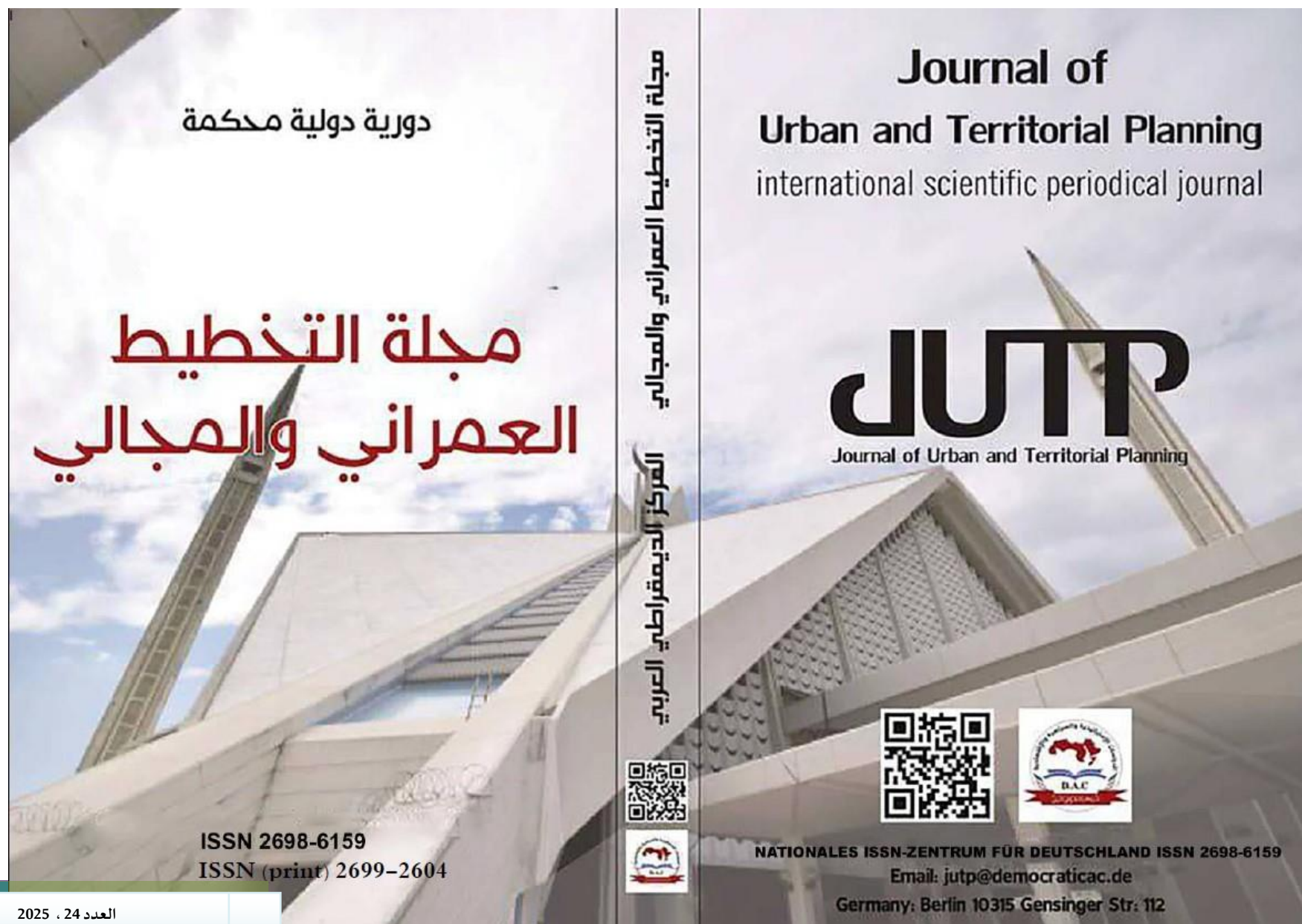




مجلة التخطيط العمراني والمجالي

Journal of Urban and Territorial Planning

مجلة فصلية دولية محكمة
تعنى بنشر البحوث والدراسات
في مجال التخطيط العمراني والمجالي
تصدر عن
المركز الديمقراطي العربي – برلين
وجامعة الحديدة - اليمن



