استجابة جماعية تدمج بين التخفيف والتكيف. وفي هذا السياق، برز الهدف العالمي للتكيف (Global Goal on Adaptation - GGA) ضمن اتفاق باريس لعام 2015 كأداة قانونية ترمي إلى تعزيز قدرة الدول على التكيف مع الآثار المتزايدة لتغير المناخ.

وبالرغم من كونه أداة طموحة، إلا أن تفعيله لا يزال يواجه عقبات متعددة، خاصة في السياق العربي الذي يتسم بخصوصيات اقتصادية ومناخية ومؤسساتية. عليه، تطرح هذه الورقة الإشكالية الآتية: ما مدى نجاعة الإطار القانوني للهدف العالمي للتكيف في دعم جهود الدول العربية لمجابهة آثار تغير المناخ؟ وما هي آليات تفعيله ضمن الخصوصية المناخية والمؤسسية لهذه الدول؟

لمعالجة هذه الإشكالية، تم الاعتماد على منهجية قانونية وصفية تحليلية. وعليه، تنقسم هذه الورقة إلى ثلاثة محاور رئيسية: (1) الإطار القانوني والمؤسسي للهدف العالمي للتكيف، (2) التحديات القانونية والمؤسسية التي تعيق تفعيله، (3) آفاق تعزيز التكيف في المنطقة العربية

1.الإطار القانوني والمؤسسي للهدف العالمي للتكيف:

يشهد العالم بالفعل تغيرات مناخية ملموسة تتجلى في ارتفاع متوسط درجات الحرارة، وتقلب الفصول، وتزايد وتيرة الظواهر الجوية المتطرفة والأحداث بطيئة الحدوث، وكلما تسارعت هذه التغيرات وتأخرت جهود التكيف، ازدادت صعوبة وتكلفة الاستجابة لتداعياتها.

**أ- تعريف التكيف مع التغيرات المناخية:**

يشير التكيف إلى إدخال تعديلات على النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية استجابة للمحفزات المناخية الفعلية أو المتوقعة وآثارها، ويتضمن تغييرات في الممارسات والهياكل بهدف تخفيف الأضرار المحتملة أو الناجمة عن تغير المناخ. وبشكل مبسط، يتطلب الأمر من الدول والمجتمعات المحلية تطوير حلول تكيف وتنفيذ إجراءات للاستجابة لآثار تغير المناخ الحالية والمستقبلية

( https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction).

كما، يقصد بالتكيف مع المناخ توفير كافة الوسائل واتخاذ الإجراءات والتدابير اللازمة التي تتناسب مع الوضع المناخي القائم أو المحتمل، وقد أولت اتفاقية باريس مبدأ التكيف أهمية كبرى واعتبرته أساسًا في صلبها لتعزيز الاستجابة العالمية لخطر تغير المناخ في سياق التنمية المستدامة والجهود المبذولة للقضاء على الفقر (زرزور، 2021، ص29).

يمكن أن تتخذ هذه الإجراءات أشكالًا متنوعة، ولا يوجد حل موحد، بل يتراوح التكيف بين بناء دفاعات ضد الفيضانات، وإنشاء أنظمة إنذار مبكر للأعاصير، والتحول إلى محاصيل مقاومة للجفاف استعادة الغابات التي تحافظ على إمدادات المياه...

في هذا السياق، تُقر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ واتفاقية باريس التابعة لها بأن التكيف يمثل تحديًا عالميًا يستوجب اتباع نهج وطني مراعٍ للنوع الاجتماعي وتشاركي وشفاف يستند إلى أفضل العلوم المتاحة والمعارف التقليدية والشعبية بهدف دمجه في السياسات والإجراءات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لحماية الناس وسبل عيشهم والنظم الإيكولوجية (https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction)

ومع ذلك، فإن الجهود في مجال التكيف مع المناخ تعد صغيرة النطاق وبطيئة ومجزأة لذلك يهدف الهدف العالمي للتكيف (GGA) إلى معالجة هذا النقص من خلال توفير إطار عمل واضح وأهداف لقياس التقدم المحرز في مجال التكيف مع المناخ.(Gboyega , 2025 )

**ب- المقصود بالهدف العالمي للتكيف مع التغيرات المناخية:**

تم إقرار الهدف العالمي للتكيف في اتفاق باريس للمناخ 2015 كجزء أساسي من الجهود الدولية لمواجهة تغير المناخ، وقد حددت المادة 7 من الاتفاق الهدف العالمي بشأن التكيف والمتمثل في تعزيز القدرة على التكيف، وتعزيز المرونة، والحد من التعرض لتغير المناخ، بهدف المساهمة في التنمية المستدامة وضمان استجابة تكيف مناسبة في سياق هدف درجة الحرارة المشار إليه في المادة 2 (اتفاق باريس 2015)

وبذلك، يهدف الهدف العالمي للتكيف مع التغيرات المناخية الى تعزيز القدرة على الصمود أمام الآثار السلبية لتغير المناخ، تقليل قابلية التأثر بالظواهر المناخية المتطرفة، دعم التنمية المستدامة من خلال سياسات التكيف الفعالة، وتعزيز التمويل الدولي ونقل التكنولوجيا لمساعدة الدول النامية.

إن إنشاء هدف تكيفي عالمي واجه صعوبات نتيجة للخلاف الكبير بين الدول الأطراف في الاتفاقية الإطارية بشأن العلاقة بين التخفيف والتكيف، خاصة فيما يتعلق بتحقيق التكافؤ بينهما لمساعدة البلدان النامية على التكيف، وهو ما تجلى في معارضة الدول المتقدمة لإدراج أعمال التكيف ضمن قائمة الإجراءات المستحقة للمساعدة المالية من الصندوق الأخضر، مما زاد من تعقيد صياغة هدف عالمي موحد للتكيف، وبالرغم من ذلك، تمكنت اتفاقية باريس في نهاية المطاف من التوصل إلى حل وسط يرضي جميع الأطراف بإدراج التكيف في المادة السابعة دون الإشارة إلى التزامات محددة ومباشرة للدول الأطراف(زرزور، 2021، ص29).

تعتبر الفقرات 3 و7 و10 و13 من المادة 7 من أبرز النصوص التي يتضح فيها التمييز بين الدول النامية والمتقدمة، حيث حرصت على تقديم المساعدة في سبيل التكيف للبلدان النامية وعدم الضغط عليها بجهود إضافية فوق مستوى قدراتها الوطنية، ولكنها لم تحدد بالضبط من هي الدول التي تحتاج للمساعدة فقد تركت الأمر مفتوحًا حسب الظروف والمستجدات الطارئة لكل دولة. أما بالنسبة للفقرة 4 فقد شددت على المنافع المشتركة بين التخفيف والتكيف، وعلى أهمية التكيف في مواجهة تغير المناخ، وهذا ما يساهم في إجبار الدول على تنفيذ إجراءات التكيف على أرض الواقع وليس فقط تقديم اقتراحات على ورق ولكن وفقًا لمبدأ المسؤوليات المشتركة ولكن المتباينة في ضوء الظروف الوطنية المختلفة.

**ج-تطور تفعيل الهدف العالمي بشأن التكيف بموجب اتفاق باريس (2015-2025):**

شهد مسار تفعيل الهدف العالمي بشأن التكيف (GGA) تطورات هامة منذ إرساؤه في المادة 7 من اتفاق باريس الذي اعتُمد خلال مؤتمر الأطراف الحادي والعشرين (COP21) في باريس عام 2015. وقد أُطلق برنامج عمل غلاسكو-شرم الشيخ لمدة عامين خلال مؤتمر الأطراف السادس والعشرين (COP26) في غلاسكو عام 2021 بهدف تفعيل هذا الهدف. وفي عام 2023، وخلال مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين (COP28) في الإمارات العربية المتحدة، تم اعتماد إطار عمل الإمارات العربية المتحدة بشأن القدرة العالمية على الصمود للمناخ، والذي حدد سبعة أهداف موضوعاتية وأربعة أهداف ذات أبعاد للهدف العالمي بشأن التكيف، كما أطلقت الأطراف برنامج عمل ثانٍ بشأن الهدف العالمي بشأن التكيف كجزء من هذا الإطار (Dennis Mombauer , 2025)

شهد عام 2024 عقد ورش عمل أولية في بوتان ومصر ضمن هذا البرنامج الثاني، الذي عُرف لاحقًا ببرنامج عمل الإمارات العربية المتحدة-بيليم. واستمرت المناقشات حول تفعيل الهدف العالمي بشأن التكيف خلال الدورة الستين للهيئات الفرعية (SB60) لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وبلغت ذروتها في مؤتمر الأطراف التاسع والعشرين (COP29) في باكو، أذربيجان، حيث تم الإطلاق الرسمي لبرنامج عمل الإمارات العربية المتحدة-بيليم للفترة 2024-2025، مع استمرار التركيز على تطوير مؤشرات لتقييم التقدم نحو تحقيق الهدف العالمي بشأن التكيف، ومناقشة قضايا التمويل والتنفيذ والقضايا الشاملة والمستجدة المتعلقة بالتكيف. ومن المتوقع استمرار تنفيذ برنامج عمل الإمارات العربية المتحدة-بيليم خلال عام 2025، على أن تُعقد الدورة السابعة لاجتماع الأطراف في اتفاق باريس (CMA7) في نوفمبر 2025 في بيليم، البرازيل
.(https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction)

**2. التحديات القانونية والمؤسسية:**

رغم التقدم النظري والمؤسسي المحرز على مستوى تطوير الهدف العالمي للتكيف، إلا أن تفعيله العملي لا يزال يواجه عدة تحديات ذات طبيعة قانونية وتنظيمية، تؤثر بشكل مباشر على قدرة الدول – خصوصًا النامية والعربية – على تنفيذ التزاماتها، واستفادة من الدعم الدولي:

**2.1 إغفال وغموض المفاهيم والمصطلحات:**

على الرغم من عدم الإشارة للتكيف العابر للحدود بشكل صريح في قرار مؤتمر الأطراف السادس، أقرت الأطراف في مؤتمر الأطراف الخامس بأن تأثيرات تغير المناخ غالبًا ما يتجاوز الحدود الوطنية بطبيعتها، مما قد ينطوي على مخاطر معقدة ومتتالية. ونتيجة لهذه الطبيعة العابرة للحدود لتلك التأثيرات، تبرز الحاجة إلى دراسة إجراءات التكيف التي تتجاوز الحدود الوطنية، مثل تبني نُهُج إدارة تأخذ في الحسبان المناخ على نطاق عابر للحدود، بالإضافة إلى ضرورة تبادل المعرفة وتعزيز التعاون الدولي في هذا المجال. وقد شهد برنامج عمل غلاسكو – شرم الشيخ مناقشات حول التكيف العابر للحدود، خاصة فيما يتعلق بالتكيف التحويلي ومسألة الموارد العالمية المشتركة ذات الصلة كأعالي البحار والفضاء الخارجي والغلاف الجوي والقارة القطبية الجنوبية. ومع ذلك، بقيت هذه المناقشات مفتوحة ولم تُدمج صراحةً حتى الآن في إطار الهدف العالمي بشأن التكيف ( Dennis Mombauer ,2025)

لقد كان مفهوم التكيف التحويلي موضوعًا للنقاشات المتعلقة بالهدف العالمي بشأن التكيف منذ بداية برنامج عمل غلاسكو – شرم الشيخ في عام ألفين واثنين وعشرين. وتحدد الورقة الفنية لعام ألفين وأربعة وعشرين، التي أعدتها الأمانة العامة حول التكيف التحويلي، الأبعاد الأساسية للتغيير التحويلي، وهي عمق التغيير المتعمد وحدوده ونطاقه أو مقياسه وسرعته والاستدامة التكيفية، مع التأكيد على أهمية هذا البعد كبعد إضافي خاص بالرصد والتقييم والتعلم والتقييم أو التنفيذ. وفي الدورة السادسة لمؤتمر الأطراف، قررت الأطراف الإحاطة علمًا بالورقة الفنية ومواصلة النظر فيها في الدورة الثانية والستين للهيئة الفرعية، وطلبت من الأمانة العامة إعداد ملخص سهل القراءة بجميع اللغات الرسمية الست بحلول شهر أبريل من عام ألفين وخمسة وعشرين. (Dennis Mombauer,2025 ).

يظهر واضحا أن الجدل لا يزال قائمًا حول عدد من المفاهيم الجوهرية المرتبطة بالتكيف، ما ينعكس سلبًا على التوافق الدولي بخصوص المؤشرات المرجعية ومقاييس النجاح. كما أن غياب تعريفات موحدة يحدّ من إمكانية إدماج هذه المفاهيم ضمن الأطر التشريعية الوطنية، وبالتالي يؤثر على فعالية التنفيذ.

**2.2 غياب المؤشرات التقييمية:**

رغم محاولات مؤتمرات الأطراف تطوير أطر إرشادية للتقييم (كما في إطار عمل الإمارات)، فإن غياب مؤشرات كمية ونوعية موحدة وملزمة لقياس التقدم في التكيف يعرقل جهود المراقبة والمساءلة. ويؤدي ذلك إلى تفاوت كبير بين الدول في التقارير المقدمة، ويقلل من مصداقية منظومة الشفافية.(Bodle, 2016; UNFCCC, 2023)

**2.3 محدودية التمويلو ضعف الالزام القانوني:**

تواجه الدول النامية – ومنها العربية – صعوبات كبيرة في الحصول على التمويل المخصص للتكيف، فرغم تعهدات التمويل في إطار اتفاق باريس– تعهد الدول المتقدمة بتعبئة 100 مليار دولار سنويًا –، لا تزال آليات الحصول عليه تعاني من البيروقراطية وضعف الالتزام. كما تشير تقارير حديثة لبرنامج الامم المتحدة للبيئة؛ إلى أن التمويل الفعلي الموجه للتكيف يمثل نسبة أقل بكثير من التمويل المخصص للتخفيف، كما أن هذه التمويلات

لا تأخذ شكل المساعدات الدولية للتغلب والتكيف مع التغيرات المناخية وإنما أغلبها تأتي في شكل قروض، مما يثقل كاهل الدول المستفيدة.(UNEP, 2023)

بالاطلاع على المادة 7 من اتفاق باريس يلاحظ انها ثرية من حيث المبادئ، لكنها تعاني من الغموض القانوني وتفتقر إلى الطبيعة الإلزامية الصريحة، سواء فيما يتعلق بالتزامات الدول المتقدمة تجاه تقديم الدعم المالي والتقني، أو فيما يخص التزامات الدول النامية بشأن التنفيذ. وهو ما يطرح إشكاليات قانونية تتعلق بضعف نفاذ المقتضيات، وغياب أدوات المحاسبة أو العقوبات.(Bodle, 2016)

### 2.4 التحديات المتعلق بالدول العربية:

بالنظر للصعوبات التي تعاني منها كل الدول في مجال التكيف المناخي؛ تواجه الدول العربية إشكالات إضافية، منها الهشاشة المؤسسية، وضعف التنسيق بين الوزارات، ومحدودية البيانات المناخية، وانخفاض الوعي المجتمعي. وتفاقم هذه العوامل من صعوبة إدماج التكيف في السياسات العامة، وتؤثر على القدرة على إعداد مشاريع تتوافق مع معايير صناديق المناخ الدولية، مثل صندوق المناخ الأخضر.(GCF, 2023)

### 3.آفاق تعزيز التكيف في المنطقة العربية:

إن الدول العربية على غرار كافة دول العالم، لا يمكن ان تكون الاستثناء من مخاطر التغير المناخي لما لهذه الظاهرة من آثار على الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والصحية والبيئة. بل يمكن ان تعاني أكثر نتيجة ظروفها الطبيعية الصحراوية والشبه الصحراوية ومشاكلها البيئة ومحدودية قدراتها التكنولوجية والاقتصادية.

يُعدّ تعزيز التكيف المناخي في الدول العربية ضرورة ملحّة في ظل هشاشة بيئية مزمنة، وضعف القدرة المؤسسية، وارتفاع التفاوتات المناخية والاقتصادية. ولتحقيق ذلك، تبرز جملة من التوجهات الاستراتيجية ذات الطبيعة القانونية والمؤسسية:

### 3.1 تطوير تشريعات وطنية متوافقة مع اتفاق باريس:

يُعدّ الامتثال من أبرز المواضيع التي نالت اهتماماً واسعاً في إطار الاتفاقيات الدولية المتعلقة بحماية البيئة بوجه عام، واتفاق باريس على وجه الخصوص، نظراً لارتباطه الوثيق بفعالية هذه الاتفاقيات. فإذا كان التنفيذ يُشير إلى جملة الإجراءات الكفيلة بضمان الوفاء بالالتزامات المحددة، فإن الامتثال يُعدّ عملية معقدة تشمل مختلف الجوانب المتعلقة بعزم الدولة على تنفيذ التزاماتها ومدى قدرتها على ذلك. من النواحي القانونية والاقتصادية والمالية. (الهيتي سير إبراهيم، ص. 408.)

إن غياب أطر تشريعية متخصصة في التكيف يضعف من القدرة على تعبئة الموارد وتنفيذ المشاريع، لذلك ينبغي على الدول العربية استحداث وتحيين القوانين البيئية، وأن تُدرج التكيف ضمن سياساتها العمومية، مع تضمين التزامات واضحة للجهات الفاعلة مثل: الوزارات، الجماعات المحلية، القطاع الخاص.

### 3.2 إدماج التكيف في السياسات القطاعية وخطط التنمية الوطنية:

تشير الدراسات إلى ضرورة دمج استراتيجيات التكيف ضمن السياسات القطاعية الحيوية، كالمياه والزراعة والتخطيط العمراني، من خلال تبني مقاربة مندمجة تراعي الاستدامة المناخية وتوجيه الموارد نحو المجالات الأكثر

هشاشة، وهو ما يتماشى مع ما نصت عليه المادة 7 من اتفاق باريس بشأن إدماج التكيف في السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للدول الأطراف (المركز الديمقراطي العربي، 2020، ص. 133).

### 3.3 تعزيز القدرات المؤسسية والاجتماعية:

تُعد القدرات المؤسسية حجر الزاوية في أي استراتيجية ناجحة للتكيف المناخي، إذ لا يمكن تصور استجابة فعالة للمخاطر المناخية المتزايدة دون وجود هياكل مؤسسية قادرة على التخطيط، التنفيذ، والمتابعة. في هذا السياق، تشير تقارير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP, 2018) إلى أن نجاح مشاريع التكيف في المنطقة العربية ارتبط بشكل وثيق بقدرة المؤسسات المحلية على قيادة وتنفيذ المبادرات التكيفية. غير أن غالبية الدول العربية لا تزال تعاني من ضعف هيكلي في مؤسساتها البيئية، سواء من حيث البنية البشرية أو الموارد الفنية.

توصي هذه التقارير بضرورة بناء قدرات على مختلف المستويات الحكومية (المركزية واللامركزية)، وتحديدًا داخل البلديات والمجالس المحلية، التي تمثل نقطة الاتصال الأولى مع المجتمعات المتأثرة. ويتعين على التشريعات الوطنية إنشاء وحدات مختصة بالتكيف ضمن الوزارات القطاعية، على أن تُمنح صلاحيات واضحة لإعداد خطط التكيف وتنسيقها ومراقبة تنفيذها.

من الناحية الاجتماعية، فإن تعزيز القدرات لا يقتصر على المؤسسات الرسمية، بل يشمل كذلك المنظمات غير الحكومية والمجتمع المدني، الذي يمكن أن يلعب دورًا محوريًا في رصد التغيرات المناخية ونقل المعرفة. كما تؤكد تقارير UNDP على أهمية التكوين والتدريب المستمر في المجالات التقنية والقانونية المرتبطة بالتكيف، من أجل ضمان كفاءة العاملين وتسهيل إعداد مشاريع قابلة للتمويل.(UNDP, 2018, pp. 10–11)

### 3.4 إصلاح المنظومة التمويلية ونشر المعرفة المناخية:

يشكل ضعف النفاذ إلى التمويل المناخي أحد أبرز التحديات التي تواجه جهود التكيف في المنطقة العربية، إذ أن أغلب المشاريع المقترحة تظل غير ممولة، إما بسبب تعقيد الاجراءات و القوانين الإدارية، أو لغياب المؤسسات المناسبة. وقد بيّنت التقارير أن القطاع المالي العربي لم يدمج بعد التكيف ضمن أدواته التمويلية بشكل كافٍ، رغم أن تأثير التغير المناخي يهدد مباشرة استقرار الأسواق والقطاعات الإنتاجية (UNEP FI (2021).

من هذا المنطلق، توصي الوثائق الأممية باعتماد آليات تمويل مبتكرة، مثل التأمينات المناخية، الصكوك الخضراء، وتمويل الأداء المناخي، والتي تتطلب بطبيعتها غطاءً قانونيًا مرنًا ومحفزًا. كما يجب أن تتبنى القوانين الوطنية مبادئ الشفافية والمساءلة في تخصيص الأموال المناخية، من خلال مؤسسات وطنية مستقلة تُعنى بتدبير الصناديق الخضراء.

وبالنظر إلى ضآلة نسبة التمويل الخاص الموجه للتكيف (9% فقط حسب بعض التقارير)، فإن مراجعة قوانين الاستثمار لتشجيع دخول القطاع الخاص في تمويل التكيف أمرٌ حيوي، ويمكن أن يتجسد في تقديم حوافز ضريبية، أو تسهيلات مصرفية، أو ضمانات سيادية للمخاطر. وفي هذا السياق، تبرز الحاجة لإصدار "قانون التمويل المناخي" يُنظم العلاقة بين الجهات المانحة، والمؤسسات المحلية، والسلطات البيئية، ضمن إطار متكامل للتنمية المستدامة (UNEP FI, 2021, p. 39).

يكتسي إشراك الفئات السكانية المحلية أهمية بالغة، خاصة في المناطق الريفية وشبه الجافة، لما تمتلكه من معارف تقليدية يمكن البناء عليها في تصميم سياسات التكيف. ويُعدّ هذا التوجه ترجمة لمبدأ المشاركة المجتمعية

المنصوص عليه في مقررات اتفاقية باريس ومؤتمرات الأطراف التابعة لها (المركز الديمقراطي العربي، 2020، ص. 135)

**3.5 تحسين الوصول إلى التمويل و تطوير مؤشرات القياس:**

تظل فجوة التمويل من أكبر التحديات أمام تنفيذ برامج التكيف. ولذا، يجب على الدول العربية تبسيط إجراءاتها الإدارية، وإنشاء هيئات وطنية معتمدة لدى صندوق المناخ الأخضر، والعمل على تحسين جودة المشاريع المقدّمة وفق معايير الجهات المانحة.(GCF, 2023) . وفي ظل غياب مؤشرات موحّدة دوليًا، من المفيد أن تطور كل دولة عربية منظومتها الخاصة لرصد التقدم في التكيف، مستندة إلى خصائصها المناخية والاجتماعية. تشمل هذه المؤشرات القدرة المؤسسية، الجاهزية المناخية، فعالية الإنفاق، ومستوى إشراك المجتمع.

**3.7 الزراعة الذكية مناخيًا والتكيف التحويلي:**

في ظل التحديات المناخية الحادة التي تواجهها المنطقة العربية، تمثل الزراعة الذكية مناخيًا مدخلًا استراتيجيًا لتعزيز التكيف، خاصة في المجتمعات الريفية التي تعتمد على الزراعة كمصدر رئيسي للدخل. وتقوم هذه المقاربة على دمج التكنولوجيا والممارسات الزراعية المستدامة لزيادة الإنتاجية، وتقليل المخاطر المناخية، وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، مثل المياه والطاقة.

تؤكد تقارير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP, 2018) على أهمية التحول نحو التكيف التحويلي، الذي لا يكتفي بالإجراءات الموضعية بل يسعى إلى إعادة هيكلة النظم الزراعية وفق أسس جديدة تراعي التغيرات المناخية طويلة الأمد. ويشمل هذا التحول إدخال محاصيل مقاومة للجفاف، استخدام أنظمة ري ذكية، دعم الحيازات الزراعية الصغيرة، وتحفيز الاستثمار في الزراعة المناخية.

على الصعيد القانوني، يمكن تضمين الزراعة الذكية مناخيًا ضمن التشريعات البيئية والزراعية، من خلال توفير حوافز مالية للمزارعين، وتخصيص برامج دعم فني وتقني، فضلاً عن الاعتراف بهذا التوجه كأولوية في الاستراتيجيات الوطنية للتكيف. كما يمكن إدراج هذه الإجراءات ضمن المساهمات المحددة وطنيًا (NDCs) وخطط التكيف الوطنية (NAPs) في إطار اتفاق باريس.

**3.8 التكامل الإقليمي وبناء شبكات الخبرة المناخية:**

يعد التكيف المناخي تحديًا عابرًا للحدود، ما يجعل من التعاون الإقليمي أحد الوسائل الأساسية لتعزيز فعاليته. في السياق العربي، تبرز الحاجة إلى إنشاء شبكات تنسيق بين الدول لتبادل الخبرات، البيانات، والممارسات الفضلى، خاصة في ما يتعلق بإدارة المياه، مكافحة التصحر، والإنذار المبكر للظواهر المناخية المتطرفة.

تشير تقارير UNDP (2022) إلى أن عدة دول عربية نجحت في تطوير منصات وطنية للتكيف، إلا أن غياب آليات تنسيق إقليمية يحد من توسيع نطاق التأثير. ولهذا، فإن إنشاء شبكة عربية للتكيف المناخي، بإشراف جامعة الدول العربية أو أحد المراكز المناخية الإقليمية، يمكن أن يشكل منصة استراتيجية لتوحيد الجهود. (UNDP ,2022)

على المستوى القانوني، يمكن إرساء هذا التعاون من خلال مذكرات تفاهم أو اتفاقيات إطارية بين الدول، تُنظم تبادل البيانات، وتمويل المشاريع المشتركة، وتطوير مؤشرات موحدة للتقييم. كما يمكن التفكير في اعتماد بروتوكول عربي مكمل لاتفاق باريس، يُكرّس مبادئ العدالة المناخية، التضامن الإقليمي، وبناء القدرات.

شددت الدراسات الإقليمية على ضرورة تطوير آليات عربية لتبادل الخبرات والممارسات الفضلى في مجال التكيف، بما في ذلك إنشاء شبكة إقليمية للمناخ، وهو ما يُمكّن من تحقيق جزء من أهداف برنامج الإمارات–بيليم بشأن التكيف، ويعزز من فعالية التعاون جنوب–جنوب بين الدول العربية (المركز الديمقراطي العربي، 2020، ص. 139).

يعد الهدف العالمي للتكيف مكسبًا قانونيًا مهمًا، لكنه يبقى في حاجة إلى آليات تنفيذ واضحة، ومؤشرات دقيقة، والتزامات تمويل حقيقية. ومن أجل أن لا يبقى هذا الهدف مجرد طموح على الورق، لا بد من تضافر جهود الدول العربية في سبيل تفعيله وفق خصوصياتها، مستفيدة من الفرص المتاحة ضمن برامج عمل مؤتمر الأطراف.

**الخاتمة:**

تُظهر هذه الورقة بوضوح أن تفعيل الهدف العالمي للتكيف مع التغيرات المناخية، على الرغم من إقراره في اتفاق باريس، لا يزال يواجه تحديات جوهرية تعيق تحوله إلى واقع ملموس. فبين إقرار مبدأ المسؤوليات المشتركة ولكن المتباينة الذي يواجه صعوبات في التطبيق العملي على صعيد التمويل، وبين المفاهيم الناشئة كالتكيف العابر للحدود والتكيف التحويلي التي لا تزال قيد النقاش والتداول دون اتفاق واضح، تتضح الحاجة إلى تجاوز الخلافات التقليدية وتبني رؤية أكثر طموحًا وواقعية لمواجهة الآثار المتزايدة لتغير المناخ. إن الانشغال بالمسائل الإجرائية واللغوية على حساب الاتفاقيات الموضوعية الجوهرية قد يؤدي إلى إفراغ الهدف العالمي للتكيف من مضمونه، مما يستدعي ضرورة إحداث تحول حقيقي في مسار المفاوضات القادمة، بدءًا من مؤتمر الأطراف السابع لاجتماع الأطراف في اتفاق باريس (CMA7) في نوفمبر 2025 بيليم، البرازيل.

بناءً على التحليل الوارد في هذه الورقة، يمكن تقديم التوصيات التالية بهدف تعزيز تفعيل الهدف العالمي للتكيف:

– تقديم تمويل فعال من خلال آليات واضحة وملزمة لتمويل التكيف للدول النامية .

- دعوة الدول العربية إلى تبني خطة إقليمية موحدة لتفعيل الهدف العالمي للتكيف.
- المطالبة بإلزامية دعم التكيف ضمن المفاوضات الدولية.
- تطوير إطار مؤسسي إقليمي عربي لرصد وتقييم جهود التكيف.

**قائمة المراجع:**


- زرزور بن نولي، الآليات القانونية للحفاظ على المناخ بموجب اتفاقية باريس، مجلة المفكر، المجلد 16، العدد 1 سنة 2021، ص 29.
- سير إبراهيم حاجم، الآليات القانونية لحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، منشورات الحلبي الحقوقية، الطبعة الأولى، ص. 408.
- اتفاق باريس 2015
- Dennis Mombauer, Understanding the Global Goal on Adaptation: the road from Dubai to Belém , on web site: https://weadapt.org/knowledge-base/governance-institutions-and-policy/understanding-the-global-goal-on-adaptation-the-road-from-dubai-to-belem/2025
- Bodle, R. (2016). The Paris Agreement: Analysis and Commentary. Climate Law, 6(1-2), 1–22.
- UNEP. (2023). Adaptation Gap Report 2023: Underfinanced. United Nations Environment Programme.

- UNDP. (2022). Climate Promise: Enhancing Climate Adaptation Planning in Arab States. United Nations Development Programme.
- GCF. (2023). Simplifying Access to Climate Finance in MENA. Green Climate Fund.
- UNFCCC. (2015). Paris Agreement.
- UNFCCC. (2023). UAE Framework for Global Goal on Adaptation.
- UNFCCC. (2024). UAE-Belem Work Programme on GGA.
- https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction
- Gboyega OLORUNFEMI , Agreement's 'Global Goal on Adaptation'on web site: https://weadapt.org/knowledge-base/governance-institutions-and-policy/understanding-the-paris-agreements-global-goal-on-adaptation/

# الفصل الرابع عشر

# الموازنة المائية المناخية والتبخر- النتح الحقيقي لنبات الشعير في سورية في ظل التغيرات المناخية خلال الفترة (1980-2020)

**د. كنانة حليمي**

مُحاضرة في جامعة تشرين

**الملخص**

تهدف هذه الدراسة الى تقييم واقع الميزان المائي المناخي بعناصره، من خلال دراسة الهطل المطري والتبخر – الكامن في مناطق متوزعة جغرافياً في الجزيرة السورية والمنطقة الشمالية والوسطى في سورية (دير الزور–حلب – حماه–الرقة) على المستويات السنوية والفصلية وتحديد الاتجاه العام لها خلال الفترة 1980–2020، وتحديد العجز المائي المناخي، وأثر ذلك قي الاحتياجات المائية لنبات الشعير في سورية خلال الفترة المدروسة، اضافة لتحديد مدى تغير التبخر– النتح الحقيقي والذي يعبر عن الاحتياجات المائية الفعلية لنبات الشعير في المناطق الرئيسية لزراعتها في سورية وهي (حماه–حلب–الرقة–دير الزور) خلال موسم النمو وفي كل مرحلة من مراحل نموها الاربع وذلك في ظل التغيرات المناخية الراهنة، حيث تم استخدام نماذج الانحدار الخطي البسيط لتحديد اتجاه التغير (Tend) لكل من الهطل المطري والتبخر– النتح الكامن(ETp) والتبخر – النتح الحقيقي والميزان المائي المناخي، وقد تبين وجود اتجاه عام ذو دلالة إحصائية معنوية ($P < 0.05$) لكل من التبخر– النتح الكامن (ETp) و التبخر– النتح الحقيقي(ETr) خلال الفترة المدروسة، واتجاهاً متناقصا معنوياً للهطل المطري ($P < 0.05$) في المحطات المناخية المعتمدة. أظهرت النتائج أن شهور نمو نبات الشعير تتسم بارتفاع كبير في معدلات التبخر وارتفاع CV%، مع تكرار فترات الجفاف والعجز المائي، كما أظهرت البيانات أن الاحتياجات المائية وزيادات التبخر تزايدت بشكل مستمر خلال الفترة المدروسة. توصلت الدراسة إلى ضرورة تبني استراتيجيات إدارة مستدامة للموارد المائية، وتحسين ممارسات الزراعة، لمواجهة تقلبات المناخ وضمان استدامة الزراعة والمياه في المنطقة.

**المقدمة:**

يتناول البحث دراسة تأثير التغيرات المناخية خلال الفترة 1980–2020 على الاحتياجات المائية الخاصة بنبات الشعير في سورية، مع التركيز على العلاقة بين المتغيرات المناخية والاحتياجات المائية للنبات.

تعد الدورة الهيدرولوجية من العمليات الأساسية التي تربط بين أنظمة الماء والهواء والتربة والنبات، حيث تتأثر بشكل مباشر بالتغيرات في درجات حرارة الغلاف الجوي والتوازن الإشعاعي. (Ward and Trimble, 2004) لقد أظهرت الدراسات الحديثة أن ارتفاع درجات الحرارة العالمي، الذي لوحظ بشكل ملحوظ منذ بداية القرن العشرين، أدى إلى تغييرات جوهرية في دورة الماء على مستوى الكوكب، مترافقاً مع ارتفاع مستوى سطح البحر وتغير نمط الأمطار (IPCC, 2007). وتُعد التغيرات المناخية الحديثة نتيجة مباشرة للنشاط البشري، خاصة زيادة انبعاث غازات الدفيئة، حيث يُقدّر أن صافي التأثير الإشعاعي الناتج عن النشاطات البشرية قد بلغ نحو 2.72 وات/م² في عام 2020،

مما أسهم في تسريع وتيرة ظاهرة الاحترار العالمي.(NASA, 2023) ، وقد أشارت التأثيرات المحاكاة لتغير المناخ لسيناريوهات الانبعاثات المنخفضة (B1)، في أسوأ الأحوال، إلى إمكانية حدوث انخفاض في توافر المياه السطحية بنسبة −13.90٪، و−22.63٪، و−32.91٪ في إعادة تغذية المياه الجوفية وبنسبة −4.98٪، و−14.28٪، و−20.58٪ في التدفقات السطحية للفترات الزمنية 2010−2039، 2040−2069، 2070−2099، على التوالي. سيؤدي هذا إلى آثار وخيمة على إمدادات المياه(Montenegro,2012).

وفقًا للجنة العالمية للبيئة والتنمية، تعاني حوالي 80 دولة تضم 40٪ من سكان العالم بالفعل من نقص خطير في المياه. في الوقت الحاضر، أدت حالات النقص في المياه بمعظم البلدان القاحلة وشبه القاحلة إلى زيادة واردات الغذاء لأن القطاع الزراعي المحلي غير قادر على إنتاج ما يكفي من الغذاء لسد الفجوات الغذائية القائمة. تفرض الفجوات الغذائية المتزايدة تحديات خطيرة تتجاوز القدرة الاقتصادية والسياسية اللازمة لإجراء التعديلات الضرورية فيما يتعلق بتخصيص المياه واستخدامها في جميع القطاعات(Hamdy,2003)

وفي سياق تأثير هذه التغيرات على الموارد المائية، أظهرت الدراسات أن زيادة درجات الحرارة تؤدي إلى زيادة عمليات التبخر والنتح، الأمر الذي يؤثر بشكل كبير على توافر المياه الفيضيّة والزراعية، خاصة في المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف مثل الجزيرة السورية.(Rogers et al., 2017) ، وبينت أبحاث عالمية أن ارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار درجة مئوية واحدة يمكن أن يزيد من معدل التبخر الطبيعي بنسبة 5−10%، مما يفرض تحديات كبيرة على إدارة الموارد المائية في القطاع الزراعي،.(Smedema and Rycroft, 2000) وأظهرت دراسة ( Haleme et all,2023) أن الاتجاه العام لموجات الحر في الغرب السوري خلال الخمس عقود الأخيرة سجلت اتجاها عاما متزايدا ذو أهمية معنوية، وفي دراسة أخرى لنفس المنطقة ( Ibrahim et all,2022) وجود تغير زمني لدرجات الحرارة العظمى الشهرية والفصلية والسنوية في ومنحنى تصاعدي موجب خلال الفترة (1960−2021). وفي دراسة (Ragab,2002) ضعف هطول الأمطار بشكل متزايد يؤدي إلى أزمات مياه وطنية مع انخفاض مناسيب المياه الجوفية وخزانات المياه والأراضي الرطبة والأنهار يمكن أن يتسبب الاحتباس الحراري في مزيد من التغييرات والمزيد من التقلبات .

وبينما تتأثر المحاصيل بدرجة الحرارة والتغيرات في نمط الأمطار، فإن الاحتياجات المائية لنباتات الحبوب، ومنها الشعير، تتطلب تقييمات دقيقة لمعدلات التبخر والنتح، حيث تعتمد كمية الماء اللازمة للنمو المثالي على مراحل النمو المختلفة وظروف التربة والبيئة .(Allen et al., 1998) لذا، فإن فهم العلاقة بين التغيرات المناخية والدورة الهيدرولوجية هو أمر حيوي لتطوير استراتيجيات إدارة المياه والحد من خسائرها، خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه وتغيرات مناخية متسارعة(IDRC, 2011) ، وفي دراسة مشابهة عن محصول القمح توصلت دراسة (Qiao,Y et al.2010.) أنه في ظل ظروف الجفاف. تشير هذه النتائج إلى أن الزيادات المستقبلية في تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد يكون لها تأثير كبير على إنتاج القمح في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث تتطلب زراعة القمح زراعة الأراضي المرتفعة أو الري الناقص

وقد ذكرت عدة تدابير للتعامل مع ندرة المياه. في هذا الإطار حددت اللجنة الدولية للري والصرف ICID أن:

- التبخر – النتح الكامن Potential Evapotranspiration "ETP" يمثل كمية بخار الماء العظمى التي تنتقل إلى الغلاف الجوي في واحدة الزمن من سطح مغطى كلياً بالنمو النباتي وتحت ظروف مائية وغذائية مثالية دون

وجود أي عائق لتأمين المياه تحت الظروف السائدة سواء أكانت ميترولوجية – حالة التربة الفيزيائية – نوعية النمو والزراعات المحيطة بالموقع (Schrödter, 1985).

- التبخر– النتح الحقيقي Actual Evapotranspiration " ETR " يمثل كمية الماء المنقولة فعلياً من واحدة المساحة لأرض مغطاة بالنباتات إلى الغلاف الجوي في واحدة الزمن تحت الظروف البيئية السائدة ( Schrödter, 1985).

- إن كميات الماء المستهلكة لتكوين 1 كغ من المادة الجافة للنبات والتي يطلق عليها معامل النتح Transpiration Coefficient والتي تتراوح بين 200 – 1000 ليتر تتوقف على النوع النباتي المزروع وبالتالي فإن إنتاجية النوع النباتي من المادة الجافة في واحدة المساحة يسمح بتحديدٍ دقيق تقريباً عن كميات الماء اللازمة لبناء المادة النباتية الجافة والتي تمثل 13 – 22 % من وزن النبات ( Hanke, 1986 ).

**الفرضية:**

- هناك تغيرات مناخية ذات دلالة إحصائية تؤثر على عناصر المناخ المتمثلة في هطول الأمطار والتبخر–النتح الكامن والمباشر في مناطق الدراسة خلال الفترة 1980–2020.هذه التغيرات المناخية أدت إلى تزايد العجز المائي وتحولات في الاحتياجات المائية لنبات الشعير في المناطق المدروسة.

**أهمية البحث وأهدافه:**

يُعنى البحث بفهم أثر التغيرات المناخية على موارد المياه واحتياجات الزراعة في منطقة ذات أهمية اقتصادية واستراتيجية كجزء من التصدي لتحديات تغير المناخ في سورية، ويساهم في وضع أسس علمية لتطوير استراتيجيات إدارة المياه والزراعة المستدامة، مما يساعد على تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية وتقليل مخاطر نقص المياه على محصول الشعير.

وتتجلى أهداف البحث في:

1–تقييم التغيرات الزمنية في الهطول المطري، والتبخر–النتح الكامن، والميزان المائي المناخي على المستويات السنوية والفصلية في المناطق المدروسة (دير الزور–حلب –حماه–الرقة) خلال الفترة 1980–2020.

2–تحليل الاتجاهات العامة للتغيرات المناخية وتأثيرها على الاحتياجات المائية الفعلية لنبات الشعير في مناطق سوريا الرئيسية (حماه، حلب، الرقة، دير الزور).

3–دراسة واقع الميزان المائي المناخي عبر كل من الهطل المطري والتبخر –الكامن في مناطق متوزعة جغرافياً في الجزيرة السورية والمنطقة الشمالية والوسطى في سورية خلال الفترة 1980–2020

4–تحديد مدى تأثير التغيرات المناخية على فترات النمو المختلفة لنبات الشعير، مع التركيز على مراحل النمو الأربعة.

5–تحديد اتجاه ومقدار التغير كل من الهطل المطري والتبخر نتح الكامن والميزان المائي المناخي في المناطق الاربع خلال الفترة 1980–2020.

6–تقدير الاحتياجات المائية لنبات الشعير في مناطق الدراسة وخاصة خلال مراحل نموها تحديد مقدار الزيادة في حاجة نبات الشعير للمياه في مناطق الدراسة الأربع.

منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة البحث في أربع مناطق رئيسة لزراعة الشعير في الجمهورية العربية السورية والتي تمتد فلكياً بين دائرتي عرض ( 37°.19N - 32°.18′) وبين خطي طول (42°.22E - 35°.36′) (عبد السلام.1990) وهي (دير الزور، الرقة، حلب حماه)

مواد البحث وطرائقه:

لقد تم الحصول على المعطيات المناخية المستخدمة في هذه الدراسة وتشمل درجة الحرارة والهطل لمحطات موزعة جغرافيا حيث أماكن انتشار زراعة الشعير دير الزور–الرقة–حلب–حماه للفترة الممتدة بين 1980–2020 من المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية والمكتب المركزي للإحصاء في الجمهورية العربية السورية.

– وقد تم حساب كل من:

1. التبخر نتح الكامن ETP من خلال برنامج Drinc وباستخدام علاقة بلانيه وكرايدل المعدلة التي تستخدم عناصر مناخية هي المعدل الشهري لدرجة الحرارة والنسبة المئوية لعدد ساعات الإضاءة في اليوم ومعامل تصحيح C. وتعطى بالشكل (Cunha et al., 2017) :

$$ETP = C * P * [0.46 * t + 8.13]$$

حيث: ETP: متوسط التبخر – نتح الأساسي الشهري مم/يوم.

t: المعدل الشهري لدرجة الحرارة(°C).

P: النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في اليوم مقسومة على مجموع عدد الساعات السنوية لطول النهار، وتؤخذ قيمها من جدول خاص كمعدل لأيام كل شهر من السنة ولكل خط عرض جغرافي.

C: معامل تصحيح، يتوقف على متوسط الرطوبة النسبية الصغرى، ومتوسط ساعات الإضاءة النسبية

– (n/N) ومتوسط سرعة الرياح النهارية [م. ثا–1] (Allen & Pruitt ,1991: Blaney & Criddle, 1950).

2. تحديد مقدار متوسط كميات الأمطار والتبخر نتح الكامن والميزان المائي المناخي في كل من دير الزور والرقة على المستويات الزمنية الشهرية والفصلية والسنوية خلال الفترة 1980–2020.

3. اتجاه ومقدار التغير لكل من الأمطار والتبخر نتح السنوي والفصلي في دير الزور والرقة خلال فترة الدراسة باستخدام علاقة الانحدار الخطي التي تعطى بالشكل:

$$Y=a \pm Bx$$

حيث: a: تمثل نقطة تقاطع مع المحور y

b: ميل خط الانحدار (مقدار الزيادة أو النقص السنوية

4. واقع الميزان المائي المناخي (±ΔPmm) على المستوى السنوي واتجاه تغيرها خلال فترة الدراسة في المناطق الثلاث باستخدام العلاقات، يمثل العجز المائي المناخي (CHD) بالنسبة لمنطقة معينة،الفرق بين الهطولات المطرية P (مم) والتبخر–النتح المرجعي ET0 (مم) (Allen et al., 1998):

$$ET0 = \frac{0.408\Delta\,(R_n - G) + y\frac{900}{T+273}U_2(e_s - e_a)}{\Delta + (1 + 0.34U_2)}$$

حيث:

Eto: التبخر نتح المرجعي /مم يوم–1, Rn: الإشعاع الصافي عند سطح المحصول MJ/ م–2 يوم–1

G :كثافة تدفق حرارة التربة MJ /م−2 يوم−1:,γ الثابت، T:(kPa/°C)متوسط درجة حرارة الهواء اليومية على ارتفاع 2 م ,u2:./سرعة الرياح على ارتفاع 2 م /م ث−1 es, ضغط بخار التشبع[kPa]

ea:ضغط بخار الهواء الفعلي[kPa] ، es - ea: عجز ضغط بخار التشبع[kPa] ، D: ميل منحنى ضغط البخار [kPa °C-1]، g: الثابت [kPa °C-1].

العجز المائي: (CHD) يُحسب:

$$CHD=\sum_{i=1}^{n}(P-ET0)$$

CHD:العجز الهيدرولوجي التراكمي،P:كمية الأمطار في الفترة،ET0 :التبخر نتح المرجعي،n :عدد الفترات الزمنية التي يتم حساب العجز عليها

5. التبخر نتح الحقيقي Etr الذي يعبّر عن الاستهلاك المائي الفعلي للنباتات تم حسابه بالاعتماد على قيم التبخر نتح الكامن ETp ومعامل استهلاك النبات للماء Kc الذي يتغير من نبات لآخر ومن مرحلة نمو إلى أخرى بالنسبة لنفس النبات ويحسب بالشكل التالي:(مطر،1983)

6. تغير الاحتياجات المائية (ETr) للذرة الصفراء في كل من الرقة ودير الزور خلال فترة الدراسة.

$$KC=\frac{ETr}{ETP}$$

وفقاً للدراسات المرجعية الحديثة، قسّمت مراحل نمو النبات ومتطلباته المائية (قيم KC) إلى ثلاث مراحل هي: أولية، وسطية، نهائية، حيث تتغير قيمة معامل استهلاك النبات للماء KC تبعاً لكل مرحلة، وطول كل مرحلة من مراحل النمو الثلاث وفيما يلي جدول (3) يبين ذلك.(FAO,1998)

جدول (2) تغير قيم KC لنبات الشعير خلال مراحل النمو الثلاث وطول كل مرحلة .(FAO,1998)

| نوع النبات | بدء موسم النمو | أطوال مراحل النمو (يوم) | | | | المجموع | معامل استهلاك الماء (Kc) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | أولية | تطور | وسطية | نهائية | | أولية | وسطية | نهائية |
| الشعير | 1.March/April | 20 | 25 | 60 | 30 | 135 | 0.3 | 1.15 | 0.25 |

النتائج والمناقشة:

1. تقييم الميزان المائي المناخي في منطقة الدراسة خلال الفترة 1980−2020:

تحليل النتائج المائية خلال الفترة 1980−2020 في المناطق الأربع (حماه، حلب، الرقة، دير الزور)

تشير النتائج إلى أن الميزان المائي في المناطق المدروسة خلال الفترة 1980−2020 كان سلبيًا بشكل مطلق، حيث لم تسجل المنطقة أية قيمة موجبة، مما يعكس نقصًا مستمرًا في الموارد المائية المتاحة مقارنة بالفاقد المائي الناتج عن التبخر والنتح، ويؤكد ذلك أن المنطقة تعاني من تحديات مائية متراكمة.انظر الشكل 4.

معدلات الهطل المطريP:سجلت أعلى قيمة للهطل المطري خلال الفترة 1980−2020 في منطقة حماه بـ 330.2 مم، تليها حلب بـ 283 مم، ثم الرقة بـ 158.1مم، وأخيرًا دير الزور بـ 136 مم.

وهذا يعكس تفاوتًا في كميات الأمطار بين المناطق، مع تفاوت واضح بين المنطقة الغربية (حماه، حلب) والمنطقة الشرقية (الرقة، دير الزور)، وهو أمر يتوافق مع خصائص المناخ الإقليمي، حيث تتسم المناطق الشرقية بجفاف أعلى ويزداد الجفاف كلما اتجهنا شرقا.

واظهرت معدلات التبخر–النتح الكامنEtp: خلال اشهر نمو نبات الشعير في منطقة الدراسة خلال الفترة المدروسة: أن أعلى قيمة مسجلة في محطة دير الزور بـ 600.9 مم، تليها الرقة بـ 576.8 مم، ثم حلب بـ 552.9 مم، وأخيرًا حماه بـ 531.5 مم. انظر الشكل 4.