رئيس جامعة الحديدة

أ.د. حسن المطري

Chairman of Hodeidah University

Prof. Hassan Almatary



مدير المركز الديمقراطي العربي

أ.عمار شرعان

President of the Democratic
Arab Center

Ammar Sharaan

رئيس التحرير / Editor-in-chief
د. عبدالقادر الخراز / Dr. Abdulqader Alkharraz

العدد / Issue

24

السنة / Year

June 2025

ISSN: 2698 - 6159

Germany: Berlin 10315

<http://democraticac.de> <http://indexpolls.de>

Tel: 0049-code

030-89005468/030-89899419/030-57348845

هيئة التحرير:

المهندسة. غالية الحبال المجلد - سوريا - نائب رئيس التحرير	د. عبدالقادر الخراز - اليمن - رئيس التحرير
المهندسة سيدة فرقد الرمضاني - سوريا - مدير التحرير	د. خالد مكي - جامعة الحديدة - اليمن

الهيئة العلمية:

أ.د. محمد ازهار - جامعة الحسن الثاني المحمدية - المغرب	د. حنان عبود - جامعة دمشق - سوريا
أ.د. هشام ناجي - جامعة صنعاء - اليمن	أ.د. احمد محرن - جامعة لحج - اليمن
د. وسام بن شيخة - جامعة القيروان - تونس	أ. د عمر الخطايبة - أستاذ محاضر - الأردن
د. ميثم منفي كاظم العميدي - جامعة الحلة - العراق	أ.د. محمد حزام العماري - جامعة ذمار - اليمن
د. امين عبدالقادر هشله - جامعة حضرموت - اليمن	د. ميمون المهداوي - جامعة السلطان مولاي سليمان - المغرب
د. نغم ابراهيم نانو - سوريا	د. محمد أحمد بشار المقتي - جامعة دمشق - سوريا

التعريف بالمجلة:

مجلة التخطيط العمراني و المجالي ، مجلة فصلية دولية محكمة متخصصة في علوم التخطيط العمراني و الحضري والإقليمي و تخطيط المدن، وكل ما له علاقة بالبعد التخطيطي بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ، كما تهتم المجلة بتطبيق الهندسة المدنية على جوانب التخطيط الحضري مثل النقل والمنشآت القاعدية ، تخطيط المرافق وحماية الأنسجة العمرانية ومواقع التراث، تخطيط المناطق السياحية والمدن الجديدة ، تحسين المناطق الحضرية وإعادة تنميتها وتأهيلها ، الهندسة المعمارية والتنمية المحلية ، الاعتبارات الجمالية ، تخطيط استخدام الأراضي ، المرافق ، إدارة البنية التحتية ، تشريعات البناء والتعمير ، تخطيط النقل ، البيئة والتخطيط المجالي.

وتهدف هذه المجلة إلى توفير منصة للباحثين العرب والدوليين، وخاصة أولئك الذين يعملون في العالم العربي، لنشر البحوث المتعلقة بالمسائل المرتبطة بالتغيرات السريعة التي تؤثر على البيئة المبنية والقضايا المتعلقة ببرامج التخطيط واستدامة هذه التطورات وأثارها الاجتماعية والاقتصادية والمادية، كما تهدف أيضا بشكل خاص إلى فهم الدوافع وتوضيح التحديات والعوائق التي تواجهها المجالات الحضرية، مما يشكل تحديات كبيرة بالنسبة للدراسة والبحث وجمع البيانات ووضع خطط للتنمية واستدامة هذه المجتمعات وفق مخططات عمرانية ومعمارية تراعي خصوصيات المجال وهوية المجتمع.

محددات النشر

معايير التحكيم الأولي لقبول النشر :

- يجب أن تتوفر في البحوث المقترحة الأصالة العلمية الجادة وتتسم بالعمق.
- يجب ألا يكون المقال قد سبق نشره أو قدم الى مجلة أخرى.
- ألا تكون البحوث المرسله مستلة من كتب مطبوعة، او جزء من أطروحة.
- تمتلك المجلة حقوق نشر المقالات المقبولة ولا يجوز نشرها لدى جهات أخرى الا بعد الحصول على ترخيص رسمي منها.
- لا تنشر المقالات التي لا تتوفر على مقاييس البحث العلمي أو مقاييس المجلة المذكورة.
- المجلة غير ملزمة بإعادة البحوث المرفوضة الى أصحابها.
- تحتفظ المجلة بحق نشر المقالات المقبولة وفق أولوياتها وبرنامجه الخاص.
- البحوث التي تتطلب تصحيح أو تعديل مقترح من قبل لجنة القراءة تعاد الى أصحابها لإجراء التعديلات المطلوبة قبل نشرها.
- على البحوث المقترحة أن تراعي القواعد المنهجية والعلمية المتعارف عليها.
- تخضع كل البحوث المقترحة للتحكيم العلمي من طرف لجنة القراءة وبسرية تامة، بحيث:

- يحق للمجلة اجراء بعض التعديلات الشكلية الضرورية على البحوث المقدمة للنشر دون المساس بمضمونها.

- ترسل الأبحاث على اميل المجلة التالي:

jutp@democraticac.de

شروط النشر :

- لغات مقالات هذه المجلة: العربية، الإنجليزية، الفرنسية، الألمانية.
- إعداد الصفحة: الورق مقاس A4 ، مع ترك مسافة 2 سم لكافة أبعاد الورقة، والتباعد بين الأسطر single. وعند بداية كل فقرة، يترك فراغ بمقدار (1سم).
- خطوط الكتابة: استخدام Time new Roman لكافة اللغات المعتمدة في المجلة، وبحجم الخط (12) للمتن، وكذلك للعناوين الفرعية ولكن بخط غامق . وبحجم الخط (10) للملخص ولعنوانه (10) غامق، كما يستخدم حجم (10) للهوامش، ولل كلمات المفاتيح، ولنهاية البحث من المصادر والمراجع.
- لا يستخدم في البحث نظام الفصول: الفصل الأول، والفصل الثاني، بل يستخدم الترتيم ابتداء من المقدمة، أي أن المقدمة سيسند لها الرقم واحد وهكذا لباقي الفقرات التي سيسند لها الأرقام بحسب تسلسلها، وإذا كانت هناك فقرات فرعية ضمن الفقرة الرئيسية فيتم ترقيمها اعتماداً على رقم الفقرة ورقم تسلسلها (مثلاً ضمن المقدمة التي رقمها واحد توجد فقرات فرعية فالأولى سيكون رقمها كمايلي 1.1 والثانية 1.2 وهكذا). أي سترقم العناوين الأساسية بأرقام أساسية والعناوين الفرعية بأرقام فرعية مثال (1-، 1-1، -2، -2-2). ويفضل أن يكون الترتيم يدوياً وليس آلياً.

يبوب البحث على النحو التالي:

1. عنوان البحث يظهر في منتصف أعلى الصفحة الأولى من البحث، واسم الباحث (أو الباحثين)، وجهة الدراسة أو العمل، والبلد الذي ينتمي إليه، والعنوان (العناوين)، والبريد الإلكتروني.
2. ثم الملخص Abstract ، الملخص باللغة المعتمدة في البحث وكذلك باللغة الإنكليزية، وإن أمكن باللغة العربية أيضاً. يتألف الملخص من مئة وخمسين كلمة تقريباً، ويحتوي على هدف البحث وأهميته، وأسباب اختيار البحث، والجديد الذي سيضيفه عن الأبحاث السابقة، ومنهج البحث وطريقته (في الجمع والفرز، وفي استخدام البيانات والمعلومات، أو من التقنيات أو وسائل البحث والإحصاء وغيرها)، ولمحة عن النتائج، ثم عرض ترتيب الفقرات التي ستبوع المقدمة.
3. ثم الكلمات المفتاحية الدالة (key words) ، تمثل المواضيع الأساسية بالبحث، ويفضل ألا تكون من العنوان.