كما أظهرت النتائج أن معدلات التبخر–النتح تتجاوز بكثير معدلات الهطل المطري، مما يعكس أن المناطق المدروسة تتعرض لضغط مائي كبير، وهو ما يؤكد أن العمليات المائية في المنطقة تتأثر بشكل رئيسي بارتفاع درجات الحرارة وزيادة الطيف التبخيري، الذي قد يكون مرتبطًا بانحرافات مناخية ناجمة عن التغير المناخي ( IPCC, 2007).

وفيما يتعلق الاتجاهات الزمنية للمتغيرات المناخية:

أظهرت نتائج اختبار (ANOVA) أن الاتجاه العام لكل من التبخر–النتح الكامن والهطل المطري كان متزايدًا ومعنويًا على مدى الفترة 1980–2020، حيث كانت قيمة p أقل من 0.05، أي أن هناك اتجاهًا واضحًا نحو زيادة التبخر والنقص التدريجي في كميات الأمطار. انظر الشكل3.

يعكس ذلك الارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة والذي يتوافق مع الدراسات العالمية والمحلية التي تشير إلى أن مناخ المنطقة يشهد اتجاهاً نحو الاحترار المستمر، مما يزيد من التحديات المائية ويؤثر على استدامة الموارد المائية في المنطقة (Haleme et al., 2023; Ibrahim et al., 2022).

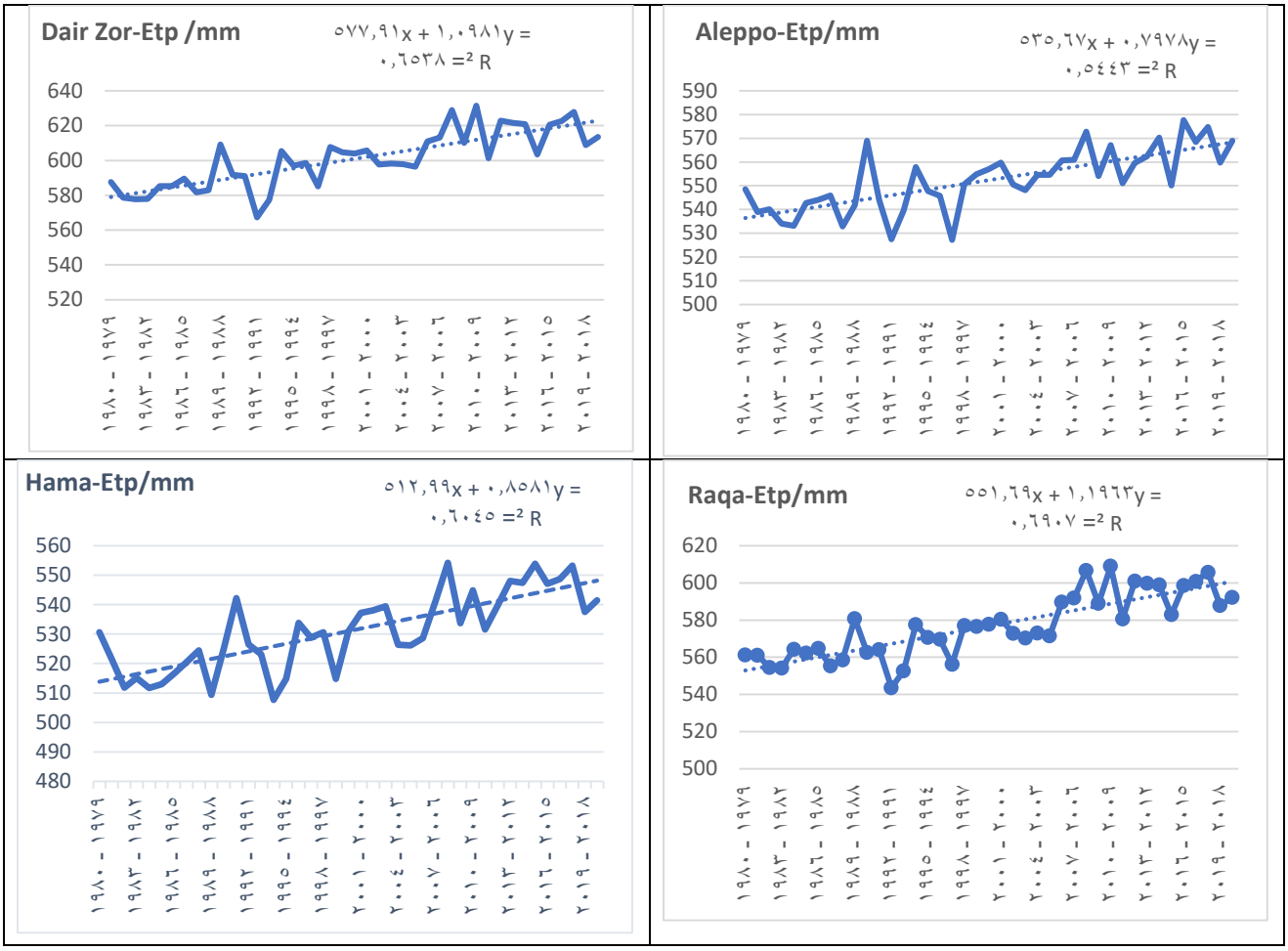
العجز المائي المناخيCHD:تبين من نتائج تحليل البيانات والرسوم البيانية التي توضح العجز المائي في مناطق دير الزور، حلب، والرقة خلال الفترة 1980–2020، يمكن تقديم تحليل شامل يتناول المظاهر العامة، الفروقات بين المناطق، والعوامل المحتملة المؤثرة. إليك تحليلًا علميًا ومقارنًا لهذه الحالات.انظر الشكل 4:

- إن جميع المناطق أظهرت تباينًا في العجز المائي، وكان هناك نمطًا عامًا يتسم بميل إلى التدهور المستمر منذ بداية الثمانينيات.،و قد اتضح أن العجز المائي قد زاد بشكل ملحوظ بعد بداية الألفية الجديدة، مع شذوذات واضحة في بعض الفترات. حيث سجل CHD تواترا منتظماً مع تراجع خلال بعض الفترات، خاصة بعد 2010. وقد سجل قيما هي الأدنى بين عناصر الموازنة (تحت الصفر في جميع سنوات الدراسة)، مما يشير إلى نقص كبير في المياه المتاحة.

- سجلت نتائج التبخر – النتح ETP استقرارًا نسبيًا،وقيما ايجابية مرتفعة في كامل الفترة المدروسة وهي مرتبطة بشكل مباشر بتقلبات الهطل المطريP ، حيث ابين وجود فارق ملحوظ بين قيم التبخر–النتح و الهطولات المطرية.

- اتضح أن منطقة دير الزور، سجلت أعلى معدلات العجز المائي، خاصة مع نهاية الفترة الزمنية، حيث أظهرت النتائج تدهوراً ملحوظً في العقد الرابع والأخيرمن فترة الدراسة، مع زيادة كبيرة في العجز المائي، ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى تغير المناخ، والتدخلات البشرية، وتراجع تدفقات نهر الفرات، وإدارة الموارد المائية غير الفعالة. أما في منطقة حلب، تبين وجود تدهور تدريجي خلال العقود الاربعة مع وجود تقلبات واضحة، وهو أقل حدة مما هو عليه

في دير الزور، إلا أنه يعاني أيضًا من مشكلة العجز المائي، ويرجع ذلك إلى نقص الأمطار وارتفاع استهلاك المياه في الزراعة. أما منطقة الرقة، فهي تتمتع باستقرار نسبي مع بعض التدهور بعد عام 2010، حيث سجلت أدنى معدل تدهور بين المناطق الثلاث وأقل تقلبات.

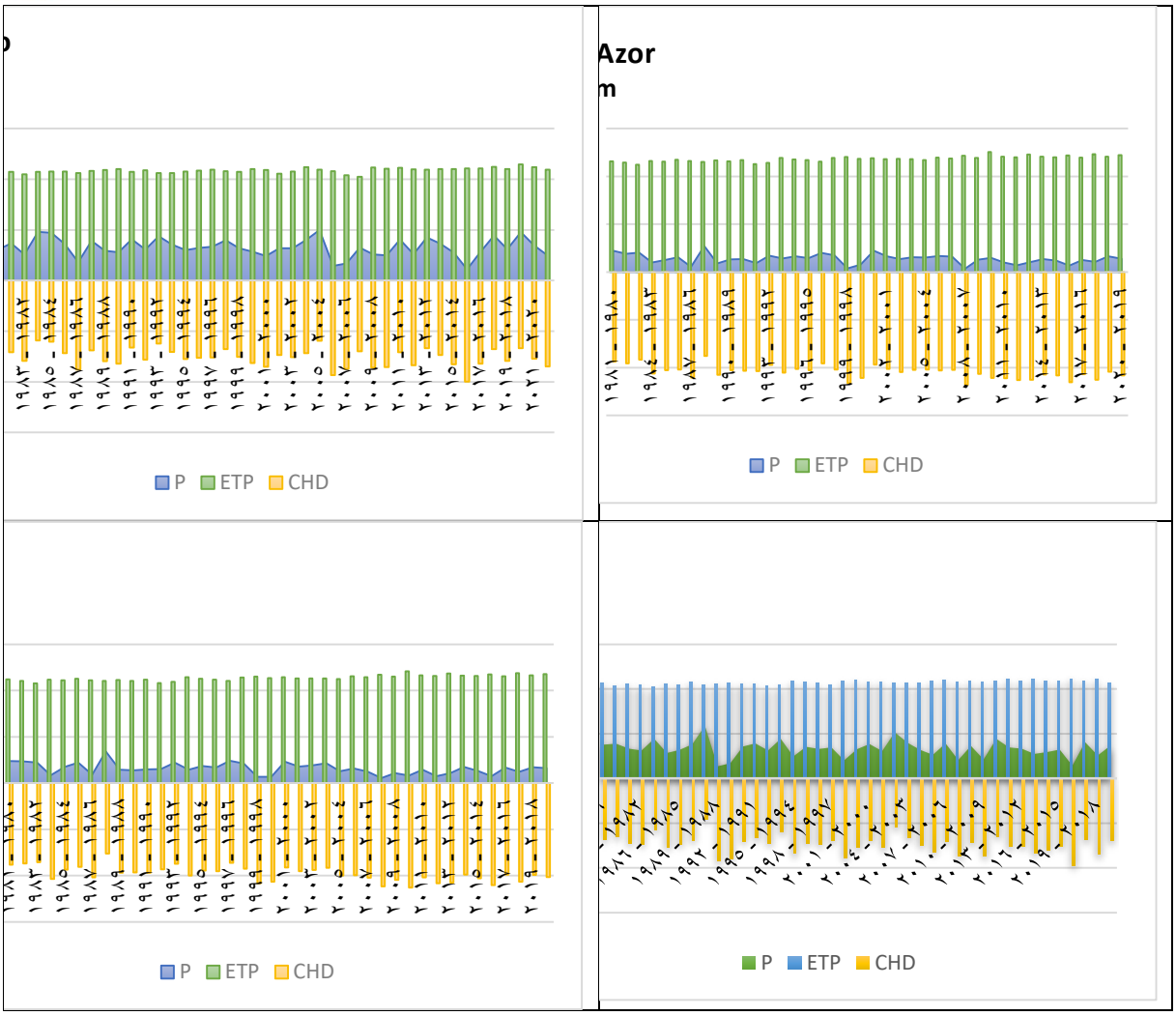



الشكل (3) الاتجاه العام لمعدلات للتبخر –النتح الكامن/مم خلال فترة نمو المحصول من 1Mar-15Jul في المناطق المدروسة خلال الفترة (1980–2020)

–أن مناطق الدراسة الأربع شهدت عجزاً مائيا واضحاً، حيث سجلت قيماً سلبية ذات تأثير مهم معنوياً بالنسبة للعجز المائي– المناخي، وتبين أن جميع سنوات الدراسة سجلت قيما سلبية أقل من 500mm– سنويا وقد تجاوزت القيم في دير الزور 1012mm-، كما هو موضح في الشكل(4).

–تزايدت احتياجات الشعير للمياه كلما اتجهنا شرقا حيث سجلت محطة دير الزور أعلى القيم للعجز المائي– المناخي وسجلت حماه أدناها.

– إن الأعوام 2017–2018 و 2007–2008 شهدت تطرفا في العجز المائي في جميع المناطق خلال الفترة المدروسة. انظر الشكل (4).




الشكل(4) العجز المائي– المناخي السنوي في المناطق المدروسة خلال الفترة الزمنية (1980–2020)

2. الخصائص الإحصائية الشهرية والفصلية والسنوية لعناصر الموازنة المائية المناخية الفترة 1980–2020:

تعكس النتائج تنوعاً كبيراً في أنماط الهطول بين المناطق والأشهر، مع تباين كبير في التذبذب، إذ تشير القيم العالية لـ الانحراف المعياري والنسبة المئوية للتغير CV% و SD إلى ضرورة أخذ التغيرات الموسمية في الاعتبار في إدارة الموارد المائية والزراعية. حيث سجلت القيم، في شهور مايو ويونيو، تذبذباً كبيراً، بينما في شهور الشتاء، أظهرت النتائج أن هناك تبايناً هائلًا في معدلات الأمطار، حيث بلغ التغير في شهر يوليو في دير الزور حوالي 151.8– ملم مقارنةً مع الشهر السابق، وقد سجلت النتيجة أهمية معنوية.

تظهر المناطق حلب، الرقة، ودير الزور تبايناً كبيراً في معدلات هطول الأمطار، وصد اتضح من ارتفاع CV% في شهور معينة، خاصة في شهور ابريل ومايو تضاعف نسبة التباين بشكل كبير. مثلاً، في دير الزور سجلت CV% قيما تزيد عن 600%، مما يعكس تذبذبًا شديدًا.

وسجلت القيم التغيرية (±ΔPmm) مستويات عالية من التقلب، خاصة في شهور الصيف والربيع، حيث وصلت إلى أكثر من 700% في بعض الأشهر، وهذا يعكس عدم استقرار الهطول وتأثره بعوامل مناخية متعددة.

و تشير النتائج الواردة في الجدولين (3 و 4) إلى معدلات العناصر الثلاث بما يمكّن من مقارنة مدى تباين كل من المتوسطات وانحرافها المعياري ومعامل تغيرها CV%( الذي يعبّر عن مدى استقرارها ) للفترة الممتدة 1980–2020 أن كميات الأمطار الشهرية خلال فصل الشتاء كانت أعلى بشكل واضح، حيث سجلت في شهر فبراير بأعلى قيمة في المناطق المدروسة، حيث بلغت 68.6 ملم في الرقة، و25.7 و31.2 ملم في حلب ودير الزور على التوالي، بينما كانت قيمة الأمطار في شهر كانون الثاني في حلب عند 60.9 ملم. بالمقابل، سجلت أكبر قيم التبخر خلال فصل الصيف، حيث بلغت في شهر يوليو أعلى مستوى في جميع المناطق، بقيم تصل إلى 131.8 ملم في حلب، و140.6 و152.2 و145.1 ملم في مناطق دير الزور، الرقة، وحماه على التوالي، وهو ما يعكس ارتفاع معدلات التبخر في درجات الحرارة الصيفية.

تشير البيانات أن كميات الأمطار خلال شهر فبراير كانت متفاوتة بين المناطق، حيث سجلت في الرقة 68.6 ملم، وفي دير الزور 31.2 ملم، بينما كانت في حلب خلال شهر كانون الثاني 60.9 ملم. أما أعلى كميات للتبخر فقد لوحظت في شهر يوليو، حيث بلغت في حلب 131.8 ملم، وفي دير الزور 152.2 ملم، وفي الرقة 140.6 ملم، وأعلى قيمة في حماه كانت 145.1 ملم. كما أن أكبر عجز مائي سجل في شهر يوليو، حيث كانت القيم –131.0 ملم في حماه، و–151.8 ملم في حلب، و–145.1 ملم في دير الزور، وهو ما يعكس تفاقم ظاهرة العجز المائي خلال فصل الصيف. على المستويين الفصلي والسنوي، اتضح أن موسم الشتاء كان الأكثر غزارة بالمطر، حيث بلغت متوسطات الأمطار في المناطق المدروسة نحو 331.8 ملم، مقابل عجز مائي كبير في الصيف، يظهر أن كميات الأمطار موسميًا تتغير بشكل كبير بين الفصول، حيث سجلت أعلى معدلاتها في فصل الشتاء، في حين أن فصل الصيف يشهد أدنى معدلات.ففي منطقة حماه، بلغ متوسط الهطول المطري في فصل الشتاء 180.7 ملم، مقارنةً بـ 4.8 ملم في الصيف، وبلغ مجموع الهطول السنوي 330.2 ملم. كما أن معدل التبخر خلال الصيف أعلى بكثير من باقي المواسم، حيث بلغ في حماه 256.5 ملم، مقابل 157.6 ملم في فصل الخريف، و273.2 في الشتاء، وسجلت قيمة التبخر السنوية 1066.5 ملم، وهذا يعكس ارتفاع معدلات التبخر في الصيف الذي يؤدي إلى عجز مائي كبير، كما يظهر من قياس ΔPmm± التي كانت –736.3 ملم سنويًا.

من جهة أخرى، تظهر المناطق الأخرى أن كميات الأمطار تتفاوت، حيث شهدت منطقة حلب متوسط هطول في فصل الشتاء يبلغ 170.3 ملم، مقابل 2.8 ملم في الصيف، فيما حققت الرقة أكبر معدل هطول سنوي بلغ 158.1 ملم، وفي دير الزور تم تسجيل 136 ملم كمتوسط سنوي، وبتحليل التباينات بين الفصول، فإن CV% العالية تشير إلى تفاوت كبير، خاصة في فصل الصيف في منطقة حلب، التي وصلت فيه نسبة التباين إلى 185.%

أما معدل التبخر– النتح الكامن في الصيف، فقد كان الأعلى في جميع المناطق، فقط في حلب تجاوز 402.8 ملم، في الوقت الذي بلغ فيه التبخر في الشتاء على سبيل المثال 273.2 ملم في حماه، و162.2 في دير الزور، وهو ما يوضح أن فصل الصيف هو موسم العجز المائي الأكبر، حيث بلغ العجز السنوي حوالي –1040.6 ملم في دير الزور، يليه الرقة بـ –973.6 ملم، ثم حلب بـ –765.8 ملم، وأخيرًا حماه بـ –736.3 ملم، وهو ما يعكس تحدياً كبيراً في إدارة الموارد المائية بسبب ارتفاع معدلات التبخر وتراجع الأمطار في فصول الصيف.كما تبين في الجدول (3) الذي يتضمن قياسات مثل المتوسط الحساب(AVG) ، والانحراف المعياري(SD) ، والنسبة المئوية للتغير النسبي(CV%) ، بالإضافة إلى مجموعة من القيم التغيرية (ΔPmm±) في كل منطقة.

- سجل متوسط الهطول الشهري في منطقة حلب في شهر تشرين الثاني (نوفمبر) 86.2 ملم. في حين، وفي منطقة الرقة، 88 ملم لنفس الشهر، مما يدل على تباين بسيط لكنه مهم معنويا على مستوى التحليل الإحصائي.
- سجل الانحراف المعياري(SD) في دير الزور، لشهر فبراير هو 3.4، مما يشير إلى تباين محدود في معدلات هطول الأمطار خلال الأشهر، مقارنةً بشهر ابريل حيث بلغ SD .5.1 يعكس ارتفاع SD بشكل عام تذبذبًا ملحوظًا، كما هو واضح في حلب، حيث في شهور مايو ويونيو، بلغ 4.5 و4.1 على التوالي.
- تبين من نتائج النسبة المئوية للتغير(CV%) والتي تعطي صورة عن استقرار أو تباين البيانات النسبية، فمثلاً في شهر مايو في حلب، سجلت حوالي 5.2%، مما يدل على استقرار في معدل الهطول. بالمقابل، في شهور يوليو وأغسطس، زاد CV إلى 3.1% و3.1% على التوالي، مما يدل على تذبذب متوسط في تلك الفترة.
- العجزالمائي:(±ΔPmm) سجل في حلب في شهر نوفمبر تراجعًا بمقدار −70.1 ملم، بينما في شهر يوليو، سجلت أقل قيمة عند −131.4 ملم. وتُظهر القيم سالبة بشكل عام تراجعات ملحوظة، خاصة في شهور الصيف والربيع، حيث سجلت في يوليو تراجعاً أكبر بمقدار −131.4 ملم، مقارنةً بشهر نوفمبر.
- لوحظ أن تباين معدلات الهطول بين الأشهر واضح جداً، خاصة في المناطق ذات CV% مرتفعة، مثل دير الزور في شهور أبريل ومايو، حيث بلغ CV% أكثر من 600%. على سبيل المثال، في شهر مايو، كان CV%في دير الزور 603.0%، وهو مؤشر على تذبذب كبير. في المقابل، تظهر مناطق حلب وحماة استقراراً نسبياً، مع CV% أقل من 70% في أغلب الأشهر، مما يدل على ثبات أكبر في معدلات الأمطار.انظر الحدول 3.

الجدول ( 3 ) تحليل الخصائص الاحصائية لهناصر الموازنة المائية المناخية في المناطق المدروسة خلال الفترة 2020−1980

| المنطقة | العنصر | مؤشر إحصائي | تشرين الثاني (Nov) | كانون الأول (Dec) | كانون الثاني (Jan) | شباط (Feb) | آذار (Mar) | نيسان (Apr) | أيار (May) | حزيران (Jun) | تموز (Jul) | آب (Aug) | أيلول (Sep) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حلب | ETP | AvG | 87.2 | 61.2 | 49.2 | 48.9 | 51.2 | 71.7 | 115.4 | 129.4 | 139.6 | 130.9 | 108 |
| | | SD | 3.9 | 3.6 | 7.4 | 3.3 | 3.6 | 4.1 | 4.5 | 3.6 | 2.9 | 3.8 | 3.8 |
| | | CV% | 4.2 | 6.0 | 15.5 | 6.3 | 6.6 | 5.2 | 4.9 | 3.12 | 2.2 | 2.3 | 3.1 |
| | Pmm | AvG | 18.1 | 35.5 | 59.9 | 58.8 | 49.6 | 43.4 | 32 | 17.3 | 0 | 0 | 0.6 |
| | | SD | 18.5 | 22.9 | 38.4 | 32.8 | 29.1 | 28.6 | 23.5 | 22.9 | 4.8 | 0.2 | 2.1 |
| | | CV% | 96.7 | 62.6 | 63.1 | 54.8 | 57.5 | 64.4 | 71.1 | 124.9 | 424.8 | 624.6 | 245.7 |
| | ±ΔPmm | Avg | -70.1 | -26.7 | 9.7 | 8.9 | -0.6 | -57.2 | -99.1 | -127.8 | -19.8 | -131.4 | -106.5 |
| | | SD | 16.5 | 22.7 | 39.5 | 32.6 | 29.5 | 28.1 | 23.6 | 23 | 5.8 | -13.9 | 5.4 |
| الرقة | ETP | AvG | 89 | 62.5 | 51.4 | 50.2 | 55.3 | 75.8 | 94.1 | 134.4 | 144.1 | 134.1 | 109.7 |
| | | SD | 3.8 | 3.4 | 3.2 | 3.4 | 3.5 | 4.9 | 4.6 | 4.9 | 4.1 | 4.4 | 3.8 |
| | | CV% | 4.2 | 5.4 | 5.9 | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 4.8 | 4 | 3.1 | 3 | 3.5 |
| | Pmm | AvG | 8 | 16.1 | 22.4 | 30.2 | 26.5 | 27.3 | 18.2 | 9.7 | 0 | 0 | 0 |
| | | SD | 11.2 | 15.6 | 20.3 | 17 | 21.4 | 24.5 | 17.9 | 15.9 | 2.5 | 0.2 | 0.2 |
| | | CV% | 124.4 | 89.5 | 75.2 | 57.5 | 69.8 | 86.5 | 93.7 | 148.1 | 320.9 | 311.2 | 112.8 |
| | ±ΔPmm | Avg | -82 | -45.5 | -25.1 | -19 | -25.8 | -47.5 | -75 | -113.6 | -145.1 | -135.1 | -109.7 |
| | | SD | 12.3 | 16 | 20.9 | 16.7 | 22.8 | 26.5 | 20.2 | 18.4 | 4.3 | 4 | 3.9 |
| دير الزور | ETP | AvG | 92.4 | 64.7 | 52.6 | 51.5 | 55 | 78 | 97.7 | 140.1 | 152.2 | 141.9 | 116.7 |
| | | SD | 3.9 | 3.6 | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 5.1 | 4.7 | 4.9 | 4.7 | 4 | 3.6 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CV% | 4.2 | 5.4 | 6 | 6.4 | 6.5 | 6.4 | 4.8 | 3.9 | 2.9 | 3.1 | 3.1 |
| | Pmm | AvG | 7.2 | 16.4 | 20.8 | 26.7 | 24.2 | 20.8 | 15 | 6.2 | 0.5 | 0.5 | 0 |
| | | SD | 16.3 | 17.3 | 17.6 | 18 | 15.9 | 23.1 | 19.4 | 9.9 | 1.2 | 3.1 | 0.3 |
| | | CV% | 199.1 | 99.4 | 84.6 | 70.2 | 65.4 | 106.2 | 121 | 273.3 | 664.3 | 700 | 340.6 |
| | ±ΔP mm | Avg | -86.2 | -48.4 | -33.8 | -27.9 | -32.7 | -56.2 | -98.1 | -138.8 | -142.3 | -136.9 | -117.7 |
| | | SD | 16.7 | 18.1 | 17.7 | 18.2 | 17.4 | 25.1 | 21.3 | 13 | 4.3 | 5.2 | 3.7 |
| حماة | | AvG | 86.8 | 62.4 | 51.2 | 50.6 | 52.8 | 72.2 | 111 | 122 | 130.8 | 123.4 | 104.3 |
| | | SD | 3.5 | 3.5 | 3.1 | 3.2 | 3.5 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 3.1 | 3.2 | 3 |
| | ETP | CV% | 4 | 5.5 | 5.9 | 6.3 | 6.5 | 5.7 | 4.8 | 3.8 | 2.5 | 2.7 | 2.8 |
| | Pmm | AvG | 18.3 | 39.7 | 54.9 | 79.6 | 53.2 | 39.0 | 22.5 | 11.7 | 3.3 | 0.2 | 0.7 |
| | | SD | 26.8 | 27.8 | 31.0 | 29.6 | 35.6 | 25.5 | 21.0 | 20.7 | 13.3 | 3.1 | 5.5 |
| | | CV% | 122.0 | 67.4 | 51.6 | 42.1 | 54.4 | 58.5 | 85.7 | 152.7 | 348.6 | 603.0 | 700.0 |
| | ±ΔP mm | AvG | -64.5 | -20.8 | 4.7 | 16.0 | 0.4 | -28.2 | -63.5 | -87.3 | -111.5 | -121.3 | -103.6 |
| | | SD | 27.0 | 28.1 | 31.2 | 29.7 | 35.7 | 26.1 | 22.4 | 20.6 | 13.8 | 4.6 | 5.9 |
| | | CV% | -39.1 | -123.5 | 545.5 | 174.8 | 2494.1 | -86.4 | -35.3 | -18.7 | -11.5 | -3.5 | -4.7 |

الجدول ( 4 ) المتوسط الفصلي للتبخر–نتح الكامن والأمطار والعجز المائي والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف النسبي في محطات الدراسة خلال الفترة 1980–2020

| المنطقة | العنصر | المؤشر الاحصائي | خريف | شتاء | ربيع | صيف | سنوي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H amah | Pmm | AVG | 64.6 | 180.7 | 80.2 | 4.8 | 330.2 |
| | | SD | 39.2 | 53 | 37.7 | 16.9 | 11.9 |
| | | CV% | 60.8 | 29.1 | 47 | 352.1 | 3.9 |
| | ETP | AVG | 157.6 | 273.2 | 379.2 | 256.5 | 1066.5 |
| | | SD | 7.1 | 9.7 | 8.1 | 6.7 | 1.2 |
| | | CV% | 4.5 | 3.5 | 2.1 | 2.6 | 0.1 |
| | ±ΔPmm | AVG | -93 | -92.5 | -299 | -251.7 | -736.3 |
| | | SD | 39.3 | 52.1 | 39.4 | 18.4 | 12.1 |
| | | CV% | -20.4 | 216 | -20.4 | -4.9 | -1.6 |
| Aleppo | Pmm | AVG | 57.2 | 170.3 | 95.7 | 2.8 | 328 |
| | | SD | 28.7 | 71.2 | 49.4 | 5.2 | 24.5 |
| | | CV% | 50.2 | 41.5 | 51.6 | 185 | 7.5 |
| | ETP | AVG | 259.4 | 152.3 | 279.3 | 402.8 | 1093.8 |
| | | SD | 7.4 | 10.4 | 9 | 9.2 | 1.1 |
| | | CV% | 2.9 | 6.8 | 3.2 | 2.3 | 0.1 |
| | ±ΔPmm | AVG | -202.2 | 18 | -183.6 | -400 | -765.8 |
| | | SD | 28.7 | 72.2 | 49.2 | 11.1 | 22.8 |
| | | CV% | -14.1 | 395.4 | -27 | -2.7 | -3 |
| Raqa | Pmm | AVG | 25.8 | 75.4 | 56.2 | 0.8 | 158.1 |
| | | SD | 21.2 | 37.5 | 39.7 | 2.5 | 14.9 |
| | | CV% | 81.9 | 44 | 68.2 | 306.8 | 8.8 |
| | ETP | AVG | 264.3 | 158 | 293.8 | 415.6 | 1131.7 |
| | | SD | 7.6 | 7.8 | 11.6 | 10.3 | 1.7 |
| | | CV% | 2.9 | 4.9 | 3.9 | 2.5 | 0.1 |
| | ±ΔPmm | AVG | -238.5 | -82.6 | -237.6 | -414.8 | -973.6 |
| | | SD | 23 | 37.3 | 45.8 | 10.9 | 13.4 |
| | | CV% | -9.7 | -51.2 | -19.4 | -2.6 | -1.4 |

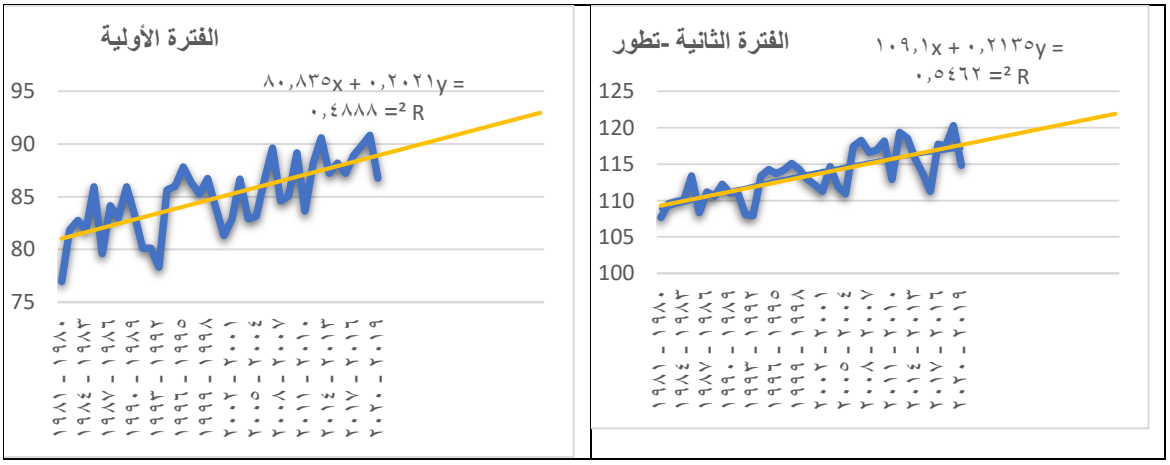
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DairAzor | Pmm | AVG | 25.7 | 66.8 | 42.8 | 0.7 | 136 |
| | | SD | 23.6 | 31.6 | 33.9 | 3.4 | 12 |
| | | CV% | 92.1 | 44.7 | 75.7 | 370.3 | 8.4 |
| | ETP | AVG | 274.8 | 162.2 | 304.3 | 435.3 | 1176.6 |
| | | SD | 7.6 | 7.9 | 11.5 | 10.4 | 1.7 |
| | | CV% | 2.8 | 4.9 | 3.8 | 2.4 | 0.1 |
| | ±ΔPmm | AVG | -249.1 | -95.4 | -261.5 | -434.6 | -1040.6 |
| | | SD | 23.8 | 32.6 | 41.4 | 10.5 | 11.4 |
| | | CV% | -9.6 | -35.7 | -16 | -2.4 | -1.1 |

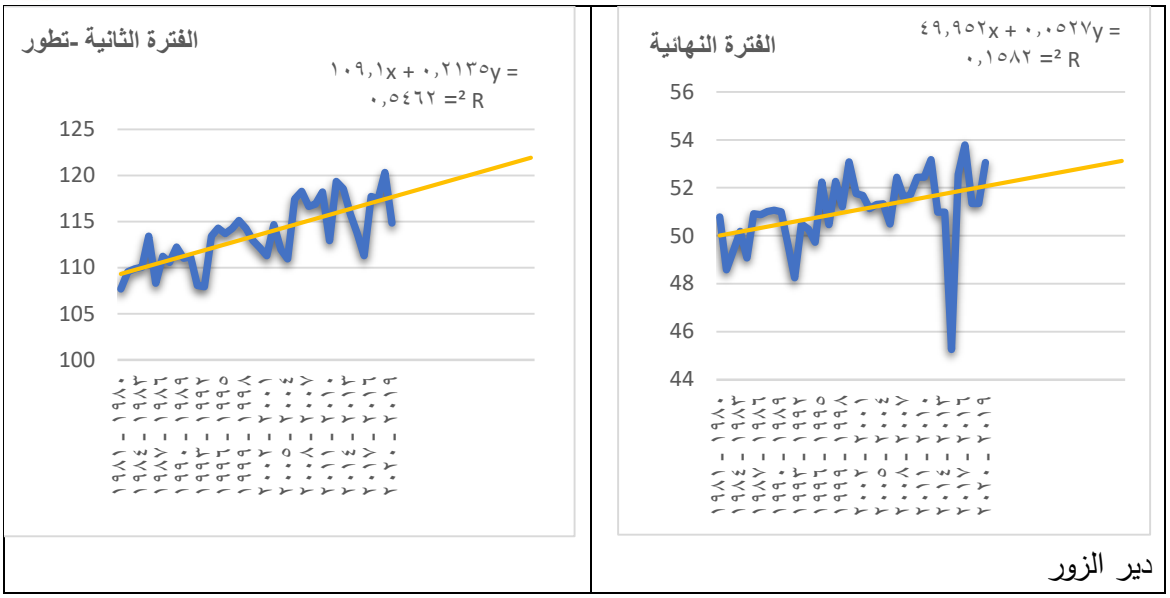
3. نتائج قيم التبخر– النتح الكامن خلال مراحل نمونبات الشعيرفي سورية خلال الفترة 1980–2020 :

–أظهرت نتائج قيم التبخر– النتح الكامن ETP الشهرية خلال مراحل نمو الشعير الأربع في كل من حلب ودير الزور والرقة وحماه و المحسوبة وفقاً لمعادلة بلانتيه كرايدل خلال الفترة الممتدة خلال المواسم (1980–1981) وحتى (2019–2020) والموضحة في الشكل (5) أن القيم تتغير بشكل ملحوظ من عام لآخر ومن منطقة لأخرى تبعاً للظروف الميترولوجية السائدة، حيث تزداد قيم ETP بازدياد جفافية المنطقة، فقد سجلت منطقة دير الزور أعلى قيم التبخر النتح الكامن في جميع مراحل نمو نبات الشعير الأربع حيث بدأت القيم من 50mm في المرحلة النهائية ETP4 ووصلت إلى 135mm في مرحلة الوسطية ETP3 بينما سجلت ادنى ,وأعلى قيمة للتبخر نتح الكامن في حماه في المرحلتين المذكورتين وبقيم بلغت (. 35mm و 117mm ) على التوالي.

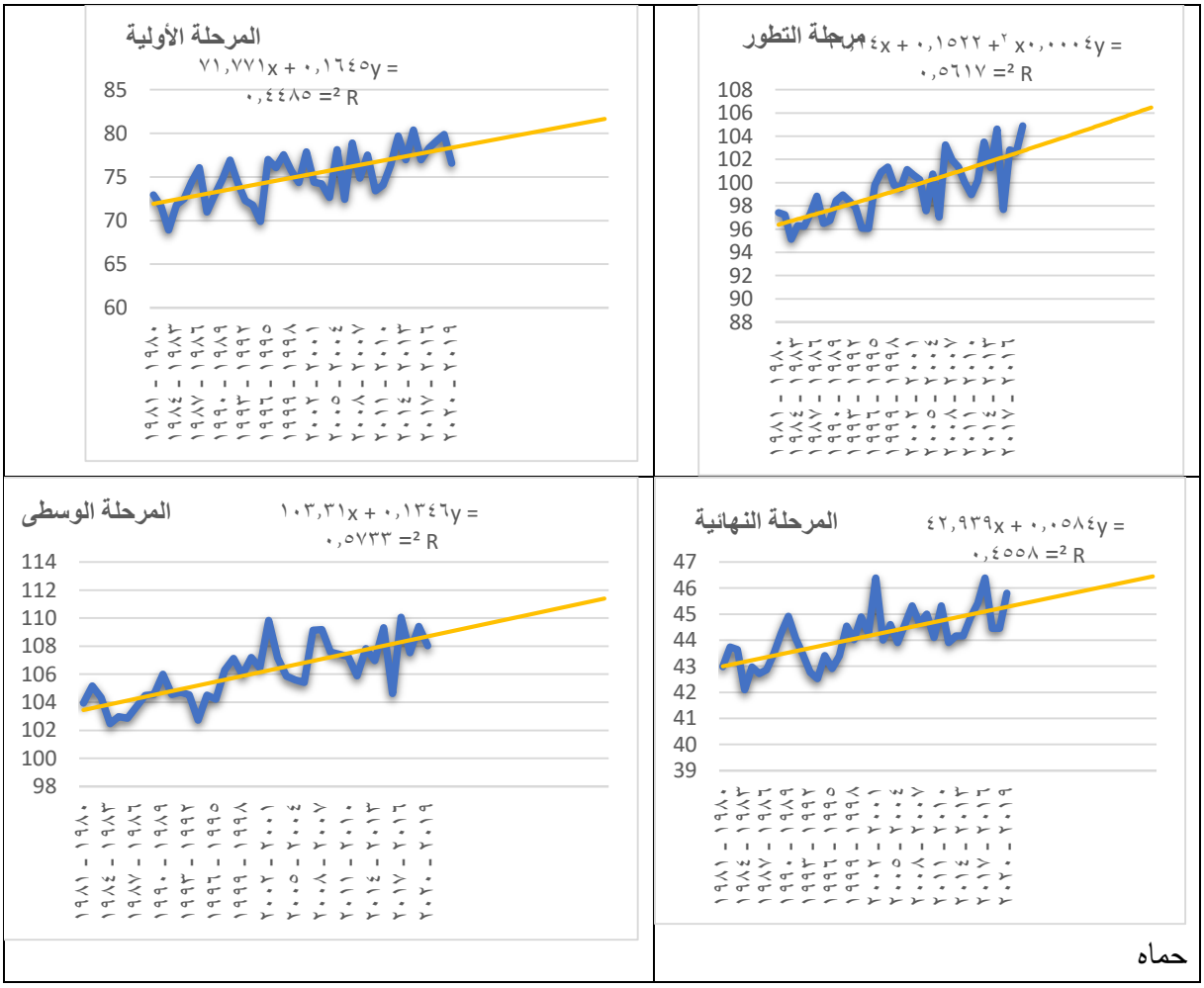
– جميع القيم السنوية للتبخر –النتح الكامن في المناطق ألأربع خلال فترة 40 سنة وفي جميع فترات النمو الاربع سجلت اتجاها متزايدا وذو أهمية معنوية.

– عند استخدام المعادلات الإحصائية للتنبؤ باتجاه معدلات التبخر–النتح الكامن لمدة عشرون عاماً حتى عام 2060 بناءً على البيانات المناخية لمدة خمسون سابقة عاماً متواصلة بدون انقطاع بدءاً منذ عام 1980 في منطقة البحث أي تبين أن الاتجاه سيستمر بمنحىً تصاعدياً لعقدين قادمين أيضاً.

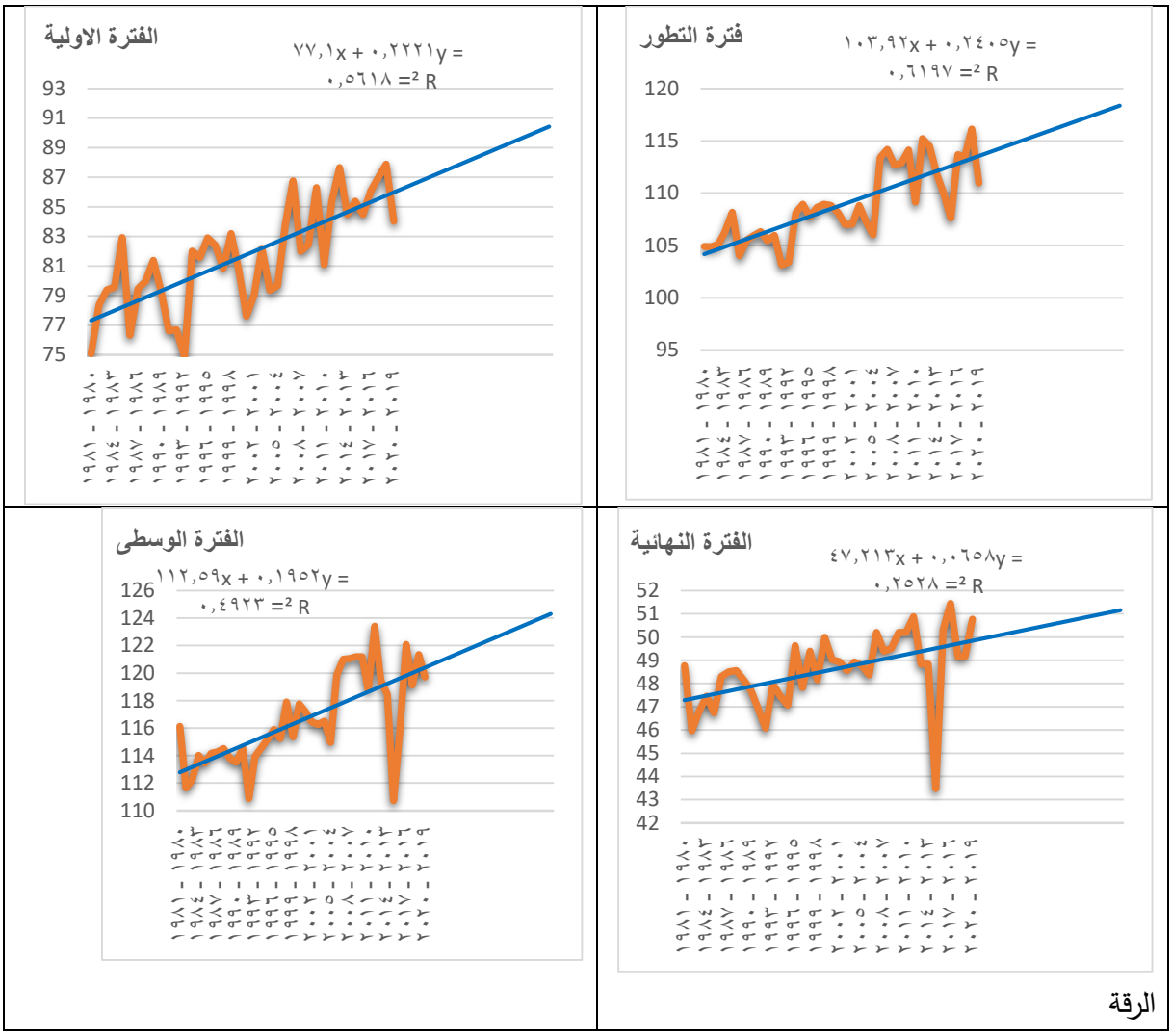




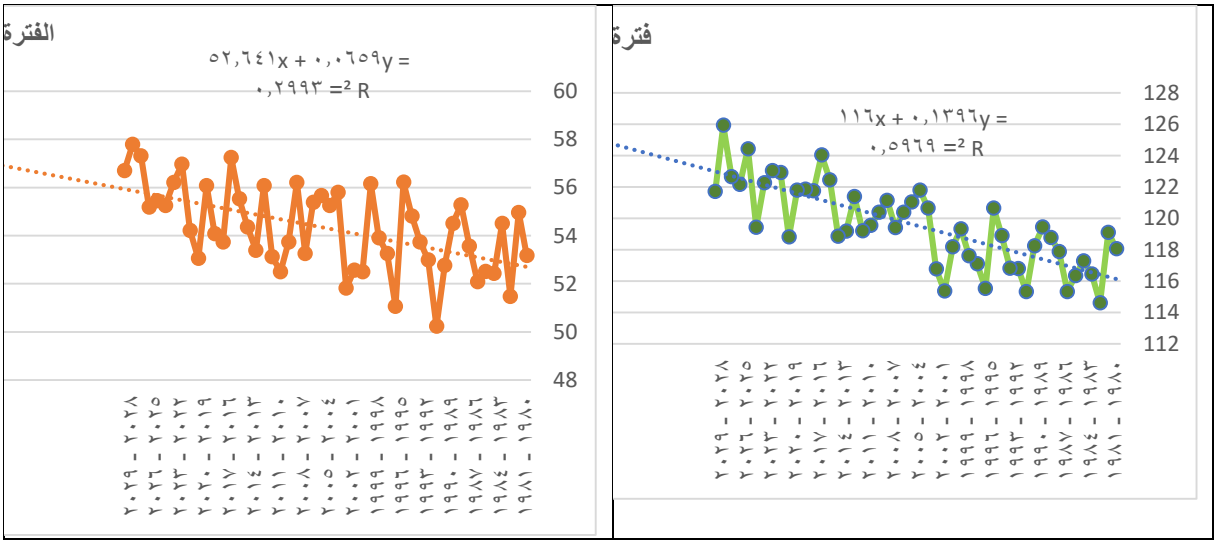

دير الزور

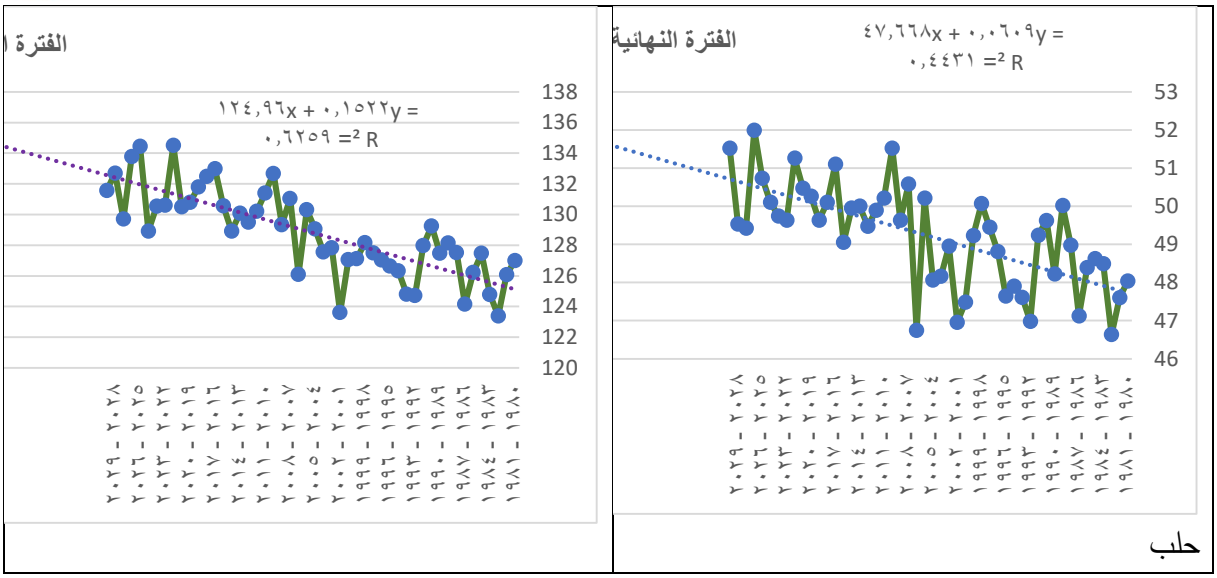



حماه


الفترة الاولية
y = ٧٧,١x + ٠,٢٢٢١
R² = ٠,٥٦١٨
فترة التطور
y = ١٠٣,٩٢x + ٠,٢٤٠٥
R² = ٠,٦١٩٧
الفترة الوسطى
y = ١١٢,٥٩x + ٠,١٩٥٢
R² = ٠,٤٩٢٣
الفترة النهائية
y = ٤٧,٢١٣x + ٠,٠٦٥٨
R² = ٠,٢٥٢٨

الرقة


الفترة
y = ٥٢,٦٤١x + ٠,٠٦٥٩
R² = ٠,٢٩٩٣
فترة
y = ١١٦x + ٠,١٣٩٦
R² = ٠,٥٩٦٩




الشكل رقم (5) يوضح الاتجاه العام للتبخر – النتح الكامن في فترات نمو نبات الشعير في محطات حلب،دير الزور، حماه، الرقة خلال الفترة(1980–2020)

4. دراسة تغيرات التبخر– النتح الحقيقي ( الاحتياجات المائية) خلال الفترة 1980–2020:

تبين من تحليل نتائج تغير قيم التبخر– النتح الحقيقي والتي تعبر عن تغير الاحتياجات المائية الفعلية لنبات الشعير خلال مراحل النمو اتحليل البيانات الخاصة بالمراحل المختلفة للمناطق الأربع يظهر تدرجاً واضحاً في التغييرات عبر المراحل، ويعكس مدى تطور أو تراجع القيمة بناءً على البيانات المقدمة.كما اتضح الاتي:

– بالنسبة لمنطقة دير الزور، نلاحظ أن القيم الابتدائية في المرحلة الأولى كانت 64.4مم، وارتفعت إلى 65.8 مم في المرحلة النهائية، مع فرق قدره مم1.4، مما يدل على زيادة طفيفة تعكس تحسناً ملحوظاً خلال المراحل. في مرحلتي التطور والوسطية، كانت القيم 124.6 و142 على التوالي، وبلغ الفرق بين القيم الابتدائية والنهائية في هذه المراحل 1.3 و3، وهي زيادة معبرة، خاصة في المرحلة الوسطية. أما في المرحلة النهائية، كانت القيم 56.8 و57.7،مم مع فرق صغير يبلغ 0.9،مم مما يوحي ب استقرار نسبي بعد الارتفاع.

– في حلب، نلاحظ أن القيم الابتدائية كانت 52.7، وارتفعت إلى 53.9، مع فرق 1.2، أي زيادة طفيفة، وخصوصاً أن القيم مرتفعة نسبياً في مراحل التطور والوسطية (121.1 و128)، وفرقهم مع القيم الابتدائية هو 0.2 و1.6، على التوالي، مما يشير إلى استقرار في هذه المراحل. في المرحلة النهائية، سجلت القيم 47.7 و48.7، بفرق 1، وهي معدل زيادة بسيط، يدل على استقرار نسبي بعد ارتفاع المرحلة الوسطية.

– أما منطقة الرقة، فقد كانت القيم الابتدائية 54.2، وزادت إلى 55.6، مع فرق 1.4، ومرحلة التطور سجلت 116.2 مقابل 117.3، مع فرق 1.1، ومرحلة الوسطية كانت 125.1 مقابل 126.8، مع فرق 1.7، وهي زيادة تدريجية ومستمرة، لكن أقل قليلاً من التغير في المرحلة النهائية حيث كانت القيم 47.4 مقابل 49.1، مع فرق 1.7، وهو تميز في التغيرات المستمرة.

– وفي حماه، فقد بدأتها بقيمة ابتدائية 47.9، وزادت إلى 48.7، مع فرق 0.8، مع ارتفاع في مراحل التطور والوسطية (105.4 و114.7) وفرق 1.5 و1.1 على التوالي. في المرحلة النهائية، كانت القيم 41.8 و43.4، مع فرق 1.6، ما يشير إلى تراجع بسيط بعد ارتفاعات مرحلية، مع استقرار نسبي في القيم النهائية.

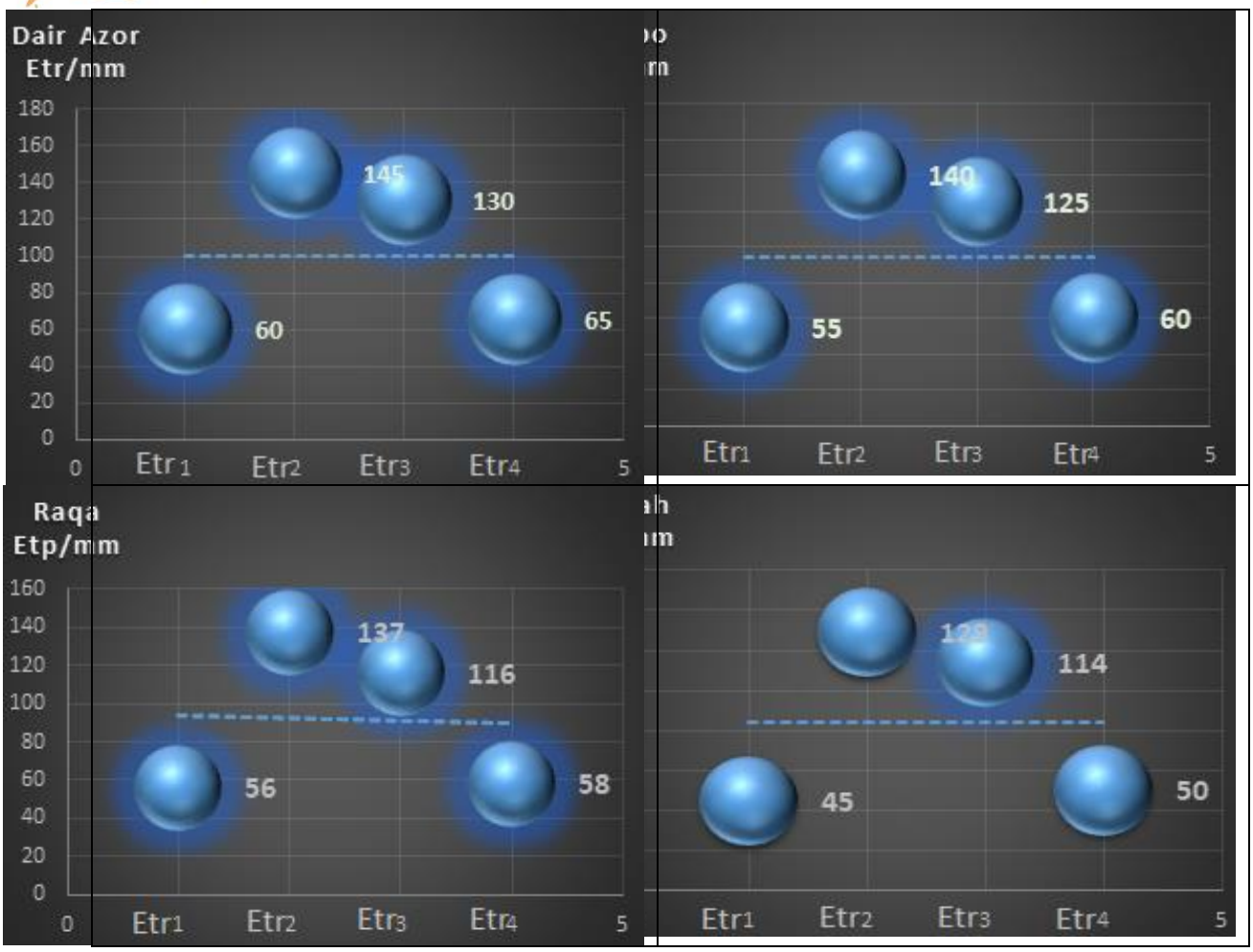
– سجلت في المناطق الثلاث الأولى (دير الزور، حلب، الرقة) زيادات تدريجية وملحوظة من المرحلة الأولى إلى المرحلتين الوسطية والتطورية، مع تراجع بسيط في المرحلة النهائية، ويعكس ذلك تطوراً إيجابياً نسبياً، إلا أن التغييرات في دير الزور كانت أكبر نسبياً، مع فرق عشرات الوحدة عن القيم الابتدائية. وأظهرت حماه تظهر تذبذباً أقل، مع ارتفاع بسيط في المراحل الوسطية والتطور، وانخفاض طفيف في المرحلة النهائية، وهو مؤشر على استقرار نسبياً.

– تشير النتائج في جميع المناطق تظهر أن الفرق بين القيم الابتدائية والنهائية هو الأصغر في المرحلة النهائية، ويعبر عن الاستقرار النسبي بعد تغيرات تدريجية، مع تميز دير الزور بارتفاع أكبر في التغيرات، مما يدل على أن التطورات كانت أكثر وضوحاً فيها خلال فترة الدراسة الممتدة من 1980–2020.انظر في الجدول (5) .

**الجدول رقم (5)، نتائج معادلات خط الانحدار العام للتبخر– النتح الحقيقي في محطات الدراسة في كل فترة من فترات نمو نبات الشعير خلال الفترة الممتدة (1980–2020)**

| المنطقة | المرحلة | B | A | القيمة الابتدائية | القيمة النهائية | الفرق |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دير الزور | أولية | 0.2 | 66.3 | 64.4 | 65.8 | 1.4 |
| | تطور | 0.3 | 127.47 | 124.6 | 125.9 | 1.3 |
| | وسطية | 0.187 | 154.9 | 142 | 145 | 3 |
| | نهائية | 0.07 | 56.7 | 56.8 | 57.7 | 0.9 |
| | المجموع | | | | | |
| حلب | أولية | 0.06 | 59.6 | 52.7 | 53.9 | 1.2 |
| | تطور | 0.13 | 156 | 121.1 | 121.3 | 0.2 |
| | وسطية | 0.15 | 124.9 | 128 | 129.6 | 1.6 |
| | نهائية | 0.06 | 45.6 | 47.7 | 48.7 | 1 |
| | المجموع | | | | | |
| الرقة | أولية | 0.1 | 57.1 | 54.2 | 55.6 | 1.4 |
| | تطور | 0.2 | 139 | 116.2 | 117.3 | 1.1 |
| | وسطية | 0.17 | 129 | 125.1 | 126.8 | 1.7 |
| | نهائية | 0.05 | 49.3 | 47.4 | 49.1 | 1.7 |
| | المجموع | | | | | |
| حماه | أولية | 0.016 | 49.9 | 47.9 | 48.7 | 0.8 |
| | تطور | 0.169 | 119.3 | 105.4 | 106.9 | 1.5 |
| | وسطية | 0.243 | 118.6 | 114.7 | 115.8 | 1.1 |
| | نهائية | 0.04 | 45.8 | 41.8 | 43.4 | 1.6 |
| | المجموع | | | | | |

– يوضح الشكل (6). الزيادة التدريجية للاحتياجات المائية اعتبارا من المرحلة الأولية وحتى المرحلة الوسطية ثم تنحدر في المرحلة ا النهائية إلى أدنى قيمها. كما يظهر أن الاحتياجات المائية في مراحل النمو الأربع لنبات الشعير في دير الزور هو الأعلى بين المناطق المدروسة حيث سجلت المراحل الأربع القيم التالية على التوالي(60، 130، 140، 50 مم) تلتها الرقة ثم حلب وأخيرا حماه.




الشكل رقم(6)المعدلات العامة للتبخر–النتح الحقيقي خلال فترات نمو نبات الذرة في المحطات المعتمدة للدراسة خلال الفترة (1980–2020)

**الاستنتاجات والتوصيات:**

1- سجل عجز مائي مستمر ومتزايد في المنطقة المدروسة خلال الفترة 1980–2020، حيث لوحظ أن الميزان المائي كان سلبيًا بشكل مطلق عبر جميع المناطق، مع ارتفاع ملحوظ في التبخر –النتح الكامن مقارنةً بكميات الأمطار.

2- لقد أظهرت نتائج الاتجاهات الزمنية أن كميات الأمطار تناقصت تدريجيًا، تزامنا مع تزايد معدلات التبخر–النتح بشكل مهم معنويا.

3- تفاوتت كل من الهطولات المطرية والتبخر–النتح الكامن والميزان المائي المناخي على المستويات الشهرية والفصلية والسنوية في المناطق الأربع مما يؤدي إلى تباين في درجة جفافيتها ومدى حاجتها للماء، وقد سجل تباينًا كبيرًا في كميات الأمطار في اشهر الربيع (مارس–مايو) في جميع محطات الدراسة وهي الاشهر الفترة الاولى والثانية من نمو نبات الشعير، حيث سجلت أعلى قيمة لهطول الأمطار في الرقة خلال فبراير بمتوسط 68.6 ملم، فيما ارتفعت معدلات التبخر في الصيف إلى 131.8 ملم في يوليو، وتجاوزت في دير الزور 152.2 ملم. وترتفع نسبة التباين في أبريل ومايو، حيث سجلت قيمة CV% في دير الزور أكثر من 600%، مما يعكس تذبذبًا شديدًا في الهطول، مما سبب في تفاقم من أزمة العجز المائي المستمر وتذبذب الموارد في

المنطقة، خاصة مع ارتفاع معدلات التبخر التي تزيد على 273 ملم سنويًا، مما يوضح أن التغير المناخي يؤثر بشكل كبير على استدامة المياه.

4- سجلت إلى زيادة ملحوظة ومتواصلة في معدلات التبخر- النتح الحقيقي أي الاختياجات المائية لنبات الشعيرعلى مدى 40 عام خلال الفترة 1980-2020، مع ارتفاعها بشكل ملحوظ في المناطق الأكثر جفافًا مثل دير الزور، حيث بلغت أقصاها في مراحل النمو الوسطية عند 135 ملم، ويُتوقع استمرار هذا الاتجاه التصاعدي خلال العقدين المقبلين مع زيادة تأثير التغير المناخي وارتفاع درجات الحرارة.

5- تبين من التحليل أن الاحتياجات المائية لنبات الشعير خلال مراحل النمو في المناطق الأربع (دير الزور، حلب، الرقة، حماه) شهدت تغيرات تدريجية، مع ارتفاعات ملحوظة في مراحل التطور والوسطية، خاصة في دير الزور التي سجلت أكبر تغيرات بفرق يصل إلى 3 ملم، قبل أن تستقر نسبياً في المرحلة النهائية، مما يعكس تغيرات ملحوظة على مر العقود، ويؤكد أن التغيرات في الاحتياجات المائية كانت أكثر وضوحاً في المناطق الأشد جفافاً، خاصة في دير الزور، مع استقرار نسبي في المرحلة الأخيرة.

ويمكن تسجيل بعض التوصيات:

- تعزيز إدارة الري بشكل فعال كتحسين ممارسات الري في المناطق التي تظهر زيادات في الطلب على المياه، خاصة في دير الزور، للحد من استهلاك المياه وتوفير المصادر.
- الاعتماد على تقنيات الرش الحديث والزراعة الدقيقة واستخدام تقنيات الزراعة الحديثة للحد من التبذير في استهلاك المياه، وزيادة كفاءة استخدام المياه خلال مراحل نمو الشعير.
- العمل على تحسين نوعية التربة وتخصيبها ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالمياه وتقليل الحاجة إلى الري المفرط، مع استغلال الوسائل الطبيعية والكيميائية لتحسين التربة.
- تنفيذ برامج إدارة متنوعة لمواجهة التذبذب المناخي وتطوير استراتيجيات لمواجهة التغيرات المستمرة في الاحتياجات المائية، وتبني نظم مزارعية مرنة تعتمد على التوقعات المناخية.واستغلال المياه المعاد تدويرها أو مياه الأمطار بشكل فعال لتخفيف الضغط على الموارد الطبيعية.

**المراجع العلمية:**

1. عبد السلام، عادل- 1990-1989: جغرافية سورية العامة، الطبعة الأولى، مطبعة الاتحاد، دمشق،.،ص7.
2. مطر، عبد الله (1983): الري والصرف الزراعي - منشورات جامعة تشرين.
3. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56.
4. Blaney, H. F., and Criddle, W. D.: 1950. Determining Water Requirements in Irrigated Area from Climatological Irrigation Data, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Tech.Pap. No. 96, 48 pp.
5. Cunha, F.F., Magalhaes, F.F., De Castro, M.A., & De Souza, E.J. (2017). Performance of estimative models for daily reference evapotranspiration in the city of Cassilândia, Brazil. Engenharia Agrícola, 37(1), 173-184.
6. FAO, 1998. Simple methods for aquaculture. Management for freshwater fish culture. Fish stocks and management. FAO Training Series 21/2. Rome. 341 p..
7. Haleme,k. Jaffar,I. Sahir,T. 2023. "An Analytical Study of the Effect of Heat Waves on the Forest Cover in the Lattakia Region - A Case Study of the Damage and Recovery Rate of

the Al- Kurdaha and Riseeun Forests During the Period 1975-2022. Arab World Geographer- Vol 26 (3-4): 283-300.
8. Hamdy, A., Ragab, R., & Scarascia, M. E. (2003). Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. Irrigation and Drainage, 52, 3–20.
9. Hanke, B. (1986). Wasser in der Pflanzen production. VEB Deutscher Land Wirtschafts verlag, Berlin.
10. Ibrahim,A. Haleme, K.Fiead,R.2022. "Analytical Study of the Temporal and Spatial Distribution of Fires in Lattakia Region, Syria in the light of the Current Climatic Changes- Arab World Geographer 25 (4):249-271
11. International Development Research Centre. (2011). https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/
12. IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 996 pages.
13. Montenegro, S., & Ragab, R. (2012). Impact of possible climate and land use changes in the semi-arid regions: a case study from North Eastern Brazil. Journal of Hydrology, 434–435, 55–68.
14. NASA. (2023). NASA's 2023 year in review. https://www.nasa.gov/nasas-2023-year-in-review/
15. Qiao, Y., Zhang, H., Dong, B., Shi, C., Li, Y., Zhai, H., & Liu, M. (2010). Effects of elevated CO2 concentration on growth and water use efficiency of winter wheat under two soil water regimes. Agricultural Water Management, 97(11), 1742–1748. DOI: 10.1016/j.agwat.2010.06.007.
16. Ragab, R., & Prudhomme, C. (2002). Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: prospective and challenges for the 21st century. Journal of Biosystems Engineering, 81, 3–34.
17. Rogers, Justin. (2017). Rogers, J., 2017. Eco-maps and photo-elicitation: Reflections on the use of visual methods in social work research with children and young people. Journal of Applied Youth Studies, 1 (4), pp. 59-74.. Journal of Applied Youth Studies. 1. 59-74.
18. Schrödter, H. (1985). Verdunstung: Anwendungsorientierte Messverfahren und Bestimmungsmethoden. Springer, Berlin.
19. Smedema, Lambert & Vlotman, Willem & Rycroft, David. (2004). Modern Land Drainage: Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems. 10.1201/9781482283860.
20. Ward, A.D. and Trimble, S.W. (2004) Environmental Hydrology. 2nd Edition, CRC 122 Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, 475 p.

# الفصل الخامس عشر

# هشاشة النظام الإيكولوجي الواحي في ظل التغيرات المناخية وانعكاساتها الاجتماعية

**محمد الفزني**

**طالب باحث بسلك الدكتوراه**

مؤسسة الانتماء: جامعة القاضي عياض، كلية الآداب والعلوم الإنسانية – مراكش– المغرب

**الملخص**

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل هشاشة النظام الإيكولوجي الواحي في واحات درعة، في سياق التغيرات المناخية المتسارعة، وانعكاساتها الاجتماعية العميقة. تبرز الورقة كيف أن ارتفاع درجات الحرارة، وتزايد موجات الجفاف، وتراجع الموارد المائية، ساهمت في تدهور التربة والنظام الزراعي التقليدي. كما سلطت الضوء على التحولات التي طرأت على البنية الاجتماعية للواحات، من تفكك الروابط الجماعية، وارتفاع معدلات الهجرة، إلى تصاعد الفقر والتفاوتات الاجتماعية. توصي الدراسة بضرورة اعتماد مقاربة تنموية مستدامة تدمج البعدين البيئي والاجتماعي في التخطيط الترابي للواحات.

## تقديم عام

إن الازمة البيئية العالمية المرتبطة بالتغيرات البيئية قد وصلت إلى أقصى المناطق، ومن بين هذه المناطق منطقة الواحات المغربية وبشكل خاص الواحات الدرعية، التي أصبحت تعيش واقع الهشاشة الايكولوجية، ولا شك أنها انعكست وستنعكس على المجتمع الواحي، مما قد يؤدي إلى مخاطر بيئية واجتماعية بلغة أولريش بيك (بيك، 2013).

تقع الواحات في المناطق الجافة، حيث يقطن بها ما يقارب ملياري من الساكنة ما يعادل 28%من الساكنة العالمية وتغطي 40% من الكرة الأرضية 66% منها تقع في القارة الإفريقية. وتشكل هذه المناطق مجالا مهما من مساحة الكرة الأرضية حيث تزخر بمؤهلات الفلاحة الواحاتية. وتغطي واحات النخيل ما يقرب مليون هكتار ويعيش من خلالها حوالي 10ملايين شخص، مما يجعل الواحات أحد أهم الأنظمة الايكولوجية في كوكب الأرض (مبادرة واحات مستدامة، ص. 8)، ولقد أدت الواحات على مر التاريخ، كمنظومة بيئية زراعية مستغلة بكثافة وكمجال للسكن، أدوارا عديدة كفضاء لإيواء الساكنة واستقبال العابرين في هذه المناطق الصحراوية الشاسعة اليابسة حيث تعرف الحصيلة المائية عجزا حادا خلال معظم السنة من شدة التشميس والرياح المتكررة والجافة وضعف التساقطات المطرية التي لا تعوض التبخر الكبير.

تنتشر الواحات مجاليا في كل من شمال أفريقيا وجنوب الصحراء الكبرى والشرقين الأدنى والأوسط وآسيا وأمريكا وأستراليا، ويمكن تصنيفها إلى عدة أنواع: واحات المناطق الساخنة ذات أشجار النخيل، وتلك دون أشجار النخيل، وتلك في الأماكن العالية، وتلك في المناطق القارية ذات شتاء بارد (آسيا الوسطى والصين) وجود تدرجات ما بين

هاته الأنماط الواحاتية. وتعتبر الواحات آخر جبهة لمقاومة التصحر وتعتمد الحياة بها على مورد المياه رغم ندرتها. ويرتبط مصير تنمية هذا المجال وتوسعه أوتقلصه وتنظيمه الاجتماعي، بتواجد موارد المياه ووفرتها النسبية. ويعقب ذلك تنظيم بشري تطوعي وملتزم ومتضامن للحفاظ على التوازن البيئي من أجل استمرارية الحياة في هذه المناطق الهشة والضعيفة عموما. تعد الواحات نظاما متكاملا يتوفر على أسس مفهوم الاستدامة الذي يجمع بين الجوانب الثلاث: الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. ويمارس سكان الواحات أنشطة اقتصادية من خلال استغلال الموارد الطبيعية المتوفرة حسب الأنظمة والأعراف والقواعد التي وضعت واعتمدت بشكل متبادل ومشترك ومتوافق عليه مع مرور الزمن. وقد يحمل أي اختلال لتوازن هذا النظام آثارا سلبية على الاستمرارية والاستدامة. ويلاحظ في الآونة الأخيرة مجموعة من العوامل والعناصر التي لها تأثير سلبي على هذا التوازن: الإفراط في استغلال الموارد الطبيعية وموجات الجفاف المتكررة والتوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية وآثار تغير المناخ. وتواجه الواحات عموما تهديدا حقيقيا الذي يمكن أن يؤدي إلى اختفائها أمام زحف التصحر (مبادرة واحات مستدامة، ص. 5).

و على المستوى المغربي تقع الوحات ضمن المجال الرابع (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 3) الذي يضم المجالات الواحية جنوب شرق الأطلس الكبير. ومباشرة جنوب هذا الحاجز الطبيعي، يبدأ المجال القاحل المرتبط بالصحراء والذي عرف تطور حضارة واحية مزدهرة شكلت مكونا أساسيا لثقافة وتاريخ المغرب. ويتشكل هذا المجال من ثلاثة عناصر: سهوب وجبال المغرب الشرقي، واحات تافيلالت ودرعة ثم الصحراء. وتتميز الأوساط الثلاثة بتباين واضح فيما بينها، لكنها تجتمع حول قاسم مشترك وحاسم يتمثل في ندرة المياه وتدهور الأوساط الطبيعية بفعل تدخل الانسان أساسا، وبالفعل يظهر جليا، على الصعيد العالمي، أننا دخلنا حاليا في وضعية مناخية حرجة وأن المجال الشبه صحراوي المعرض للتصحر أضحى في تراجع مستمر وسريع (المحمية الحيوية لواحات جنوب المغرب، 2000).

ولعل أول ما يتبادر للذهن عند دراسات الواحات هو حالة الموت البطيء لهذه المنظومات البيئية والبشرية. فالتوازنات البيئية، الاقتصادية، الاجتماعية والحركية الديمغرافية التي تعرفها الواحة تنذر باختلالات كبيرة تقود إلى الاندثار التام لهذه الأوساط كحالات واحات وادي درعة (رامو وبوعوينات، ص. 1). ومما سبق تقديمه، ومنه وعليه وإليه، تهدف هذه الدراسة إلى وضع العين السوسيولوجية على مظاهر الهشاشة الايكولوجية للنظام الواحي وأثارها الاجتماعية.

## القسم الأول: الجانب المنهجي والنظري للدراسة

### الفصل الأول: الجانب المنهجي للدراسة

#### I.إشكالية الدراسة.

تتميز الواحة الدرعية بنظام إيكولوجي له خصائص تجعل منه إحدى أهم النظم الايكولوجية، التي تفاعل معها الانسان الواحي، مشكلا بذلك نظاما اجتماعيا له مميزات اجتماعية تسترعي اهتمام الباحثين السوسيولوجيين، ما تجليات ومظاهر هشاشة النظام الايكولوجي الواحي؟ وما الانعكاسات الاجتماعية التي تربت عن ذلك؟.

##### 1. التساؤلات الفرعية

تقودنا هذه الإشكالية إلى بنية تساؤلية نختصرها في سؤالين أساسيين:

- ✓ ما مظاهر الهشاشة التي مست النظام الايكولوجي الواحي بدرعة؟

✓ ما تداعيات هذه الهشاشة الايكولوجية على المجتمع الواحي؟

## II.أهداف الدراسة.

تتناول الدراسة، الهشاشة التي مست النظام الايكولوجي لواحات وادي درعة الوسطى، وتأثيراتها الاجتماعية.

و تهدف الدراسة إلى:

- تعميق فهمنا العلمي للحقول السوسيولوجية: ( سوسيولوجية البيئة، سوسيولوجية الفقر والهشاشة، سوسيولوجية المجال).
- الانفتاح على البراديغم الإيكولوجي الجديد، ضمن علم الاجتماع الذي يدرس تأثير البيئة في المجتمع، وتأثير المجتمع في البيئة.
- إغناء البحث السوسيولوجي الذي يهتم بالواحات وكشف اللثام عن طبيعة النظام الايكولوجي بهذه المنطقة وكذا الوقوف على التغيرات التي مسته واثارها الاجتماعية.
- فهم طبيعة العلاقة بين البيئة والمجتمع الواحيين.
- الإلمام بالممارسات الاجتماعية والتدبير الاجتماعي والايكولوجي للموارد النادرة بالواحة الدرعية.

## III.منهجية الدراسة.

اعتمدنا في هذه الدراسة على المزاوجة بين المنهجين الكمي والكيفي، من خلال الوقوف على بعض الاحصائيات والمؤشرات الدالة على الهشاشة الايكولوجي والاجتماعية، من جهة ومن جهة ثانية من خلال الملاحظة الميدانية لواقع الواحة ومافاض به الواحيون أنفسهم أثناء مقابلاتهم وهم يحكون حياتهم وعيشهم ومعاناتهم.

## IV.مجال الدراسة.

تتميز واحات درعة بموقعها الجغرافي إذ تعتبر صلة وصل بين بلاد سوس غربا وبلاد تافيلالت شرقا من جهة وبين إفريقيا السوداء وجبال الاطلس الكبير، وقد توفرت لهذه الواحات الظروف المادية والموضوعية لتصبح بؤرة تتفاعل داخلها التيارات الوافدة عليها من المناطق المجاورة خاصة من بلاد سوس وبلاد افريقيا السوداء، مما أضفى على نظامها الاجتماعي غنى وتنوع وروابط اجتماعية متعددة ومركبة (البوزيدي، 1994، ص. 25).

إن وجود واحات درعة الأوسط في مجال انتقالي، بين السفوح الجنوبية الشرقية لجبال الأطلس والصحراء، جعل هذا المجال يتميز بتنوع المشاهد الطبيعية، التي يتداخل فيها الجبل والواحة والصحراء، مما منح درعة الأوسط خصوصية جغرافية، تشكل دعامة أساسية لبناء أي مشروع ترابي يسعى إلى تعزيز الجاذبية الترابية لهذا المجال وتدعيم هويته (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 4).

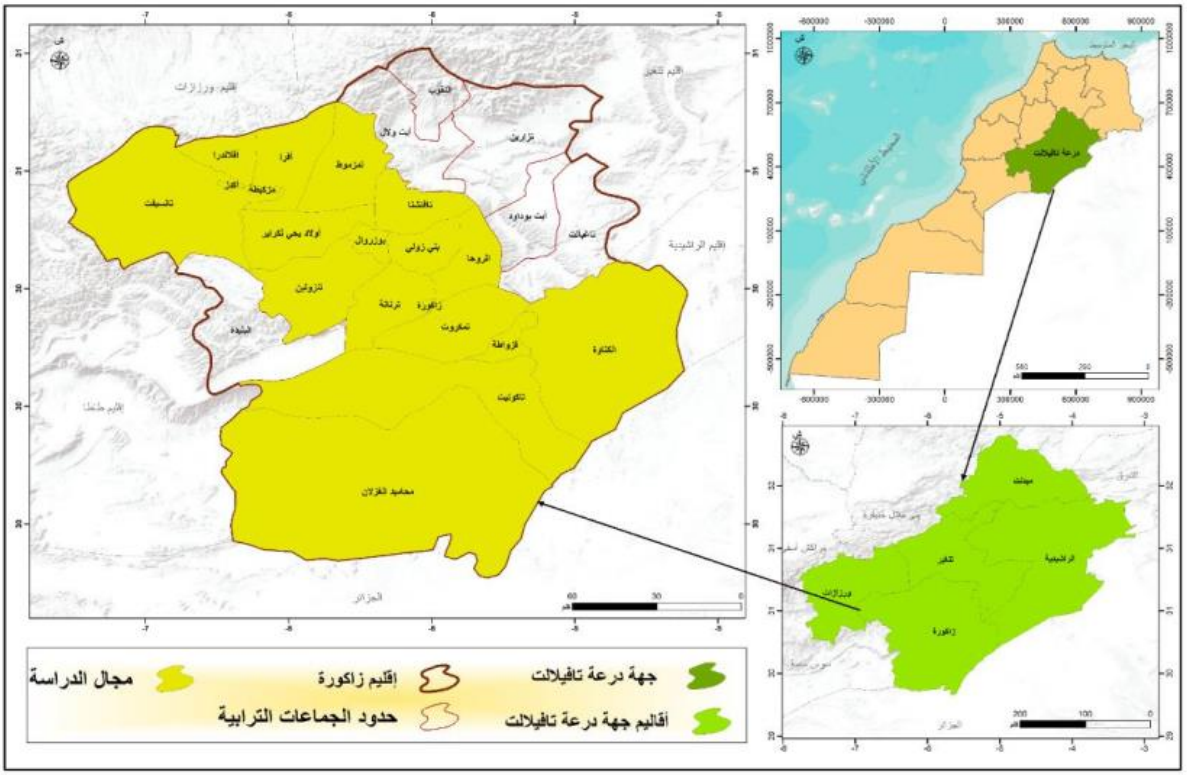
ومن الناحية الإدارية، تقع واحات درعة الأوسط ضمن نفوذ إقليم زاكورة، الذي أحدث بعد تقسيم إقليم ورزازات الشاسع بموجب المرسوم رقم 281 - 97 -2بتاريخ فاتح ذي الحجة 1417هجرية الموافق لـ 9أبريل 1997 ميلادية( منوغرافية إقليم زاكورة، 2016) وينتمي إلى جهة درعة تافيلالت(الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 4).

يتشكل مجال درعة الأوسط من ست واحات، تمتد من عالية الحوض نحو سافلته، وتشمل: واحة مزكيطة، واحة تنزولين، واحة ترناتة، واحة فزواطة، واحة لكتاوة، وواحة المحاميد. وتفصل بين هذه الواحات خوانق طبيعية تسمى "فم". ويصل طول الشريط الواحي انطلاقا من سد المنصور الذهبي، إلى واحة المحاميد حوالي 200كلم، ومساحة

إجمالية تناهز 37209هكتار، أما مساحة الأراضي الصالحة للزراعة فتبلغ حوالي 26118هكتار(الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 5).

شملت الدراسة ست مناطق من واحات درعة الوسطى من شمالها إلى جنوبها وهي: ( واحة مزكيطة، واحة تينزولين، واحة ترناتة، واحة فزواطة، واحة كتاوة وواحة محاميد الغزلان).

خريطة (:)1توطين مجال الدراسة (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 4).




**خريطة (1): توطين مجال الدراسة**

المصدر: الخريطة الإدارية لإقليم زاكورة، باعتماد برنامج نظم المعلومات الجغرافية arc gis

## الفصل الثاني: البناء النظري للدراسة.

1. الهشاشة براديغم تحليلي للبيئة والمجتمع.

على مستوى التأطير النظري، لبحثنا هذا سنعتمد على قراءة المتن السوسيولوجي الذي أنتج عن الهشاشة سواء كمفهوم أوكظاهرة أوكبراديغم تحليلي لمجموعة من الظواهر الاجتماعية والبيئية (Becerra, Saqalli, Gangneron, & Dia, 2012)، منفتحين بذلك على الأعمال المعاصرة، والتي تشتغل على المنظور الايكوسوسيولوجي، كأعمال الباحثة "سيلفيا بيسرا".

## القسم الثاني: النظام الايكولوجي الواحي.

## الفصل الأول: الواحة نظام إيكولوجي فريد.

1. مفهوم الإيكولوجيا.

استخدم المعنى الواسع للبيئة، كطريقة للتعامل مع المحيط الذي يعيش فيه الانسان، وبدأت تأخذ شكلها الحالي في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، وازدهرت في القرن العشرين (دويدري، 2004، ص. 25).

يدل مصطلح الإيكولوجيا l'écologie على علم البيئة، أوالعلم الذي يدرس البيئة في علاقتها التفاعلية مع الأنشطة الإنسانية، ويدرس كذلك الأنساق البيئية أوالإيكولوجية التي تتعلق بالإنسان والكائنات الحية الأخرى (حمداوي، دون تاريخ، ص. 23).

إن أول من صاغ مفهوم (ايكولوجيا ) عام 1858، هو العالم هنري ثورو، إلا أنه لم يحدد المعنى والأبعاد، وأعقبه العالم الألماني آرنست هيجل ليضع أول صياغة لعلم الايكولوجيا بدمج الكلمتين اليونانيتين Oikos ومعناها المسكن والمنزل والمكان، وLogos ومعناها العلم الدراسة وعرفها بأنها "العلم الذي يدرس علاقات الكائنات الحية بالوسط الذي تعيش فيه" و" علم دراسة علاقة الأحياء بمحيطهاا الخارجي"، بمعنى آخر علم دراسة الأحياء في مواطنها الطبيعية (الركابي، 2020، ص. 9).

إن هذه العلاقة تتسع لتشمل كل ظروف البقاء، وقد تكون مخلوقات أخرى وجمادات، أطرافا فيها فالايكولوجيا تركز في العلاقات المتبادلة بين العناصر العضوية وغير العضوية في البيئة، ويطلق عليها مصطلح النظام الايكولوجي (الموسوعة البيئية، بدون تاريخ).

2.1. النظام الايكولوجي:

يعرفه عالم الايكولوجيا البريطاني آرثر تانسيلي لأول مرة سنة 1935، بانه:" مصفوفة العلاقات التفاعلية التكاملية داخل وحدة بيئية معينة بين مكوناتها الطبيعية غير العضوية (غير الحية) ومكوناتها العضوية الحية وفق نظام دقيق ومتوازن من خلال دينامية ذاتية تحكمها النواميس الكونية الإلهية التي تضبط حركتها وتفاعلها بما يعطي للنظام القدرة على إعالة الحياة" (عبد المقصود، 1997، ص. 95).

و ينقسم النظام الايكولوجي من حيث طبيعة عناصر العلاقات فيه إلى قسمين:

أ. النظام الايكولوجي الطبيعي: ويقصد به علاقات الكائنات الحية البرية نباتية وحيوانية مع عناصر بيئتها غير الحية.

ب. النظام الايكولوجي البشري: ويقصد به علاقة الانسان مع بيئته، بما تضم من عناصر حية وغير حية (عبد المقصود، 1997، ص. 66).

2. الواحة

عندما نبحث في المخيال الجماعي للناس عن الواحة ومفهومها، نجد أن كل التصورات الذهنية حول الموضوع تنحصر في فضاء أخضر له عيون ماء والنخلة قوام نشاطه، والأهم أنه يوجد في الصحراء. فهل يعبر هذا التصور الذهني العام للناس عن مفهوم الواحة العلمي والتاريخي؟ وهل أن الواحة منظومة ايكولوجية طبيعية أم هي من صناعة الانسان؟ وهل لا توجد واحات إلا بالصحراء؟ أي هل أن المحيط البحري أوالساحلي لا يمكن أن يعطينا واحة؟ كل هذه الأسئلة تحيلنا إلى ضرورة تحديد مفهوم الواحة قبل الغوص في متاهات نشأتها ومسار تطورها التاريخي وعلاقتها بالإنسان ومصادر الماء.

تدل الواحة بالمعنى الواسع للكلمة، على كل منظومة ايكولوجية اصطناعية تنشأ حول مصدر للماء بالصحراء. أصل كلمة واحة يوناني، ويعني منطقة نباتات معزولة بالصحراء (الرحيلي، دون تاريخ، ص. 13). أما المفهوم الأنثربولوجي، فالواحة هي " منطقة ترابية" من صنع الانسان تصان وتتعهد عبر نظام تصرف تقني واجتماعي للموارد المائية. وهو ما يعني أن الواحة فضاء للغراسة السقوية ( من خلال السواقي). وبالتالي، وانطلاقا من هذا

المفهوم الأنثروبولوجي للواحة، يمكن القول أنها المنظومة الايكولوجية الوحيدة من صنع الانسان وبامتياز. طوعها وأدمجها في الطبيعة وفق خصائص ونظام انتاج وتصرف خصوصي جدا (الرحيلي، د.ت، ص. 13-14).

من خلال المفهومين الذين تم التعرض لهما سابقا، يمكننا أن نلاحظ أن الواحة تتمحور حول مجموعة من الكلمات الأساسية هي (الرحيلي، د.ت، ص. 14):

- منظومة ايكولوجية من صنع الانسان.
- للماء دور محوري في نشأتها وضمان ديمومتها.
- الفضاء الصحراوي هو الحاضن الطبيعي للواحة.
- النخلة الشجرة الأسطورية للواحة ومصدر ثمارها الأبدي.

لذلك ارتبطت الواحة بالنخلة، وارتبط الحديث عن النخلة بالواحة الصحراوية. بل يمكن القول أن النخلة هي التي حولت الواحة من مجرد فضاء اصطناعي من ابداع الانسان، الى نظام اقتصادي واجتماعي كان سببا لتجمعات سكانية كبيرة على الأرض، مما يجعلنا نقول أن الواحة تعبير حقيقي على تطور الانسان من ناحية، وعلى نشأة حضارات بها من ناحية أخرى(الرحيلي، د.ت، ص. 14).

تعددت الدراسات والبحوث التي اهتمت بنشأة الواحات على المستوى الدولي. ولئن افتقرت العديد منها للتوثيق التاريخي والشواهد الماسة، إلا أن الاتجاه البحثي العام يؤكد على أن العراق هي مهد الواحة ومصدر النخلة المكون الرئيسي لها، وذلك بناء على الحفريات التاريخية والإرث المادي الذي تم العثور ولازال شاهدا على هذه التأكيدات(الرحيلي، د.ت، ص. 14).

لذلك يمكننا القول أن العراق يعد من أقدم مواطن زراعة النخيل في العالم، إذا كان أول ظهور موثق لشجرة نخيل التمر في العالم القديم في مدينة "اريدو" التاريخية الواقعة في جنوب العراق (حوالي 4000 ق.م) والتي كانت منطقة رئيسية لزراعة نخيل التمر. كما يوجد في المتحف العراقي ختم يحتوي على رجلين بينهما نخلة تمر يعود إلى عصر الأكديين (حوالي 2730 ق.م). وتحتوي مسلة شريعة حمورابي (حوالي 1754 ق.م) على سبع قوانين متعلقة بالنخيل منها قانون يفرض غرامات كبيرة على من يقطع نخلة، وقوانين أخرى تتعلق بتلقيح الأشجار وبالعلاقة بين الفلاح ومالك الأرض وعقوبات على الإهمال وعدم العناية.

تتفق أغلب تعاريف الواحة، على أنها تشكل منظومة بيئية متكاملة الأبعاد، ويعتبر الماء العنصر الأساس ي ضمن هذه المنظومة، التي لعب الإنسان دورا هاما في تشكيلها، ويعرفها Pierre George في معجمه حول المصطلحات الجغرافية، بأنها" مجال للاستقرار في وسط محيط قاحل( مهدان،. 2012) أما محمد بن شريفة فيعرف الواحة بأنها" ذلك المجال المنتشر على بعض المئات من الهكتارات وتنتشر بها حضارة مائية بمكوناتها التقنية، كأشكال تعبئة المياه وتوزيعها ونظامها الاجتماعي المتمثل في حقوق المياه وكذا التوازي بين المورفولوجية الاجتماعية وأشكال توزيع المياه، ثم العلاقة بين قوانين المياه والتراتب الاجتماعي والهوية الفردية والاجتماعية (مهدان، 2012).

فالواحة في تعريفها ترادف شح الموارد الطبيعية وسط محيط بيئي قاحل. وحتى الموارد الطبيعية المتوافرة بالواحة تبقى تحت رحمة هشاشة طبيعية وتوازنات بيئية هشة. فالمورد الترابي محدود مجاليا وعرضة للتعرية الريحية والتعرية المائية. كما أن الغطاء النباتي الطبيعي محصور في بعض التشكيلات الصحراوية (النخيل أساسا) والمناخ بطبيعته جاف ( رامو وبوعوينات، د.ت، ص. 1).

3. النظام الايكولوجي الواحي.

تعني المنظومة الايكولوجية هي مجموع مكونات المحيط الطبيعي من ماء وتربة وهواء، محتضنة لكائنات حية من حيوان ونبات. وتتميز المنظومة الايكولوجية بقدرة مكوناتها الحية على التأقلم مع طبيعة وخصائص عناصر المحيط التي يمكن تغييرها. لذلك فان النظام الايكولوجي يتضمن لعنصر ثابت وهو مكونات المحيط الفيزيائي وعناصر الحياة المتطورة والمتغيرة والقادرة على التأقلم مع التغيرات التي يمكن ان تطرا على مكونات المحيط الفيزيائي من ماء وتربة وهواء (الرحيلي، د.ت، ص. 36) فالواحة منذ تأسيسها الاول (بالعراق وفق الآثار المادية وفصول شريعة حمورابي،) كانت تعبير حقيقي على المنظومة الايكولوجية من خلال توفر الماء والتربة والهواء، مع قدرة الانسان المؤسس لها على جعلها فضاء للتنوع البيولوجي المتطابق مع كمية المياه المتوفرة، وطبيعة التربة الصحراوية أوالجبلية، وخصوصيات المناخ الذي يتميز في الغالب بطابع حار وجاف. كما ان الدراسة المعمقة لخصائص المنظومة الواحية، ابرزت ان النبتات والحيوانات التي نشأت وترعرعت في الواحات، هي كائنات حية مرتبطة بطبيعة المناخ وخصوصيات الفضاء الصحراوي أوالجبلي من ناحية، أوكائنات حية استطاعت التأقلم مع هذه الخصائص المناخية ومكونات الفضاء المادي من ماء وتربة وهواء (الرحيلي، د.ت، ص. 37-38).

لئن تفردت النخلة بكونها الشجرة المميزة للواحات في العالم، الا ان العديد من الاشجار والشجيرات اصبحت ميزة الواحات التقليدية خاصة. فإلى جانب النخلة التي تمثل الشجرة الواحية الصحراوية أوالجبلية بامتياز، فان اشجار الرمان والمشمش والموز والتين نافست النخلة في الفضاء الواحي وفق الموقع الجغرافي للواحات. كما انتشرت في الواحات شجيرات عديدة مثل الشجيرات العلفية والقمح والشعير والقطانية. كما انتقلت نبتة « الملوخية » من مصر الى واحات شمال افريقيا. وانتقلت معها تقاليد رحيها وطبخها وطريقة استعمالها (الرحيلي، د.ت، ص. 37-38).

تنتمي الواحات المغربية للنطاق الجاف الذي يمثل أحد النطاقات الأربع الأساسية المشكلة للتراب الوطني، حيث يقع ثلث أرباعها ما بين خطوط تساوي المطر 50و 100ملم بينما يقع الربع المتبقي ما بين 100و 200ملم. وتصل مساحة المجال الواحي إلى 107.324كلم 2 تقطنه ساكنة تصل إلى 1.6 مليون نسمة أي ما يمثل 5.3%من ساكنة المغرب (حسب إحصاءات 2004) يتكون هذا المجال من وديان الأطلس الصغير وأ ودية درعة وزيز ودادس وتافيلالت وفكيك. وهو مجال يتكون من مجموعة مراكز متقدمة يتهدد أغلبها زحف الصحراء. وتمتد مناطق الواحات، على مستوى التقسيم الاداري، على كل أوبعض من أقاليم أسا-زاك، كلميم، تزنيت، طاطا، تارودانت، وارزازات، زاكورة، الراشيدية وفكيك واعتمادا على الحدود الإدارية من جهة والخصائص الطبيعية والبشرية والتقنية والاقتصادية من جهة أخرى فقد تم تقسيم مناطق الواحات إلى أربعة أحواض كبرى: كلميم، طاطا، درعة، زيز، فكيك وهي بدورها مقسمة إلى أحواض واحية صغرى (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 9).

وهكذا، يعتبر المجال الشبه الصحراوي في حد ذاته " علامة دالة وجد معبرة عن العلاقات المتواجدة بين الجهات الرطبة والمجالات القاحلة والصحراوية، كما أنه يشكل بوجوده وحالته معيارا للتحولات المناخية الكبرى للكرة الأرضية"(الرحيلي، د.ت، ص. 35).

4. خصائص النظام الايكولوجي الواحي

تعتبر الواحات من المجالات النادرة التي استطاعت تطوير نموذج تقليدي لكنه فعال وناجع للاستغلال الدائم للموارد المحدودة. كما شكلت نمطا للتنمية المستدامة(مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 7)، ولا بد من التأكيد

على البعد الكوني لهذا النطاق الواصل بين الصحراء والنطاق البيومناخي المتوسطي والذي يقوم بوظيفة التوازنات البيومناخية والايكولوجية التي تمكن من مواجهة زحف الصحراء. ولعل هذا الموقع الاستراتيجي للواحات وما تزخر به من تراث عالمي فريد هو الذي دفع بمنظمة اليونسكو إلى إدماج واحات النخيل المغربي في الشبكة العالمية للمحميات الحيوية (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 6-7).

إن الواحة باعتبارها ابتكار استثنائي لهندسة الانسان، عبر الاستعمال الصارم للموارد المائية المتوفرة، في فضاء صحراوي جاف وحار وهش على مستوى مكونات العناصر الايكولوجية. فهي بشكل اكثر رومنسية "جنة" خضراء في وسط طبيعي صحراوي أوجبلي. لذلك مثلت الواحة منذ نشأتها على يد الانسان منذ اكثر من 4500عاما ثلاث منظومات متكاملة وهي (الرحيلي، د.ت، ص. 36).

- منظومة ايكولوجية
- منظومة اجتماعية
- منظومة اقتصادية

من خلال تطور الواحات عبر الزمن، ومزيد تكامل المنظومات الثلاثة التي تشكلها، تحولت الواحات الى منظومات ثقافية، مما جعلها تدخل في المراحل الاخيرة من القرن العشرين ضمن الموروث الانساني الذي وجب حمايته والمحافظة عليه (الرحيلي، د.ت، ص. 36).

يمكننا القول ان الواحات مثلت ولازالت منظومات ايكولوجية مهمة بيئيا. كما انها نظام اجتماعي واقتصادي هام، يوطن ملايين السكان في مناطق صعبة مناخيا وجغرافيا. كما انها منظومة قادرة على توفير حاجيات الانسان بشكل كامل ومستدام (الرحيلي، د.ت، ص. 24).

### 5. مظاهر الهشاشة الايكولوجية للواحة

إذا كان المجال الواحي يتميز بتفرد وجاذبية مشهده الطبيعي فإنه يخفي خلف ذلك هشاشة قصوى؛ إذ يكفي أدنى خلل على مستوى الفرشة الباطنية أوالجريان السطحي لاختلاله واضطرابه. وبالرغم من قساوة ظروف المناخ، فقد لعبت هذه المجالات، ولقرون عديدة، دورا حاسما في تاريخ بلدنا وهي اليوم تختزن تراثا ذا قيمة عالمية كما نتحمل اليوم مسؤولية جسيمة تتمثل في الحفاظ على هذه المنظومة البيئية.