4. ثم المقدمة : Introduction تتضمن أهمية البحث وأهدافه وفائدته، جديدهوتميزه عن الأعمال السابقة(لبيان الإضافة في البحث)، وبيان الأسباب الداعية للبحث، وتأثيره.

5. المتن: عرض المعلومات والبيانات والمناقشة والتحليل. ويجب أن يكون تسلسل الأعمال منسقاً بشكل جيد بما يساعد على المتابعة، وعرض الأشكال والصور التفصيلية الواضحة.

6. النتائج والمقترحات. بعرض مساهمات هذا البحث، ومقارنتها بالبحوث المشابهة السابقة، وبيان ما يميزه عنها، ومناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، سلباً أو إيجاباً، وإذا كان هناك انحرافات بالنتائج فينبغي توضيح أسباب هذه الانحرافات. تُعرض هذه النتائج بشكل مختصر ومركّز.

- إرفاق نبذة عن سيرة ذاتية للباحث أو الباحثين المشاركين في نهاية البحث.
- حجم البحث لا يقل عن 10 صفحات ولا يزيد عن 20 صفحة بما فيها الرسوم والأشكال والجداول.
- أن يتبع المؤلف الأصول العلمية المتعارف عليها في إعداد وكتابة البحوث وخاصة فيما يتعلق بإثبات مصادر المعلومات وتوثيق الاقتباس واحترام الأمانة العلمية في تهميش المراجع والمصادر.
- ترتب المراجع والهوامش في نهاية المقال بحسب الطرق المنهجية المتعارف عليها ووفقاً للتسلسل العلمي المنهجي وبطريقة يدوية.
- المراجع والهوامش تكتب بطريقة APA على الشكل الآتي:

في المتن يكتب بين قوسين: لقب الكاتب والسنة والصفحة (اللقب: السنة...، ص..)، وتكتب المعلومات الكاملة في آخر المقال على هذا النحو: اسم ولقب الكاتب، عنوان الكتاب، الجزء، دار النشر، الطبعة، بلد النشر، سنة النشر، الصفحة.

أسلوب عرض المراجع:

- الكتب: اسم المؤلف أو المؤلفين، (سنة النشر)، عنوان الكتاب، اسم المترجم أو المحرر، الطبعة، الناشر، مكان النشر، رقم الصفحة.
- الدوريات والمجلات والتقارير: اسم المؤلف أو المؤلفين، (سنة النشر)، عنوان الدراسة أو المقالة، اسم المجلة، العدد، رقم الصفحة.
- مقالات الجرائد الإخبارية: اسم المؤلف، عنوان المقالة، اسم الجريدة، تاريخ النشر.
- المنشورات الإلكترونية: اسم الكاتب، عنوان المقال أو التقرير، اسم السلسلة إن وجدت، اسم الموقع الإلكتروني، تاريخ النشر إن وجد.
- في حين يستشهد بالمرجع في قائمة المصادر والمراجع بالنسبة لمقالات الجرائد والمنشورات الإلكترونية بإزالة تاريخ المشاهدة والنشر.

- في حالة عدم معرفة اسم الكاتب أو المجلة نكتب بين قوسين (د.ن) وهي تعني دون ناشر.
 - في حال عدم معرفة تاريخ النشر نكتب بين قوسين (د.ت) في القوسين الخاصين بالتاريخ وهي تعني دون تاريخ.
 - كتابة المراجع باللغة الأجنبية يكون بنفس الطريقة التي تكتب بها المراجع باللغة العربية.
 - لا تقسم قائمة المراجع إلى كتب ومجلات وموسوعات بل ترتب ترتيباً ابجدياً حسب أسماء المؤلفين.
 - توضع المراجع باللغة العربية أولاً وبعدها المراجع الأجنبية.
- الصور والأشكال والجداول:**
- يتم ترقيم الجداول والرسوم التوضيحية وغيرها بحسب ورودها في البحث، مع ذكر العنوان في الأعلى للجدول والأسفل للشكل.
 - ترقيم الجداول ترقيماً متسلسلاً مستقلاً عن ترقيم الأشكال خلال المتن، ويكون لكل منها عنوانه أعلى الجدول ومصدره أسفله.
 - جميع الصور والجداول المستخدمة في البحث لا يجوز أن تكون أعرض من (11سم). حجم الخط داخل الجداول لا تتجاوز (10).
- كل ما يرد في المجلة يعبر عن آراء كاتبه ولا يعكس بالضرورة آراء هيئة التحرير.

Preliminary evaluation criteria for publication acceptance:

- Proposed research must have serious scientific originality and depth
- The article must not have been previously published or submitted to another journal
- The submitted research should not be taken from a publication or part of a dissertation
- The journal owns the rights to publish the accepted articles, and it is not permissible to publish them with other parties except after obtaining an official license from them
- Do not publish articles that are not available on the standards of scientific research or the standards of the aforementioned journal
- The journal is not obligated to return the rejected researches to their owners
- The journal reserves the right to publish accepted articles according to its own priorities and program
- Researches that require correction or modification proposed by the reading committee are returned to their authors to make the required modifications before publishing them
- The proposed articles are sent to the Editorial Board for arrangement and classification, and the articles are presented to the Scientific Committee for evaluation
- All proposed research is subject to double scientific evaluation by the reading committee and in complete confidentiality, so that

- **The journal has the right to make some necessary formal modifications to the research submitted for publication without prejudice to its content**
- **The researcher corrects the errors presented by the evaluations, if any, and sends them back to the journal**
- **Research should be sent to the journal's email address**
jutp@democraticac.de

Publication terms

- Languages of articles of this journal are: Arabic, French, English, German
- The author of the research should write his/her name, e-mail address, university and country to which he/she belongs below the research title, with a summary of his/her CV attached, and it should be on a special page within the research
- Attach the research with a summary in both Arabic and English
- Articles are attached to a summary of approximately 150 words, and the summary is translated into English or vice versa, with reference to key words
- Research volume is not less than 10 pages and not more than 20 pages
- Page preparation: A4 size paper, leaving a space of 2 cm for all dimensions of the paper, and the spacing between the lines is single. At the beginning of each paragraph, a distance of (1 cm) is left
- Writing fonts: using Time New Roman for all languages approved in the journal, with a font size of (12) for the text, as well as for subheadings, but in bold. Font size (10) for the abstract and its title (10) in bold, and size (10) is used for margins, keywords, and the end of the research from sources and references
- The submitted research should include a list of references to be included in the latter
- References and footnotes are arranged at the end of the article according to the recognized methodological methods and in accordance with the systematic scientific sequence and in a manual manner
- References and footnotes are written in the APA manner as follows
- In the text, write in brackets: the title of the author, the year and the page (title: the year, p:)
- The complete information is written at the end of the article in this way: the name and surname of the author, the book title, the chapter, the publishing place, the edition, the country of publication, the year of publication, and the page

References writing style

- Name of the author or authors, (year of publication), title of the book, name of the translator or editor, edition, publisher, place of publication, page number

- Periodicals, journals and reports: name of the author or authors, (year of publication), title of the study or article, name of the journal, issue, page number
- Newspaper articles: the name of the author, the title of the article, the name of the newspaper, and the date of publication
- Electronic Publications: Name of the author, title of the article or report, name of the series, if any, name of the website, date of publication
- The reference is cited in the list of sources and references for newspaper articles and electronic publications by removing the date of viewing and publication
- In the event that the name of the writer or journal is not known, we write (N.R) in brackets, which means without a publisher
- In the event that the date of publication is not known, we write (N.D) in parentheses for the date, which means without a date
- Writing references in a foreign language is in the same way as writing references in Arabic
- The list of references is not divided into books, journals, and encyclopedias, but is arranged alphabetically according to the authors' names
- References should be placed in Arabic first, followed by foreign references