وإذا كانت اغلب الواحات توجد حاليا في وضعية حرجة، فان التحولات المناخية لا تفسر لوحدها هذه الوضعية التي هي نتاج لتداخل عدة عوامل بشرية بالأساس ك:

- التدبير الغير اللائق للموارد المائية: غالبا ما تتعدد عمليات ضخ المياه حول الواحات، وكأن الفرشات المائية تتوفر على مخزون وصبيب لا ينضب. وقد تسبب هذا الانتشار العشوائي والمفرط للضخ في تدهور حالة العديد من الواحات (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 9).
- تفكك المجتمعات التقليدية: ترتبط الواحات بشكل وثيق يصعب فصله عن البنيات الاجتماعية التي أفرزتها ودبرتها خلال قرون، بصرامة واهتمام كبيرين، ووعي رفيع المستوى بقيمة الماء. لذا فان الأزمة الحالية للواحات ترتبط، في بعض من جوانبها، بتفكك هذه المجتمعات التقليدية، مما أدى إلى انهيار صيانة الواحات. وما النمو العشوائي للضخ إلا مظهرا ودليل يعبر عن تصدع المجتمع التقليدي. هذا التحول في المجتمع قد يمثل في حد ذاته مشكل إذا ما تم بوسط طبيعي غير قادر على أن يتحمل نتائج هذا التحول. إلا أنه يستنتج أن هذه الوضعية

تنطبق على الواحات بالمغرب. وبذلك تتمثل الأولوية المطلقة بالنسبة لهذه الأوساط في أن تلعب الدولة دور المنسق العام للمحافظة على التوازنات الكبرى بين الموارد المتوفرة وحاجيات السكان (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 10).

- انحصار وإعاقة إعادة تشكيل المنظومة الواحية: لم تستطع المجتمعات الواحية إعادة تشكيل نفسها، وتعذر عليها تحقيق هذا المسلسل بسبب التحول الديموغرافي، وعدم ملائمة القوانين العرفية والتقليدية للتحولات السريعة. فقد حالت حقوق الانتفاع واستحالة التقسيم دون إعادة هيكلة وتنظيم الاوضاع العقارية. كما وفرت حوالات العمال المهاجرين مداخيل بديلة، ساهمت في تفكك البنيات الاجتماعية وتراجع القاعدة الاقتصادية للواحات. وقد انضاف، في الوقت الراهن، خطر جديد يهدد هذه المواطن المحملة بالتاريخ، ويتعلق الأمر بالبنايات الجديدة، التي ألحقت إلى حد الآن، أضرارا بليغة بالمناظر الفريدة والهشة والتي ميزت هذه الواحات خلل قرون عديدة (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 10).
- تقسيم الأراضي وتعقد الوضع العقاري :يتمثل العنصر الأساسي الذي يميز كافة مناطق الواحات في الضغط على العقار والذي ازداد بارتفاع عدد السكان وهو ما نتج عنه تقسيم هام للأراضي حيث أن مساحة قطعة الأرض المستغلة تقل عن 0.15 هكتار في العالية بينما لا تتعدى 0.5هكتار في حين توجد القطع ذات المساحة الكبرى بأحواض "فكيك" و"كلميمة".
- يمثل التقسيم المتزايد للاراضي عائقا للاستغلال الفلاحي حيث أن المساحات المستغلة تعتبر ذات مردودية اقتصادية ضعيفة كما لا تسمح بالاستثمار (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 10-11). إن كل الواحات في خطر، وإذا ما استمرت الوضعية في نفس المنحى الحالي، فإنها ستؤول لا محالة إلى الزوال والاندثار. لذلك يعتبر إنقاذ وتنمية الواحات مسألة استعجالية، يجب أن تحظى بالأولوية. فلم يعد بالمكان التستر وراء مبرر التغيرات المناخية لتفسير أزمة الواحات، فالأزمة نتاج لتفاعل عدة عوامل، لعل أهمها يرتبط بالعنصر البشري. لذلك فإن إعادة تأهيل الواحات يتطلب عملا شموليا، يأخذ بعين الاعتبار مجموع المشاكل المطروحة (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 11).
- تفاقم ندرة المياه: يمثل الماء عنصرا مركزيا ضمن الاشكالية المطروحة بالواحات. ويرجع تفاقم العجز في المياه إلى الاختلال بين إمكانيات الوسط وحجم الحاجيات المتزايدة، فقد تشكلت الواحات في حقب كانت ساكنة هذه المناطق أقل بستة مرات مما هي عليه في الوقت الراهن. لقد كان هناك تطابق بين مؤهلات الوسط الطبيعي وعدد السكان، مع حدوث فترات شح من حين إلى آخر لكن التوازن العام يظل قائما نتيجة الانسجام والتآزر الاجتماعيين والانضباط الجماعي ونجاعة التقنيات المستعملة. بعد أن اختل التوازن القديم، أصبحت ندرة المياه في الواحات تشهد تدهورا سريعا نتيجة لتواجدها في سافلة الاحواض المائية. وأحسن مثال على ذلك حالة حوض زيز حيث الارتباط جد وطيد بإفراغات سد الحسن الداخل. إلا أن المجالات العليا المغذية لحقينة السد تعرف حاليا إفراطا في عملية الضخ المفرط وهو ما سيؤدي لا محالة إلى تقليص موارد السد مما ستكون له انعكاسات سلبية على منطقة تافيلالت. والمفارقة الكبيرة التي أفرزتها المنطقة فيما يتعلق بندرة المياه هي ظهور صيرورة ليس فقط في نقص الموارد المائية بل على العكس من ذلك يلحظ تنامي إهدار هذا المورد. (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 11). وهو ضياع ناتج عن تدخل مختلف الفاعلين نتيجة التخلي عن نظام سقي تقليدي

بواسطة السواقي المتراتبة ابتداء من السد والانتقال إلى نظام الفراغ الدوري لكميات محددة حسب ما توفره الحقينة والتي وصلت إلى وضعية مقلقة في أودية مجهزة بنظام سواقي من الحجم الكبير، بينما يلجأ المستغلون إلى الضخ انطلاقا من الفرشة القريبة والتي تتغذى بدورها على الفراغات، وهو ما أدى إلى تنامي الضخ الفردي الغير المراقب. والنتيجة الواضحة في أغلب الحالات أن كمية المياه التي تصل إلى المشارات لا تمثل سوى20 % من الكمية المفرغة. ومن العوائق المرتبطة بتصريف المياه نذكر كذلك:

-تعطي المنظومة الحالية للتصرف في الماء أكثر حظوظا للسكان المتواجدين بالاحواض العليا على حساب السكان المتواجدين بالاحواض السفلى ؛

-تشعب الشبكات التقليدية لتوزيع ونقل المياه وما ينجر عنه من ضياع؛

-تعدد المتدخلين في مجال التصرف في الماء؛

-ملكية الماء لا تأخذ بعين الاعتبار نوعية الزراعات والتربة؛

-تعاطي الزراعات من طرف الفلاحين حسب توفر الماء دون اعتبار المردودية ؛ (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 12).

وقد شهدت الواحات أزمة حادة تمثلت في اندثار ثلثي النخيل المغربي خلال القرن العشرين، اذ كانت المجالات المنتجة تتأقلم ونمط الحياة فأضحت اليوم عرضة للتدهور والتلف نتيجة الضغوط القاسية سواء الطبيعية منها أوالبشرية، ونذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

-انتشار زراعة الحبوب التي تغطي أكثر من نصف الاراضي الفلاحية وذلك في ظروف زراعية غير اقتصادية؛

-ضعف زراعة الاشجار وتفاقم مرض البيوض الذي يصيب أشجار النخيل؛

-انتشار ظاهرة الجراد وتوالي سنوات الجفاف؛

-توسع النسيج الحضري العصري والأنشطة الاقتصادية الموازية؛

-تنوع أشكال التصحر: التعرية الريحية وزحف الرمال وملوحة المياه والتربة. وإذا ما استمرت الوضعية على نفس المنوال وبنفس الوثيرة فإننا سنقوم خلال الخمس عشرة سنة المقبلة بتنظيم مدارات سياحية للمجالات الواحية المندثرة.

-الاكتظاظ السكاني الكبير وأهمية مداخيل الهجرة: تبلغ ساكنة المجال الواحي حوالي 1.6مليون نسمة ( حسب إحصاءات، 2004(وتنمو هذه الساكنة بوثيرة توازي المعدل الوطني0.9 ) في المائة ما بين إحصائي1994- 2004 مقابل 1.4على المستوى الوطني.) ويتميز الاستقرار السكاني بالتركز خصوصا حول موارد المياه. فالكثافة المتوسطة تبلغ 16نسمة في كلم 2سنة.2004إلا أنها قد تصل في بعض الواحات إلى 615نسمة في كلم.2ولا تمثل المساحة الفلاحية الصالحة للزراعة سوى 2%من المجال الواحي، أما 98%المتبقية فتتشكل من أراضي قاحلة. فالكثافة السكانية بالنسبة للمساحة الفلاحية الصالحة للزراعة تتجاوز 700نسمة في الهكتار. ولقد تم هذا النمو السكاني بالارتكاز على قاعدة اقتصادية هشة وآيلة إلى التدهور، كما قاد إلى تراكم ساكنة مرتفعة بالنظر لاقتصاد المنطقة وقدرة تحمل الوسط الطبيعي. (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 14).

إننا أمام مفارقة خاصة تعرفها المنطقة ويفسرها الدور الريادي الذي تلعبه مداخيل الهجرة. فالمنطقة لا تعتمد فقط على اقتصادها الذاتي ولكن على العائدات النقدية للمهاجرين المغاربة القاطنين بالخارج والتي تمثل حوالي 60%من الارساليات المالية للمغاربة المهاجرين بالخارج. هذا الدعم المالي المنتظم يعتبر موردا أساسيا لاقتصاد المنطقة،

وعامل مساعدا على استقرار السكان في مواطن إقامتهم نتيجة التضامن السري القوي. وهي كذلك أساس التحولات التي تشهدها هذه المناطق، حيث تساهم في تنمية التجارة وتحسين ظروف عيش السكان. لكن هذه الوضعية تسجل نتائج عكسية، إذ في غياب نظام محلي أوجهوي قادر على تقديم فرص إستثمار توازي حجم وقدرات الساكنة المعنية، يصرف جزء بسيط في الاستثمار المنتج بينما المصاريف الهامة تصرف في البناء الذي يتلف ويشوه الوسط الطبيعي وينمي المضاربة العقارية. (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 16).

–فلاحة استهلاكية غير مؤهلة وقاعدة اقتصادية مختنقة تختلف الوضعية الفلحية بالواحات حسب المناطق، لكن المؤشرات العامة تبرز تدهور واضح لهذا النشاط الاساسي. وبالرغم من ضعف نسبة المجالات الزراعية والتي تمثل فقط 2في المائة فإنها تشهد تضررا بليغا جراء الضخ المفرط للفرشات المائية. فالفلاحة الواحية فلاحة إجتماعية تسمح بخلق توازن في المداخيل والحد من ظاهرة الفقر. لقد انخفضت مداخيل النخيل نظرا لتراجع المنتوج بحوالي.34%كما أن عملية تدمير واجتثاث النخيل في منطقة تافيلالت تؤدي إلى فقدان حوالي 3600قدم في السنة أي ما يعادل 3.5في المائة من مجموع النخيل. وعموما هناك مجموعة من العوامل تعمل على تدهور المجال الواحي (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 17):

- النتائج العكسية لعائدات الهجرة،
- الاكتظاظ السكاني بالمقارنة مع المكانات الفلاحية المحدودة،.
- النقص المتزايد في كمية المياه المتوفرة والذي لا يفسر فقط بعوامل مناخية وإنما كذلك بسبب ا لافراط في ضخها خاصة بالقرب من واحات النخيل،.
- ضعف زراعة الاشجار وتفاقم مرض البيوض الذي يصيب أشجار النخيل،.
- انتشار زراعة الحبوب التي تشغل أكثر من نصف المسا حة الصالحة للزراعة وذلك في ظروف غير اقتصادية، (مديرية إعداد التراب الوطني، 2006، ص. 18).
- النظام الحالي لتملك وتوزيع المياه يؤدي إلى البقاء على وضعية ريع غير مقبولة اقتصاديا مما يعيق كل إمكانية لتحسين الفلاحة،.
- أساليب وتقنيات الري التي تعتمد على غمر المشارات الزراعية مما يؤدي إلى هدر مهم للموارد المائية المحدودة. فالازمة الفلاحية لا تترجم فقط باختناق الوضعية الاقتصادية الحالية، بل تؤدي كذلك إلى تدني رأس مال التنمية المستقبلية. فمستقبل الواحات مرت بط باستثمار المؤهلات السياحية المتميزة. إلا أن تلك المؤهلات القائمة على المشاهد والمناظر الفريدة يتهددها الاندثار والتلف سواء تعلق الأمر بالقصور أوالقصبات أوواحات النخيل.

ما يمكن أن نسجله هنا كخلاصة هو أن الديناميات الحالية التي تشهدها المجالات الواحية تخفي في طياتها حركية مميتة بالنظر للهشاشة القصوى التي تميز هذا المجال. لقد تطلب إعداد هذه المجالات مراحل كبرى، امتدت لألاف السنين وتميزت بالعمل الدؤوب والمنتظ م في كل المراحل وذلك بالرغم من شح وقساوة الظروف الطبيعية. إلا أننا نلحظ اليوم أن معظم هذه الوساط آيلة للتدهور والاندثار نظرا لكونها تقوم على الجمع بين تناقضات يصعب إن لم يكن يستحيل التحكم فيها. إن ماقامت به السلطات العمومية يعتبر غير كاف بالنظر للرهانات التاريخية لهذه الوس

اط الواقعة على حدود المجال المأهول والذي ل ي مكن ضمان اس تمراره إل بالعمل الدؤوب القائم على رؤية بعيدة المدى الشيء الذي يجعل إعداد التراب الوطني في مقدمة المعنيين بهذا الأمر.

## الفصل الثاني: الواحة الدرعية.

1. ما هي الواحة الدرعية.
2. خصائص البيئة الواحية الدرعية.

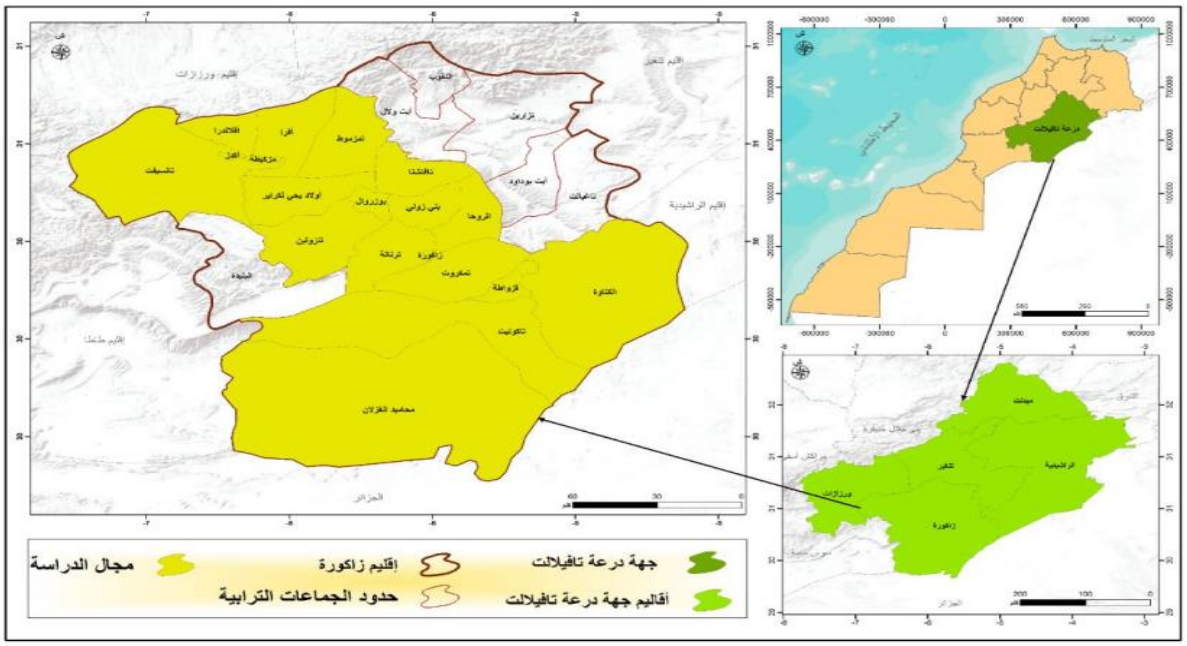
تتميز واحات درعة بموقعها الجغرافي إذ تعتبر صلة وصل بين بلاد سوس غربا وبلاد تافيلالت شرقا من جهة وبين إفريقيا السوداء وجبال الاطلس الكبير، وقد توفرت لهذه الواحات الظروف المادية والموضوعية لتصبح بؤرة تتفاعل داخلها التيارات الوافد عليها من المناطق المجاورة خاصة من بلاد سوس وبلاد افريقيا السوداء، مما أضفى على نظامها الاجتماعي غنى وتنوع وروابط اجتماعية متعددة ومركبة (البوزيدي، 1994).

تقع واحات درعة الأوسط بين خطي العرض 29.85oو 31oشمالا، ويمر وسطها خط الطول، 6o(أوبها، 2021)ويفصل حوض درعة بين القسم الشرقي والقسم الغربي للأطلس الصغير، يحده شمالا جبل صاغرو، أما من جهة الجنوب تحده حمادة درعة، وفي الغرب جبل باني(الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 3).

ومن الناحية الإدارية، تقع واحات درعة الأوسط ضمن نفوذ إقليم زاكورة، الذي أحدث بعد تقسيم إقليم ورزازات الشاسع بموجب المرسوم رقم 281 - 97 -2بتاريخ فاتح ذي الحجة 1417هجرية الموافق لـ 9أبريل 1997ميلادية( منوغرافية إقليم زاكورة، 2016)وينتمي إلى جهة درعة تافيلالت (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 4).

يتشكل مجال درعة الأوسط من ست واحات، تمتد من عالية الحوض نحو سافلته، وتشمل: واحة مزكيطة، واحة تنزولين، واحة ترناتة، واحة لكتاوة، واحة فزواطة وواحة المحاميد. وتفصل بين هذه الواحات خوانق طبيعية تسمى "فم". ويصل طول الشريط الواحي انطلاقا من سد المنصور الذهبي، إلى واحة المحاميد حوالي 200كلم، ومساحة إجمالية تناهز 37209هكتار، أما مساحة الأراضي الصالحة للزراعة فتبلغ حوالي26118هكتار Monographie ) 2016ٍ (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 4).

خريطة (:)1توطين مجال الدراسة (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 4).




**خريطة (1): توطين مجال الدراسة**

المصدر: الخريطة الإدارية لإقليم زاكورة، باعتماد برنامج نظم المعلومات الجغرافية arc gis

1.المعطيات الجغرافية والطبيعية لواحة درعة.

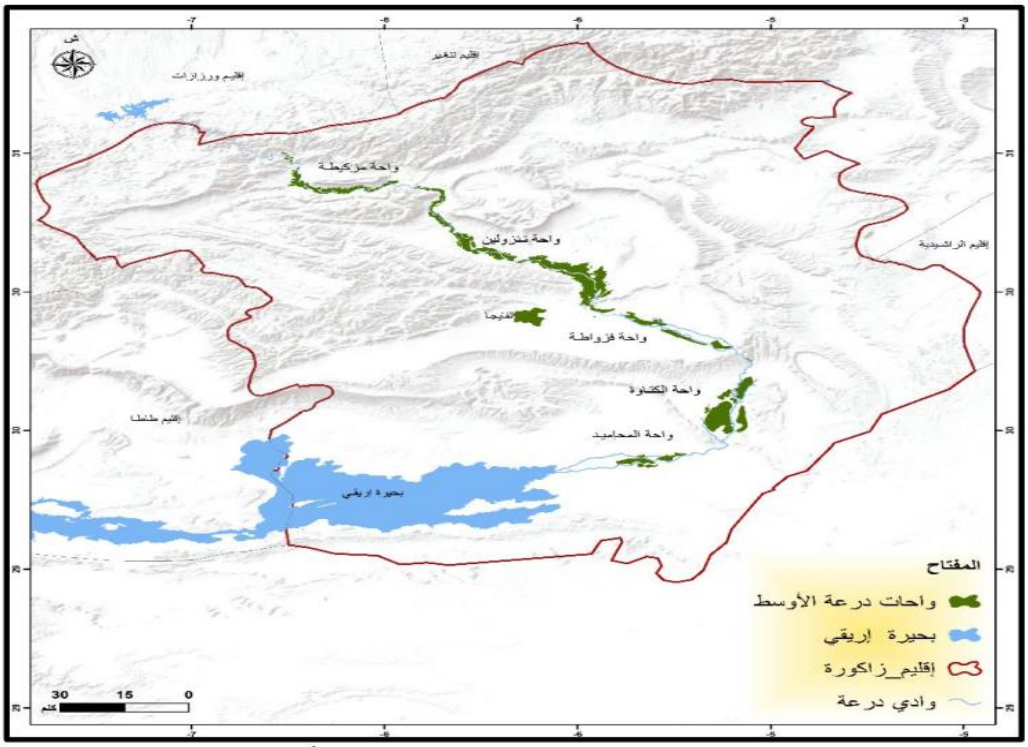
يكتسي تحديد الموقع الجغرافي والوصف العام للظروف المناخية، بالن سبة لمنطقة مثل واحات وادي درعة، أهمية خاصة في الدراسات السوسيوإيكولوجية، إذ على ضوء هذه المعطيات الجغرافية يمكن تحديد الطابعين الايكولوجي والاجتماعي للواحة والمجتمع الدرعيين. كما يمكن الوقوف على مختلف التغيرات التي مست البنية الايكولوجية والسوسيولوجية للمنطقة.

تتميز واحات درعة بوجود مجموعة من الجبال مثل جبل صاغرو وجبل تفرنين الذي يفصل بين واحات درعة وواورزازت وتنغير، وجبل باني الذي يحيط بواحات لكتاوة والمحاميد وفزواطة، إضافة إلى هضاب، وأكدية، وكذا الوادي المعروف بوادي درعة وو مجموعة من السهول الواحية المترماية على ضفتييه والتي تشكل أراضي لزراعة النخيل والحناء والشعير وبعض القطاني والخضروات.

2.الموقع والمعطيات التضاريسية.

تقع واحة درعة في الجنوب الأوسط من المغرب، ضمن مجال الأطلس الصغير، تجاورها غربا سوس، ومن الواحة الشرقية وادي تازرين وتافيلالت ومن الناحية الشمالية بلاد داداس وسكورة وواورزازات. وتنفتح من الناحية الجنوبية على الصحراء الكبرى في سلسلة الواحات الصحروية التي تمتد في الجنوب المغربي.

خريطة (:)2واحات درعة الأوسط (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 6).



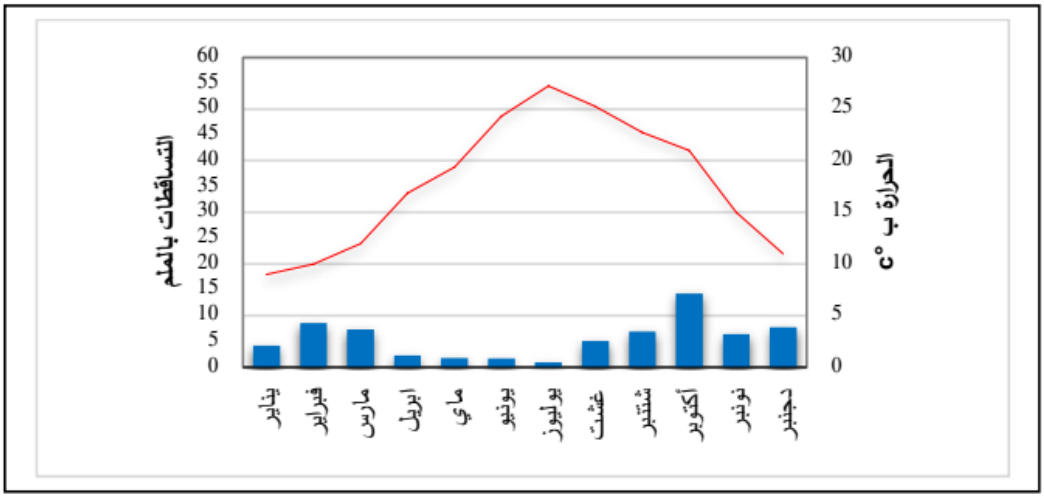

**خريطة (2): واحات درعة الأوسط**

المصدر: تم وضع الخريطة اعتمادا على قاعدة المعطيات التي يوفرها برنامج ArcGIS

3.الظروف المناخية.

يتميز مناخ واحات درعة بطابعه القاري الصحراوي، الذي يتسم بالحرارى المفرطة في فصل الصيف والبرد القارس في فصل الشتاء مع الجفاف التام طيلة فصول السنة تقريبا، ويرجع ذلك إلى تفتح المنطقة على الصحراء الكبرى وتعرضها إلى المؤثرات الصحراوية الجافة. والى موقع هذه الواحات ضمن العروض المدارية الجافة. كما تتميز هذه الواحات بوجود تيارات ريحية تساهم في عملية التصحر وتراجع الأراضي الزرعية وتبخر المياه السطحية.

مبيان المطر – الحري لزاكورة (1989–2018) (المصدر: محطة الأرصاد الجوية أسرير، زاكورة).




3. ايكولوجية الواحة الدرعية بين الامس واليوم.

مؤشرات هشاشة المنظومة البيئية الواحية

إذا كان المجال الواحي يتميز بتفرد وجاذبية مشهده الطبيعي فإنه يخفي خلف ذلك هشاشة قصوى؛ إذ يكفي أدنى خلل على مستوى الفرشة الباطنية أوالجريان السطحي لاختلاله واضطرابه. وبالرغم من قساوة ظروف المناخ، فقد لعبت هذه المجالات، ولقرون عديدة، دورا حاسما في تاريخ بلدنا وهي اليوم تختزن تراثا ذا قيمة عالمية كما نتحمل اليوم مسؤولية جسيمة تتمثل في الحفاظ على هذه المنظومة البيئية.

-إكراه الجفاف: يعتبر الجفاف السمة الغالبة على مناخ واحات درعة الأوسط، فكمية التساقطات لا تتعدى في الغالب 100 ملم سنويا، مما يؤثر سلبا على الموارد المائية السطحية أوالجوفية، فالجفاف الذي يعرفه حوض درعة الأوسط لم يعد جفافا مناخيا ناتجا عن قلة التساقطات المطرية، بل كذلك نابعا من سلوك الإنسان الواحي (الميموني،،)2018المتمثل في التدبير غير المستدام للموارد المائية (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 15-16).

-زحف الرمال على الواحات تشكل ظاهرة الإرمال مرحلة ضمن مسلسل طويل يعرف بالتصحر، حيث تمتد جيوب صحراوية داخل المجال الواحي، ويعبر التصحر عن درجة متطورة من اللاتوازن داخل الأنظمة البيئية، يترجم في تراجع قدرة الإنتاج البيولوجي للأرض، حيث تصبح عاجزة عن توفير الموارد الضرورية لعيش الإنسان. وقد شهد المجال الواحي لدرعة الأوسط تراجعاً كبيراً. وتتعدد العوامل المسؤولة عن تزايد ظاهرة التصحر بواحات درعة الأوسط، ويمكن إجمالها في تحولات الوسط الطبيعي، وتزايد الضغط على الموارد الطبيعية من طرف السكان(الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 16).

تملح التربة يشكل تملح التربة عائقا أمام الزراعة المسقية بحوض درعة الأوسط، فعملية ري النخيل وارتفاع معدلات التبخر، يساهم في ازدياد نسبة ملوحة التربة، مما يتسبب في عدم الاستقرار الهيكلي في قطاع التربة، بفعل ارتفاع تركيز الصوديوم، الذي يتراكم في التربة بعد كل عملية ري، مما يؤدي إلى تراجع قدرتها الإنتاجية (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 16).

جدول ( 3) متوسط الملوحة بواحات درعة الأوسط

| الواحة | مزكيطة | تزولين | ترناتة | فزواطة | كتاوة | المحاميد |
|---|---|---|---|---|---|---|
| متوسط الملوحة ل/غ | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 4 | 5 | 5 |

المصدر: المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي ورزازات2021.

-مرض البيوض يعتبر مرض البيوض من أخطر أمراض نخيل التمر، تم تسجيل المرض لأول م 1887بزاكورة بالمغرب، وفي عام 1940انتشر في واحات عديدة في المغرب، وقد قضى على أكثر من % 65من النخيل بالمغرب (الراشيدي، بوزيد، وبوحامد، 2022، ص. 16-17).

الفصل الثالث: الانعكاسات الاجتماعية لهشاشة النظام البيئي الواحي

- أدت هشاشة النظام البيئي إلى ارتفاع معدلات الفقر والهشاشة الاجتماعية، كما في إقليم زاكورة الذي سجل أعلى نسب الفقر (32.4%) والهشاشة (27.1%) على المستوى الوطني.
- تفاقمت ظاهرة الهجرة نحو المدن والمناطق الأخرى، مما أثر على التماسك الاجتماعي وتراجع الدور التقليدي للمجتمع الواحي.

- ساهمت التحويلات المالية للمهاجرين في إحداث تحولات عمرانية غير منظمة، مما شوه المنظر الطبيعي وأضعف المنظومة الاجتماعية التقليدية.
- تراجع الأنشطة الفلاحية التقليدية، وانخفاض مداخيل النخيل بحوالي 34%، ما زاد من هشاشة القاعدة الاقتصادية وأدى إلى انتشار البطالة والفقر.
- أدت هذه التحولات إلى اختلال بنية المجتمع المحلي، وظهور تفاوتات اجتماعية جديدة بين المهاجرين والعائدين والمقيمين.
- ضعف النظام التقليدي لتوزيع المياه والزراعة أسهم في زيادة التوترات الاجتماعية والنزاعات حول الموارد.
- الهجرة وفقدان اليد العاملة: أدت ندرة الموارد وتدهور الأراضي إلى دفع السكان، خاصة الشباب، للهجرة بحثًا عن فرص عمل في المدن أوالخارج، مما أدى إلى شيخوخة المجتمع الواحي ونقص الأيدي العاملة الفلاحية.
- تفكك البنيات الاجتماعية التقليدية: تراجع التضامن والتعاون الجماعي اللذين شكّلا أساس تدبير الماء والأرض، وظهرت النزاعات حول الملكيات المائية والعقارية.
- انتشار البناء العشوائي والتغير العمراني: عائدات المهاجرين استُثمرت في بناء منازل إسمنتية غير منسجمة مع المشهد البيئي، ما شوه الهوية المعمارية التقليدية للواحات وغيّر طبيعة السكن التقليدي.
- انخفاض الإنتاج الغذائي المحلي: الاعتماد المفرط على الحبوب وضعف الزراعة الواحية التقليدية أديا إلى تراجع الأمن الغذائي، وزيادة التبعية للأسواق الخارجية.
- تراجع الأنشطة الحرفية التقليدية: ضعف الموارد أدى إلى تراجع الأنشطة المرتبطة بالنخيل والحرف اليدوية، ما أفقد السكان مصدرًا مهماً للدخل والهوية الثقافية.
- تأثير على الثقافة والهوية: زوال النظم الاجتماعية القديمة أثّر على تقاليد العيش المشترك، وعلى طقوس تقاسم المياه والعمل الجماعي، ما أضعف شعور الانتماء.
- زيادة التفاوتات الاجتماعية: أدت التحولات الاقتصادية إلى تفاوت بين العائلات التي تتلقى تحويلات المهاجرين وتلك التي ظلت معتمدة على النشاط الزراعي المحلي، مما ولّد شعورًا بالإقصاء والهامشية.
- تأثيرات نفسية واجتماعية: تفاقم الشعور بعدم الاستقرار والقلق الجماعي حيال المستقبل، خاصة مع تزايد المخاطر المناخية وفقدان الأراضي.

خاتمة:

إن الواحة، كما يصفها البعض، هي قصيدة من نخيل وماء وتضامن إنساني. هي مرآة تعكس قدرة الإنسان على التكيف والابتكار في أقسى الظروف. لكن هذه الملحمة الإنسانية مهددة اليوم، ما لم نتدارك الوضع بسياسات تشاركية شجاعة، تحفظ التوازن البيئي والاجتماعي، وتصون ذاكرة الأجيال القادمة.

توصيات:

إن واحات درعة لم تعد مجرد مجالات زراعية، بل أصبحت تمثل موروثاً حضارياً وإنسانياً وبيئياً يجب حمايته. لحماية هذا التراث وضمان استدامته، أقترح مجموعة من التوصيات العملية:

- ضرورة اعتماد مخططات بيئية شمولية، تدمج مقاربات التدبير المستدام للموارد المائية والتربة.
- دعم الأنشطة الفلاحية المحلية وتثمين سلاسل الإنتاج المرتبطة بالنخيل والمنتجات المحلية.

- إعادة إحياء التضامن الاجتماعي التقليدي، وتحفيز مشاركة المجتمع المحلي في اتخاذ القرار التنموي.
- فرض رقابة صارمة على التوسع العمراني، وحماية الهوية المعمارية والبيئية للواحات.
- تشجيع الشباب على العودة إلى الفلاحة، عبر توفير التمويلات، وبرامج التكوين، وتحسين البنية التحتية.
- تطوير سياحة بيئية وثقافية تراعي خصوصيات الواحة، وتخلق فرص شغل مستدامة.
- إدماج الواحات ضمن السياسات الوطنية لمكافحة التغيرات المناخية، وتثمينها كخط دفاع طبيعي ضد التصحر.

V.لائحة المراجع

الكتب:

- أشلحي يوسف، جدل الإنسان والطبيعة أوفي مآل الأرض واستنهاض ضمير العالم، دار الروافد الثقافية – ناشرون، الطبعةا الأولى 2018.
- البرجاوي مولاي مصطفى، الجغرافيا وإشكالية: البيئة المغربية: واقع وآفاق، موقع الألوكة www.alukah.net.
- البوزيدي أحمد، التاريخ الاجتماعي لدرعة (مطلع القرن 17 مطلع القرن 20) دراسة في الحياة السياسية والاجتماعية والاقتصادية من خلال الوثائق المحلية، أفاق 1994.
- بيك أورليش، مجتمع المخاطر العالمي: بحثا عن الأمان الفقود، ترجمة علا عادل، وهند إبراهيم، وبسنت حسن، المركز القومي للترجمة، الطبعة الأولى 2013.
- بيك أولريش، مجتمع المخاطرة، ترجمة جورج كتورة وإلهام الشعراني، بيروت لبنان، المكتبة الشرقية، الطبعة الأولى 2009.
- جميل حمداوي، التنمية والبيئة أية علاقة: دراسة سوسيولوجية نسقية.
- جيمي فيكو، أمين الكنتي، العيش بالحظ: القصة وراء البطيخ الأحمر لزاكورة، المؤسسة الأمريكية للدراسات المغاربية، 2021.
- حبران حسن، الواحات عرض بيبلوغرافي، مركز نماء للبحوث والدراسات.
- حسين الرحيلي، تأثير التحولات المناخية على الواحات التونسية، مكتب روزا لوكسومبورغ، مكتب شمال إفريقيا.
- رجاء وحيد دويدري: البيئة مفهومها العلمي المعاصر وعمقها الفكري التراثي، دار الفكر، دمشق، 2004.
- زين الدين عبد المقصود: البيئة والانسان، دراسة في مشكلات الانسان مع بيئته، منشأة المعارف، الإسكندرية، ط/2، 1997.
- ساجد أحميد عبل الركابي، التنمية المستدامة ومواجهة تلوث البيئة وتغير المناخ، المركز الديمقراطي العربي، الطبعة الأولى 2020.
- شيفا فاندانا، حروب المياه، الخصخصة–التلوث–الربح، ترجمة سمر عبد المنعم مرسى، سطور الجديدة، 2012.
- مبادرة واحات مستدامة من اجل الاعتراف والمحافظة والتنمية التضامنية للواحات كنماذج للتكيف مع التغيرات المناخية.
- مجموعة مؤلفين، الانسان والبيئة: مقاربات فكرية واجتماعية واقتصادية، مركز دراسات الوحدة العربية الطبعة الأولى 2018.

- مهدان امحمد، الماء والتنظيم الاجتماعي، دراسة سوسيولوجية لأشكال التدبير الاجتماعي للسقي بواحة تودغى، أكادير: جامعة ابن زهر، 2012.
- مؤلف جماعي، الأنظمة الواحية: مظاهر التجديد وافاق التنمية المستدامة، مطبعة شركة سوبر كوبي، الطبعة الأولى 2020.

المقالات.

- أشلحي يوسف، مصير البيئة في مأدبة السياسة، Ikhtilaf Journal of Critical Humanities and Social Studies.
- بن رمضان يوسف، المسألة البيئية في الرصيد المعرفي لعلوم الانسان والمجتمع، مجلة الإذاعات العربية. بدون سنة النشر.
- الداوي عبد الرزاق، أضواء على الأزمة البيئية المعاصرة، المركز العربي للأبحاث ودراسات السياسيات، 2012.
- فوزية برج، بيئوية الفقراء: ديناميات التكيف وممارسات العيش: مقاربة أنثروبولوجية، مجلة عمران، العدد 27، 2019.
- محمد أبيهي،قراءة في كتاب الماء وصناعة المقدس:دراسة أنتروبولوجية لبنيات المجتمع الواحي بالمغرب لمؤلفته دة.حنان حمودا،مجلة ليكسوس الإلكترونية،العدد،39يوليوز 2021م،صص:.123-126.

التقارير:

- المحمية الحيوية لواحات جنوب المغرب،2000.
- المشروع الوطني لإعداد وإنقاذ الواحات، مديرية إعداد التراب الوطني، 2006

الرسائل ( الماجستير).

- أحمد أيت عدي، تدبير الماء بالواحات وعلاقته بتدخل الدولة والساكنة المحلية"حالة واحة تنزولين"، 2012/2011، جامعة الحسن الثاني المحمدية.
- عبد اللطيف السملالي، تدخلات الدولة ودور المجتمع المدني في التنمية القروية بجماعة تاكونيت) واحة كتاوة، 2008/2006، جامعة ابن طفيل.

الرسائل (الدكتوراه).

- سليمان الداودي، التحولات السوسيومجالية ورهان التنمية المستدامة: حالة واحة فزواطة، جامعة الحسن الثاني الدار البيضاء كلية الآداب والعلوم الانسانية المحمدية مركز الدراسات في الدكتوراه: المجال، المجتمع، الثقافة، 2023/2022.

مقالات.

- حسن رامو، أسماء بوعوينات، من مجال مركزي إلى مجال هامشي: أية بدائل.
- مولاي حفيظ الراشيدي، نسيبة بوزيد . حمد بوحامد، موانع تثمين المنتوجات المجالية بالمنظومات الواحية:منتوج التمور بواحات درعة.

- الواحات المغربية: من مجال مركزي إلى مجال هامشي: أية بدائل، حسن رامو – معهد الدراسات الافريقية – جامعة محمد الخامس – الرباط، أسماء بوعوينات كلية الآداب والعلوم الإنسانية – جامعة الحسن الثاني – المحمدية.

الروابط الالكترونية:

- رشيد دحدوح، مفهوم الطبيعة في الفكر الايكولوجي المعاصر.
- https://www.agriculture.gov.ma/ar/filiere/palmier-dattier
- الموسوعة البيئية، النظام الايكولوجي، http://www.bee2ah.com
- https://www.agriculture.gov.ma/ar/filiere/palmier-dattier

**المراجع باللغات الأجنبية:**

- William Catton et Riley Dunlap, « A New Ecological Paradigm for Post Exuberant Sociology », American Behavioral Scientist, septembre 1980.
- Riley Dunlap: « Environmental Sociology: A New Paradigm », The American Sociologist, volume 13, février 1978, pages 41-49.
- Becerra, S., M. Saqalli, F. Gangneron et A.H. Dia, 2012, Ordinary vulnerabilities, coping strategies and future adaptability to water crises in the sahelian Mali (Gourma), Human Ecology: en cours de révision.
- Beck, E. et S. Glatron, 2009, Vulnérabilité socio-spatiale aux risques majeurs: l'approche du géographe », In: Becerra S., Peltier A., Risques et environnement: recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés, Paris, L'Harmattan.

# الفصل السادس عشر

# التغير المناخي وأثره في الهجرة لعدد من محافظات العراق

**أ.م.د.آمنة جبار مطر درويش الدليمي**

جامعة الانبار /كلية الآداب /قسم الجغرافيا

**المستخلص:**

تُشير ظاهرة النزوح في العراق إلى وجود تحدّيات بيئية واجتماعية واقتصادية وسياسية وديموغرافية تواجه البلاد، لاسيما عندما تقترن المسألة بعدم وجود بيانات كافية، ما يجعل الحالة العراقية فريدة ومُعقّدة.

تُعَدُّ الهجرة بسبب تَغَيُّرْ المناخ مشكلة ناشئة وغير مفهومة تماما تشكل ازمة المناخ أكثر تهديد لبقاء النوع، فهي تهدد بالفعل حقوق الانسان في جميع انحاء العالم. وماتعاني منه المحافظات الجنوبية والوسط العراقية (ميسان، المثنى، ذي قار، البصرة، القادسية، النجف، بابل، كربلاء ونينوى) من نزوح ناجم من شحة المياه ما يؤثر على التوزيع الجغرافي للسكان. وقد تمثلت مشكلة البحث بالتساؤل الاتي: كيف أسهم التغير المناخي في تزايد نزوح السكان نتيجة نقص ونوعية الموارد المتجددة في العراق. أما فرضية البحث: التغير المناخي له تأثير على هجرة السكان تعد مشكلة ذات ابعاد اقتصادية واجتماعية وديموغرافية وهذا ينعكس على نظرية الامن البيئي نتيجة نقص ونوعية الموارد المتجددة في العراق. أما هدف البحث: تسليط الضوء على مشكلة النزوح في المحافظات التي تعاني من التغير المناخي التي اسهمت في تراجع شحة المياه ونزوح السكان. اما منهج البحث: تم اعتماد المنهج الوصفي في وصف الظاهرة فضلا عن المنهج التحليلي والاستقرائي لتحليل البيانات المتعلقة بأعداد السكان والاسر النازحة من تلك المحافظات.

**المقدمة:**

للتغيرات المناخية آثار كبيرة على المجتمع البشري تمسه في مختلف نواحي حياته، فقد تطال تركيبته الاجتماعية أو معيشته أو أمنه أو صحته، وقد يؤدي الى نشوب اقتتال بين السكان المحليين بسبب تزايد عدد اللاجئين او النازحين، الناجم عن التغيرات المناخية الأمر الذي يزعزع استقرار مناطق بأكملها، ومن أهم النظريات الداعمة لموضوع تأثير التغير المناخي على هجرة السكان هي: نظرية الأمن البيئي التي تشير الى نقص نوعية وكمية الموارد المتجددة مع نمو سكاني وتوزيع غير عادل لموارد البيئة سيؤدي الى تزايد في محدودية موارد البيئة مما يؤدي الى تزايد الهجرة وانخفاض الإنتاج الاقتصادي فتضعف الدولة وتزداد الصراعات الاثنية والدولية، وكذلك نظرية مجتمع المخاطر العالمي: اذ يربط مجتمع المخاطر بين الحداثة والتنمية والبيئة وتهديد الأمن والصراع فيربط بين ندرة الموارد نتيجة التغيرات البيئية والاستهلاك المفرط والصراع العنيف بما فيها الانهيار المؤسسي(الماضي،2015، ص10)، ان نقص المياه يؤدي إلى التصحر والتعرية والجفاف وهي من أهم العوامل المؤثرة في التوزيع الجغرافي للسكان، لما يترتب عليه من آثار صحية تعترض وظائف الانسان العضوية، فضلاً عن تأثيرها على نوعية التربة والنبات الطبيعي وعلى المحاصيل الزراعية، ولها دور في دفع سكان الريف للنزوح الداخلي إلى مناطق أخرى في

الداخل او الهجرة الداخلية، تشير بعض التقارير الى ان تغير المناخ قد يجبر (216) مليون شخص على الهجرة داخل بلدانهم بحلول عام (2050). كما ان الصراعات المسلحة منذ عام 2003 قد تسببت بحركة نزوح غير مسبوقة سواء بين المحافظات أو داخل المحافظة نفسها، إذ اكدت المسموحات ان نسبة (40%) من السكان غيروا محل اقامتهم خلال تلك الأعوام، مما أدى إلى اختلالات مهمة في التوزيع الجغرافي، وهناك نسبة لا يستهان بها من شريحة الشباب قد هاجر خارج العراق، ولا سيما هجرة الكفاءات العلمية كالصحة والتعليم والبحث العلمي، مما كان له تداعيات سلبية على أداء وفعالية قوة العمل، تعد الهجرة بسبب التغير المناخي مشكلة ناشئة وغير مفهومة كما تشكل أزمة المناخ اكثر تهديد لبقاء النوع، فهي تهدد بالفعل حقوق الانسان في جميع انحاء العالم، وما تعاني منه المحافظات الجنوبية والوسط العراقية (ميسان، المينى، ذي قار، البصرة، القادسية، النجف، بابل، كربلاء ونينوى) من نزوح ناجم عن شحة المياه ما يؤثر على التوزيع الجغرافي للسكان.

**اولاً– المشكلة:**

كيف أسهم التغير المناخي في تزايد نزوح السكان نتيجة نقص ونوعية الموارد المائية المتجددة في العراق؟

**ثانياً – الفرضية:**

التغير المناخي له تأثير على هجرة السكان تعد مشكلة ذات ابعاد اقتصادية واجتماعية وديموغرافية، وهذا ينعكس على نظرية الأمن البيئي نتيجة نقص ونوعية الموارد المتجددة في العراق.

**ثالثاً – الهدف.**

تسليط الضوء على مشكلة النزوح في المحافظات التي تعاني من التغير المناخي الذي أسهم في تراجع تناقص كمية المياه ونزوح السكان.

**رابعاً – المنهج:**

تم اعتماد المنهج التحليلي والاستقرائي والمنهج الإقليمي والموضوعي.

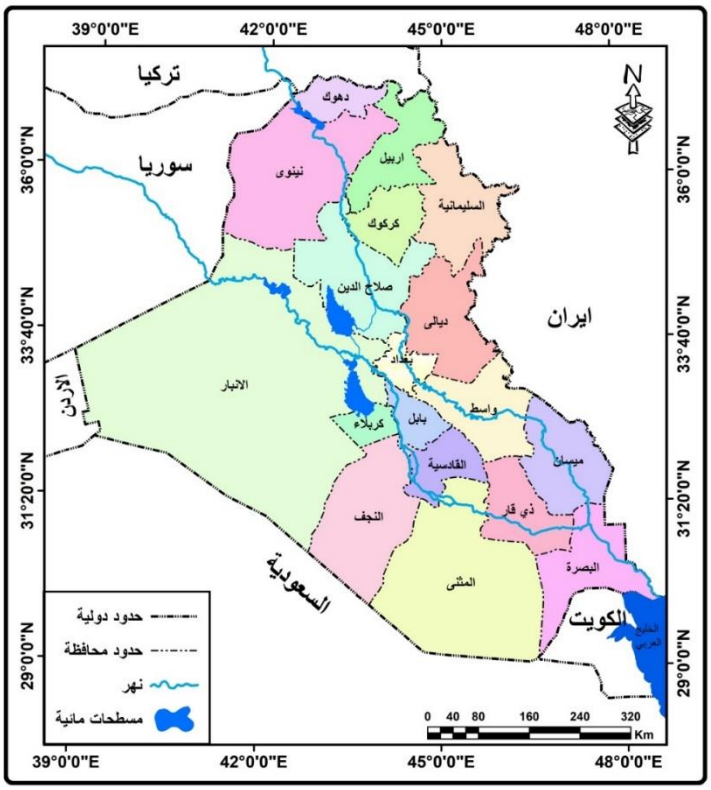
**خامساً – مبررات اختيار البحث:**

النزوح المستمر والذي صاحبه التراجع المضطرد في عملية الإنتاج الزراعي نتيجة هجرة الايادي العاملة ونتيجة شحة المياه مما اسهم في تخلخل سكاني للمناطق التي تم النزوح منها.

**سادساً – حدود الدراسة:**

أ– الموقع الفلكي: يقع العراق بين دائرتي عرض (4 4 29 – 8 22 37) شمالاً وخي طول (47 38 – 5 34 48) شرقاً خريطة (1).

ب– الموقع الجغرافي: يقع اقصى شمال شرق الوطن العربي تحيط به اربع دول عربية ودولتان غير عربيتان، تحده من الشمال تركيا وايران من الشرق والخليج العربي والكويت من الجنوب والسعودية والأردن وسوريا في الجنوبي الغربي والغرب، تبلغ مساحة العراق (43524)كم2، منها (924)كم2 مساحة المياه الإقليمية للعراق في الخليج العربي، وعدد الوحدات الإدارية هي (18)محافظة.




خريطة (1) العراق الإدارية

المصدر: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، مديرية المساحة العامة، 10000001،2023

**سابعاً – المفاهيم الأساسية:**

**1- التغير المناخي:**

بحسب تعريف الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC): أي تغير يحدث في المناخ بمرور الزمن سواء كانت نتيجة تأثيرات طبيعية او بشرية وايضاً ميزت بين تغير المناخ المرتبط بالنشاط البشري او الذي يحدث لأسباب طبيعية (الجمعية العامة للأمم المتحدة، (2009، ص4).

**2- النزوح الداخلي:**

النزوح لغة: نزح ما ينزح، ونزح ونزوحاً فهو نازح والمفعول منزوح، نزحت الدار بعدت، نزح عن بلاده رحل عنها، نزح الى مكان اخر انتقل، والنازح المسافر عن بلاده، بعد عنها، استقر النازحون في الخيام (ابن منظور،(1994)، ص(232-233)، اما النزوح اصطلاحاً: فيعنى ابتعاد الانسان عن بيته الى منطقة أخرى لأسباب عديدة قد تكون نتيجة اخطار وقعت او خشية وقوعها او نتيجة كوارث طبيعية (القانون الدولي الإنساني،(2002)،ص5).

فمفهوم النزوح يدخل في باب الهجرة القسرية التي تكون بدافع الهروب من موقف غير مرغوب فيه في بلد الفرد الاصلية(الجلبي،(2003)،ص293). وأشارت وزارة الهجرة والمهجرين العراقية الى النازحين بانهم العراقيين الذين أكرهوا او اضطروا للهرب من وحداتهم السكنية أو تركو أماكن إقامتهم المعتادة داخل العراق لتجنب آثار نزاع مسلح او أنتهاك للحقوق الإنسانية او كارثة طبيعية او بفعل الانسان او جراء تعسف السلطة او بسبب مشاريع تطويرية.( وزارة الهجرة والمهجرين،(2009)،ص5).

**3- الهجرة القسرية:**

وهي ترتبط عادة بالعوامل السياسية او الدينية او البيئة في أحيان أخرى، اذ تؤدي الى دفع فئات المجتمع او أصناف من الجنسيات او الجماعات السكانية الى ترك وحداتهم السكنية الى أماكن أخرى وهذه الهجرة لا ترتبط بمواعيد محددة ويطلق عليها في الغالب الهجرة القسرية او الاجبارية (Forced) او النزوح السكاني (Exodes) والتي تتم بصورة اجبارية لاجل انقاذ حياتهم، وتتم بصورة مباغته دفعه واحدة او شكل دفعات، يشمل في بعض الأحيان منطقة بكاملها، وتتفاوت المدة التي يقضيها المهاجرين بين بضعة اشهر او سنين او بصورة نهائية او قطعية.(جبيل، 2009،ص390-399).

**4- اللاجئ البيئي:**

عرفه عالم البيئة البريطاني (نورمان مايزر): هم الأشخاص الذين لم يعد بإمكانهم كسب رزقهم الامن في اوطانهم بسبب الجفاف، تعرية التربة، التصحر وإزالة الغابات وغيرها من المشكلات البيئية، الى جانب المشكلات المرتبطة بالضغوط السكانية والفقر المدقع، في حالة اليأس مع البحث عن ملاذ امن في مكان اخر(علي،2023،ص41).

**5- الهجرة الداخلية:**

انتقال الافراد من منطقة الى أخرى، سواء كان ذلك داخل حدود الدولة (بين المحافظات) او داخل المحافظة نفسها بين الاقضية والنواحي (سردار،(2015)،ص117).

**المبحث الأول – تأثير التغير المناخي على الموارد المائية في العراق.**

أشارت الدراسات بأن تغير المناخ سيؤدي إلى احتمال نقص موارد المياه السطحية والجوفية بدرجة تصل الى الخطورة الشديدة نتيجة لاختلال توزيع احزمة المطر كمياً ومكانياً، واحتمال حدوث انخفاضاً ملحوظاً في الناتج الوطني، وتمثل التغيرات المناخية تهديداً كبيراً يواجه مستقبل المياه في العراق، اذ ظهرت آثار تلك التغيرات إلى ارتفاع تركيز الأملاح في مياه الري وارتفاع منسوب المياه الجوفية إلى الحد الحرج، كما سيؤدي تغير نمط الأمطار إلى حدوث آثار إيجابية او سلبية على الدول التي تعتمد على الأمطار.

واسهمت التغيرات المناخية في العراق والمتمثلة بالتداعيات الاتية، شكل(1).

1- انخفاض متوسط معدل هطول الامطال السنوي بحلول 2050الى (9%).

2- زيادة متوسط درجة الحرارة السنوية بحلول عام 2050 الى درجة (2درجة مئوية)موجات حر اكثر، أيام برودة اقل.

3- معدل الزيادة السنونية للحرارة المئوية منذ الخمسينات (0.7).

4- انخفاض سنوي بمعدل الجريان السطحي للمياه على مستوى البلد (22%).

5- الانخفاض بالمعدل السنوي لهطول الأمطار في الجزء الجنوبي الشرقي خلال قرن (0.88)ملم/شهر.

6- انخفاض بالمعدل السنوي لهطول الأمطار في الجزء الغربي خلال قرن الى (5.93ملم/شهر).

7- زيادة بالمعدل السنوي لهطول الامطار في الجزء الشمالي الشرقي خلال قرن (2.4ملم/شهر)

شكل (1) التغيرات المناخية في العراق

**1- تأثير تغير المناخ في نهري دجلة والفرات:**

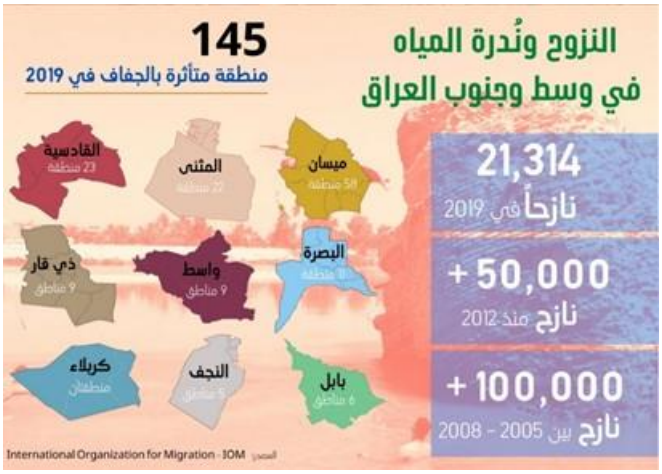
من المتوقع أن تنخفض إيرادات نهري دجلة والفرات وقد اشارت الدراسة الاستراتيجية لموارد المياه والأراضي بان العراق سيعاني من انخفاض مطر وفي قدرته في تلبية الاحتياجات المائية، اذ تقدر كمية الإيرادات المائية في عام 2035 الى (59.73) مليار م3، أي بنقص مقدار (17.64) مليار م3، وبمقارنة الإيرادات المتوفرة في عام 2035 مع الاحتياجات المائية المقدرة (في حال عدم تنفيذ الإصلاحات الأساسية لقطاع المياه) البالغة حوالي (70.67) مليار م3 فأن هنالك عجز مقداره (10.94) مليار م3. (التخطيط، 2023ص29) وقد زادت كمية الاستخدام المنزلي والصناعي للمياه، وبالتالي فرض تحديات جديدة على الموارد الطبيعية، شكل (2)

شكل (2) استهلاك العراق من المياه سنوياً

2- الهشاشة في التنمية:

تشير البيانات لعام 2018 ان نسبة الفقر في العراق قد بلغت (20.4%) من مجموع السكان، اذ بلغ عدد الفقراء (7390529) سبعة ملايين وثلاثمائة وتسعون الف وخمسمائة وتسع وعشرون، كما اثرت جائحة كورونا على الفقر والفئات الهشه في المجتمع العراقي عام 2020 وادت الى ارتفاع الفقر الى (31.7%)، واصبح عدد الفقراء (11) مليونا و(400)الف نسمة، بعد ان كان قبل الازمة (10)ملايين فرد، وان نسبة الفقر بين الأطفال دون سن (18) بعد (جائحة كورونا) بلغت (38%)

كما تشير البيانات لعام 2018 الى ان معدل البطالة قد بلغ (12%)، ولفئة الشباب (34%) ونسبة تشغيل النساء (30%)، ونسبة عمالة الأطفال (5%).( التخطي،(2023)،ص25). ويرتبط جزء كبير من مشكلة البطالة بمعضلة الاقتصاد العراقي بعد عام 2003بسبب الاعتماد الكلي على قطاع النفط، وعدم تنشيط القطاع الخاص وقد يكون للتغيرات المناخية تأثير كبير على حقوق الانسان الأساسية في التنمية، مما يهدد امنهم الإنساني مما ينتج عنه ارتفاع معدلات البطالة والفقر في حال تراجع كميات المياه الواردة للعراق الامر الذي يؤثر على المنتجين من صغار الفلاحين ويهدد الامن والاستقرار، وهي اساسان لضمان أي تنمية مستدامة، وتشير الدراسات للجنة الهجرة والمهجرين (IOM) لعام 2019 تزايد عدد النازحين في وسط وجنوب العراق نتيجة تراجع كميات المياه في (145)منطقة متأثرة بالجفاف، فضلاً عن جفاف اهوار الجنوب في (9)محافظات كما في شكل (3).




شكل (3) النزوح وندرة المياه في وسط وجنوب العراق

**3- اثار تغير المناخ والتدهور البيئي:**

يمكن ان تؤدي الاحداث البيئية السلبية الى انخفاض غلة المحاصيل وصيد الأسماك، وانخفاض القدرة على اطعام الماشية، ونتيجة لذلك تخلت بعض الاسر عن الزراعة، تربية الماشية وصيد الأسماك، فضلاً عن تدهور الأراضي والموارد المائية الشحيحة ان يسهم في التوترات المجتمعية الامر الذي يجعل الأساليب التعاونية اتجاه ادار المياه اكثر صعوبة (للهجرة،2023،ص1). فأن تغير المناخ والتدهور البيئي يجعلان المواقع اقل صلاحية للسكن من خلال إعاقة قدرة الاسر على تلبية احتياجاتها الأساسية، فعلى سبيل المثال يؤثر نقص المياه على النتائج الصحية الفردية والمخاطر المجتمعية الصحية:

- تفشي الأمراض المعدية ولمواجهة هذه الضغوط تضطر بعض الأسر إلى أرسال أفرادها الى مواقع أخرى بحثاً عن العمل.
- تقوم أسر أخرى بتخفيض نفقاتها او بيع ممتلكاتها او أراضيها او ماشيتها، أو قد تنزح الأسر إلى مواقع أخرى في حال استمرار تلك الظروف.

وقد تم الاعتماد من قبل المنظمة الدولية للهجرة والتي قامت بالمسح في جمع البيانات في العراق للمدة (آب – تشرين الأول) لعام 2023. ويستند هذا المسح الى اعتماد (خوارزمية الغابة العشوائية): وهي مبنية على نموذج شجرة القرار: وهو نوع من خوارزمية التعلم الالي التي تصنف المتنبئين حسب مستوى ارتباطهم بالمتغير التابع،

ويقوم بفرز الملاحظات في مجموعات على أساس السمات المشتركة بينها، ويمكن استخدام تحليل شجرة القرار لغرض تصنيف المواقع بناءً على المتغيرات الأكثر صلة، والتنبؤ بالفئة التي تندرج تحتها المواقع بناء على تلك الخصائص، وكان المتغير التابع لأشجار القرار المكونة للغابة العشوائية هو(معدل الافتقار السكاني)( أي نسبة السكان الأصليين النازحين) مجمعة على النحو التالي:

- هجرة سكانية منخفضة (0–10%)
- هجرة سكانية متوسطة (11–30%).
- هجرة سكانية عالية (31–100%).

وبشكل عام، تم اختيار(38)متغيراً مستقلاً من خلال تحليل الغابة العشوائية.(للهجرة، 2023،ص3). يستند التحليل الخاص بهذا القسم الى خوارزمية تصنيف الغابة العشوائية:

1– ان اقوى الاعتماد على الأرض لكسب الرزق، اذ ان التغيرات البيئية تأثير اكبر على المزارعين ورعاة الماشية والرعاة المتنقلون، كونهم يعتمدون على الظروف البيئية المواتية لسبل العيش.

2– مؤشر على معدل هجرة السكان، هو لجوء الاسر الى تدابير التخفيف، اذ يدل هذا المؤشر على تأثر الاسر سلباً بالتغيرات البيئية، واضطرارها الى اتخاذ إجراءات معينة للتغلب على التحديات. وتعد تدابير التخفيف الوسيلة الأكثر شيوعاً. فأرسال احد افراد الاسرة الى موقع اخر لكسب المال، يشير الى نقص فرص كسب الرزق في منطقة الأصل.(للهجرة،2023،ص1) ومن الأمثلة الأخرى اقتراض المال، وتقليل كمية الطعام او اخراج الطلبة من مدارسهم وفي نهاية المطاف تضطر الاسرة الى مغادرة المنطقة وهناك مؤشرات كما في شكل (4) تناقص عدد السكان بسبب تغير المناخ

شكل (4) اهم (5) مؤشرات على تناقص حجم السكان بسبب تغير المناخ

| | | |
|---|---|---|
| 1 | قضايا المياه | 10.09 |
| 2 | معاناة الاسر لتلبية احتياجاتها | 8.64 |
| 3 | قضايا الخدمات والبنية التحتية | 8.38 |
| 4 | الاعتماد على الأرض كسبيل للعيش | 7.73 |
| 5 | تبني تدابير مخففة | 6.48 |

المصدر: اللجنة الدولية للهجرة، دوافع النزوح الناجم عن تغير المناخ في العراق، بعثة العراق(IOM IRAQ)، المنظمة الدولية بغداد – العراق، 2023،ص1.

**المبحث الثاني – النزوح الناجم عن شحة المياه في المحافظات الجنوبية:**

ان شحة المياه وجفاف الأراضي الزراعية أصبحت سبباً رئيساً في هجرة سكان الريف بحثاً عن فرص أخرى والاستقرار في بيئات جديدة ذات موارد مالية واجتماعية وصحية التي توفر لهم حياة افضل في الحصول على الخدمات والحقوق، ان عواقب التحديات المناخية التي يواجها العراق تتطلب اتخاذ إجراءات منسقة لتخفيف الاحتياجات لتجنب المزيد من النزوح ومنع تفاقم المشكلات الاجتماعية القائمة، لقد اصبح العراق اكثر عرضة للمخاطر نتيجة التدهور البيئي الحاد واهمال الحفاظ على البيئة وضعف الأطر القانونية والتنظيمية للإدارة البيئة

وضعف الترتيبات والقدرات المؤسسية التي تعرقل التنمية بعد انتهاء مرحلة النزاع، وتعيق جهود الحد من الفقر وتعزيز سبل العيش وتخفيف الصراع للحصول على الموارد الطبيعية.

النزوح الناجم عن التغير المناخي حدث في المحافظات الجنوبية(ميسان، المثنى، ذي قار، البصرة)، والمحافظات الوسطى (القادسية، النجف، بابل، واسط، كربلاء) وحدث النزوح ايضاً في قضائيين من محافظة (نينوى) هما (البعاج والحضر).

إذ أن (303)اسرة ما زالت نازحة نتيجة لظروف الجفاف، ففي قضاء البعاج، ما زالت (169)اسرة نازحة من مركز البعاج و (34)اسرة نازحة من القحطانية، وفي الحضر فهناك (80)اسرة نازحة من ناحية التل و (30) اسرة نازحة من مركز الحضر بسبب التدهور البيئي وقد شجع الكثير من الاسر المعتمدة على الزراعة غير القادرة على ضمان سبل عيش كافية ومستدامة في المناطق الريفية الى النزوح والهجرة.(الدولية،2019،ص2-3)،وقد تمثلت اتجاهات النزوح بالتوزيع الآتي:

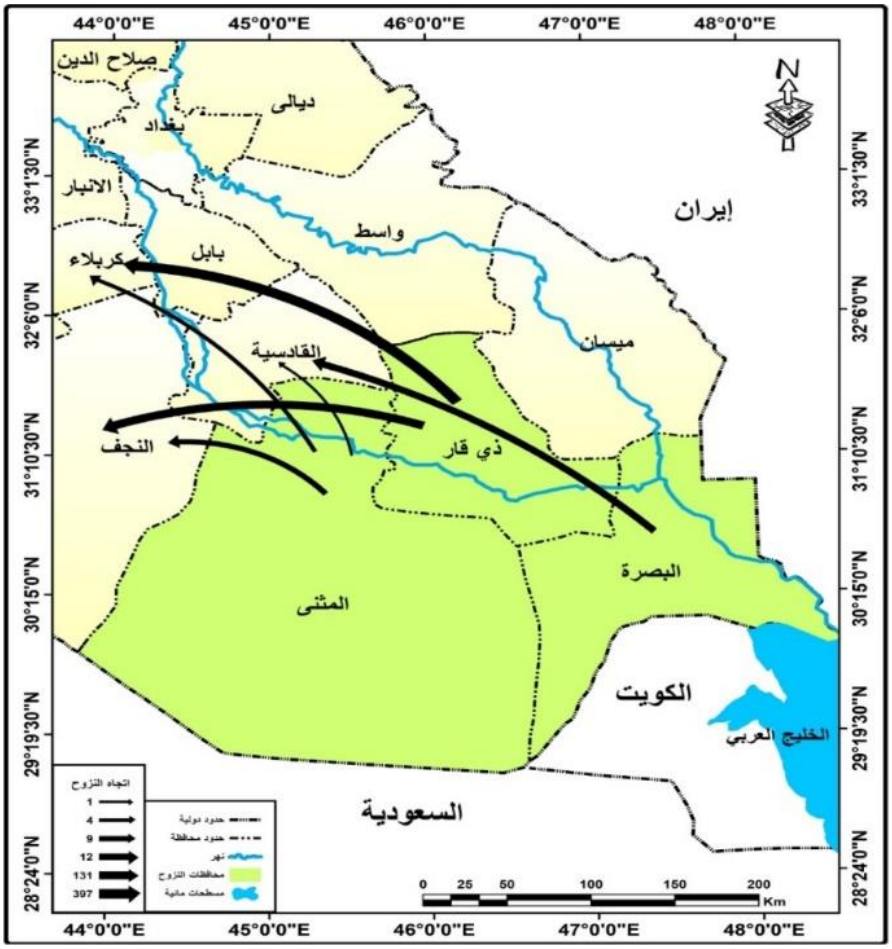
اولاً – النزوح الناجم عن شحة المياه في المحافظات الجنوبية الأربعة (ميسان، المثنى، ذي قار والبصرة).

في عام (2019) نزحت (5347)اسرة من محافظات (ميسان، المثنى، ذي قار والبصرة) وان (2587) من هذه الاسر التي نزحت الى سبع محافظات في جنوب العراق، لاسيما المحافظات الأربعة التي نزحت منها، وتشير التحليلات الخاصة بمحافظات المنشأ للنازحين الى محافظة ذي قار هي الأكثر تضررا من وضع النزوح الناجم من شحة المياه او الجفاف، إذ أن (60%) من النازحين منها، تليها محافظة ميسان بنسبة (27%)، وثم محافظة البصرة بنسبة (8%) ومحافظة المثنى (5%).وبذات الوقت فإن محافظة ذي قار تستضيف الحصة الأكبر من النازحين بنسبة (40%)و(1025اسرة) وتليها ميسان بنسبة (27%) وكربلاء (15%) ثم البصرة (8%) والنجف والمثنى (5%) لكليهما وأخيراً القادسية (1%) جدول (1) خريطة (2).

جدول (1) التوزيع الجغرافي للنزوح الكلي بحسب محافظة المنشأ ومحافظات النزوح.

| محافظة المنشأ | عدد العائلات النازحة | % | محافظة المنشأ | عدد العائلات النازحة | % |
|---|---|---|---|---|---|
| ذي قار | 1553 | 60 | ذي قار | 1035 | 39.8 |
| | | | كربلاء | 397 | 15 |
| | | | النجف | 131 | 5 |
| ميسان | 694 | 26.9 | ميسان | 694 | 37 |
| البصرة | 208 | 8 | البصرة | 196 | 7.6 |
| | | | القادسية | 12 | 0.5 |
| المثنى | 132 | 5.1 | المثنى | 118 | 4.6 |
| | | | النجف | 9 | 0.4 |
| | | | كربلاء | 4 | 0.1 |
| | | | القادسية | 1 | 0 |
| المجموع | 2587 | 100 | - | 2597 | 100 |

المصدر: منظمة الهجرة الدولية (IOM)، مسح العائلات العراقية التي نزحت بسبب شحة المياه خلال المدة نسيان 2018 – كانون الثاني 2019، فضلا عن تصنيف المواقع المتأثرة بشحة المياه في تشرين الأول 2018 وتم تحديثة في كانون الثاني 2021.




خريطة (2) المواقع المتأثرة بحسب عدد العائلات النازحة في المحافظات الجنوبية الأربعة

المصدر بالاعتماد على 1: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، مديرية المساحة العامة،10000001،2023/

1- جدول 1 – و **مخرجات برنامج (ArcMap10.8)**

علماً بأنه يوجد اتجاهات نزوح متنوعة عبر المحافظات وداخل كل محافظة، إذ أن جميع الاسر النازحة في الأصل من ميسان قد نزحوا داخل ميسان، وبالمثل فإن (94%) من النازحين في البصرة قد نزحوا الى أماكن داخل المحافظة، و (89%) بالنسبة للنازحين في محافظة البصرة.

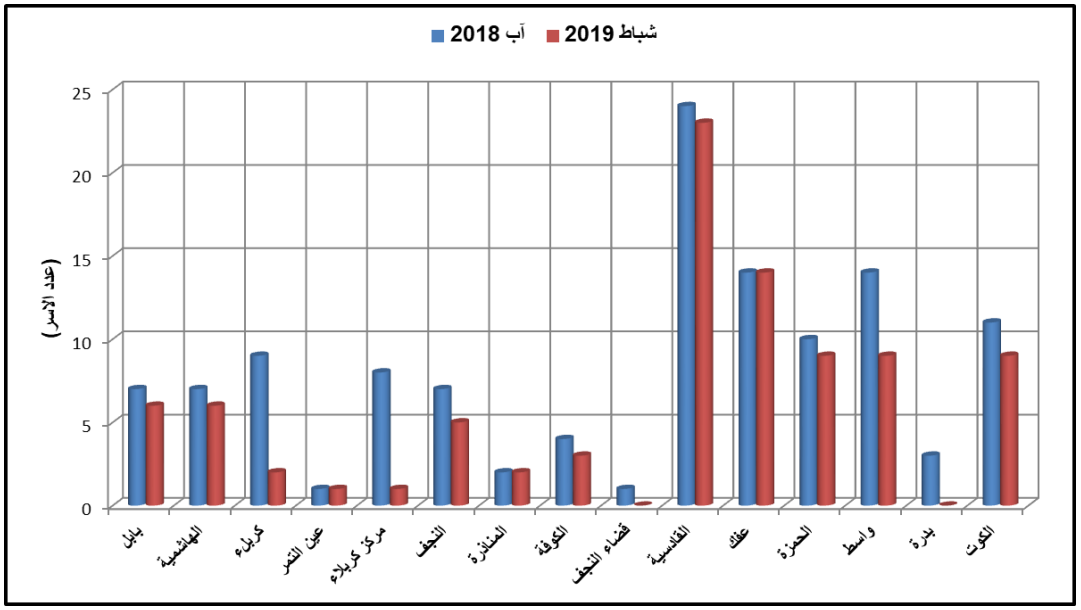
ومن بين أسر النازحين في محافظة ذي قار نزحت (1025)اسرة الى مناطق أخرى في المحافظة، بينما نزح البقية الى كربلاء والنجف حوالي (382اسرة و 131اسرة) على التتابع، وقد نزحت معظم الاسر الى المناطق الحضرية بنسبة (77%) من ذي قار نتيجة جفاف الاهوار لشحة المياه الواصلة وبنسبة (16%) من ميسان، و (56اسرة) بنسبة (5%)من المثنى، و(21)اسرة بنسبة (2%) من البصرة.

ويظهر تحليل اتجاهات النزوح عبر وداخل المحافظات ان جميع الاسر النازحة الجديدة قد نزحت داخل محافظتها الاصلية باستثناء (40اسرة) بنسبة (4%)من ذي قار انتقلت الى كربلاء. ومن معطيات الجدولين (1،2) والشكل البياني (1)النزوح الكلي بحسب المحافظات والاقضية.

جدول (2) التوزيع الجغرافي للأقضية المتأثرة بشحة المياه.

| قضاء – ناحية | آب 2018 | شباط 2019 |
|---|---|---|
| بابل | 7 | 6 |
| الهاشمية | 7 | 6 |
| كربلاء | 9 | 2 |
| عين التمر | 1 | 1 |
| مركز كربلاء | 8 | 1 |
| النجف | 7 | 5 |
| المناذرة | 2 | 2 |
| الكوفة | 4 | 3 |
| قضاء النجف | 1 | – |
| القادسية | 24 | 23 |
| عفك | 14 | 14 |
| الحمزة | 10 | 9 |
| واسط | 14 | 9 |
| بدرة | 3 | – |
| الكوت | 11 | 9 |
| المجموع | 65 | 45 |

المصدر: منظمة الهجرة الدولية، مصفوفة تتبع النزوح، لعام 2019




الشكل البياني (1) التوزيع الجغرافي والنسبي للأقضية المتأثرة بشحة المياه

المصدر جدول (2)

**ثانياً – النزوح الناجم عن شحة المياه في محافظات وسط العراق (القادسية، النجف، بابل، واسط وكربلاء):**

في عام 2019 نزحت (1727) اسرة من محافظات (القادسية، واسط، النجف، بابل وكربلاء) بسبب شحة المياه نتيجة لقلة الامطار الهاطلة، فضلاً عن تناقص الإيرادات المائية الواصلة لنهري دجلة والفرات..

محافظة القادسية هي الأشد ضرراً من النزوح الناجم من شحة المياه أي بنسبة (63%) من النازحين بمقدار (622)اسرة، تليها النجف بنسبة (21%) بـ(205)اسرة، ثم واسط بنسبة (12%) أي (119)اسرة، ثم بابل بنسبة (2%) بـ(22)اسرة، ثم كربلاء بنسبة (2%) و(19)اسرة.تستضيف محافظة القادسية الحصة الأكبر من السكان النازحين بسبب شحة المياه من المحافظات الوسطى بنسبة (62%) حوالي (615)اسرة، تليها النجف بنسبة (21%)، أي (209)اسرة، ثم واسط (12%)، أي (116)اسرة وكربلاء (5%، (47)اسرة.

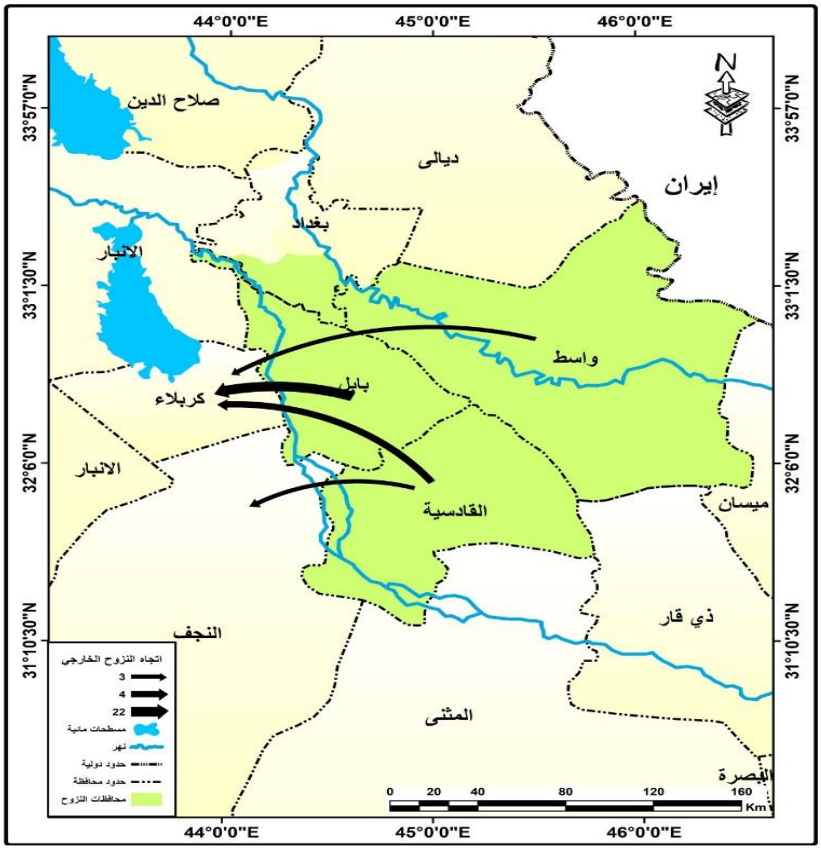
ولا تستضيف بابل أياً من الاسر بسبب شحة المياه، علماً بان جميع النازحين من كربلاء والنجف نزحوا داخل محافظاتهم.ونزح معظم النازحين من محافظة واسط الى مناطق أخرى داخل المحافظة بنسبة (97%) (116)اسرة، وهناك عدد صغير منهم قد نزح الى محافظة كربلاء بنسبة (3%) و(3)اسر جدول(3) وخريطة(3).وقد نزحت الغالبية العظمى من النازحين القادمين اساساً من القادسية الى مناطق أخرى داخل المحافظة أي بنسبة (99%) (615)اسرة لكن بعضهم أيضا نزحوا الى محافظة كربلاء (4)اسر، ومحافظة النجف (1%) حوالي (3)اسر .(الدولية،(2019)،ص1–3)

جدول (3) التوزيع الجغرافي والنسبي للأسر النازحة بحسب محافظة المنشأ ومحافظة النزوح

| محافظة المنشا | عدد الاسر النازحة | % | محافظة النزوح | عدد الاسر النازحة | % |
|---|---|---|---|---|---|
| القادسية | 622 | 63 | القادسية | 615 | 63 |
| | | | النجف | 4 | 1> |
| | | | كربلاء | 3 | 1> |
| النجف | 2.5 | 20.8 | النجف | 2.5 | 2.8 |
| واسط | 119 | 12 | واسط | 113 | 18 |
| | 22 | 2.2 | كربلاء | 3 | 1> |
| بابل | 22 | 2.2 | كربلاء | 22 | 2.2 |
| كربلاء | 19 | 1.9 | كربلاء | 12 | 1.9 |

المصدر: منظمة الهجرة الدولية (IOM)، مصفوفة تتبع النزوح (DTM) بشأن العائلات العراقية بسبب شحة المياه والجفاف خلال المدة من نيسان 2018 – شباط 2019

خريطة (3)التوزيع الجغرافي للاسر النازحة بحسب محافظة المنشأومحافظة النزوح




المصدربالاعتماد على 1: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، مديرية المساحة العامة،10000001،2023/ 2- جدول( 3)/ومخرجات برنامج (Arc Map10.8)

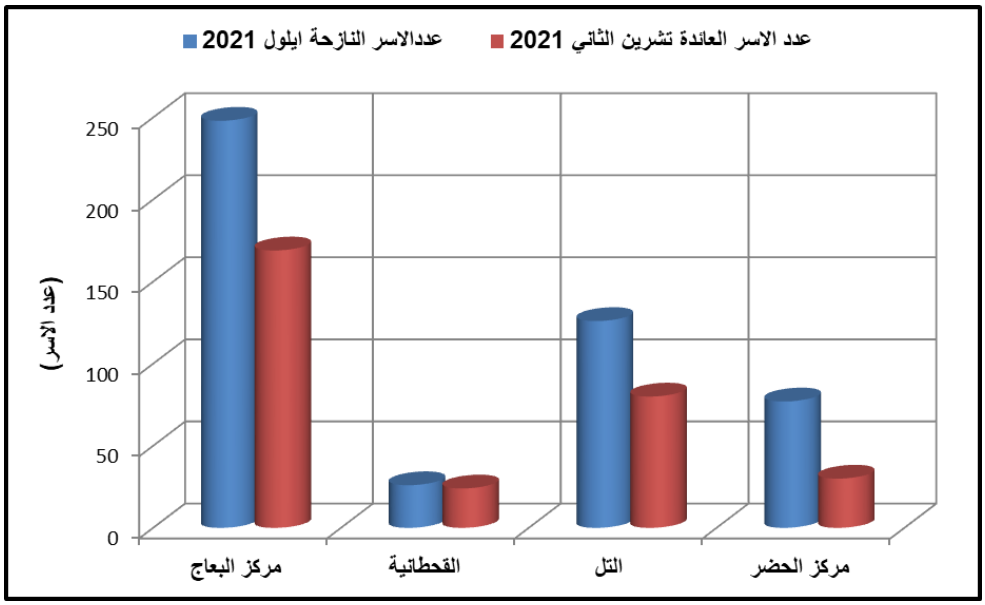
**ثالثاً – النزوح الناجم عن تغير المناخ في محافظة نينوى:**

نزحت الاسر العائدة بسبب انخفاض هطول الامطار الذي اثر بشدة على قدرة الاسر في توفير العلف للماشية، كما يحدث النزوح الموسمي كل عام، لكن انخفاض هطول الامطار وقلة الغطاء النباتي في عام 2021؛ أدى الى نزوح كبير في المناطق الريفية الجنوبية من محافظة نينوى نتيجة لظروف الجفاف وحدث النزوح بسبب تغير المناخ في قضائين من محافظة نينوى هما: البعاج والخضر ففي قضاء البعاج ما زالت (169) اسرة نازحة من مركز البعاج، و (24)اسرة من القطحانية وانخفض اجمالي الاسر النازحة من قضائي البعاج والحضر بمقدار (174)أسرة منذ أيلول (2021)، اذ تبدأ زراعة القمح والشعير عادة في شهري (تشرين الثاني وكانون الأول) من كل عام، مما قد يؤدي ايضاً الى عودة الاسر النازحة بين أيلول – وتشرين الثاني لعام 2021، كما حدث ايضاً اكبر انخفاض في عدد الاسر النازحة في ناحية مركز البعاج (79)اسرة، تليها ناحية مركز الحضر (47)اسرة وناحية التل (46)اسرة جدول (4) والشكل البياني (2) وفي ناحية القحطانية انخفض العدد بمقدار اسرتين نازحتين منذ أيلول 2021.(الدولية،(2021)،ص1-2.

جدول (4) التوزيع الجغرافي للأسر التي نزحت بسبب الجفاف في محافظة نينوى لعام 2021.

| الوحدة الإدارية | المنطقة | عدد الاسر النازحة أيلول 2021 | عدد الاسر العائدة تشرين الثاني2021 |
|---|---|---|---|
| قضاء البعاج | مركز البعاج | 248 | 169 |
| | القحطانية | 26 | 24 |
| قضاء الحضر | التل | 126 | 80 |
| | مركز الحضر | 77 | 30 |

المصدر: منظمة الهجرة الدولية، شحة المياه والنزوح في محافظة نينوى لعام 2021




شكل بياني (2)التوزيع العددي للاسر النازحة في محافظة نينوى لعام 2021

- **تداعيات تغير المناخ في المناخ:**

يواجه جنوب العراق تهديدات كبيرة متعلقة بالمناخ والتدهور البيئي، اذ تتعرض البلاد لتحولات شديدة في أنماط الطقس، فقد خسر العراق على الأقل ما يقترب من (50%) من إيراداته المائية السنوية من نهر الفرات و (40%) من نهر دجلة خلال (40)عاماً الماضية، أدت موجات الحرارة الشديدة وتراجع هطول الامطار وترار العواصف الترابية الشديدة، شكل(4) والملوحة الى فقدان (60000)الف دونم من الأراضي الزراعية وال(30000)الف شجرة مما أدى الى نزوح ما يقارب (3000)اسرة في ثماني محافظات(شكر، 2023، ص4)تصل نسبة الاراضي الصحراوية الى (31%) من مساحة العراق،فضلا عن انخفاض خصوبة التربة وارتفاع الملوحة في الاراضي الزراعية،والتعرية وامتداد الكثبان الرملية وان (39%)وان (54%)تحت تهديد التصحر من الاراضي الزراعية نتيجة التغير المناخي وشحة المياه.

شكل (4) العواصف الغبارية

**الاستنتاجات:**

1- تشهد هجرة السكان من القرى والارياف الى المدن ومراكزها مخاطر اقتصادية واجتماعية متنوعة، أهمها انخفاض كميات الإنتاج الزراعي على المستوى الوطني بسبب هجرة السكان.

2- الهجرة القسرية والنزوح من الريف الى المدن تهدد الامن الغذائي للبلد وتزيد من حجم الفجوة الغذائية، وتدفع أسعار المواد الغذائية للارتفاع نتيجة الاعتماد على الاستيراد.

3- قد يسبب النزوح بروز مشكلات اجتماعية واقتصادية خطيرة من بينها النزاعات العشائرية وارتفاع البطالة والتنافس على فرص العمل.

4- سيؤدي النزوح الى التغيرات الديموغرافية وطرق العيش وعدم استيعاب المدارس للأعداد المتنامية وعدم قدرة المجتمعات بالإيفاء للأعداد المتزايدة من الخدمات.

5- الحكومة لا تمتلك أي خطط لمعالجة الهجرة القسرية لسكان الأرياف والاهوار، فضلاً عن عدم ادراكها ما قد تشكله من مخاطر اقتصادية واجتماعية وامنية.

**المقترحات.**

- الحكومة العراقية:

1- تعزيز القدرة التشغيلية والقدرة على مراقبة وتنظيم وتخصيص الموارد المائية في البلد، في ضوء حقيقة ان جميع مياه الامطار هو هدف استراتيجي لاستراتيجية الحكومة العراقية الوطنية للأمن الغذائي للأعوام (2023 – 2030) من خلال تحسين المراقبة الآنية للموارد المائية.

2- العمل على رسم الخرائط الجغرافية لمستويات المياه الجوفية وتتبع أنماط المناخ، من المتوقع هطول بكميات كبيرة في الأعوام القادمة بسبب ظاهرة النيو العالمية يمكن رصد الأعوام الرطبة وتوجيه المزارعين في اتخاذ قرارات رئيسة ما يخص الزراعة والحصاد، والعمل على استخدام حصاد المياه.

3- تحسين أطر إدارة المياه والمناخ والنزوح، دعم وزارة الموارد المائية العراقية في تحديث إستراتيجيتها الوطنية لموارد الأراضي والمياه من عام 2014 الى عام 2035.

4- التحرك بسرعة اكبر استكمال (الورقة الخضراء) للعراق والتي تهدف الى تعزيز تطلعات الحكومة العراقية بشأن المناخ والتأثير على العمل المناخي عبر أصحاب المصلحة والقطاعات، واذا استغرق بناء السياسات الوطنية مدة أطول.

- الجهات المانحة والمؤسسات المالية والدولية:

تقديم المساعدة للحكومة العراقية في ضمان التزام دول المنبع بشروط أي اتفاقيات لتقاسيم المياه العابرة للحدود من اجل الحفاظ على امدادات المياه الكافية والنظيفة.

- الدعوة الى زيادة الدعم لبرامج تغير المناخ من المنظمات الإنمائية والإنسانية والمبادرات التي تساند عمليات التكيف والممارسات الزراعية (الذكية مناخياً)
- تمويل برامج التكيف مع المناخ وتحقيق الاستقرار فيه وتقديم الدعم الفني للحكومة العراقية في شكل بناء القدرات على المستوى المحلي وتطوير الاستراتيجية التشغيلية
- تتوقع الأمم المتحدة ان العراق سيحتاج الى (233)مليار دولار امريكي بحلول عام 2040 من اجل معالجة الفجوات الأكثر الحاحاً في الاستثمار المناخي.
- الشركاء في المجال الإنساني والتنموي: تقديم المساعدة بتعاون المجلس النرويجي للاجئين في الوقت الحاضر مع مختلف المعينين في محافظة نينوى لاجل وضع استتراتيجيات مملوكة محلياً للتعامل مع اثار تغير المناخ.

**الهوامش**

1. الماضي، احمد عبدالله، (2015)، اثر التغيرات المناخية على الامن الإنساني، مجلة جامعة تكريت القانونية، المجلد7، العدد26.
2. المصدر نفسه، ص 71-87.
3. الجمعية العامة للأمم المتحدة،(2009) الهيئة الدولية لتغير المناخ (IPCC)
4. ابن منظور،(1994)، لسان العرب، المجلد5،ط2، دار صادر، بيروت.
5. القانون الدولي الإنساني، 2002، اللجنة الدولية للصليب الأحمر، ط2.
6. الجلبي، علي عبدالرزاق، (2003)، علم اجتماع السكان، دار المسيرة للنشر، عمان، بغداد.
7. المهجرين، وزارة الهجرة، (2009)، دليل وزارة الهجرة والمهجرين في العراق، الفصل الثاني، بغداد.
8. جبيل، جبار عبد، قاسم عبد الجنابي الجنابي(2009)، التوزيع الجغرافي لظاهرة الهجرة القسرية في محافظة بغداد وابعادها الاقتصادية والاجتماعية (2003-2007)، مجلة الأستاذ، العدد81.

9. علي، سليمان آيت، (2023)، الهجرة والأمن الإنساني: اللجوء البيئي ومعضلة الاعتراف والحماية، مجلة القانون والمجتمع، معهد الدراسات الاجتماعية والإعلامية، العدد11، الفصل الرابع، مراكش – المغرب.
10. سردار، عبدالرحمن سيف، (2015) جغرافية السكان، دار الرأي للنشر، ط1، عمان – الأردن.
11. التخطيط، وزارة،(2023) التغيرات المناخية في العراق تحدي الواقع وصمود المستقبل، اللجنة الدائمة لمتابعة التغيرات المناخية.
12. للهجرة، المنظمة الدولية،(2023)، دوافع النزوح القائم عن تغير المناخ في العراق، بعثة العراق ( IOM IRAQ)، المنظمة الدولية – بغداد – العراق.
13. المصدر نفسة.
14. الدولية، منظمة الهجرة (IOM)،(2019) تقييم شحة المياه والنزوح في ميسان، المثنى، ذي قار والبصرة، تقرير تتبع النزوح (DTM).
15. الدولية، منظمة الهجرة الدولية (IOM)،(2019)، تقييم المياه والنزوح (ألقادسية، النجف، بابل، واسط وكربلاء)، تقرير تتبع النزوح (DTM).
16. الدولية، منظمة الهجرة،(2021)، تقرير النزوح الناجم عن شحة المياه، نينوى.
17. شكر، زينب(2023) التدهور البيئي، وتغير المناخ والنزوح في العراق، مركز الامارات للسياسات، قضايا متخصصة، مقال منشور في 2023/5/24. https://epc.ar/details

# الباب الثالث

# استعراض كتب مهمة

**الفصل السابع عشر: مناخ الأرض عبر الأزمنة والعصور**

**د. سمر الصيرفي**

**الفصل الثامن عشر: ثلاث درجات أعلى**

**مها أسعد مرزة**

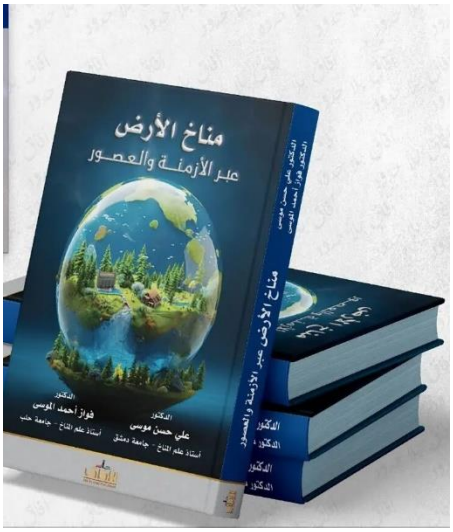
# الفصل السابع عشر

# قراءة في كتاب

# مناخ الأرض عبر الأزمنة والعصور

تأليف

أ. د. علي حسن موسى، أ. د. فواز أحمد الموسى




**د. سمر الصيرفي**

مدرس في قسم الجغرافية – جامعة حلب

**كتاب "مناخ الأرض عبر الأزمنة والعصور"**

صادر عن دار الآفاق العلمية

دولة الامارات العربية المتحدة عام 2024

يشير مصطلح **تغير المناخ Climate Change** إلى أي تغير يحدث في حالة المناخ والذي يمكن التعرف علية (باستخدام الاختبارات الإحصائية مثلاً) فهو ناتج عن تغير في معدل خصائصه وتقلباته ويستمر ذلك لمدة ممتدة تبلغ عادة عقود أو أطول من ذلك، وقد يعود التغير المناخي إلى عمليات داخلية طبيعية أو تأثيرات خارجية مثل التغيرات التي تحدث في الدورة الشمسية والانفجارات البركانية، والتغيرات المستمرة الناتجة عن الأنشطة البشرية في تركيب الغلاف الجوي أو في استخدام الأراضي.

لقد غدا التغير المناخي حديث العامة أكثر من الخاصة، بل بات حديث الفنانين والسياسيين.. و..و... مهم وغير مهم فقلة من أولئك المتاجرين به الذين لا يعرفون ماذا ينطقون، ولا دلالة على ما يتحدثون، وهم لا يدرون أن التغير المناخي هو تغير حراري بما له من انعكاسات على عناصر المناخ المختلفة، وقد يكون إيجابياً (احتراراً وجهة نحو التسخن) أو سلباً (تبرداً واتجاهاً نحو التجلد). لقد دخل التغير المناخي والاحتباس الحراري مجال التكهنات، وغدا مادة دسمة للكتاب من غير المتخصصين حتى في أقرب العلوم لعلم الأرض وعلم المناخ، وأصبح بعض ممن يتخصصون الزوايا والأعمدة يجيدون الكلام والكتابة بكل شيء، لأنهم علماء عصرهم الموسوعيين، دون أن يكون لمن ذكروا سابقاً أي علم بما ينطقون به ويكتبون، ولا قاعدة يرتكزون عليها. وتحول العلم بذلك إلى تجارة، يمول ويسيس.

نشاهد ونسمع ونقرأ الكثير ممن يتحدث عن تغير المناخ ولا يعرفون لفظ المصطلح فيقولون: (المَنَاخ) – بفتح الميم وهذا ما لم تنص عليه المعاجم اللغوية وهذا لم تنطقه العرب. فكيف يفتي في قضية تغير المناخ من لا يعرف مفهوم المناخ؟ ولو عدنا إلى الوراء آلاف وعشرات آلاف السنين، بل ومئات ألوف السنين، لأدركنا حقيقة مفادها؛ أن مناخ الأرض ليس ثابتاً مستقراً في مكان عبر الزمن الطويل أو حتى القصير، بل هو متذبذب من سنة إلى أخرى ومتغير في مدى زمني طويل نسبياً، ومتبدل في مدى أطول. وهذا يعكسه عدم الثبات والاستقرار في موقع الأرض من الشمس، وفي النشاط الشمسي وفعاليته، بجانب الحركات الأرضية الفلكية والتكتونية. نعم هناك تذبذبات وتقلبات في الأحوال الجوية عل مدى العقود والسنوات (أسبابها أرضية وفلكية أكثر منها بشرية). وما يقال عن التغير في المناخ نحو الاحترار لم ينكره أحد، وهذا ما حدث في عصور قديمة دون أن ينسب للإنسان، وإنه في تغير على مدى دورات متباينة المدة، ما بين الاحترار (عصور دفيئة) وبين التبرد (عصور جليدية).

وعلم المناخ ليس بحاجة الآن إلى تنظير، لأن كل ما هو فيه معرَّف جيداً ومنظر ومحلل ومعلل، وهذا ما تتضمنه بحوره التي ولج في أعماقها القدماء والمحدثون. وهو كعلم غير قابل للفلسفة والتأويل. وهو أبعد ما يكون عن السياسة، ولذلك سرعان ما تنفضح ألاعيب وجهالة رجال السياسة، عندما يقحمونها به، ويحاولون استغلاله لتسويق بضاعتهم.

"مناخ الأرض عبر الأزمنة والعصور" الكتاب الذي كتبه أستاذين من رواد علم المناخ في الوطن العربي، جاء الكتاب في أحد عشر فصلاً، تتناول مفهوم التغير المناخي، وأسبابه الطبيعية والبشرية، عبر الأزمنة والعصور، وصولاً لوقتنا الحالي، وسنتوقف في هذا الكتاب في عدة محطات مناخية، تكشف عن حقيقة علم المناخ وحركيته، وقوى التطرف والتوازن فيه. ومدى درجة الاتجار فيه حديثاً.

جاء الفصل الأول بعنوان: "عناصر التوازن الجوي المناخية" وتم الفيه العرض لمفهومي المُناخ والطقس والتفريق بينهما، على الرغم من أنّ الكثير من الناس يجمع بين مصطلحي الطقس والمناخ، وعلى الرغم كذلك من كونهما مرتبطان فمن خلال أحدهما يمكن إجراء دراسات للتوصل للآخر، إلا أنّ هنالك فرق بين الطقس والمناخ، وهذا الفرق يتمثل بصورة رئيسة وأساسية في عنصر الوقت، أي المدة الزمنية المرتبطة بهما، وفيما يأتي تعريف لكلا المصطلحين، والفرق بين الطقس والمناخ:

الطقس: يعني حالة الغلاف الجوي لفترة قصيرة وفي مكان معين وقد تكون هذه الفترة قصيرة بحيث تكون يوماً واحداً أو عدة أيام. ولأن عناصره الرئيسة من (أشعة الشمس، الحرارة، الضغط، الرياح والرطوبة....) تتباين في شدتها من وقت لآخر. ويؤدي أي تغير في أي عنصر من تلك العناصر إلى تغير في الأخرى.

المناخ: يرتبط تعريف المناخ بنفس عناصر الطقس، إلا أنّ الفرق بين الطقس والمناخ يتمثل في المدة الزمنية، فبدلًا من النظر لهذه العناصر ضمن يوم أو أسبوع، يتم متابعة هذه القيم بدقة ومن ثم حساب متوسط قراءتها على مدار أشهر وسنوات، أي أنّه يعبر عن الحالة التي يميل إليها ضمن فترات زمنية طويلة، ويتم تحديده بناءً على السلوك اليومي للطقس ضمن فترة قياسية تبلغ 30 سنة، وبذلك يرتبط هذا المصطلح بعبارة "ما نتوقعه"، فالمناخ هو متوسط الظروف الجوية والتغيّرات الموسمية في مختلف عناصر الطقس، ويتأثر بصورة كبيرة بالموقع الجغرافي مثل موقعة بالنسبة لخطوط الطول أو دوائر العرض، وكذلك الارتفاع عن مستوى سطح البحر، كما يتأثر القرب من الجبال

والأنهار والمحيطات، وهو الحالة العامة للغلاف الجوي في منطقة ما لفترة طويلة قد تزيد عن شهر من الشهور أو فصل واحد أو حالة الغلاف الجوي الدائمة.

والحقيقة أن كثيراً من الناس ووسائل الإعلام تخلط بين مفهوم الطقس والمناخ ويستخدمونها بشكل متبادل مكان بعضها البعض دون تفريق. ولكي نجعل الفرق بينهما واضحاً وبسيطا نذكر المقولة الطريفة التي أوردها جلانتز وهي: "إذا كنت لا تحب الطقس في المكان الذي تعيش فيه، فانتظر عدة أيام فمن المحتمل أن يتغيَّر الطقس، لكن إن كنت لا تحب مناخ المكان الذي تعيش فيه، فما عليك إلا الرحيل". ويوضح هذا القول ببساطة أن حالات الطقس مؤقتة سريعة التغيّر، بينما بالمقابل فإن حالات المناخ دائمة وتشكل سمة للمكان الذي تحدث فيه. وفي النهاية يجب الأخذ بالاعتبار أن حالات المناخ حالات شمولية للغلاف الجوي تجري على مقياس واسع زمانياً ومكانياً، بينما تمثل حالات الطقس حالات تفصيلية لحالات الغلاف الجوي تجري على مقياس صغير زمانياً ومكانياً خلال حالات المناخ.

ثم تم توضيح عناصر الحالة الجوية القابلة للقياس بأجهزة الرصد الجوي، وبالتالي يمكن التعبير عنها كمياً. وعرض متغيّرات حالة الطقس والمناخ بالعناصر الرئيسية المقاسة:

- السطوع الشمسي "Sunshine"
- درجة حرارة الهواء "Air Temperature"
- الضغط الجوي "Atmospheric Pressure"
- الرطوبة الجوية "Humidity Atmospheric"
- الرياح "Wind"
- الغيوم "Cloud"
- مدى الرؤيا "Visibility"
- الهطول "Precipitations"
- الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح الأرض "التشمس" "Income Solar Radiation"

وبالإضافة إلى العناصر المقاسة فعلياً يمكن إدراج نوعين آخرين من عناصر الطقس والمناخ، وهي ما تعرف بالعناصر المشتقة "Derived Elements" والعناصر المساندة."Proxy elements"

**عناصر المناخ المشتقة:**

وهذه العناصر لا تقاس مباشرة وإنما تشتق (تحسب) بوساطة معادلات رياضية باستخدام عناصر الطقس والمناخ المقاسة. وهي بيانات مناخية يتم اشتقاقها من قياسات مناخية مباشرة وتلعب دوراً مباشراً في وصف المناخ من أجل تطبيقات ذات أهمية في حياة البشر وتعتمد المعادلات والعلاقات الإحصائية التي طورها العلماء كقياس التبخر النتح والمطر الفعال ومقاييس الراحة البشرية المناخية وقرائن الجفاف والرطوبة... وغيرها. وعادة ما تستخدم هذه العناصر في دراسات وأبحاث الطقس والمناخ التطبيقية، وهي عديدة منها:

آ- التبخر-نتح (Evapotranspiration) ب- قرائن الراحة (Comfort indices) ج- قرائن الجفاف Aridity (indices) د- معامل تبريد الرياح (Wind chill factor) هـ- درجة أيام فصل النمو ( Growing season degree days) و- درجة أيام التدفئة (HDD" Heating degree days).

عناصر المناخ المساندة:

العناصر المساندة Proxy Data وهي العناصر التي تستخدم لمعرفة الظروف الجوية التي سادت في إقليم معين قبل مئات إلى آلاف السنين ولها علاقة قوية بالمناخ (وتتمثل بالأوابد الأثرية بما تحتويه من مبانٍ ونقوش وصناعات فخارية ورقم تاريخية وكتابات ورسوم على جدران الكهوف والقصور والمعابد. كما تتمثل بالحفريات الجيولوجية ومستحاثاتها خلال طبقات الصخور، والحفريات عبر الطبقات الجليدية القطبية، وبتغير مستويات البحار والأنهار والبحيرات lake and ocean sediments. والعينات الجليدية ice cores، حلقات الأشجار tree rings المعمرة والمتحجرة وبحبوب طلعها المحفوظة خلال طبقات طمي البحيرات ورسوباتها، والبيانات التي يتم الحصول عليها من حفر الآبار boreholes، ومعلومات وبيانات الشعاب المرجانية corals) وتستخدم هذه البيانات في دراسة ومعرفة المناخ القديم.

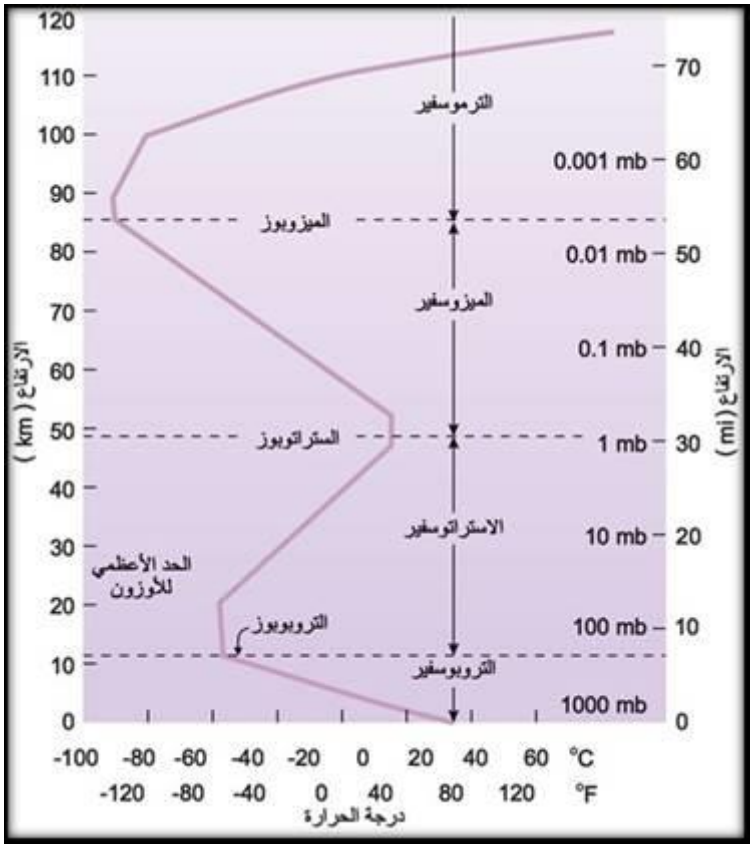
هذه العناصر ليست عناصر مقاسه لحالات الغلاف الجوي، لكنها شواهد ودلائل يستدل بوساطتها عن حالات المناخ السائدة في الماضي البعيد قبل مئات وآلاف السنين واستنتاج ما كان يجري خلالها.

وقد تم بيان العوامل المؤثرة في المناخ ويقصد بها تلك العوامل التي تؤثر في عناصر المناخ كافة أو في إحداها. ولهذه العوامل دور رئيس في تمايز المناخات واختلافها على سطح الكرة الأرضية بل وفي تمايزها في رقعة محدودة من هذا السطح ومن أهم العوامل المؤثرة في المناخ (الموقع الفلكي، التيارات البحرية، الغطاء النباتي، الموقع بالنسبة للبحار والمحيطات، التضاريس)، ثم توضيح المركبات الجوية، وأبعاد الغلاف الجوي وطبقاته، فسطح الأرض محاط بغلاف جوي غازي مختلف في مركباته عن أغلفة الكواكب الأخرى، التي هي من منحته صفة كوكب الحياة، بجانب الاعتدال في بعده عن الشمس، مما أكسبه مناخاً حيويّاً، يغلب فيه الاعتدال في معظم عناصره وفي مساحة كبرى من الأرض.

وعلى الرغم من أن نحو (99%) من كتلة الجو تتواجد في الـ (50كم) الأولى منها، القريبة من سطح الأرض إلا أنَّ (1%) من الكتلة الباقية بذراتها الدقيقة تنتشر بعيداً إلى بعد أقصى عن سطح الأرض لا يتجاوز (100.000 كم)، حيث تنعدم عندها قوة الجاذبية الأرضية، ليتم الدخول بعدها فيما يعرف بالفضاء بين الكوكبي.

ويبلغ إجمالي كتلة الغلاف الجوي الأرضي نحو ($50 \times 10^{15}$ طن)، ونحو (75%) منها يتركز في الـ (12كم) الأولى المشكلة طبقة تدعى طبقة التروبوسفير (Troposphere)، التي يتشكل ضمنها كل ما له صلة بالمناخ الأرضي؛ فهي طبقة بخار الماء، وما ينتج عنه من سحب، وهي من تحتوي على معظم غازات الاحتباس الحراري، والعوالق الصلبة التي تعاكس في فعلها غازات الاحتباس، وهواؤها أكسير الحياة بأوكسجينه، وحرارتها هي التي نعيشها باعتدال في مكان وتطرف في آخر. ومن ثم فهي التي تهمنا بالدرجة الأولى.

وما يلي هذه الطبقة له أيضاً دوراً في بعض ما ينتاب المناخ الأرضي من تذبذبات وتقلبات وتغيرات، وهي طبقة ستراتوسفير (Stratosphere) الممتدة بين سويتي ارتفاع (12 – 55كم) والتي تحتوي على نحو (95%) من غاز الأوزون ($O_3$) الجوي المتركز بين سويتي ارتفاع (20 – 35كم) فيما تدعى منطقة التركيز تلك بطبقة الأوزون (Ozonosphere). كما تحتوي طبقة ستراتوسفير على (24%) من كتلة الغلاف الجوي الأرضي. وتنبع أهمية هذه الطبقة في الدور الذي يلعبه غاز الأوزون من امتصاص معظم الأشعة فوق البنفسجية الشمسية (0.01 – 0.35 ميكرون)، مما تعمل على رفع درجة حرارتها وبخاصة في مستويات تركز الأوزون، أما الطبقة الجوية التي تلي الستراتوسفير، فهي طبقة الميزوسفير (Mezosphere) الممتدة بين سويتي ارتفاع (55 –80 كم) ذات الكثافة المنخفضة، والتي تتناقص فيها درجة الحرارة مع الارتفاع. وليس لها تأثير يذكر على المناخ الأرضي.




طبقات الغلاف الجوي

والطبقة التالية هي طبقة الترموسفير (Thermosphere) أو ما تدعى بالطبقة الحرارية. ذات السماكة (400كم)، لامتدادها بين سويتي ارتفاع (80 –500 كم)، والتي يغلب على مكوناتها غازي الأوكسجين (O) والنتروجين (N) بحالتيهما الذرية والجزيئية، وكتلتهما أقل من (1%) من الكتلة الجوية العامة. وتستمر درجة الحرارة بالتزايد مع الارتفاع في الطبقة الجوية الخارجية (الاكسوسفير) الممتدة من (500كم) عن سطح الأرض حتى نهاية الغلاف الجوي، وكمية المادة الجوية (أوكسجين، هيدروجين...) قليلة دون (0.001). وتضم منطقتين غازاتهما في حالة تأين شديد، تدعيان بحزامي (فان ألين) المغناطيسيين (مستوى 4000 كم و 20000 كم).

يتركب الجو (الهواء) من خليط فيزيائي من مجموعة من الغازات الرئيسية قوامها خمسة تشكل نحو (99.97%) من كتلة الغلاف الجوي دون مستوى (90كم)، وهي: النتروجين (78.08%)، والأوكسجين (20.94%)، والأورغون (0.93%)، والنيون (0.0018%)، والهيلوم (0.0005%)، وغازات أخرى (الهيدروجين، والكريبتون، والكسينون، والميتان) ذات نسبة قليلة.

والغازات سابقة الذكر – المختلطة مع بعضها بنسب ثابتة هي ما ذكرناها حتى ارتفاع (50 كم) –، هي من تمنح مناخ الأرض التوازن والاستقرار. والتي مصدرها الأساسي طبيعيّاً، فهي وجدت واستقرت بتوازن منذ ما قبل العصر الكامبري . أي منذ أكثر من (500) مليون سنة مضت .، وما تزال عموماً متوازنة حتى عصرنا الحالي.

غير أن الغلاف الجوي يحتوي أيضاً على بعض المركبات الغازية ذات النسب الجوية المتغيرة زمانياً ومكانياً، كما في: ثاني أوكسيد الكربون ($CO_2$)، وبخار الماء ($H_2O$) المتركزان في طبقة تروبوسفير، والأوزون ($O_3$) في طبقة ستراتوسفير. والمركبات الغازية الثلاثة السابقة ذات نسب متغيرة، لأن الاثنان الأول منها ($H_2O$, $CO_2$) محكومات بالكميات المتغيرة المنطلقة من سطح الأرض من مصادر طبيعية (براكين، حرائق الغابات، تحلل المواد الحية، التبخر والنتح للماء... إلخ)، والثالث ($O_3$) محكومة تغيراته بالتفاعلات الكيماضوئية التي يتعرض لها من جراء زيادة المركبات الغازية الكيميائية التي تبلغ أماكن وجوده المنطلقة من سطح الأرض، ومن عوادم الطائرات الغازية.

والمركبات الثلاثة سابقة الذكر ($O_3$, $H_2O$, $CO_2$) بتغيراتها الكمية عبر الأزمنة والعصور، هي المسؤولة ومازالت عن التقلبات والتبدلات والتغيرات في المناخ الأرضي، وبخاصة ثاني أكسيد الكربون، والأوزون الجوي.

يضاف إلى ما تقدم مركبات غازية أخرى ذات نسب متغيرة في الجو، ولكن نسبها قليلة، وتأثيراتها على المناخ الأرضي محدودة، كما في: غاز الميتان ($CH_4$)، والفحوم الهيدروجينية (الهيدروكربونات)، والمركبات الكلوروفلوركربونية ($CFC_s$). بجانب أكاسيد الآزوت ($NO_x$) وأكاسيد الكبريت ($SO_x$).

ومن المركبات الجوية في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي – وأحياناً في الطبقة الأعلى –، نذكر: العوالق الصلبة (الهباء الجوي) من: دقائق غبارية، ورماد بركاني، ودقائق نيزكية ومذنبية، وغبار طلع، وجزئيات الحرائق... وغير ذلك. وهذه العوالق الجسيمية الصلبة (الإيروسول) ذات تأثير كبير على المناخ الأرضي، فهي قوة تبريد بجانب كونها عامل في زيادة الهطولات السائلة والصلبة، وهي بفعلها تعاكس مباشرة فعل غازات الاحتباس الحراري.

يتولد مناخ أي منطقة من خلال نظام المناخ، الذي يحتوي على سلسلة من الأنظمة المترابطة تضم بالإضافة له كل من نظام المحيطات ونظام سطح اليابسة، ومن خلال تفاعل هذه الأنظمة ومكوناتها مع بعضها البعض يتشكل ما يعرف بنظام المناخ.

يتكون نظام المحيطات من المحيطات نفسها والبحار والبحيرات والأنهار الكبرى، وتعرف جميعها بالغلاف المائي"Hydrosphere". ويشمل نظام سطح اليابسة كل من الأصقاع الصخرية الجبلية والهضبية والصحاري والسهول الجرداء (القشرة الأرضية) المعروفة بالغلاف الصخري "Lithosphere" والأقاليم المغطاة بالغابات والأعشاب المعروفة بالغلاف الحيوي "Biosphere"، والأصقاع المغطاة بالثلوج والجليديات الدائمة المعروفة

بالغلاف الجليدي"Cryosphere". وحديثا عدت الأنشطة الإنسانية وما ينتج عنها من ظواهر إحدى هذه الأنظمة، ويمكننا تشبيهاً بالأنظمة الأخرى أن ندعوها بالغلاف البشري Anthropological Sphere وترتبط هذه الأنظمة ومكوناتها مع بعضها البعض بواسطة جريان الطاقة الحرارية بأشكالها المختلفة وتبادلها فيما بينها.

في الفصل الثاني تم تناول "الطاقة الشمسية.. والحرارة الأرضية" حيث تعد الطاقة الشمسية الواصلة إلى سقف الغلاف الجوي والعابرة إيّاه باتجاه سطح الأرض، القوة المتحكمة في المناخ الأولي للأرض، والمحددة أساساً لتبايناته مكانيّاً وزمانيّاً. والشمس حاليّاً في أوج قوتها ونشاطها وإصدارها للطاقة، وهي في منتصف عمرها (نحو 5 بليون سنة). وتخضع الطاقة الشمسية عند عبورها الغلاف الجوي إلى عدة عمليات تخفف من شدتها، وتقلل من نسبة الواصل منها إلى الأرض. والغلاف الجوي السفلي بما يمتصه من طاقة شمسية مباشرة وطاقة إشعاعية أرضية . هي طاقة شمسية محولة . يلعب الدور الرئيسي في التوازن الحراري لسطح الأرض.

والتغيرات التي تحدث في كمية الطاقة الشمسية المنبعثة من سطح الشمس، وتلك التي في غلاف الأرض الجوي . بما يدخله من دقائق صلبة، ومركبات غازية .، وحتى سطح الأرض بتبايناته في درجة امتصاصه للأشعة وعكسه لها... وغير ذلك، هي العوامل المتحكمة في درجة حرارة الأرض وتغيراتها في الزمان والمكان.

كل جوانب نظام المناخ The climatic system الخاص بالأرض من رياح، وأمطار، وسحب، ودرجات حرارة، هي نتائج تنقلات الطاقة وتحولاتها بين نظام الأرض– الجو Earth/atmosphere system، وتبدأ العملية كلها حين تصل الطاقة من الشمس إلى قمة الخلاف الجوي في شكل طاقة إشعاعية أو ما نعرفه بالإشعاعRadiation ثم تنتقل هذه الطاقة لأسفل خلال الغلاف الجوي، وأثناء ذلك تتفاعل معه، وينتج من هذا أن جزءاً من هذه الطاقة ينعكس عائداً إلى الفضاء ويمتص جزء آخر من هذه الطاقة ويتحول إلى حرارة تستخدم في تسخين الجو بينما يمر جزء إلى سطح الأرض حيث يمتص هناك، ويستخدم في تدفئة سطح الأرض وتبخير المياه وصهر الثلوج والجليد وكذلك لتدفئة طبقات التربة الواقعة تحت السطح وتنتقل هذه الطاقة المتحولة إلى الجو حيث تعود في النهاية مرة أخرى إلى الفضاء في شكل إشعاع حراري. وتنشأ التنوعات والاختلافات الزمنية temporal variations والمكانية spatial variations في تبادلات الطاقة نتيجة اختلاف كمياتها للأشعة من الشمس، وكذلك اختلاف درجات التفاعل بينها وبين كل من سطح الأرض والغلاف الجوي. هذه الاختلافات في تبادل الطاقة هي التي تؤدي إلى خلق المناخ بالشكل الذي نعرفه.

خصص الفصل الثالث لموضوع "أسباب التغيرات المناجية" وتم توضيح المفاهيم والمصطلحات الخاصة بالدلالة على تغير ظاهرة، حيث غدا أي تباين زماني أو مكاني في قيمة ظاهرة حتى لو كان له انعكاس ارتدادي، يعرف بالتغير في الظاهرة. فالتغير يعني التحول من حالة إلى أخرى، مع تضمينها القدرة على الانعكاس التحولي؛ كتحول بخار الماء إلى سائل أو جليد، والعكس، أو تحول الأوضاع الجوية من حالة الرطوبة إلى الجفاف لفترة، ومن ثم انعكاسها. أما التبدل؛ فيحمل في معناه التحول اللانعكاسي بانقلاب في الحالة.

في حين يشير التقلب إلى أحوال جوية سريعة التحول من صورة إلى أخرى، من يوم إلى يوم، وشهر إلى شهر، ومن ثم فهو مصطلح يستخدم في الأحوال الجوية القصيرة الأمد. وهو أكثر ما يشير إلى الظواهر النوعية، وليس إلى قيم كمية. أما التذبذب؛ فيستخدم أحياناً بنفس دلالة التقلب، ولكن أغلب استخدامه كمؤشر عن حدوث

اختلافات سريعة وظاهرة في قيم الظاهرة الجوية زيادةً أو نقصان كما في التحول السريع في درجة الحرارة ما بين ساعة وأخرى، أو أن تظهر السحب وتنقشع سريعاً، وكما في أمطار انهمارية تهطل خلال أجزاء من الساعة، ثم سرعان ما يصحو الجو، وبالعكس، وكذلك الاختلافات ما بين يوم وآخر؛ يوم بارد، ويليه يوم حار، وثالث معتدل، وهذا ما يساق على بقية الظاهرات الجوية الطقسية. فالتذبذبات والتقلبات عموماً تستخدم في الطقس، بينما يستخدم التغير والتبدل في المناخ.

وعلى ضوء ما تقدم، يمكننا تحديد ثلاثة أنواع من التغيرات المناخية، هي:

1 . التغيرات قصيرة الأمد: وهي ما أشرنا إليها، إنها تغيرات في المناخ؛ بمعنى أنها تمثل تغيراً في الكم وليس في النوع، أي زيادة أو نقصان في قيم الظاهرة تأخذ وجهة معينة، يمكن أن تنعكس في الفترة اللاحقة، بحيث ينتفي عندئذ التغير المناخي. والمدة الوسطى للتغيرات قصيرة الأمد هي (30) سنة، بما يتوافق مع ما بات ينظر إليه كدورة مناخية واحدة.

2 . التغيرات متوسطة الأمد: وهي التي تتم خلال فترة تتراوح مدتها بين (30 . 100 سنة)، بحيث تشمل أكثر من دورة مناخية. ومن خلالها يمكن الكشف عن وجهة تغير ظاهر في العناصر المناخية، أو في الانزياحات المناخية الفصلية، وكذلك في تردد ظواهر لم تكن بالمألوفة أو المعروفة؛ رياح معينة، عواصف، أعاصير غير مألوفة. وستنعكس مثل هذه التغيرات على البيئة البشرية، وأنماط استغلال الإنسان لبيئته.

3 . التغيرات طويلة الأمد: وهي التي تمثل انقلاباً أو تحولاً جذرياً في مناخ المنطقة، اتضحت معالمها من خلال الاستجابات البيئية والتحولات في المركبات الحيوية. ومثل هذه التغيرات تتجاوز في مدتها (100) سنة ولتصل إلى عدة قرون.

ويمكن الحكم على هذا النوع من التغيرات إما بالتحليل الإحصائي أو بالتحليل البيئي من خلال الأدلة التاريخية.

**أسباب التغيرات المناخية:**

**أسباب طبيعية: (أسباب فلكية + أسباب أرضية)**

**أولاً – أسباب فلكية:**

وهي أسباب متنوعة، وقواها مختلفة، وآثارها المباشرة متباينة المدة الزمنية، وأفعالها متماثلة، لكون تأثيراتها تقتصر على الصادر والوارد من الطاقة الشمسية إلى سطح الأرض، ويمكن إرجاع هذه الأسباب إلى القوى التالية:

**1. اختلافات في شكل مدار الأرض وحركاتها:**

وكان أول من أشار إلى ذلك العالم الفلكي ميلتون ميلانكو فيتش (Milan Kovithc) في الثلاثينيات من القرن العشرين، الذي ربط ما بين التغيرات في المناخ الأرضي والتغيرات في شكل مدار الأرض حول الشمس وحركات المحور الأرضي، لانعكاس ذلك على كمية الطاقة الشمية الواصلة إلى سطح الأرض. وتتمثل تلك التغيرات في الآتي:

**أ. التغيرات في شكل مدار الأرض:**

لقد بات من المسلم به أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً تماماً، وإنما إهليجياً، والشمس تقع في إحدى محرقي الإهليج. ليس هذا فحسب، بل أن مدار الأرض يتراوح ما بين الدائري إلى الإهليليجي في مدة تبلغ نحو (96) ألف سنة . وهذا يعني أن مركزية مدار الأرض تتباين من سنة إلى أخرى. وكلما كان التمركز (Eccentrictity) في المدار أكبر (الإهليلجية أكبر) كان الاختلاف على أشده في كمية الطاقة الواصلة إلى سقف الغلاف الجوي ما بين الموقع الأقرب إلى الشمس (الحضيض) والموقع الأبعد عنها (الأوج). بجانب ما تقدم فإن تباين درجة التمركز تنعكس على أطوال فصول السنة في نصفي الكرة الأرضية، نتيجة تغير طول المدة الفاصلة ما بين الاعتداليين الربيعي والخريفي.

**ب. حركة التأرجح في محور الأرض (Precession):**

لقد بات معروفاً أن دوران الأرض حول محورها يشبه دوران المغزل. وتدعى هذه الحركة بالمباكرة في محور الأرض (مباكرة الاعتداليين)، حيث أن محور الأرض يتحرك حركة مخروطية بميل نحو (23.5درجة). ومدة الدورة (26000) سنة. وحالياً فإن الأرض أقرب إلى الشمس في شهر كانون الثاني، وأبعد في شهر تموز. وبفعل حركة المباكرة فإنه بعد نحو (13000) سنة سينعكس الوضع. وبعد نحو (26000) سنة سيعود وضع محور الأرض إلى ما هو عليه اليوم. وعليه يمكن القول إنه بعد (13000) سنة من الآن، فإن الاختلافات الفصلية في نصف الكرة الشمالي ستكون أكبر مما هي عليه الآن. والعكس في نصف الكرة الجنوبي. ويتضح التغير المناخي، وفقاً لهذه الحركة الأرضية من خلال انقلاب الفصول، وبالتالي تبدل تام في الأنظمة المناخية؛ كأن يحل الصيف في بلادنا محل الشتاء. والخريف محل الربيع.

**ج. اختلاف ميل محور الأرض (Obliquity):**

إن زاوية ميل محور دوران الأرض ليست ثابتة، وإنما في عملية تغير دوري مستمر خلال مدة زمنية تبلغ (41000) سنة، حيث تتراوح خلالها زاوية الميل بين (39َ و21ْ ) و (36َ و24ْ )، وهي في يومنا الحالي نحو (44َ و23ْ ). وعندما تكون زاوية الميل أقل، فإن الاختلافات الفصلية ما بين الصيف والشتاء في العروض الوسطى والعليا تكون في أدناها. وهكذا، فإن الشتاء يتجه نحو الاعتدال (أدفئ) والصيف نحو التبرد (أبرد)، وخلال الأشتية الأحر، فإن معظم الثلج المحتمل تساقطه في المناطق القطبية مرده إلى تزايد طاقة الهواء على حمولته من بخار الماء.

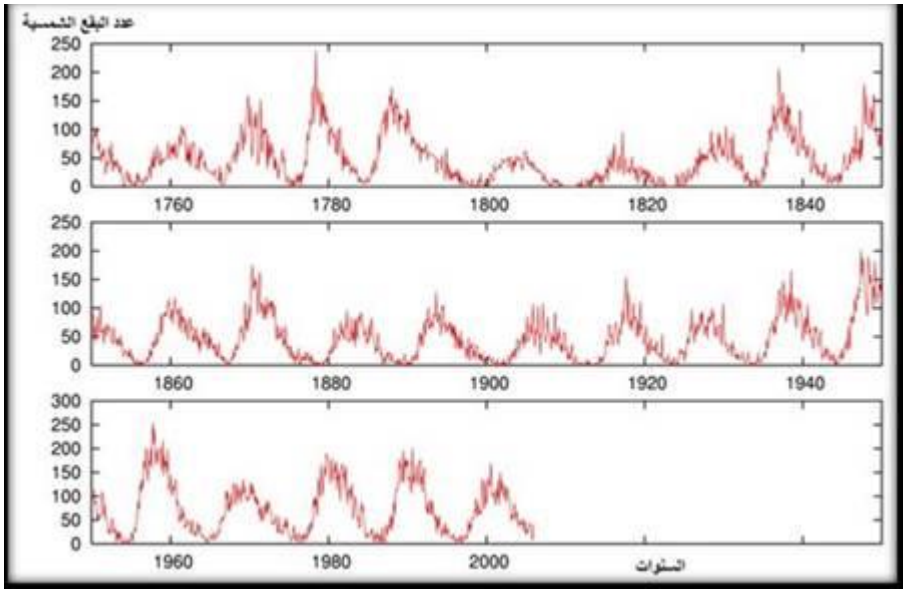
أكدت الدراسات الحديثة على ذلك أيضاً. وكمثال؛ فإن تلك الدراسات أشارت إلى أنه خلال الـ (800) ألف سنة الماضية، فإن الأغطية الجليدية كانت تصل إلى ذروتها كل حوالي (100) ألف سنة تقريباً، وهذا ما يتوافق عموماً مع الاختلافات في مركزية الأرض. وبافتراض أنه ضمن هذا الوضع يوجد تقدمات جليدية خلال فترة (41) ألف سنة، و(26) ألف سنة، فهذا يدل على أن التمركز هو العامل الأقوى في التغير المناخي، وفي تردد العصور الجليدية.

**د. التغير في المجال المغناطيسي الأرضي:**

لقد كشف العالم (وللين Wollin) في دراسة له نشرها عام (1973م) عن علاقة بين درجة الحرارة والحقل المغناطيسي الأرضي خلال الفترة (1925 . 1970م) في عدة محطات من العالم في نصف الكرة الشمالي. وتبين من دراسته أن العلاقة عكسية بين التغيرات في الحقل المغناطيسي الأرضي والتغيرات المناخية ممثلة في درجة الحرارة، باعتبار أن التغيرات في الحقل المغناطيسي الأرضي، لها علاقة بالتغيرات في النشاط الشمسي، والرياح الشمسية.

2- التغيرات في النشاط الشمسي:

أظهرت القياسات وجود تغيرات ملحوظة في الوارد الشمسي.. وتشكل البقع الشمسية أهم مظهر من مظاهر النشاط على سطح الشمس التي تنعكس على الصادر الشمسي. والبقع الشمسية هي بمثابة عواصف مغناطيسية ضخمة على سطح الشمس، تمثل مناطق أبرد (أظلم) من سطح الشمس، وتتبع في عددها وضخامتها دورة مدتها (11) سنة[1]. وخلال فترات التبقع الشمسي الأعظمي، فإن الشمس تطلق طاقة أكثر (حوالي 0.1% فأكثر) مما هو خلال فترة التبقع الشمسي الصغرى، ذلك أن العدد الأكبر من المناطق البراقة (الأوهاج الشمسية) حوالي البقع الشمسية تشع طاقة أكثر، مما يجعلها تعوض تأثير البقع المظلمة.




متوسط عدد البقع الشمسية

**3- التغيرات في الوارد الشمسي إلى الأرض:**

إن وجود سحب سديمية من مادة بين نجمية بين الشمس والأرض، تمر خلالها الأرض من فترة إلى أخرى في أثناء حركة الأرض حول الشمس وحركة المجموعة الشمسية كلها حول المجرة، من شأنها أن تنقص من كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض، مؤدياً ذلك إلى تبرد وتجمد ومرحلة جليدية على الأرض.

كما أن عبور المنظومة الشمسية خلال حافة الطريق السديمي للذراع الحلزوني لمجرة درب التبانة ينجم عنه

(1) **لقد كشف العلماء عن وجود دورات أطول للبقع الشمسية ذات مدد مختلفة (22، 80 سنة).**

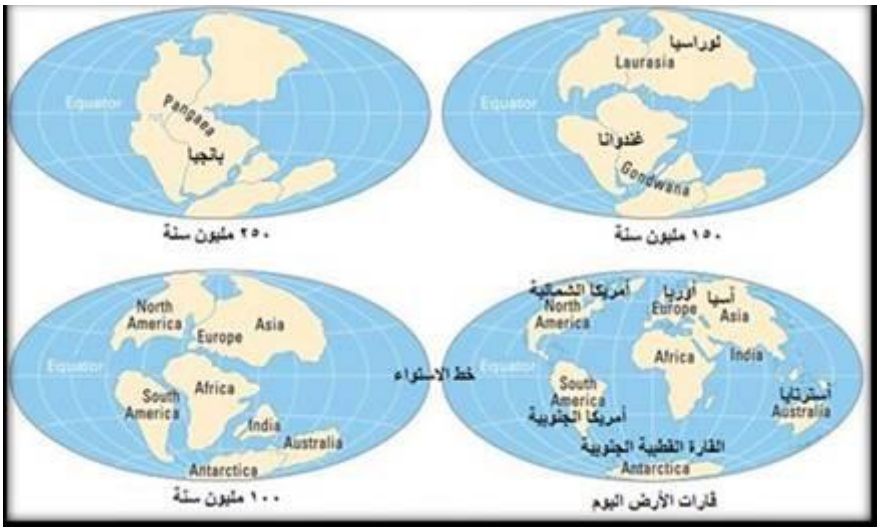
اختلاف وقتي في الصادر الإشعاعي من الشمس، وهذا يقود أيضاً إلى مرحلة جليدية على الأرض.

ثانياً– الأسباب الأرضية:

تتعلق الأسباب الأرضية في ناحيتين؛ أولاهما حركة ما تدعى الصفائح القارية (التكتونية)، وثانيهما حركة بناء الجبال والتغيرات في مستوى الأرض (نهوض وهبوط).

أ. حركة الصفائح التكتونية:

وهي ما دعيت سابقاً بالانزياح أو الانجراف القاري (Continental Drift). وانطلاقاً من ذلك فإن درع الأرض الخارجي بتركيبة من صفائح ضخمة تتحرك فوق المنطقة اللزجة (المنصهرة) الواقعة تحتها. وهي تتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض، وبمعدل حركة بطيئة، هي بحدود بضع سنتيمترات كل سنة.




زحزحة القارات

إن حركة الصفائح التكتونية تساعد في إلقاء الضوء على المناخات الماضية. وكمثال؛ فإن المظاهر الجليدية التي عثر عليها قرب مستوى البحر في القارة الأفريقية اليوم، تشير إلى أنها خضعت لفترة تجلد من مئات ملايين السنين مضت. حيث كانت قريبة من منطقة القطب الجنوبي. كما أن مناطق الفحم في العالم هي مؤشر على المناخ الذي كان سائداً فيها خلال فترة تشكل الفحم وهو مناخ رطب دافئ وغني بغطائه النباتي الغابي، وهذا ما كان سائداً في العصر الفحمي من الزمن الجيولوجي الأول.

ومما يتولد من تصادم الصفائح أو تباعدها حدوث زلازل وبراكين. والبراكين بما تطلقه من دقائق صلبة (رماد) تصل إلى أعلى الستراتوسفير، ومركبات غازية مختلفة ($N_2$, $CO_2$, $H_2O$, $SO_2$) تشكل عامل تغير مناخي هام.

ب. حركات بناء الجبال ونهوض القارات وخفسها:

ينتج عن تقارب الصفائح القارية من بعضها تشكل الجبال الالتوائية، وهذا هو سبب تشكل جبال الألب وهيمالايا والروكي والأنديز، وكافة الجبال الالتوائية في العالم، عبر عدة حركات للصفائح القارية في التاريخ الجيولوجي الأرضي، وبالنهوض تنخفض الحرارة، وبالخسف ترتفع درجة الحرارة؛ مما يمكن عد ذلك كنوع من التغذية

الاسترجاعية، ذلك أن وجود غطاء جليدي واسع الانتشار يعمل على عكس أشعة الشمس بنسبة كبيرة، مما يؤدي إلى زيادة تبرد الهواء وهذا نفسه قد يزيد من إمكانية هطول الثلج في الشتاء التالي، وهذا الثلج سيتراكم تدريجياً ليقود إلى تشكل غطاء جليدي ضخم. ان حدوث عمليات الرفع والبناء سينتج عنها تغيرات مناخية محلية واجمالية ومثال على ذلك عمليات الجيولوجية التي حدثت في جبال الروكي التي ادت الى رفع هذه الجبال، اذ اثرت في الوضع الطقسي لكل النصف الشمالي كما اثرت على موجات الغلاف الغازي، فأصبحت عائقاً امام حركتها والعديد من الفرضيات يشير الى ان العصور الجليدية كانت ترافق عمليات الرفع.

ج. الاندفاعات البركانية:

تطلق البراكين في أثناء ثوارنها كميات كبرى من الرماد البركاني والمركبات الغازية التي تمتد حتى أواسط طبقة الستراتوسفير، تلك الاندفاعات يعقبها انخفاضاً في درجة الحرارة وانتشاراً للجليد فوق سطح الأرض وتغيراً في نمط وشدة الحركة الجوية العامة.

تؤدي الثورات البركانية الى انخفاض عام في الاشعاع الشمسي يصل الى 12% أو اكثر من ذلك حسب قوة ثوران البركان وطول مدته. ويستمر تأثير البركان حتى بعد خموله لمدة تصل من 1–2 سنة ويرتفع الرماد البركاني الى ارتفاعات عالية تتجاوز 32 كم. وتؤدي الثورات البركانية الى برودة المناخ نتيجة وجود غطاء من الاتربة في طبقة الستراتوسفير. وهناك علاقة بين الثورات البركانية وانخفاض درجة الحرارة وزيادة الرطوبة. إذ أن السنوات التي انخفضت فيها درجات الحرارة في القرون الماضية كان احد اسبابها زيادة النشاط البركاني وعلى العكس أن فترات الدفء تتعاصر مع الفترات التي لم يكن فيها ثوران بركاني. فالغبار البركاني يقلل من سطوع الشمس وتكون عامل مساعد على تكوين السحب كما ان دقائق الغبار تساعد على تكوين بلورات الجليد في الهواء التي تنخفض درجته الى ما دون التجمد والمشبع ببخار الماء.

د. النينو (ElNino) والتذبذبات المناخية:

تلعب الحركات المائية في المحيطات دوراً هاماً في مناخ المناطق التي تتعرض لها، وفي مناخ مناطق عدة من الكرة الأرضية، لتأثير بعض تلك الحركات على الحركة الجوية العامة، خاصة تلك الحركات التي تتم في العروض المدارية التي تشكل مفتاح العمليات الجوية الكبرى في العالم. وهناك حركات مائية دائمة (التيارات المائية المحيطية) تأثيراتها ثابتة، ولكن هناك حركات مائية محددة تتخذ وجهة معينة وتتردد على مناطق معروفة بصورة شبه دورية، وتأثيراتها على المناخ الأرضي كبيرة، وتتمثل تلك الحركات فيما بات يعرف باسم تيار النينو.

والنينو؛ تيار مائي حار يتدفق ابتداءً من غربي المحيط الهادي الاستوائي في شمال شرق استرالية، باتجاه شرقي، متمحوراً إلى الجنوب من خط الاستواء، باتساع له نحو (1000 – 1500كم)، حيث يمتد على نحو 10 – 15 درجة عرضية (2 – 5 شمالاً وحتى 10– 12 جنوباً)، ليبلغ سواحل القارة الأمريكية الجنوبية في الأكوادور والبيرو، بطول امتداد جريان له نحو (10000كم)، ويتميز بارتفاع درجة حرارة مياهه السطحية التي تتراوح بين (3 –5 م) فوق المعدل، وقد تصل في بعض دوراته إلى (7 م) فوق المعدل. وهو نتاج التفاعل ما بين الجو والمحيط المائي. وعموماً، فإن بداية بلوغ تيار النينو الساحل الأمريكي الجنوبي يكون مع أعياد الميلاد، لذا عرف بالاسبانية بطفل المسيح (Chirst Child) أو الطفل الصغير (النونو).

ويتردد على السواحل الأمريكية المطلة على المحيط الهادي في الأكوادور والبيرو، بصورة شبه دورية بفاصل زمني بين دورة وأخرى نحو (2– 5) سنوات. ومن أشهر دوراته في القرن العشرين (1911 – 1912، 1918 – 1919، 1957 – 1958، 1925 – 1926، 1940 – 1941، 1957 – 1958، 1972 – 1973، 1982 – 1983، 1997– 1998م). ويستمر تيار النينو نحو عشرة شهور، بحرارته الزائدة، وما يخلفه من آثار مباشرة في منطقته، وفي العالم لما يلعبه من دور في التأثير على الحركة الجوية العامة؛ من تقوية لغربيات العروض الوسطى، وللتجاريات، لتعزى إليه معظم الشذوذات المناخية المتزامنة مع فترة حدوثه.

**الأسباب بشرية للتغيرات المناخية:**

لم يكن الإنسان يوماً بالقوة القادرة على إحداث تغييرات جوهرية مباشرة في المناخ الأرضي، ولن يكون مستقبلاً. غير أن الإنسان عبر أنشطته الحياتية وتلبيته لحاجاته ومتطلباته استطاع إحداث تغيرات طفيفة في بعض القوى المؤثرة على المناخ الأرضي متمثلة في إضافة كميات كبرى من المركبات الغازية والعوالق الصلبة إلى الغلاف الجوي، بما لها من انعكاس على الموازنة الإشعاعية الأرضية، وارتفاع في درجة حرارة الأرض، بما بات الحديث عنه في مصطلح الاحتباس الحراري. وكذلك بما يقوم به الإنسان من استثمار واستغلال غير عقلاني لموارد سطح الأرض، مما ينعكس أيضاً بشكل مباشر وغير مباشر على الموازنة الإشعاعية . الحرارية الأرضية.

وعليه فإن الأسباب البشرية يمكن حصرها في الآتي:

أ. تغير تركيب الجو الأرضي:

ومن أهم وأبرز المركبات الغازية التي أسهم الإنسان بشكل أساسي في إضافتها إلى الجو من خلال استهلاكه للوقود الأحفوري (الفحم والبترول) في شتى مناحي حياته (الصناعة، النقل، الاستخدامات اليومية في التدفئة والطهي.. إلخ)، وتشكل هذه المركبات الغازية قوى ظاهرة الاحتباس الحراري التي هي حديث الساعة، رغم أن مظاهرها لم تظهر بعد بشكل جلي، وآثارها لم تلحظ مما يتم تحميلها المسؤولية المباشرة، ومخاطرها بانتظار ما تسفر عنه الأيام القادمة (عشرات السنين).

ورغم تعدد غازات الاحتباس الحراري، إلا أن غاز ثاني أوكسيد الكربون يبقى الأهم والأكثر فعالية في هذه الظاهرة، والمسؤول بالتالي عن أكثر من (90%) من الارتفاع الحراري الأرضي الممكن عزوه إلى هذه الظاهرة، وذلك نظراً؛ لتركيزه الأكبر في الجو (في عام 2000 كسنة قياسية كان تركيز $CO_2$ أكبر بنحو 60 مرة من تركيز مجموع باقي غازات الاحتباس الحراري التي بعضها في تناقص)، ولكونه غازاً تراكمياً . كالغازات الأخرى .، ولعمره الطويل في الجو (50 – 200 سنة) الذي لا يكافئه في ذلك سوى غاز النتروز ($N_2O$). ومما يميز غازات الاحتباس الحراري كافة أنها عالمية الانتشار، حيث تنتشر مع الحركات الهوائية الأفقية (الرياح) السطحية والعلوية.

ب. تغيير الإنسان لمظاهر سطح الأرض:

إن تعاظم نسبة غاز ($CO_2$) في الجو سنة بعد أخرى، يمكن رده أيضاً إلى تناقص الحركة التبادلية مع الأرض، لما يقوم به الإنسان من تغيير لمظاهر سطح الأرض ممثلة في:

أ . إزالة الغابات في مناطق وجودها (المناطق. الرطبة وشبه الرطبة.. الخ).

ب . تدهور الغطاء النباتي الأخضر في المناطق شبه الجافة والجافة نتيجة الرعي الجائر والاحتطاب.

ج . تقلص الأراضي الزراعية لصالح إقامة المنشآت الإسفلتية تحت مسميات استخدامات مختلفة.

ج. دور الحرب النووية في التغير المناخي؟

تؤدي الحروب والانفجارات النووية الى تدمير هائل للبيئة والموارد الطبيعية، ويعد القرن العشرين من أهم الفترات التي شهد فيها العالم صراعات عنيفة كانت البيئة الطبيعية احدى ضحاياها. ومما زاد من التدمير هو تطور انواع الاسلحة والتقدم التكنلوجي في صناعاتها وتعدد انواعها من أليات برية وبحرية وجوية وصواريخ وغيرها. والاهم من ذلك هو تطور الأسلحة النووية التي لها قوة تدميري هائلة جدا يبقى تأثيرها البيئي لمدة طويلة تستغرق عشرات السنين.

الفصل الرابع خصص لتوضيح "طرائق تأريخ المناخات القديمة" فنتيجة لعدم توفر أية أجهزة لقياس ورصد ظواهر الجو المختلفة في الفترات القديمة من عمر الإنسان، والفترات السابقة لوجوده، حيث أنه من الممكن اعتبار أن بداية القرن السابع عشر الميلادي في بعض بقاع الأرض كانت بداية قياس ورصد بعض عناصر الجو بواسطة الأجهزة، وإن كانت بعض أقطار العالم لم تعتمد القياس حتى الربع الثاني من القرن العشرين، لذا لجأ العلماء إلى طرق مختلفة لتأريخ الأحداث المناخية في الفترات التاريخية، وفيما قبل الفترات التاريخية، وحتى قبل وجود الإنسان بآلاف السنين، تمكنوا من خلالها جمع صورة للمناخات القديمة لآلاف السنين، بل ولملايين السنين الماضية. ومن هذه الطرق نذكر:

4-1. طريقة تحليل حلقات الأشجار الضخمة:

تمكن هذه الطريقة من تقدير عم الأشجار. وتعرف هذه الطريقة باسم (التقويم النباتي Dendrochronology). وهي تعتمد على حساب عدد الحلقات التي يتألف منها لحاء الأشجار التي تنمو بوجه خاص في المناخات الفصلية في العروض المتوسطة والعليا، وكذلك في العروض شبه المدارية. ذلك أن الشجرة تضيف كل عام حلقة جديدة إلى لحائها. وتختلف سماكة الحلقات باختلاف كمية الأمطار الهاطلة سنوياً.

**التأريخ بحلقات نمو الأشجار السنوية**

4-2. نمو الآشنيات (Lichens):

وهي طريقة منظارية، تعرف بطريقة القياس الآشني (Lichenometry). وتستعمل هذه الطريقة لتأريخ تراجع الجليديات واختفاء فرشات الثلج المعمرة. فما أن يتعرى الصخر من الجليد حتى تصله أنواع الآشنيات. وتتصف بعض الأنواع . مثل (ريزوكاربون جيوغرافيكوم Rhizocarpon Geographicum) . بأنها ذات معدلات نمو ثابتة تقريباً بعد مرحلة يفعانها. وبصورة عامة فإن نمو الآشنيات (حزازيات الصخر) يكون بطيئاً، ويستمر زمناً طويلاً. وبمعرفة معدل النمو السنوي، يمكن تقدير الزمن المنقضي منذ أن أخذ الصخر يستعمر من قبل الآشنيات، وبهذا يمكن معرفة بداية تقهقر الجليد وانحساره عن الصخر. 4-3. 4-3. طريقة تحليل رقائق الطمي الجليدية Varves:

تعتمد طريقة التأريخ هذه على ترسبات الطمي والطين عند قاع البحيرات، تلك الترسبات التي تأخذ شكل طبقات متعاقبة تعكس الاختلافات السنوية والفصلية في درجة الحرارة من جهة، وشدة ذوبان الثلج والجليد من جهة أخرى.

رقائق الطمي الجليدية المتشكلة في قاع بحيرة سابقة.

4-4. طريقة طبقات الأغطية الجليدية:

في الأماكن التي يكثر فيها هطول الثلج كل شتاء، وتكون حرارة الصيف أقل من قدرتها على إذابة الثلج الساقط، مما يجعله يتراكم سنة بعد أخرى على شكل طبقات متراكبة فوق بعضها. فالثلج المتساقط في الشتاء يتعرض سطحه للذوبان بتأثير أشعة الشمس، كما يتعرض سطحه للتجمد في ساعات الليل، حيث يذوب سطحه في النهار ويتجمد في الليل، وينتج عن تناوب التجمد والذوبان تغير في طبيعة الثلج نتيجة تحرر جزء من الهواء الموجود بين ذراته، فيتماسك ويصبح أشد صلابة، متحولاً بذلك إلى جليد ذو ذرات أصلب وأشد كثافة. وكل سنة تتشكل طبقة جديدة من الجليد. فكل طبقة تدل على سنة، إلا أن بعض الطبقات السنوية يصعب أحياناً تمييزها عن بعض.

4-5. طرق التأريخ باستخدام النظائر المشعة: كطريقة التأريخ بواسطة الكربون المشع (C14) والتأريخ بواسطة سلسلة اليورانيوم، والتأريخ بواسطة البوتاسيوم . أرغون، والتأريخ بواسطة الربيديوم . السترونتيوم،

4-6. طرق التأريخ الأثرية:

1- مراكب النقل في الأنهار.

2- مراكب لعبور البحار.

3-استخدام الفخار.

4- الاستخدام المبكر للمعادن.

5- تأهيل الحيوانات.

6- استخدام الزحافات الجليدية والمزالج الجليدية.

8- بداية انتشار الزراعة.

4-7. طرق التأريخ الطبيعية:

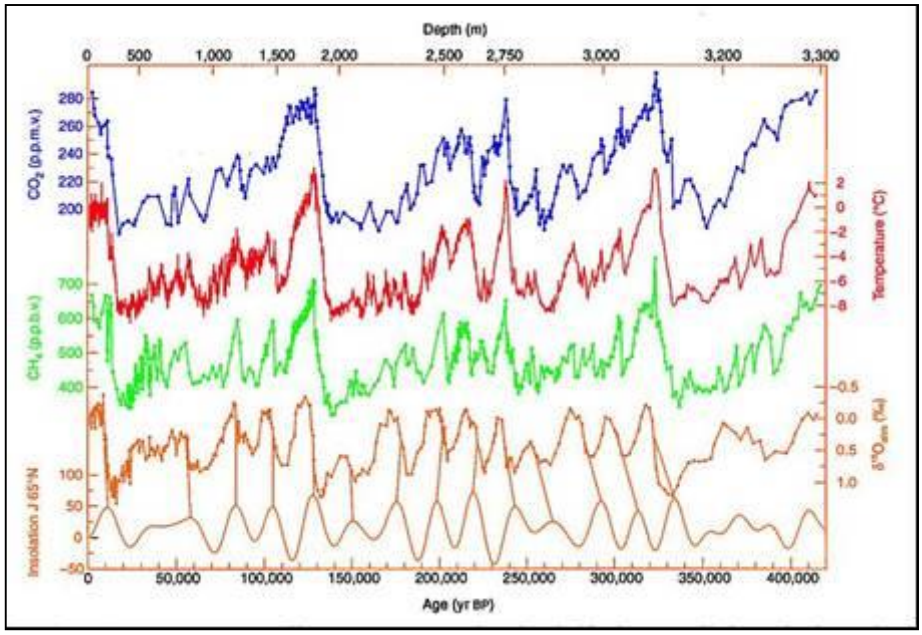
هناك عدة طرق طبيعية أخرى تستخدم في تأريخ الأحداث المناخية الماضية . غير التي ذكرناها سابقاً . من هذه الطرق:

1- التأريخ بواسطة الأحماض الأمينية:

2- التأريخ بواسطة حبات الطلع:

3- معدلات الترسيب عند قيعان المحيطات:

4- التأريخ بواسطة طبقات التيفرا البركانية (tephrochronology):



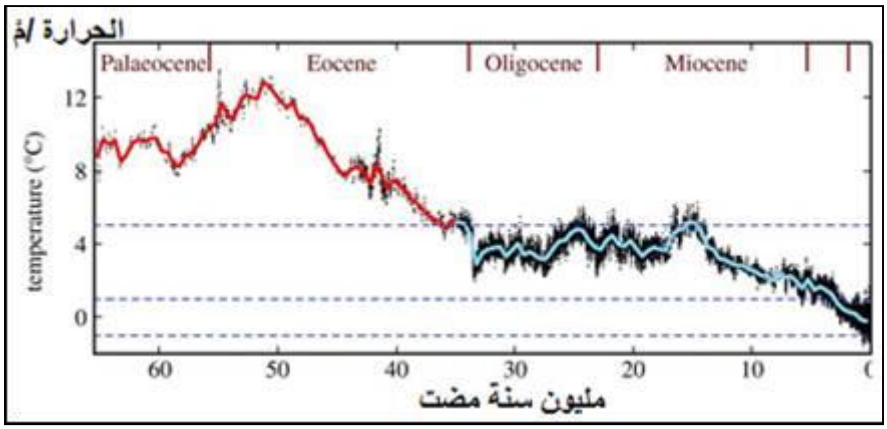

ألف سنة من بيانات قلب الجليد من محطة أبحاث فوستوك بالقارة القطبية الجنوبية. الفترة الحالية على اليسار. من الأسفل إلى الأعلى: التشميس عند 65 درجة شمالاً بسبب دورات ميلانكوفيتش (متصلة بنظير الأكسجين $O^{18}$) ومستويات الميثان (CH4)؛ ودرجة الحرارة النسبية مستويات ثاني أكسيد الكربون (CO2)

الفصل الخامس تناول "الأدلة على المناخات القديمة": إن المعطيات عن المناخ القديم – حيث لم يكن يوجد أي قياس مباشر لعناصر المناخ – تتمثل في الآثار التي يتركها المناخ على سطح الأرض. تلك الآثار التي هي

عبارة عن مؤشرات مناخية فعلية ومحسوسة تعكس المناخ الذي كان سائداً، أو بالأحرى المناخات التي تعاقبت على هذه المنطقة أو تلك. وبواسطة طرق التأريخ الذي ذكرناها سابقاً، يمكن تحديد الفترة الزمنية التي ترك فيها هذا المناخ أو ذاك بصماته على سطح الأرض. وبعض المؤشرات المناخية صخري يتمثل في نواتج عمليات التجوية والتعرية، وتكوينات التربة والرسوبات المختلفة. وبعضها الآخر حيوي ويتمثل في المستحاثات النباتية والحيوانية. كما أن بعض تلك المؤشرات بشري يتمثل في أدلة بشرية تعكس الاستجابة المطلقة فيما مضى للتغيرات المناخية، حيث كان الإنسان أسير المناخ. والهجرات البشرية في الأزمنة التاريخية ما هي سوى صورة من صور تغيرات المناخ الحادة.

رسوم كهفية من منطقة «جبال أكاكوس» هي سلسة من الصخور الجبلية تقع في الصحراء الليبية شرق مدينة غات يعود تاريخها إلى 20000 سنة، تشير إلى مناخ أكثر رطوبة بكثير من المناخ الحالي

الفصل السادس: تناول "المناخ في عصور ما قبل الجليد البليستوسيني" فعلى الرغم من أن الجليد البليستوسيني هو الجليد الذي مازالت آثاره شاهدة عليه، غير أن عصر البليستوسين الجليدي من الزمن الرابع ليس هو العصر الجليدي الوحيد الذي مرت به الكرة الأرضية في تاريخها الطويل منذ نشوئها. كما أن المناخ في عصر البليستوسين لم يكن مستقراً وعلى وتيرة واحدة، بل كان متأرجحاً بين البرودة والدفء، بين تقدم الجليد وانحساره. وهكذا، فإن الأزمنة الجيولوجية السابقة للزمن الرابع، كان مناخها متذبذباً أيضاً، شهدت عصوراً جليدية، كما شهدت عصوراً دافئة. ليس هذا فحسب، بل إن سطح الكرة الأرضية لم يكن قد بلغ من التطور ما هو عليه الآن، فالقارات لم تكن في مواضعها الحالية، كما أن البحار لم تكن بصورتها الراهنة، ومواقع القطبين كانت في غير مواقعها الحالية. إن هذا كله دليل على عدم استقرار المناخ في الماضي. وقد عرض للمناخات التي تعاقبت على سطح الأرض، منذ بداية تاريخ الأرض الجيولوجي وحتى بداية عصر البليستوسين الرباعي.




تبين اتجاه درجة حرارة الأرض خلال الزمن الثالث

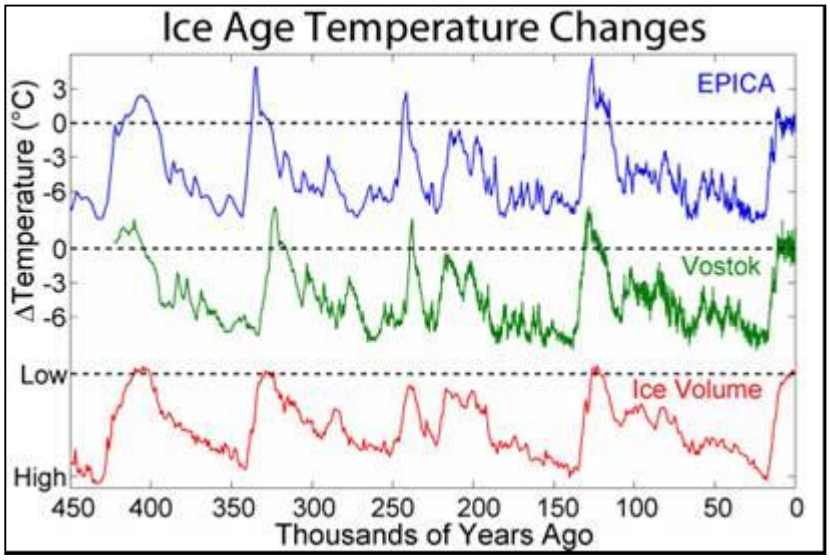
الفصل السابع فقد تناول "المناخ في فترة الجليد البليستوسيني وحتى بداية العصور التاريخية" فالزمن الرابع يقسم إلى عصرين جيولوجيين، أولهما وهو عصر البليستوسين، وهو أقرب العصور إلى وقتنا الحاضر، ويعرف بعصر الطوفان، وفيه حدثت الجليديات الضخمة التي انتشرت واسعاً، فهو إذن عصر الجليد. وثانيهما وهو عصر الهولوسين، أو ما يعرف بالعصر الحاضر الذي مازلنا نعيش فيه، ويعرف أيضاً بعصر الانحسار (انحسار الجليد).

إن عصر البليستوسين لم يكن عصر طغيان جليدي فقط، بل كان الجليد في حالة تقدن وانحسار، نتيجة تعاقب البرد والدفء. ولقد كان تحديد عدد حالات التقدم والانحسار شغل العلماء منذ بداية القرن العشرين. ولقد اكتشفت الدراسات التفصيلية الحديثة التي تمت في الستينات والسبعينات من هذا القرن، أن كل فترة جليدية تتألف من مرحلتين شبه جليديتين أو أكثر، وأن كل فترة جليدية كانت تنقطع بفترة زمنية يحصل فيها تراجع نسبي للجليدية، أو توقف عن الانتشار، وهكذا الحال في الفترات بين الجليدية (غير الجليدية) التي كانت تنقطع كل منها بفترة شبه جليدية، أو بوقفة عن التراجع والتقهقر. ففترة الريس (Riss) الجليدية تقسم إلى مرحلتين، هما: ريس1، وريس2. وفترة الفورم الجليدية تقسم إلى ثلاث مراحل: مرحلة فورم1 (من حوالي 70–60 ألف سنة مضت) وفورم2، وفورم3 (من حوالي 25–20 ألف سنة مضت، ومن 20–15 ألف سنة مضت).

الجدول رقم (1) تأريخاً مختصراً لأحداث البليستوسين الرئيسية

| الحدث | العمر . بالألف سنة ق.م . |
|---|---|
| نهاية آخر جليد (فورم، فستولا) | 11–10 |
| بداية آخر جليد (فورم، فستولا) | 60–80 |
| فترة بين جليدية (ريس . فورم) | 80–90 |
| فترة جليدية (ريس . سالي) | 100–200 |
| فترة بين جليدية (ريس . مندل) | 200–220 |
| فترة جليدية (مندل، الستر) | 220–320 |

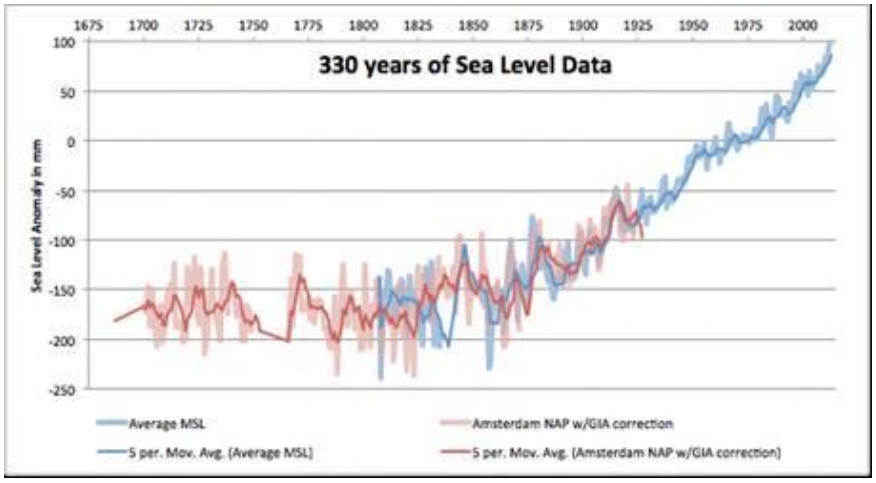
| | |
|---|---|
| فترة بين جليدية | 320–380 |




**نمط التغييرات في درجات الحرارة وحجم الجليد المرتبط مع الفترات الجليدية وما بينها**

**المناخ في فترة ما بعد الجليد البليستوسيني وحتى بداية العصور التاريخية:**

إن ارتفاع مستوى البحار في العالم خلال الاثني عشر ألف سنة الماضية لهو دليل واضح على تقهقر الجليديات . أي أخذها في الذوبان .، غير أن معظم الدراسات تشير إلى أن مستوى البحر بلغ أعظمه حوالي سنة 4000 ق.م، وهذا يعني أن درجة الحرارة وصلت إلى أقصاها في تلك الفترة، حيث تمكنت من تقليص المساحات الجليدية إلى أدنى قيمة لها بعد آخر فترة جليد بليستوسينية. غير أن هذا لا يعني أنه منذ 4000 سنة قبل الميلاد وحتى الآن لم تحدث فترات تبرد انخفضت خلالها درجة الحرارة في بعض المناطق إلى ما دون سوية ارتفاعها التي خفضت فيها الجليديات إلى أقل ما يمكن . أي حوالي عام 4000 ق.م .، ذلك أن العديد من جليديات الجبال الحالية تشكلت في الفترة التي تسبق الميلاد بحوالي1000 سنة (عصر الجليد الصغير). وكما كنا ذكرنا سابقاً، فإن آخر فترة جليد بليستوسينية . وهي الفورم . بلغت أشدها حوالي عام 18000 ق.م. ومنذ تلك الفترة أخذت الجليديات بالتقهقر، واستمر ذلك بين مد وجزر وتوقف حتى حوالي عام 11–10 آلاف ق.م حيث انتهى عصر الجليد البليستوسيني، لندخل في العصر الأحدث منه، وهو عصر الهولوسين غير الجليدي، الذي مازلنا نعيش فيه الآن.




**تغير متوسط ارتفاع مستوى البحر في العالم خلال الفترة 1675–2000 .**

إن معرفة منحنى سير درجات الحرارة في الفترة التي أعقبت العصر الجليدي البليستوسيني استمدت من المعطيات التي قدمها علم الأحياء القديمة، حيث الحدود الفاصلة بين المناطق النباتية التي أشارت إليها تحاليل حبات الطلع، والبقايا الحيوانية، كانت خير دليل يشير إلى التذبذبات في درجات الحرارة في العالم.

**الفصل الثامن تناول "المناخ في العصور التاريخية"**

**المناخ منذ العصور الكلاسيكية وحتى بداية العصور الوسطى المتأخرة:**

لقد حدث ارتفاع في درجة الحرارة في كل من أوربا والشرق الأقصى في القرون القليلة السابقة للميلاد، وهو رد فعل للأحوال المناخية الباردة التي حدثت مع بداية الفترة المناخية شبه الأطلسية التي انخفضت فيها درجة الحرارة عدة درجات، مصاحباً إياها تقدم للجليديات الألبية في أوقات مختلفة فيما بين حوالي 900–300 ق.م. حيث انخفض خط الثلج انخفاضاً كبيراً في الجبال المرتفعة في لبنان، وفي أمكنة أخرى من منطقة الشرق الأدنى. كما غطى الثلج قمم جبال أفريقيا الاستوائية المرتفعة حيث انخفض خط الثلج انخفاضاً ملحوظاً. ولقد مر على روما القديمة عدة فصول شتاء ذات برد قارس تجمدت خلالها مياه نهر التيبر، كما في شتاء أعوام: 398 ق.م، 396 ق.م، 271 ق.م، و 177 ق.م.

أخذت جليديات الألب بالتقهقر منذ حوالي 300 ق.م وحتى 400 بعد الميلاد. ولذا فإن الجليد الألبي كان في بعض الفترات أقل انتشاراً منه في يومنا الحالي، خاصة إذا علمنا أن الرومان كانوا يقومون بتعدين الذهب في منطقة سونبليك (النمسا) في جبال الألب، وأن حركة المرور عبر الممرات الجبلية استمرت حتى فصول الشتاء. غير أن أوربا الشمالية الغربية والوسطى سجلت بعض التهطال الثلجي الذي لا أهمية له في بعض فصول الشتاء، كما شهدت الجزر البريطانية فصول شتاء صعيقية في أعوام: 134، 173، 207، 221، 231 بعد الميلاد. إلا أن الصقيع الواسع الانتشار الذي شمل أوربا كافة لم يحصل سوى في القرن الرابع الميلادي وما بعد ذلك، حيث حدث صقيع شديد شمل كافة أرجاء أوربا فيما بين 339–365 ب.م، كما حدث مثل ذلك عدة مرات في الفترة بين عامي 664–1000 ب.م.

ساد أوربا الشمالية الغربية في الفترة بين 750–500 ق.م، وأيضاً فيما بين 350–100 ق.م، مناخ رطب. وفي فترة بداية العصر الروماني (قبل حوالي 200–100 ق.م) كان المناخ استمراراً للأحوال المناخية التي كانت سائدة حوالي 500 ق.م، والتي كانت مترافقة بانخفاض في درجة الحرارة جعلت المناخ في العروض شبه المدارية أبرد مما هو عليه الآن.

وفي كافة أرجاء القارة الأوربية، فإن المناخ كان حاراً وجافاً خلال الفترة 300–400م، ليصبح أبرد وأرطب في الفترة التالية وحتى الجزء الأول من الفترة الحارة للعصور الوسطى التي اتصفت بارتفاع درجو حرارتها وقلة أمطارها، وبانتهائها عند منتصف القرن الثالث عشر تقريباً أخذ المناخ يتجه نحو التبرد في أواخر العصور الوسطى لتحل فترة شديدة البرودة استمرت من عام 1550م وحتى عام 1770م تقريباً عرفت بعصر الجليد الصغير. وقد كانت الفترة بين 350–484م جافة في كل بريطانيا وأوربا الوسطى، لتشهد الخمسينات من القرن الخامس الميلادي، والفترة بين 575–590م أحوال رطبة جداً في معظم أرجاء أوربا. ولقد دلت حلقات الأشجار السنوية على سيادة الجفاف في بريطانيا وألمانيا في العقد الأول من القرن التاسع، وفيما بين 920–940م، وبين 980–1000م.

إن الدفء الذي ساد أوربا في العصور الوسطى العليا فيما بين 1000–1300م، كان أكثر اعتدالاً من دفء القرن الأول الميلادي. وكان هذا الدفء مترافقاً مع شتاء معتدل الرطوبة. كما أن حوض البحر المتوسط كان خلال هذه الفترة ذا مناخ رطب بوجه عام مع صيف حدثت فيه . أحياناً . أمطار رعدية بشكل غير معهود في يومنا هذا. وقد ارتفع مستوى الماء في بحر قزوين في القرن الرابع عشر إلى مستو يعلو نحو أربعة أمتار عن مستواه الحالي. وكثرت الأمطار في منطقة السهوب مما ساعد على استقرار السكان.

تحول المناخ في العصور الوسطى المتأخرة:

لقد حدث تحول في المناخ بعد فترة الدفء السابقة. ذلك أنه ابتداء من عام 1200 وحتى عام 1500م تقريباً اتجه المناخ نحو التبرد، مصاحباً ذلك تزحزحاً نحو القطبين لمناطق النشاط الإعصاري.

عصر الجليد الصغير:

إن هذا العصر الذي نحن بصدد مناقشته، لم يقتصر على القارة الأوربية، وإنما شمل معظم أرجاء الأرض التي كان قد غطاها الجليد في عصر البليستوسين. ويختلف الكتاب في تحديد بداية ونهاية هذا العصر الجليدي. ذلك أن فترة تقدم الجليد، وفترة انحساره لم تكن واحدة في أجزاء العالم كافة، ولذا نجد فترات البداية التالية: حوالي 1300م . 1310م، 1430م، 1560م، أما فترات النهاية لهذا العصر فتحدد بـ: 1700م، 1850م، و 1900م. ولذا فإن التحديد الوسطي لهذا العصر يكون من حوالي عام 1550 وحتى عام 1700م في معظم أنحاء العالم.

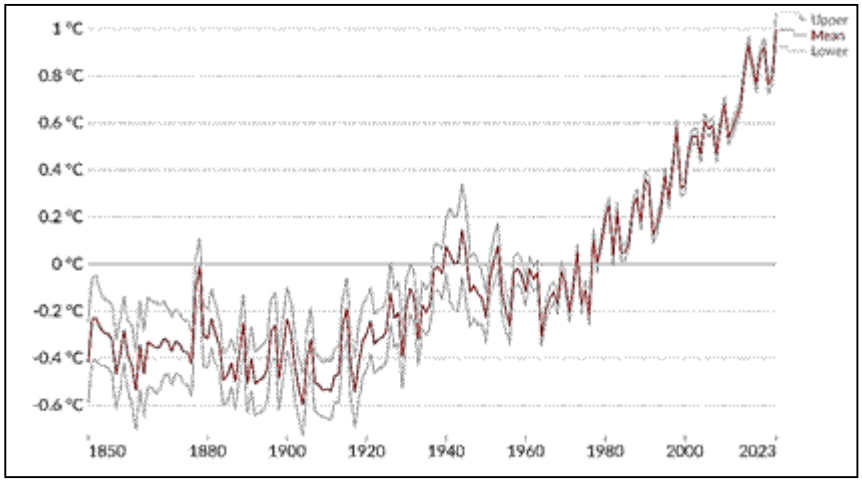
الفصل التاسع تناول "المناخ منذ بداية التسجيلات الرصدية" يعود تاريخ الاستخدام المنظم للرصدات الجوية بواسطة الأجهزة إلى الفترة 1654–1670م، ومع بداية استخدام أجهزة الرصد في قياس ظواهر الجو المختلفة، أخذت معرفتنا بمناخ الأرض تزداد، وازدادت بذلك معرفتنا بالتباينات المكانية للمناخ بعد أن أصبحت شبكة الرصد الجوي تغطي معظم أنحاء العالم في يومنا هذا، وكان لدخول الأقمار الصناعية هذا المجال منذ عام 1960م اتسعت معرفتنا بالجو وظواهره. وإذا نظرنا إلى الشكل رقم (56) الذي يوضح التغيرات في درجة الحرارة في إنكلترا الوسطى

منذ عام 1689م وحتى يومنا هذا، للاحظنا شدة التذبذبات في درجة الحرارة. ولوجدنا أن منحنى سير درجة الحرارة غم التذبذبات الحاصلة فيه، إلا أنه كان له وجهة عامة في بعض الفترات. ففي الفترة من 1659م وحتى قرابة عام 1690م كانت درجة الحرارة تميل نحو الانخفاض، لتأخذ بعدها بالارتفاع حتى حوالي عام 1730م وليتجه بعدئذ منحنى درجة الحرارة نحو الاستقرار مع تذبذبات قصيرة وبسيطة فيه حتى أواخر القرن التاسع عشر، حيث مالت درجة الحرارة نحو الارتفاع مستمرة حتى قرابة منتصف القرن العشرين، ليعاودها الانخفاض حتى يومنا هذا.

وإذا نظرنا إلى منحنى سير درجة الحرارة بدءاً من عام 1880م وحتى يومنا هذا . حيث المعلومات الرصدية متوفرة عن معظم أنحاء العالم . للاحظنا اتجاهاً عاماً في درجة حرارة الهواء فوق سطح الأرض كله نحو التسخين حتى عام 1940م، إذ يأخذ منحنى درجة الحرارة بعدئذ بالهبوط، وما ينطبق على منحنى سير درجة الحرارة بالنسبة للأرض كلها، ينطبق على قطاعاتها العرضانية، حيث نجد هناك توافقاً إلى حد ما، أن الاتجاه نحو التزايد الحراري في النصف الأول من هذا القرن يبدو أكثر وضوحاً في العروض العليا من نصف الكرة الشمالي.

مع نهاية القرن التاسع عشر، كانت معظم جليديات الجبال قد تراجعت عن موقعها التي بلغتها في ذروة عصر الجليد الصغير، كما أن بعضاً منها كان قد اختفى نهائياً. ففي جبال المنطقة المدارية نجد أن ستاً من جليديات جبال روانزوري اختفت نهائياً، وكانت هذه الجليديات قد وصفت للمرة الأولى من قبل المستكشفين في منتصف القرن الماضي.

الفصل العاشر فقد تناول " الاتجاه العام للمناخ في العالم" فمنذ عام 1880 وحتى عام 1940 خضعت درجة حرارة الهواء السطحي فوق يابس نصف الكرة الشمالي إلى التزايد بمعدل وصل إلى أكثر من 0.5°م، وقد تلا ذلك انخفاض تدريجي في درجة الحرارة بمعدل يقارب من نصف قيمة التزايد السابقة، وذلك فيما بين عامي 1940–1970، بعد أن كانت درجة حرارة الهواء السطحية قد وصلت إلى أقصاها في عام 1940.، ثم أخذت درجة الحرارة بالارتفاع غير الملحوظ فيما بين عامي 1970–1975، لتعاود انخفاضها فيما بعد عام 1975 وحتى أيامنا الحالية. ويعزو العلماء التسخين الذي حدث حتى عام 1940 إلى تزايد نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون ($Co_2$) في الجو، بينما أرجعوا التبرد الذي أعقبه إلى تزايد كميات الإيروسول في الجو، والتي كان للنشاط البركاني دوراً هاماً فيه بحيث تجاوز دور غاز ثاني أوكسيد الكربون.



انحراف درجة الحرارة السنوية المتوسطة عن معدلها العام خلال الفترة من عام 1850–2023

ورغم اتفاق العلماء على أهمية دور الإنسان في تغيير ملامح مناخ الكرة الأرضية، إلا أن آراءهم ليست واحدة حول وجهة المناخ المقبلة، فمنهم من يقول بالتبريد، وآخرون يقولون بالتسخين. وليست المشكلة في هذا القول أو ذاك، وإنما المشكلة تكمن في تقدير الأسباب المحتملة وراء مثل هذه التغيرات المقبلة.

فأنصار الاتجاه نحو التسخين: يركزون بالدرجة الأولى على غاز ثاني أوكسيد الكربون (Co2) الذي تشبه خاصيته خاصية البيت الزجاجي في سماحه للأشعة الشمسية قصيرة الموجة بعبورها تجاه سطح الأرض، وعدم سماحه للجزء الأكبر من الأشعة الأرضية طويلة الموجة بعبورها تجاه الفضاء، مما يساعد على رفع درجة حرارة الجو، ولقد أظهرت تجارب النماذج العددية الجوية أن الغازات الجوية النادرة، كما في أوكسيد الآزوت (N2O)، الميتان (CH4) والكلوروكربون (ClCs) لها دور في تحديد توازن الأشعة طويلة الموجة، وسيكون لتزايد تركيزها في الجو تأثيرات هامة على المناخ تماثل بدرجة أقل من حيث التأثير أهمية غاز CO2.

على افتراض احترار الأرض؛ بمعنى التزايد المضطرد في درجة حرارتها، بما يرفعها نحو (2–5°م) أو أكثر (8°م حسب تقديرات بعض المغالين)، في نهاية القرن الحادي والعشرين، مما هي عليه في بدايته، فستترك عندئذ آثار كبيرة على الإنسان والبيئة بمختلف مكوناتها، وستكون نتائج ذلك كبيرة، وستتجه الكوارث المناخية إلى التعاظم

ويرى أصحاب فرضية التبريد، أن مسار المناخ خلال القرن الحالي والقرنين القادمين متجها نحو التبرد، رغم عدم إغفالهم ظاهرة الاحتباس الحراري، معتمدين في ذلك على عدة معطيات، هي:

1- ما تزال البحار والمحيطات تمتلك القدرة على امتصاص المزيد من (Co2)الجوي، بمعنى أنها ما تزال بعيدة عن التشبع.

2- إن الزيادة المضطردة للسكان تستوجب الآن ولاحقاً، تزايد في رقعة المساحات الخضراء لتلبية احتياجات السكان من الغذاء والكساء، وهذا ما يقود إلى زيادة تثبيت (Co2) في النباتات عبر آلية التمثيل اليخضوري، والتخفيف بذلك من حدة ظاهرة الاحتباس الحراري.

3- وعلى افتراض أن الضغط السكاني على البيئة، سيعمل على تدهورها استمراراً لما خلفه من القرن العشرين، فهذا يعني المزيد من القحولة الأرضية، والتعاظم في عمليات التجوية والتعرية، وزيادة بالتالي في العواصف الترابية. بجانب المزيد من انطلاق الدقائق الصلبة من المصانع والمعامل... إلخ.

نرى أن أنصار الاتجاه نحو التبريد يقدمون رداً على أنصار الاتجاه نحو التسخين، وتفسيراً معاكساً لتفسيرهم. ورغم أنهم يسلمون أيضاً بدور تزايد نسبة ثاني أوكسيد الكربون في الجو في عملية التسخين، إلا أن فعله . أي فعل $CO_2$ . يتعاكس مع فعل المواد الصلبة (غبار، أتربة، أملاح..الخ) المتزايد في الجو بفعل الإنسان والطبيعة معاً.

الفصل الحادي عشر خصص لدراسة "التغير المناخي في أورقة الندوات والمؤتمرات" أثيرت تساؤلات كثيرة عن الضجيج الإعلامي الذي أُعطي منذ سنوات وما يزال يُعطى لما يدعى التغير المناخي، بمدلوله اللفظي، أو

بصورة أخص للاحتباس الحراري. وما هذا الضجيج سوى انعكاس لما يُظهره العالم السياسي من اهتمام منقطع النظير بالاحتباس الحراري، وإقصاء علماء المناخ غير المسيسون عنه.

وبالعودة إلى موضوع التغيّر المناخي كمشكلة عالمية حديثة من المشكلات التي أحدثها الإنسان بثورته الصناعية المتناميّة منذ منتصف القرن الثامن عشر، والتي ازدادت تعاظماً في القرن العشرين، وبخاصة ابتداءً من منتصفه، وهذا ما باتت الأقلام المُضلِلة تتناوله بخاصة منذ أوائل السبعينات من القرن الماضي، وكأن هذا المصطلح (التغيّر المناخي Climatic Change) جديداً، وهو القديم منذ آلاف السنين، فهذه كتب الفلاسفة الإغريق، وكذلك كتب علم المناخ التي تعود إلى ما قبل ستينات القرن العشرين،وحتى القرن التاسع عشر، حيث التغيّرات المناخية واحدة من مفردات تلك الكتب، ولكن شتّان ما بين دلالتها يومها، ودلالتها اليوم.

فاليوم صُنعت من التغيّرات المناخية مشكلة لتتصدر المشكلات العالمية الطبيعية التي لا يمكن حلّها بقرار، بل لابد لها من النداوات والمؤتمرات الخاصة بها، والقمم التي لا مناص من إقحامها بها.

الموضوع في مشكلة التغيّر المناخي، إن هي كانت مشكلة، وهي ليست بذلك؟ فمن سيقف عند أبعادها؟.

مؤتمرات المناخ:

منذ أوائل السبعينات من القرن العشرين، وما تزال المؤتمرات في انعقاد متنقلة بين هذه الدولة وتلك؛ تارة لمعالجة المشكلة المصطنعة المسماة (التغيّرات المناخية) والناتجة عن ظاهرة الاحتباس الحراري، وأخرى لمناقشة ثقب الأوزون الجوي، بعد أن حلقت به وسائل الإعلام في الثمانينات والتسعينات من القرن الماضي خبا حالياً، وثالثة لمكافحة التصحّر والجفاف... إلخ. والقرارات مختلفة، والنتائج على ما يبدو واحدة، فلا تنفيذ لقرار... وإنما ضجيج مؤذٍ..

هناك العديد من المؤتمرات التي كان للأوزون حضوراً قوياً فيها، نذكر منها: مؤتمر استوكهولم 1972، والذي اتفق فيه المشاركون على تأسيس ما عُرف باسم برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). وتشكل من المؤتمر لجنة من الخبراء وضعت خطة للحدِّ من المخاطر المحيقة بطبقة الأوزون،ولجان بيئية أخرى متعددة. تلاه مؤتمر فيينا 1985 ومؤتمر فيلاخ 1985، مؤتمر مونتريال 1987، وتورينتو 1988، ولندن 1990.

في عام (1988م) أنشئت الهيئة الدولية للتغيّر المناخي (IPCC) بالتعاون بين المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة. واتخذت مدينة جنيف بسويسرا مقراً لها، ليعقد فيها مؤتمران (مؤتمر المناخ العالمي الأول والثاني)، في عامي (1989، 1990م) بمشاركة (25) دولة. وفي (9) أيار عام (1992م) تم اعتماد مشروع اتفاقية إطارية بشأن تغيّر المناخ في مقر الأمم المتحدة بنيويورك، ليوقّع عليها الحاضرين . من رؤساء الدول وغيرهم . في قمة الأرض التي عُقدت في ريو دي جانيرو بالأرجنتين في شهر حزيران عام (1992م). وبدأ نفاذ الاتفاقية في (26) آذار عام (1994م)، التي عُرفت باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ (UNFCCC)، واتخذت مدينة بون بألمانيا مركزاً للاتفاقية.

وتم اعتماد مؤتمر COP "مؤتمر الأطراف"، إذ "الأطراف" هي البلدان التي وقعت على اتفاقية الأمم المتحدة الأصلية للمناخ في عام 1992. كأعلى هيئة معنية بالاتفاقية، ويمثل الهيئة التنفيذية لها، والذي عَقد أول مؤتمراته في عام (1995م) تحت اسم مؤتمر الأطراف الأول (COP. 1).

وتلاه مؤتمر الأطراف الثاني (COP. 2) في شهر تموز عام (1996م) في مدينة جنيف بسويسرا في مقر الأمم المتحدة. وكان مؤتمر الأطراف الثالث (COP. 3) الذي عُقِد في مدينة كيوتو باليابان في شهر كانون الأول عام (1997م)، أشهر وأهم مؤتمرات الأطراف. ولتتوالى المؤتمرات سنة فسنة، وليُعقد آخرها (COP. 28) في مدينة دبي عام (2023). حيث غدا مؤتمر الأطراف هو المعني أكثر ما يكون بمشكلة التغيّر المناخي، وأصبح تقليداً سنوياً، والجدول (14) يبين سلسلة مؤتمرات الأطراف السنوية، ومكان وتاريخ انعقادها.

الجدول (2) مؤتمرات الأطراف السنوية، ومكان وتاريخ انعقادها

| رقم المؤتمر | السنة | فترة الانعقاد | المدينة | الدولة |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1995 | 28 مارس إلى 7 أبريل | برلين | ألمانيا |
| 2 | 1996 | 8–19 يوليو | جنيف | سويسرا |
| 3 | 1997 | 1–11 ديسمبر | كيوتو | اليابان |
| 4 | 1998 | 2–14 نوفمبر | بوينس آيرس | الأرجنتين |
| 5 | 1999 | 25 أكتوبر و5 نوفمبر | بون | ألمانيا |
| 6 | 2000 | 13–25 نوفمبر | لاهاي | هولندا |
| 2-6 | 2000 | 17–27 يوليو | بون | ألمانيا |
| 7 | 2001 | من 29 أكتوبر إلى 10 نوفمبر | مراكش | المغرب |
| 8 | 2002 | من 23 أكتوبر إلى 1 نوفمبر | نيودلهي | الهند |
| 9 | 2003 | 1–12 ديسمبر | ميلانو | إيطاليا |
| 10 | 2004 | 6–17 ديسمبر | بوينس آيرس | الأرجنتين |
| 11 | 2005 | 28 نوفمبر – 9 ديسمبر | مونتريال | كندا |
| 12 | 2006 | 6 – 17 نوفمبر | نيروبي | كينيا |
| 13 | 2007 | 3–15 ديسمبر | بالي | أندونيسيا |
| 14 | 2008 | 1 – 12 ديسمبر | بوزنان | بولندا |
| 15 | 2009 | 7 – 18 ديسمبر | كوبنهاغن | الدانمارك |
| 16 | 2010 | 28 نوفمبر – 10 ديسمبر | كانكون | المكسيك |
| 17 | 2011 | 28 نوفمبر – 11 ديسمبر | دوربان | جنوب إفريقيا |
| 18 | 2012 | من 26 نوفمبر إلى 7 ديسمبر | الدوحة | قطر |
| 19 | 2013 | 11 – 23 نوفمبر | وارسو | بولندا |

| رقم المؤتمر | السنة | فترة الانعقاد | المدينة | الدولة |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 2014 | 1–12 ديسمبر | ليما | بيرو |
| 21 | 2015 | 30 نوفمبر – 11 ديسمبر | باريس | فرنسا |
| 22 | 2016 | 7 – 18 نوفمبر | مراكش | المغرب |
| 23 | 2017 | 6 – 16 نوفمبر | بون | ألمانيا |
| 24 | 2018 | 3–14 ديسمبر | كاتوفيتشي | بولندا |
| 25 | 2019 | 2 – 13 ديسمبر | مدريد | إسبانيا |
| 26 | 2020 | من 9 إلى 19 نوفمبر | غلاسجو | اسكتلندا |
| 27 | 2021 | 06 – 18 نوفمبر 2022 | شرم الشيخ | مصر |
| 28 | 2023 | 30 نوفمبر – 12 ديسمبر 2023 | دبي | الامارات العربية المتحدة |
| المؤتمرات القادمة | | | | |
| 29 | 2024 | 11–24 نوفمبر 2024 | سيتم تحديده لاحقًا | |
| 30 | 2025 | سيتم تحديده لاحقًا | مدينة بيليم في البرازيل | |
| 31 | 2026 | سيتم تحديده لاحقًا | الانجاه بأن يكون في أستراليا | |

لم تتوقف قصة التغيّر المناخي الاحتراري عند الندوات وما أكثرها في معظم الدول التي لا شأن لها به، والمؤتمرات الخاصة بها التي ذكرناها سابقاً. بل تعدّى ذلك إلى القمم العالمية والإقليمية التي أقحم في بعضها إقحاماً باعتباره لسان من لا لسان له اليوم، شأنه في ذلك شأن الإرهاب، الممولين والمستمرين مادام هناك ظهوراً وارتزاقاً. ومن القمم التي كان المناخ فيها حاضراً أو مقحماً، نذكر: قمة الأرض بنسخه المختلفة، واجتماعات قمة الدول الثماني وقمة مجموعة العشرين بنسخه المختلفة، وقد توسع نطاق القضايا التي ناقشها الزعماء في تلك القمم إلى ما هو أبعد من الاقتصاد، ليشمل قضايا مثل تغير المناخ، والطاقة المستدامة، والإعفاء من الديون الدولية، وفرض الضرائب على الشركات متعددة الجنسيات. والتوجيه بالسعي إلى استخدام الطاقة الشمسية والطاقات المتجددة الأخرى كإجراء للحدِّ من تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري.

# الفصل السابع عشر

# المناخ والطقس عند 3 درجات إضافية

# الأرض كما لا نعرفها (أو نريد أن نعرفها)

ستيفان رامستورف[1]

ترجمة: مها أسعد مرزة[2]

تمت ترجمة الفصل الأول من كتاب 3 Degrees More، (3 درجات إضافية) تحرير (ك. ويجاندت K. Wiegandt) من نسخته الإنجليزية الصادرة في عام 2024، المترجمة أصلاً من النسخة الألمانية الأصلية المنشورة في عام 2022. يصف هذا الكتاب بالتفصيل كيف ستكون الحياة على هذا الكوكب إذا ارتفعت درجة حرارة سطحه المتوسطة بمقدار 3 درجات مئوية فوق مستوى ما قبل الثورة الصناعية. وعلى هذا الأساس، يزعم الكتاب أنه من الضروري الحفاظ على الارتفاع في درجة الحرارة أقل من درجتين مئويتين. ثم يضع خطة مفصلة للتدابير الممكنة سياسياً والفعّالة من حيث التكلفة والتي يجب اتخاذها الآن لتحقيق هذا الهدف. وفي هذا السياق، يقدم الكتاب مناقشات مفصلة حول تمويل المناخ والتعليم المناخي والحلول القائمة على الطبيعة.

ولكن ماذا يعني ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 3 درجات مئوية بالنسبة لنا؟ حتى الآن، وفقًا للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC، 2021)، فقد وصلنا إلى 1.1 درجة من الاحترار، نسبة إلى أواخر القرن التاسع عشر (وهو ما يستخدم عمومًا كخط أساس في هذه المقالة لأنه أيضًا خط الأساس لهدف مؤتمر باريس المتمثل في 1.5 درجة). ونحن نشهد بالفعل العديد من التأثيرات السلبية. فارتفاع درجة الحرارة بمقدار ثلاث درجات مئوية سيكون أكثر بثلاث مرات تقريبًا. ومع ذلك، فإن التأثيرات ستكون أسوأ بكثير من مجرد ثلاثة أضعاف التأثيرات الحالية، كما سنرى.

يوفر تاريخ الأرض منظورًا مفيدًا بشأن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 3 درجات مئوية. وفقًا للمعرفة الحالية، يجب على المرء أن يعود إلى حوالي ثلاثة ملايين عام، إلى عصر البليوسين[3]، للعثور على درجة حرارة عالمية مرتفعة مماثلة. وهذا يشير بالفعل إلى أن أجزاء كبيرة من المحيط الحيوي اليوم غير متكيفة بالتطور مع مثل هذه الأرض الدافئة. ولن تنجو العديد من الأنواع منها. في العصر البليوسيني، كان أسلافنا، الأسترالوبيثكس[4]، لا يزالون يعيشون جزئياً على الأشجار.

---

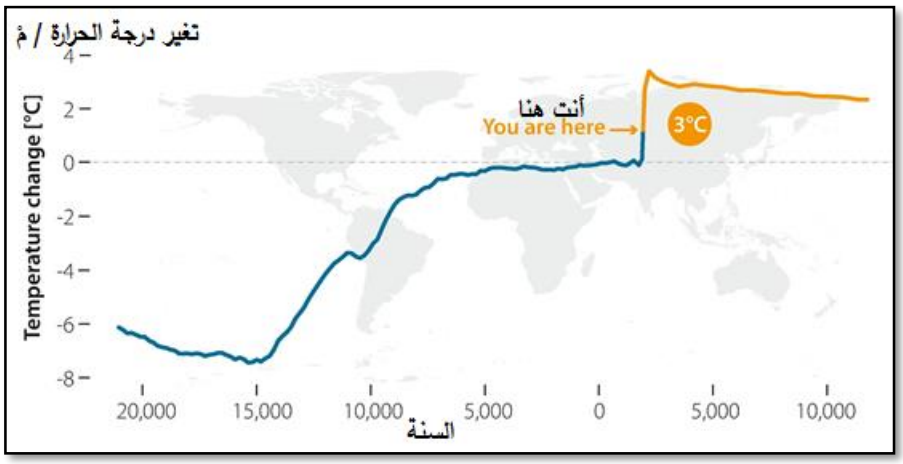
**1 - أستاذ وباحث في معهد بوتسدام لأبحاث تأثير المناخ، بوتسدام، ألمانيا**
**2 - عضو هيئة تعليمية في قسم اللغة الإنكليزية بجامعة حلب**
**3 - هي فترة جيولوجية من المقياس الزمني الجيولوجي تمتد من 5.332 مليون إلى 2.588 مليون سنة مضت. /المترجمة/**
**4 - هو أحد اسلاف الإنسان المنقرضة التي عاشت بين 3.9 و 2.9 مليون سنة ماضية. /المترجمة/**

يمكننا الآن إعادة بناء مسار درجات الحرارة العالمية على مدى العشرين ألف عام الماضية منذ ذروة العصر الجليدي الأخير بدقة تامة بفضل العديد من الرواسب ونوى الجليد (الشكل 1). يوضح الرسم البياني ثلاثة أشياء مهمة:

1. تتجاوز درجات الحرارة اليوم بالفعل النطاق السائد في العصر الهولوسيني[1] وبالتالي التاريخ الكامل للحضارة الإنسانية منذ طور بشر الزراعة المستقرين.

2. إن ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي الحديثة أسرع بنحو عشر مرات من ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية في أثناء فترة العصر الجليدي إلى العصر الهولوسيني، مما يجعل التكيف أكثر صعوبة بشكل كبير.

3. سوف تستمر ظاهرة الاحتباس الحراري الحديثة لعشرات الآلاف من السنين – ما لم نتمكن من إزالة كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون بنشاط من الغلاف الجوي.



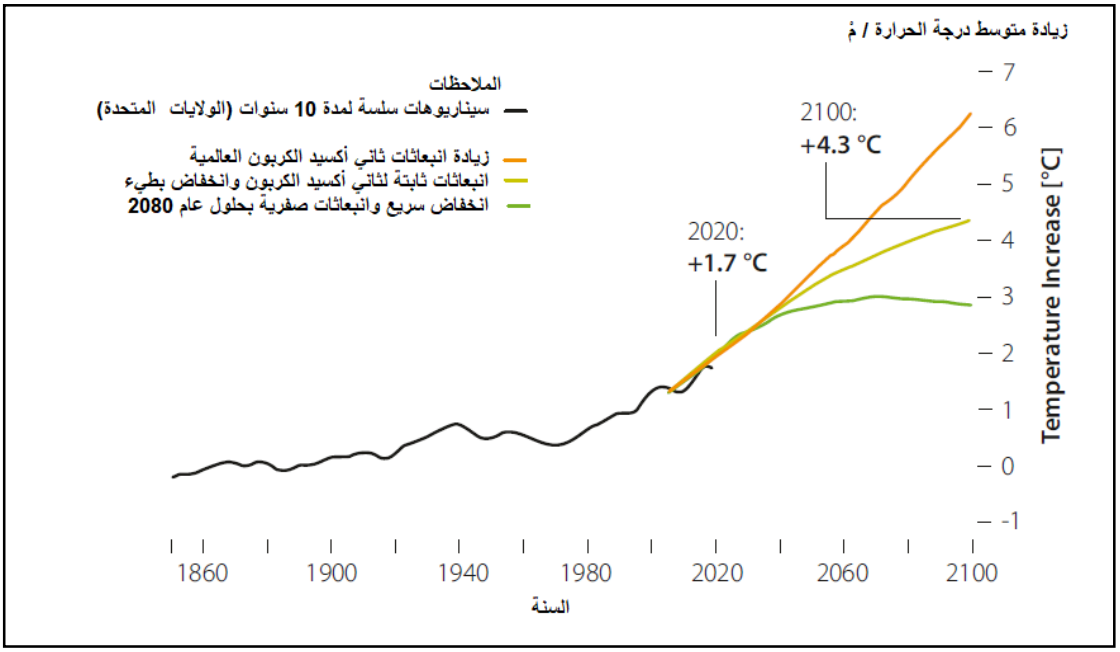

الشكل 1 تطور درجة الحرارة العالمية منذ العصر الجليدي الأخير (حوالي 20000 سنة قبل عصرنا) وعلى مدى 10000 سنة القادمة في ظل سيناريو ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 3 درجات. (بيانات من ديسلر، 2021)

تُظهر عمليات المحاكاة النموذجية في معهد بوتسدام لأبحاث تأثير المناخ (PIK)، والتي تعيد إنتاج دورات العصر الجليدي في أثناء الثلاثة ملايين سنة الماضية بشكل صحيح (مدفوعة بدورات ميلانكوفيتش المعروفة لمدار الأرض)، أننا ربما أضفنا بالفعل ما يكفي من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي لمنع العصر الجليدي التالي، والذي كان من المقرر أن يحدث لولا ذلك في غضون 50000 عام. إذا قمنا بتسخين الأرض بما يصل إلى 3 درجات مئوية، فمن المحتمل ألا تحدث دورات العصر الجليدي الطبيعي لنصف مليون سنة القادمة. تعمل بضعة أجيال من البشر على تغيير كوكب الأرض بشكل كبير ولفترات جيولوجية طويلة.

لقد وصلت الولايات المتحدة بالفعل إلى حوالي 1.7 درجة مئوية من الاحترار (الشكل 2). وبما أن الولايات المتحدة عبارة عن منطقة قارية، فإن هذا ليس مفاجئًا، حيث ترتفع درجات حرارة العديد من المناطق القارية بسرعة

**1 - الهولوسين هو العصر الحالي في الزمن الجيولوجي، والذي يمثل نهاية العصر الجليدي الأخير وبداية فترة الدفء. يتميز باستقرار المناخ بشكل ملحوظ، وصعود الحضارة البشرية. وهي ثاني وآخر فترة من العصر الرباعي، حيث تمتد من 11,700 سنة مضت إلى يومنا هذا. /المترجمة/**

تعادل ضعف المتوسط العالمي، ويعتمد 70% من هذه الزيادة على درجات حرارة المحيطات. وكان متوسط ارتفاع درجات الحرارة في جميع المناطق القارية في عام 2020 نحو 2.0 درجة مئوية. ومع ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 3 درجات، يمكننا أن نتوقع ارتفاعًا في درجات الحرارة على القارات بمقدار 6 درجات م.




الشكل 2 اتجاه درجات الحرارة في الولايات المتحدة وفقًا لبيانات مشروع درجة حرارة سطح الأرض في بيركلي. يقع السيناريو الذي يتضمن ارتفاعًا في درجة حرارة الأرض بمقدار 3 درجات بين السيناريوهات المستقبلية ذات اللون الأخضر الفاتح والبرتقالي. (بيانات من مشروع بيركلي إيرث)

ارتفاع بمقدار 6 درجات في متوسط درجة الحرارة السنوية – وهذا كثير. وهذا من شأنه أن يجعل نيويورك دافئة تقريبًا مثل لوس أنجلوس اليوم. وبينما قد يحلم البعض بظروف الطقس في كاليفورنيا، فإن هذا المناخ الجديد تمامًا لن يروق للمزارعين أو النباتات والحيوانات المحلية على الإطلاق. ومن المرجح أن يؤدي إلى مشاكل الجفاف على نطاق واسع وحرائق الغابات وموت الغابات.

الحرارة المتطرفة

إن درجات الحرارة القصوى أكثر أهمية من متوسط درجات الحرارة. فبينما كان سكان نيويورك يتأوهون تحت موجة حر تبلغ 40 درجة مئوية، فإن درجات الحرارة ستصل إلى 46 درجة مئوية لا تُطاق. أو حتى أكثر من ذلك مع جفاف التربة، مما قد يؤدي إلى تكثيف الحرارة.

في أوروبا، أطلق على صيف عام 2003 اسم "صيف القرن" وأودى بحياة حوالي 70 ألف شخص بسبب الحرارة (روبين وآخرون، 2008، ص 171–175). وكانت ذروة الوفيات الزائدة في فرنسا (حيث كان مركز الحرارة) أعلى بكثير من الارتفاعات خلال جائحة كوفيد 19. واضطرت مدينة باريس إلى إقامة خيام مبردة للعديد من الضحايا في آب/ أغسطس 2003 لأن المشارح كانت ممتلئة. وبالنسبة لصيف عام 2022، قُدِّر عدد الوفيات المرتبطة بالحرارة في أوروبا بما يتجاوز 61 ألف شخص.

يعمل نظام التبريد في جسم الإنسان عن طريق التعرق، أي عن طريق تبخر الماء على سطح الجلد. ويعتمد نجاح هذا النظام على درجة الحرارة والرطوبة: فكلما زادت رطوبة الهواء، انخفضت قدرته على امتصاص بخار الماء الإضافي. والمقياس ذو الصلة للإجهاد الحراري هو الحد النظري للتبريد: أدنى درجة حرارة يمكن الوصول إليها عن طريق التبريد التبخيري المباشر. ويطلق عليه أيضًا درجة الحرارة الرطبة .Wet Bulb Temp لأنه يقيس باستخدام ميزان حرارة تغطى بصيلته بقطعة قماش مبللة.

وفقًا لبحث جديد، فإن حد الإجهاد في جسم الإنسان هو درجة حرارة المقياس الرطب المستمرة عند 35 درجة مئوية، ولكن حتى درجات الحرارة التي تقل عن 30 درجة يمكن أن تكون خطيرة، لأنه يجب أن نحافظ على درجة حرارة أجسامنا عند حوالي 37 درجة ويجب أن نكون قادرين على تبديد الحرارة الناتجة عن عملية التمثيل الغذائي والجهد البدني. وفي موجة الحر في عام 2003، حدثت تسجيلات درجات حرارة الرطبة عند 28 درجة مئوية في أوروبا.

عند نسبة رطوبة 70%، تصل درجة الحرارة الرطبة 35 درجة، وهي قاتلة بعد بضع ساعات حتى للأشخاص الأصحاء، إلى درجة حرارة الهواء 40 درجة مئوية. اليوم، يتم تجاوز درجة حرارة الرطوبة هذه، في أي مكان على وجه الأرض، نادرًا ولفترات وجيزة، وخاصة في الخليج العربي أو على الساحل المكسيكي. وفقًا لدراسة حديثة (رايموند وآخرون، 2020)، تضاعفت بالفعل وتيرة القيم الخطيرة بأكثر من الضعف منذ عام 1979، وفي الخليج العربي، تجاوزت القيم الشهرية لدرجات حرارة مياه البحر حد 35 درجة لأول مرة في عام 2017 – يمكن أن تكون نسيم البحر المشبع بالرطوبة قاتلة في مثل هذه درجات الحرارة. في قطر، منذ مايو 2021، لم يعد يُسمح للعمال بالعمل في الهواء الطلق بين الساعة 10 صباحًا و3.30 مساءً خلال فصل الصيف.

مع ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 3 درجات مئوية – وهو ما يعادل، كما قلت، 6 درجات مئوية أو أكثر في العديد من مناطق الأرض – فإن المناطق التي تكون شديدة الحرارة أثناء موجات الحر سوف تتوسع بشكل كبير، مما يجعل البقاء في الهواء الطلق خطيرًا بشكل متزايد وبالتالي يضعف العمل في الزراعة أو في مواقع البناء، على سبيل المثال.

الأمطار الغزيرة والجفاف المتطرف

لا تزال درجات الحرارة تتصرف بشكل خطي تقريبًا – أي أنها تزداد بالتناسب مع انبعاثاتنا التراكمية من ثاني أكسيد الكربون. ومن المؤسف أن هذا ليس صحيحًا بالنسبة للعديد من تأثيرات الاحتباس الحراري. فالعديد من التأثيرات الفيزيائية تزداد أكثر من التناسب. وهذا صحيح، على سبيل المثال، فيما يتعلق بقدرة الغلاف الجوي على الاحتفاظ ببخار الماء، الذي يزداد بشكل كبير مع درجة الحرارة. وهذا ما تم التعبير عنه في معادلة كلاوزيوس–كلابيرون[1] (Clausius–Clapeyron relation)، وهو قانون أساسي في الفيزياء يصف ضغط بخار الماء المشبع والذي كان معروفًا منذ القرن التاسع عشر.

**1 - معادلة كلاوزيوس-كلابيرون في الكيمياء المعادلة تحمل اسم واضعيها: كلاوزيوس وكلابيرون عام 1834م - وهي صيغة لوصف تحول طوري غير مستمر Discontinuous من طور لآخر (مثل تحول الثلج (طور صلب) إلى ماء**

وينطبق نفس الزيادة أيضًا على نقص بخار الماء في الغلاف الجوي. هذا العجز في البخار هو كمية بخار الماء التي لا يزال الهواء قادرًا على امتصاصها عند رطوبة نسبية معينة. وهذا مهم لأنه مع ارتفاع درجة حرارة الأرض، تظل الرطوبة النسبية ثابتة تقريبًا، وبالتالي يزداد نقص البخار بشكل كبير. إن هذا العجز في بخار الماء في الهواء هو الذي يتسبب في جفاف التربة والنباتات في الأيام الحارة، مما يؤدي إلى ذبول المحاصيل وزيادة خطر حرائق الغابات.

تُظهر البيانات أن هطول الأمطار الشديد قد زاد بالفعل بشكل كبير – كما تنبأت نماذج المناخ منذ ثلاثة عقود. وينطبق هذا على الأرض بشكل عام وقد تم إثباته الآن أيضًا للعديد من المناطق (IPCC، 2021). وبسبب التقلبات الطبيعية الأقوى على نطاق إقليمي والعدد الأصغر من حالات الظواهر المتطرفة، تصبح الإشارة قابلة للاكتشاف إحصائيًا لاحقًا للمناطق الأصغر. يشمل التقرير الحالي للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أيضًا وسط وشمالي أوروبا من بين المناطق التي يمكن اكتشاف الزيادة فيها بالفعل. في عام 2020، أظهرت دراسة أجراها المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيورخ أيضًا زيادة كبيرة إحصائيًا في أحداث هطول الأمطار الشديدة في هذه البلدان. وبشكل عام، تزداد معدلات هطول الأمطار في جميع أنحاء العالم مع ارتفاع درجات الحرارة لأن معدل التبخر من المحيطات يزداد بنحو 2–3٪ لكل درجة.

ومع ذلك، فإن الزيادة بأكملها تقريبًا تسقط من السماء في أحداث هطول الأمطار الغزيرة، والتي تعد كمية بخار الماء في الكتل الهوائية المشبعة مهمة فيها، والتي، وفقًا لمعادلة كلاوزيوس–كلابيرون المذكورة أعلاه، تزداد بنسبة 7٪ لكل درجة مئوية من الاحترار – أي أسرع من إمدادات المياه من خلال التبخر. ونتيجة لذلك، تزداد الأمطار الغزيرة، وتصبح الأيام ذات الأمطار القليلة نادرة، وتصبح الفترات التي لا تهطل فيها الأمطار أطول. وبالتالي، بشكل عام، تزداد أحداث هطول الأمطار الغزيرة وفترات الجفاف.

وقد أثبتت سلسلة مدمرة من أحداث الفيضانات في عام 2023 الدمار الذي يمكن أن تسببه الأمطار الغزيرة. ففي أيلول/ سبتمبر 2023 وحده، حدثت فيضانات هائلة في ليبيا واليونان وإسبانيا وهونج كونج ومدينة نيويورك.

هناك أيضًا اختلافات إقليمية وموسمية كبيرة في هطول الأمطار. بعض المناطق مثل البحر المتوسط، والغرب الأوسط من الولايات المتحدة الأمريكية، وجنوب إفريقيا وأستراليا تجف بشكل متزايد. ما يهم الزراعة والنظم البيئية الطبيعية هو الجفاف الزراعي، أي فقدان رطوبة التربة وجفاف النباتات. الجفاف المفهوم بهذه الطريقة يزداد حتى لو ظل هطول الأمطار دون تغيير، لأنه في المناخ الأكثر دفئًا تزداد خسارة المياه من خلال التبخر. كما يشير تقرير اللجنة الدولية للتغيرات المناخية الحالي إلى زيادة الجفاف الناجم عن الاحترار البشري لغالبية مناطق اليابسة في العالم.

بالإضافة إلى حقيقة بسيطة مفادها أن الهواء الدافئ يمكن أن يمتص المزيد من بخار الماء، هناك أيضًا تغييرات في ديناميكيات الغلاف الجوي. تشير الأبحاث الحالية إلى أن استمرار، أي مدة، ظروف الطقس معينة قد زادت في أجزاء كبيرة من أوروبا في العقود الأخيرة (هوفمان وآخرون، 2021). وبالتالي، تتحول بضعة أيام حارة

**(طور سائل)). في مخطط الضغط ودرجة الحرارة P–T diagram تعرف الخط الذي يفصل بين الطورين بمنحنى الطورين. /المترجمة/**

إلى موجة حر تهدد الصحة، أو مرحلة جافة إلى جفاف طويل الأمد. ويعزى هذا التزايد المستمر إلى تباطؤ الدورة العامة للرياح الغربية، بما في ذلك التيار النفاث في الصيف، والذي ربما يكون مرتبطًا بالاحترار القوي لمناطق الأراضي القطبية الشمالية (Coumou et al., 2015). ووفقًا لدراسة حديثة (Voossen, 2021)، فقد ارتفعت درجة حرارة القطب الشمالي بالفعل بمقدار أربعة أضعاف ما ارتفعت به بقية الكرة الأرضية على مدار السنوات الأربعين الماضية، مما أدى إلى تسطيح التدرج في درجات الحرارة من المناطق الاستوائية إلى القطب الشمالي الذي يدفع الرياح الغربية في خطوط العرض المتوسطة. بالإضافة إلى ذلك، هناك اختلافات كبيرة ومستمرة عرضية في التيار النفاث والتي تصل إلى نصف الكرة الشمالي بالكامل، مما يتسبب في حدوث ظواهر متطرفة متزامنة هناك (Kornhuber et al., 2017). السيناريو الكابوسي لبعض الباحثين في المناخ هو الجفاف مع فشل المحاصيل الذي يضرب في وقت واحد مخازن الحبوب الكبيرة في نصف الكرة الشمالي: غرب أمريكا الشمالية وروسيا وأوروبا الغربية وأوكرانيا (Kornhuber et al., 2019).

لقد توقفت روسيا بالفعل عن تصدير الحبوب بسبب فشل المحاصيل في صيف عام 2010، وذلك في أعقاب كارثة الجفاف والحرائق، مما أدى إلى ارتفاع الأسعار بشكل كبير بالنسبة للمشترين في شمال أفريقيا، وبالتالي أسهم ما يسمى بـ "الربيع العربي"، الذي أشعلته جزئيا أسعار الخبز المرتفعة. إن الدول الضعيفة التي تعاني من الصراعات يمكن أن تزعزع استقرارها بسبب الأحداث المتطرفة وفشل المحاصيل، مع ما يترتب على ذلك من آثار على السياسة العالمية.

الأعاصير المدارية

تمثل الأعاصير المدارية خطرًا كبيرًا في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم. على سبيل المثال، في سبتمبر 2017، دمر إعصار ماريا من الفئة الخامسة أجزاء كبيرة من جزيرة بورتوريكو وتسبب في خسارة أكثر من 3000 حياة.

يمنح الاحتباس الحراري العالمي الأعاصير المدارية طاقة إضافية – لأن هذه العواصف تستمد قوتها التدميرية من طاقة الحرارة المخزنة في المحيط العلوي. وهذا هو السبب في أنها تتشكل فقط في المناطق التي تزيد فيها درجات حرارة المياه عن 26.5 درجة مئوية؛ في خطوط العرض الأكثر اعتدالًا، كانت مياه البحر باردة جدًا حتى الآن. لذلك، كان باحثو المناخ يتوقعون لعقود من الزمان أن العواصف المدارية ستصبح أقوى. ومع ذلك، لفترة طويلة، لم يكن من الممكن إثبات زيادة من البيانات الرصدية. ليس لأن البيانات لم تظهر زيادة (لقد فعلت ذلك)، ولكن لأنه لم يكن من الواضح مدى موثوقية البيانات القديمة في التقاط قوة العواصف المدارية وما إذا كانت بعض العواصف المدارية البعيدة عن المناطق البرية ربما تم تقويتها قبل عصر الأقمار الصناعية.

وفي الآونة الأخيرة، يمكن رؤية زيادة مناخية حقيقية في شدة العواصف المدارية من البيانات (كوسين وآخرون، 2020). ويذكر تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الحالي لأول مرة أن نسبة العواصف المدارية القوية بشكل خاص (الفئات 3–5) قد زادت، والتي كان تغير المناخ الناجم عن أنشطة الإنسان هو السبب الرئيسي لها. وأي شخص على دراية بالتصريحات الحذرة والمقيدة للغاية لتقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ السابقة بشأن هذه المسألة سوف يفهم أهمية هذا الاستنتاج. بالإضافة إلى ذلك، هناك أدلة على أن

العواصف المدارية يمكن أن تشتد بسرعة أكبر، وتسافر ببطء أكبر (مؤثرة على المناطق الواقعة أسفل العاصفة لفترة أطول) وتتحرك إلى خطوط عرض أعلى – في أوروبا، على سبيل المثال، تقترب من ساحل البرتغال.

لقد كان من غير المتنازع عليه منذ فترة طويلة أن هطول الأمطار الشديدة، والتي غالبًا ما تكون السبب الرئيسي للدمار الناجم عن العواصف المدارية، قد زاد بسبب الاحتباس الحراري، والذي يرجع مرة أخرى إلى معادلة كلاوسيوس–كلابيرون، وبشكل أكثر تحديدًا، إلى زيادة تبخر مياه البحر الدافئة تحت العاصفة.

ضرب إعصار هارفي هيوستن في أغسطس 2017 وأصبح العاصفة الاستوائية الأكثر تكلفة في تاريخ الولايات المتحدة (125 مليار دولار من الأضرار)، على قدم المساواة مع إعصار كاترينا في نيو أورليانز في عام 2005. جلب هارفي أثقل هطول للأمطار تم تسجيله على الإطلاق في الولايات المتحدة: 1539 ملم من الأمطار في 4 أيام في ذروته. للمقارنة: بلغ إجمالي هطول الأمطار لمدة 3 أيام في وادي أهر الألماني 115 ملم خلال كارثة الفيضانات في يوليو 2021.

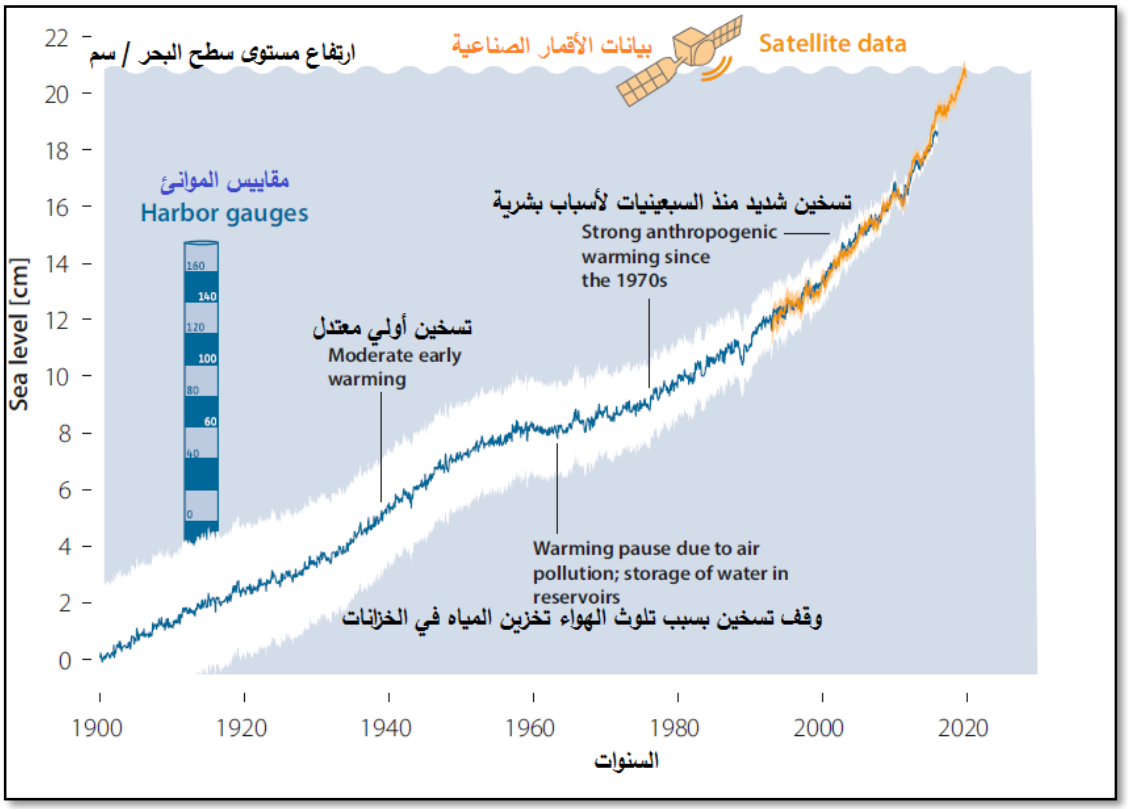
ومن غير الممكن أيضًا أن يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر بسبب ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى تفاقم العواصف الناجمة عن العواصف الاستوائية أو غيرها. غالبًا ما تكون آخر ديسيمترات إضافية هي التي تسبب أكبر قدر من الضرر، عندما تصل المياه إلى مناطق لم يتوقع أحد حدوث عاصفة فيها من قبل. مثل إعصار ساندي في عام 2012، الذي غمرت عاصفته أنفاق مترو أنفاق نيويورك. أو إعصار هايان، الذي أدى عاصفته في عام 2013 إلى تدمير مدينة تاكلوبان في الفلبين، وأودى بحياة أكثر من 6300 شخص.

مستوى سطح البحر والصفائح الجليدية

إن منظور تاريخ الأرض يساعدنا أيضاً عندما يتعلق الأمر بمستوى سطح البحر. ففي العصر البليوسيني، قبل ثلاثة ملايين سنة، كان مستوى سطح البحر أعلى بمقدار يتراوح بين 5 و25 متراً عن مستواه اليوم لأن الجليد كان أقل كثيراً على القارات. وعلى العكس من ذلك، في ذروة العصر الجليدي الأخير قبل 20 ألف سنة، كان مستوى سطح البحر أقل بمقدار 120 متراً عن مستواه اليوم. إن الكتل الجليدية القارية الحالية، وخاصة في القارة القطبية الجنوبية وجرينلاند، ضخمة إلى الحد الذي يمكنها من توفير ما يكفي من المياه لارتفاع مستوى سطح البحر العالمي بمقدار 65 متراً.

من غير المرجح أن يكون أسلافنا من شعب الأستراليوبيثكس في العصر البليوسيني قد انزعجوا من ارتفاع مستوى سطح البحر. ولكن السواحل الحالية لكوكبنا تضم أكثر من 130 مدينة يزيد عدد سكانها عن مليون نسمة، فضلاً عن البنية الأساسية الأخرى مثل الموانئ والمطارات ونحو 200 محطة للطاقة النووية مع تبريد مياه البحر (مثل سايزويل ب على ساحل بحر الشمال البريطاني). وحتى ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد سيكون كارثة. وحتى الآن، كان الارتفاع منذ أواخر القرن التاسع عشر حوالي 20 سم، وهو ما يسبب بالفعل مشاكل على بعض السواحل ـ وهذا ليس فقط أثناء العواصف. بل إن دورات المد والجزر الطبيعية تتسبب أحياناً في غمر الشوارع في المدن الواقعة على الساحل الشرقي للولايات المتحدة فيما يسمى بفيضان المد والجزر، المعروف أيضًا باسم "الفيضانات المزعجة "nuisance flooding"" ـ وهي ليست كارثة، بل إزعاج متزايد. وفي حالة ارتفاع مستوى سطح

البحر، يبدو حتى الآن أن سرعة الارتفاع تتزايد تقريباً بالتناسب مع ارتفاع درجة الحرارة. وهذا يعني أنه مع ارتفاع درجة الحرارة بمقدار ثلاث درجات، ينبغي أن يرتفع مستوى سطح البحر بسرعة أكبر بنحو ثلاث مرات مما هو عليه اليوم. ويرجع هذا جزئياً إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يعني ذوبان الكتل الجليدية القارية بسرعة أكبر. والواقع أن ارتفاع مستوى سطح البحر يتسارع بالفعل - وهذا واضح ليس فقط في سلسلة البيانات الطويلة من مقاييس المد والجزر في الموانئ، بل وأيضاً في الوقت نفسه في القياسات التي أجرتها الأقمار الصناعية والتي لم تكن متاحة إلا منذ عام 1993 (الشكل 3).




الشكل 3 تطور مستوى سطح البحر العالمي، كما تم قياسه بواسطة مقاييس الموانئ (الأزرق) وكذلك بواسطة الأقمار الصناعية (البرتقالي). على مدى السنوات الستين الماضية، تسارع هذا الارتفاع بشكل مستمر. (بيانات من دانجيندورف وآخرون، 2019)

ومع ذلك، هناك أيضًا تأثيرات أكثر تعقيدًا هنا تضيف إلى هذا المنطق البسيط. لا يذوب الجليد على السطح فحسب، بل يمكنه أيضًا الانزلاق إلى البحر، أو بتعبير أدق: يتدفق مثل نهر بطيء لزج. إذا وصل الماء الذائب تحت الجليد، يتم تقليل الاحتكاك الأرضي ويتدفق الجليد بشكل أسرع، وبالتالي تسريع ارتفاع مستوى سطح البحر. علاوة على ذلك، في القارة القطبية الجنوبية، تختفي الرفوف الجليدية العائمة الواقعة أمام الأنهار الجليدية الخارجة تدريجيًا لأنها تذوب من الأسفل بواسطة مياه البحر الدافئة. تعيق هذه الرفوف الجليدية أيضًا تدفق الجليد القاري، والذي سيتسارع بالتالي بمجرد اختفاء هذه الرفوف.

ويصبح الأمر أكثر تعقيدًا: فالصفائح الجليدية القارية لها نقاط تحول. إن نقطة التحول هي النقطة التي يصبح عندها التطور الإضافي إلى حالة مختلفة جوهريًا عملية ذاتية الاستدامة لا يمكن إيقافها، مدفوعة بتأثيرات

ردود الفعل المعززة. تتمتع الطبقة الجليدية في جرينلاند بنقطة تحول كهذه، وبعدها ستذوب تمامًا. وتتلخص ردود الفعل المعززة في حقيقة أنه مع ذوبان الطبقة الجليدية التي يبلغ سمكها حوالي 3000 متر من الأعلى، يصل سطحها إلى ارتفاعات أقل فأقل وبالتالي طبقات أكثر دفئًا من الهواء. وبعد نقطة معينة، من المقرر أن يذوب الجليد تمامًا، حتى بدون المزيد من الاحتباس الحراري العالمي. والنتيجة النهائية هي أن مستويات سطح البحر العالمية سترتفع بمقدار 7 أمتار بسبب فقدان جليد جرينلاند. وربما تكون نقطة التحول هذه في مكان ما بين درجة واحدة و3 درجات من الاحتباس الحراري العالمي.

والوضع في الطبقة الجليدية في غربي القارة القطبية الجنوبية مشابه. فنحن هنا نتحدث عن ارتفاع آخر بمقدار 3 أمتار من مياه البحر، وهو ما يرجع إلى تأثير ردود فعل مختلف: عدم استقرار الطبقة الجليدية البحرية، والذي يمكن أن يتسبب في انزلاق الجليد القاري بلا توقف. وتشير بعض الدراسات إلى أن نقطة التحول هذه قد تم تجاوزها بالفعل، وبالتالي فإن فقدان هذه الطبقة الجليدية قد بدأ بالفعل. ويتوقع تقرير اللجنة الدولية للتغيرات المناخية الحالي ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 70 سم (مقارنة بأواخر القرن التاسع عشر) قبل نهاية هذا القرن مع ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 3 درجات مئوية. ووفقًا للتقرير، سيتم الوصول إلى علامة المتر الواحد بين عامي 2100 و2150. ومع ذلك، هناك مخاطر كبيرة من جانب واحد لارتفاع مستوى سطح البحر – أي أنه قد يزداد سوءًا إذا تم زعزعة استقرار الكتل الجليدية الكبيرة، وخاصة في القارة القطبية الجنوبية. وكتبت اللجنة الدولية للتغيرات المناخية أنه إذا كانت الانبعاثات مرتفعة، فلا يمكن استبعاد أكثر من مترين بحلول عام 2100 وحتى 5 أمتار بحلول عام 2150 – وهي كارثة عالمية ذات أبعاد لا يمكن تصورها.

هذا التقييم للمخاطر جديد على اللجنة الدولية للتغيرات المناخية. وفي تقريرها الرابع لعام 2007، توقعت اللجنة ارتفاع مستوى سطح البحر في الفترة 1990–2100 في نطاق 26–59 سم في سيناريو الانبعاثات الأعلى (الذي يتصور ارتفاعاً يصل إلى 5.2 درجة من الاحترار)، وهو ما يعادل نحو 41–74 سم نسبة إلى أواخر القرن التاسع عشر. وفي ذلك التقرير، أشارت اللجنة الدولية للتغيرات المناخية إلى أن انزلاق الجليد قد يضيف 10–20 سم أخرى، وبالتالي أعربت عن تأكيدها على أنه حتى في ظل الاحترار الشديد، فإن ارتفاع مستوى سطح البحر بحلول عام 2100 سوف يظل أقل من متر واحد.

في ذلك الوقت، اعتقد العديد من الزملاء، بما فيهم أنا، أن اللجنة الدولية لتغير المناخ كانت تقلل بشكل كبير من تقدير مخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر – وخاصة لأن الارتفاع المقاس حتى الآن كان أسرع بنحو 50٪ مما هو عليه في سيناريوهات نموذج اللجنة الدولية لتغير المناخ. بالإضافة إلى ذلك، افترضت اللجنة الدولية لتغير المناخ أن القارة القطبية الجنوبية لن تساهم عمليًا بأي شيء في الارتفاع المستقبلي، مرة أخرى على النقيض من فقدان الجليد الذي أظهرته بالفعل بيانات الأقمار الصناعية. ومع ذلك، فإن أي شخص في مجال أبحاث المناخ يتبنى وجهة نظر أكثر تشاؤمًا للأشياء من اللجنة الدولية لتغير المناخ الحذرة للغاية تقليديًا يجب أن يتعامل مع اتهامه بـ "التهويل" في بعض وسائل الإعلام – حتى لو كان تقييمه صحيحًا وشاركه لاحقًا اللجنة الدولية لتغير المناخ.

يحذر تقرير اللجنة الدولية لتغير المناخ الحالي أيضًا من أن مستويات سطح البحر ستستمر في الارتفاع لآلاف السنين بعد استقرار درجات الحرارة العالمية وأن هذا الارتفاع – بثقة عالية جدًا – لا رجعة فيه في المستقبل المنظور. في حكمها التاريخي بشأن حماية المناخ في عام 2021، أكدت المحكمة الدستورية الفيدرالية الألمانية على العدالة بين الأجيال. عندما ترتفع مستويات سطح البحر، سيتعين على أجيال لا حصر لها بعدنا أن تعاني من آثار قراراتنا اليوم.

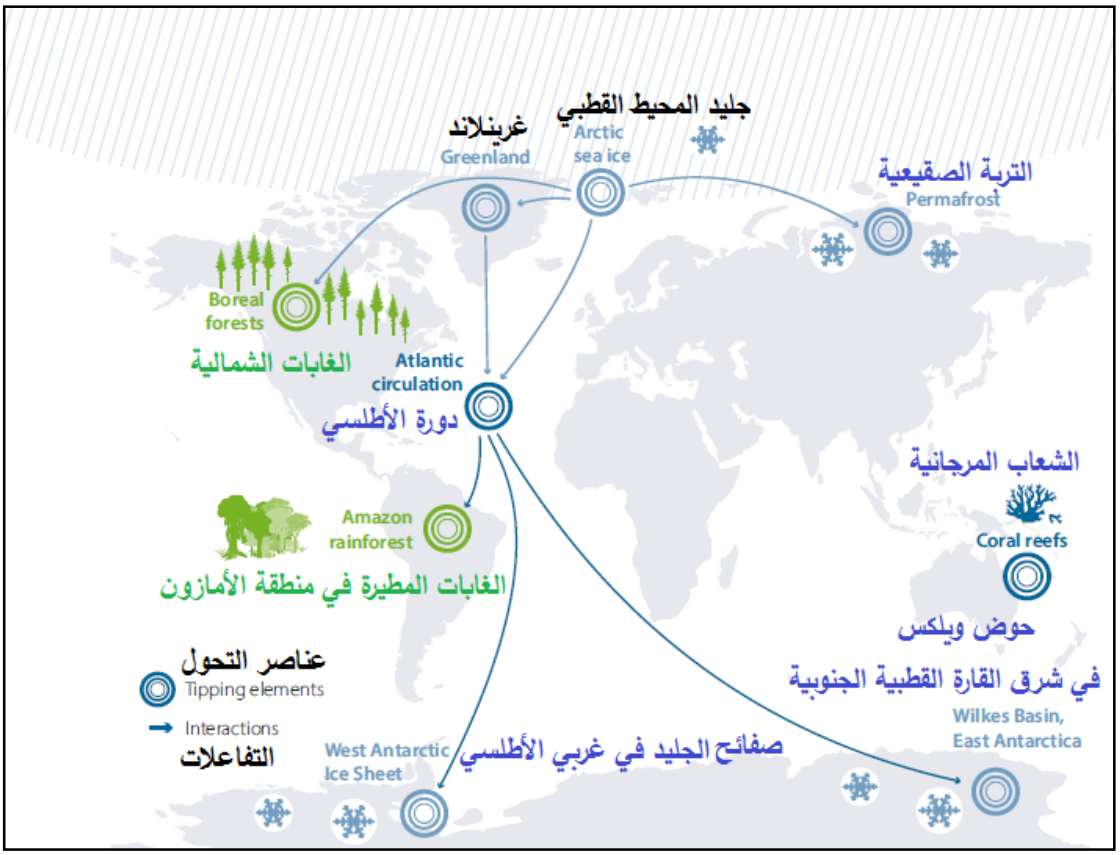
إن ما هو على المحك هنا ليس مجرد ارتفاع مستوى سطح البحر في هذا القرن، والذي قد نتمكن من التكيف معه. بل إن مستويات سطح البحر سوف تستمر في الارتفاع لآلاف السنين، بمعدل 3 درجات من الاحترار بنحو متر واحد لكل قرن، مما يؤدي إلى تآكل المناطق الساحلية على الأرض، وجرف الشواطئ، وتهديد كل البنية الأساسية بمخاطر العواصف المتزايدة، وجعل المدن الساحلية الدائمة كما نعرفها اليوم من المستحيل تقريبًا الحفاظ عليها.

نقاط التحول في نظام المناخ

إننا فيما يتصل بالصفائح الجليدية قد ذكرنا بالفعل نقطتين تحول في نظام المناخ حيث يصبح التطور الإضافي عندهما عملية ذاتية الاستدامة لا يمكن إيقافها وبالتالي يخرج عن نطاق السيطرة. وهناك المزيد من نقاط التحول هذه، لأن كل ما نحتاج إليه في نهاية المطاف هو ردود فعل معززة، أو عدم خطية بسيطة، كما يحدث في العديد من الأنظمة الفيزيائية. على سبيل المثال، سوف يصحح قارب الكاياك نفسه إذا قمت بإمالته قليلاً إلى أحد الجانبين ـ فهو يستقر في وضع أفقي ويقاوم محاولات إمالته. ولكن فقط إلى نقطة معينة ـ وبعد ذلك يستمر في الدوران من تلقاء نفسه ثم يستقر في وضع جديد: رأساً على عقب. وهذه النقطة الحرجة هي حرفياً نقطة التحول.

وتتمتع جرينلاند أيضاً بتوازنين مستقرين في ظل الظروف المناخية الحالية: مع الصفائح الجليدية كما نعرفها اليوم وبدونها. والجليد مستقر ذاتياً لأنه بمجرد وجوده هناك، يصبح سطح طبقة الجليد التي يبلغ سمكها 3000 متر على ارتفاع عالٍ بحيث يصبح الهواء بارداً للغاية بحيث لا يذوب. إن هذه النقطة الحرجة لا تحدث في الفيزياء فحسب، بل وأيضاً في الأنظمة البيئية التي تتمتع بقدرة على تثبيت نفسها، ولكنها قد "تنقلب" أيضاً عندما يتجاوز الضغط حداً معيناً. فالجسم البشري ينظم درجة حرارته ـ حتى حد حرارة حرج، وعند تجاوزه يصبح نظام التبريد الذاتي مثقلاً بالحمل، وتفشل الأعضاء بشكل متزايد، ويموت الإنسان في النهاية. وعلى هذا فإننا نحن أيضاً نمر بنقطة تحول شخصية. وهذا ينطبق أيضاً على المجتمعات ـ فقد كان سقوط جدار برلين بمثابة نقطة تحول بالنسبة لدولة ألمانيا الديمقراطية. ولا يصف مصطلح نقطة التحول حكماً قيمياً، بل مجرد نوع معين من الديناميكية؛ والتغيير الذي يحدث يمكن أن يكون مرغوباً أيضاً، أي في نظر الناظر. يقدم الشكل 4 لمحة عامة عن أهم نقاط التحول في نظام المناخ. كل هذه النقاط التحولية معرضة لخطر تجاوزها عند 3 درجات من الاحتباس الحراري العالمي. بالنسبة لبعضها، مثل الغطاء الجليدي في جرينلاند والغطاء الجليدي في غربي القارة القطبية الجنوبية، فإن هذا مرجح للغاية، وبالنسبة للغطاء الجليدي البحري الصيفي في القطب الشمالي والشعاب المرجانية على الأرض، فمن المؤكد. خلصت اللجنة الدولية للتغيرات المناخية إلى أنه عند درجتين من الاحتباس الحراري، ستموت جميع الشعاب

المرجانية تقريبًا؛ إذا قصرنا هذا على 1.5 درجة، فلا يزال بإمكاننا إنقاذ 10–30٪ من الشعاب المرجانية. لقد كان كوكبنا بالفعل في حالة موت مرجاني عالمي منذ عام 2015.




الشكل 4 بعض أهم عناصر الانقلاب في نظام المناخ. تشير الأسهم إلى التفاعلات التي يمكن أن تتسبب فيها الأنظمة الفرعية في انقلاب بعضها البعض. (بيانات من Lenton et al.، 2019)

إن الدورة الانقلابية الأطلسية (والتي تسمى أحيانًا نظام تيار الخليج) هي دورة كبيرة للمحيط الأطلسي تتدفق فيها المياه السطحية الدافئة من جنوب الأطلسي عبر خط الاستواء إلى أقصى شمال الأطلسي، حيث تبرد وتطلق الحرارة في الهواء. يعمل كل شيء مثل نظام التدفئة المركزية لمنطقة شمال الأطلسي طوال الطريق إلى أوروبا. يتعرض هذا التيار للخطر قبل كل شيء بسبب مدخلات المياه العذبة بسبب زيادة هطول الأمطار وذوبان الجليد. المياه العذبة أخف من المياه المالحة وبالتالي تعيق غوص المياه في الأعماق وبالتالي القوة الدافعة للدورة الانقلابية الأطلسية.

تشير النماذج إلى إضعاف التيار بسبب الاحتباس الحراري العالمي، لكن مداه غير مؤكد، ويتراوح من صغير جدًا إلى 50٪ هذا القرن. هناك أدلة جدية على أن العديد من النماذج تبالغ بشكل منهجي في تقدير استقرار نظام تيار الخليج. يشير التبريد المذهل للمياه في شمال الأطلسي شبه القطبي منذ منتصف القرن العشرين إلى ضعف بنسبة 15٪ حتى الآن. وجدت العديد من الدراسات المنشورة منذ عام 2021 بالفعل "علامات تحذير مبكرة" بأننا نقترب من نقطة تحول الدورة الأطلسية الانقلابية، وربما حتى في العقود القليلة القادمة. إذا تم تأكيد ذلك، فسيكون الأمر مقلقًا للغاية.

ستكون آثار انهيار التدفق هائلة وغير متوقعة جزئيًا، وتتراوح من الطقس المتطرف في أوروبا إلى انهيار النظم البيئية المهمة في شمال الأطلسي إلى زيادة ارتفاع مستوى سطح البحر على الساحل الأمريكي (حتى متر إضافي).

تتأثر الغابات المطيرة في منطقة الأمازون بالفعل بشكل مباشر بتغير المناخ. وقد أظهرت بيانات الأقمار الصناعية والقياسات الميدانية أن زيادة حالات الجفاف تعمل على تحويل غابات الأمازون من مصدر للكربون إلى مصدر للكربون. وحتى اليوم، أصبحت أجزاء من مجموعات الأشجار غير قادرة على التعامل مع الظروف المناخية الجديدة وتموت. ولا يقل عن ذلك أهمية التوسع الزراعي وإزالة الغابات المرتبطة به، والتي تؤدي إلى تفاقم آثار تغير المناخ. ونتيجة لهذا، تفقد غابات الأمازون قدرتها على الصمود مع استمرار إزالة الغابات. وسوف نصل إلى نقطة التحول التي تؤدي إلى فقدان واسع النطاق لهذا النظام البيئي الفريد من نوعه مع انخفاض الاحتباس الحراري العالمي كلما زاد إزالة الغابات. وتشير التقديرات إلى أن فقدان الغابات اليوم يبلغ بالفعل 20%. ومع ارتفاع درجات الحرارة، قد تتعرض الغابات الصنوبرية في الشمال، والتي تتكيف مع الظروف المناخية الباردة، للتهديد بشكل متزايد، من بين أمور أخرى، بسبب الحرائق وغزو الحشرات. في السنوات الأخيرة، اندلعت بالفعل حرائق غابات واسعة النطاق في كندا (على سبيل المثال، فورت ماكموري 2016 وموسم الحرائق القياسي لعام 2023) وروسيا (2010 في الجزء الأوروبي) وحتى داخل الدائرة القطبية الشمالية (2017 في جرينلاند، 2018 في السويد). وفي منطقة الانتقال من حزام الغابات الشمالي إلى السهوب، قد يتعرض تجديد الأشجار للتهديد بسبب زيادة الجفاف والإجهاد الحراري.

يتركز البحث حاليًا على خطر سلسلة من نقاط التحول التي تحفز بعضها البعض مثل الدومينو. على سبيل المثال، قد يؤدي ذوبان الجليد في المحيط المتجمد الشمالي وفي جرينلاند إلى تخفيف مياه شمال الأطلسي بالمياه العذبة إلى الحد الذي يتوقف معه دوران المحيط الأطلسي. وهذا بدوره من شأنه أن يحول أحزمة هطول الأمطار الاستوائية وقد يؤدي إلى زعزعة استقرار أجزاء من غابات الأمازون والرياح الموسمية. وكأن هذا لم يكن كافيًا، فقد يدفع الصفائح الجليدية في القطب الجنوبي إلى ما هو أبعد من نقطة تحولها. ولا يزال التقييم الكمي لهذه المخاطر غير ممكن.

كما يعزو الفريق الدولي المعني بتغير المناخ أهمية متزايدة بقوة لنقاط التحول. وفي حين ذُكر مصطلح "نقطة التحول" 27 مرة فقط في التقرير الخامس للفريق الدولي المعني بتغير المناخ، فقد ذُكر بالفعل 97 مرة في التقرير السادس. وفي تقريره التجميعي لعام 2023 عن التقرير السادس، خلص الفريق الدولي المعني بتغير المناخ إلى أن "المخاطر المرتبطة بالأحداث الفردية واسعة النطاق أو نقاط التحول، مثل عدم استقرار الغطاء الجليدي أو فقدان النظم الإيكولوجية من الغابات الاستوائية، تتحول إلى مخاطر عالية بين 1.5 درجة مئوية و2.5 درجة مئوية" من الاحترار العالمي.

التضخيم الذاتي للاحتباس الحراري

هناك الكثير من المناقشات العامة حول ما إذا كان الاحتباس الحراري العالمي ككل، خارج الأنظمة الفرعية، يمكن أن يصبح، بعد نقطة حرجة، عملية تضخيم ذاتي لا يمكن إيقافها. في الغالب، يُذكر إطلاق غاز الميثان من

التربة الصقيعية هنا باعتباره تغذية راجعة معززة. في عام 2018، ظهرت دراسة حول هذا الموضوع في المجلة العلمية Proceedings of the National Academy of Sciences، والتي أحدثت ضجة إعلامية كبيرة باعتبارها "صفيحة الأرض الصقيعية".

بحثت الدراسة في مدى تأثير ردود الفعل في دورة الكربون، والتي لم تؤخذ في الاعتبار بعد في نماذج المناخ، على تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي. لم يتم تقدير إطلاق غاز الميثان من التربة الصقيعية فحسب، بل وأيضًا إطلاق ثاني أكسيد الكربون من الغابات المحتضرة أو المحترقة وانخفاض امتصاص ثاني أكسيد الكربون من قبل المحيطات.

تعد منطقة التربة الصقيعية خزانًا مهمًا للكربون على مستوى العالم، حيث تحتوي على 1300–1600 مليار طن من الكربون وبالتالي ربما 50٪ من إجمالي الكربون المخزن في التربة في جميع أنحاء العالم. ارتفعت درجة حرارة مناطق التربة الصقيعية بالفعل بما يصل إلى 4 درجات مئوية بين عامي 1990 و 2016. عندما يذوب التربة الصقيعية، يتحلل كربون التربة بواسطة الميكروبات. إن هذا من شأنه أن يقلل من الكربون المخزن في التربة الصقيعية بنسبة 15% بحلول عام 2100.

وتتراوح تقديرات الكربون المخزن في المواد النباتية الحية والميتة في منطقة الأمازون (فوق وتحت الأرض) من 80 إلى 120 مليار طن. وإذا تم إطلاق هذا الكربون المخزن بالكامل في حالة متطرفة، فإن هذا يتوافق مع كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الأحفوري التي يتم إطلاقها حاليًا في الغلاف الجوي في غضون 8 إلى 12 عامًا.

كانت نتيجة الحسابات (التي تم إهمالها للأسف إلى حد ما في العديد من التقارير الإعلامية) أن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجتين مئويتين قد يصبح ارتفاعًا يصل إلى 2.5 درجة – إذا تغيرت دورة الكربون وردود الفعل، كما ذكرنا سابقًا.

هذا ليس غير ضار بأي حال من الأحوال ويؤدي إلى تفاقم أزمة المناخ بشكل كبير – لكنه لا يعني أن نقطة التحول العالمية نحو الاحترار الجامح قد تم تجاوزها. لحسن الحظ، لا يزال هذا الخطر يعتبر منخفضًا جدًا، حتى لو لم يكن من الممكن استبعاده تمامًا. يجب أن تؤخذ مشكلة الميثان على محمل الجد في أي حال، ولكنها ربما تكون أقل دراماتيكية في هذا القرن. ولكن على المدى البعيد، فإن الأمر خطير للغاية لأن ذوبان التربة الصقيعية سيخلق مصدرًا لا يمكن السيطرة عليه لانبعاثات الغازات المسببة للانحباس الحراري لعدة قرون قادمة، ومن المرجح أن يؤدي ذلك إلى المزيد من الاحتباس الحراري حتى بعد خفض الانبعاثات البشرية المباشرة إلى الصفر.

الخلاصة

بدون تدابير فورية وحاسمة لحماية المناخ، قد يشهد أطفالي الذين يذهبون حاليًا إلى المدرسة الثانوية ارتفاعًا في درجة حرارة الأرض بمقدار 3 درجات. لا أحد يستطيع أن يقول بالضبط كيف سيبدو هذا العالم – سيكون بعيدًا جدًا عن تجربة التاريخ البشري بالكامل. ولكن من المؤكد تقريبًا أن هذه الأرض ستكون مليئة بالأهوال للأشخاص الذين سيضطرون إلى تجربتها. فوضى الطقس مع موجات الحر القاتلة، والعواصف الوحشية المدمرة، والجفاف

المستمر على نطاق واسع والذي قد يؤدي إلى أزمات الجوع في جميع أنحاء العالم. ارتفاع مستويات سطح البحر الذي يدمر سواحلنا. انهيار النظم البيئية، وانقراض الأنواع المدمرة، وحرق الغابات وذبولها، والمحيطات الحمضية. الدول الفاشلة، وأعداد هائلة من الناس الهاربين.

يبدو هذا قاتمًا ومرعبًا وأجد صعوبة في كتابته وأنا أفكر في أطفالي. لكنه محتمل. تم التنبؤ بمعظم هذا منذ فترة طويلة والآن يتم ملاحظته بالفعل في بداياته، والتي ليست بأي حال من الأحوال غير ضارة لأولئك المتضررين. ولكن ما الذي يجعلنا نواجه هذه الحقيقة؟ يتعين علينا أن نواجه بواقعية حقيقة مفادها أن الظروف في عالم تبلغ درجة حرارته ثلاث درجات لن تكون "فقط" أسوأ بثلاث مرات من الظروف في عالم تبلغ درجة حرارته درجة واحدة، بالنظر إلى التأثيرات غير الخطية ونقاط التحول. ولست متأكدا ما إذا كان التعايش المتحضر إلى حد ما بين البشر الذي نتمتع به الآن سوف يستمر في ظل هذه الظروف. وأنا شخصيا أعتبر عالما تبلغ درجة حرارته ثلاث درجات تهديدا وجوديا للحضارة الإنسانية.

ما يعطي الأمل هو أن عالم الثلاث درجات ليس مصيرا لا مفر منه. فما زال من الممكن الحد من الاحتباس الحراري إلى ما يقرب من علامة الدرجة ونصف الدرجة ـ وهو ما اتفقت عليه جميع البلدان بالإجماع في مؤتمر باريس في عام 2015، والذي يكاد كل الساسة في بلدي يعربون عنه بالكلام. ومن المؤكد أن سياسة المناخ العالمية تحرز تقدما: فمع التدابير التي أُعلن عنها في قمة المناخ في غلاسكو، أصبح الحد الأقصى للدرجتين في متناول اليد، إذا لم نكتف بالوعد بهذه التدابير بل ونفذناها باستمرار. وفي سبتمبر/أيلول 2003، قدمت وكالة الطاقة الدولية مساراً عملياً للحد من ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى 1.5 درجة مئوية، وهو المسار الذي ظل مفتوحاً بفضل النمو العالمي الهائل للطاقات المتجددة. إن الحد من درجة الحرارة إلى درجتين مئويتين ليس كافياً. ومن أجل تحقيق هدف الدرجة ونصف الدرجة المئوية، يتعين على العالم أن يتحول أخيراً إلى وضع أزمة خطيرة، كما يطالب شباب حركة "أيام الجمعة من أجل المستقبل" بحق. ولابد من إعطاء الأولوية القصوى لحماية المناخ.