Pictures and tables

- Tables, illustrations, etc. are numbered according to their inclusion in the research, with the title mentioned at the top of the table and the bottom of the figure
- The tables are numbered sequentially, independent of the numbering of the figures throughout the text, each of them has its title at the top of the table and its source below it
- All images and tables used in the research may not be wider than (11). The font size within the tables does not exceed (10)

المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية – ألمانيا – برلين

Democratic Arabic Center in Berlin – Germany



تفاصيل ومعلومات | Details and information

jutp@democraticac.de	البريد الإلكتروني E-mail
00967777479801	الهاتف Phone
Germany: Berlin 10315	العنوان Address
- الصفحة الرسمية على المركز الديمقراطي العربي - الموقع الخاص بالمجلة	الموقع الإلكتروني Website
https://democraticac.de/?page_id=61723	مواقع التواصل الاجتماعي
https://www.facebook.com/groups/2860991800706590	Facebook Accounts
المجلة مفهرسة ضمن The following is a list of the Indexing databases	

قاعدة بيانات المكتبة الوطنية الألمانية



قائمة المحتويات | Contents

الصفحات	عنوان المقال	مؤلف/مؤلفو المقال	
Page	Title	Author(s)	
13	أثر التغير المناخي في البيئة الإفريقية	رنا أحمد رجب 1 ومناسك عبد الوهاب حكمت 2 جامعة النهرين – كلية العلوم السياسية / قسم الاستراتيجية – العراق	01
37	واقع الزراعة الذكية مناخياً وأثرها في مواجهة تغير المناخ وتحقيق الأمن الغذائي بالمغرب	محمود أمين بنموون جامعة محمد الخامس، المغرب	02
53	الاستدامة في التصميم الداخلي التونسي: تعزيز الاستدامة البيئية من خلال توظيف التكنولوجيا المتقدمة مع تغير المناخ وتقليل الانبعاثات الكربونية	وسام بن شيخة جامعة القيروان، تونس	03
73	Carbon Monitoring and Reporting: A Strategic Framework for Saudi Organizations to Achieve Net Zero and Contribute to Saudi Vision 2030	Mohamed S. Elfleet King Abdulaziz University, Jeddah, KSA	04





المركز الديمقراطي العربي
للدراسات الاستراتيجية، الاقتصادية والسياسية
Democratic Arabic Center
for Strategic, Political & Economic Studies

أعزائي القراء والباحثين

يسعدني أن أرحب بكم في العدد الرابع والعشرون من مجلة "التخطيط العمراني والمجالي". كما إنَّ وصولنا إلى هذا الإصدار يعكس التفاني المستمر لفريق المجلة ومساهماتها في تقديم الأبحاث والمقالات عالية الجودة. علاوة على انضمام عناصر جديدة لإدارة المجلة وهيئتها العلمية.

إنَّ هذا العدد يأتي بموضوعات حصرية ومتنوعة وحديثة وميدانية في مجال التغير المناخي بإفريقيا وواقع الزراعة الذكية مناخيا والأمن الغذائي بالمغرب وتعزيز الاستدامة البيئية في التصميم الداخلي وتوظيف التكنولوجيا مع تغير المناخ وتقليل الانبعاثات بتونس إضافة إلى رصد الكربون والابلاغ عنه اطار استراتيجي للمؤسسات السعودية لتحقيق صافي الكربون والمساهمة في رؤية السعودية 2030.

نحن نطمح إلى أن تكون هذه المجلة مصدراً موثقاً للمعلومات والأبحاث في مجال التخطيط العمراني والمجالي، ومنبراً للحوار والتبادل الفكري بين الباحثين والمهنيين في هذا المجال.

نتمنى لكم قراءة ممتعة ومفيدة، ونرحب بمساهماتكم ومشاركاتكم في المجلة.

والله ولي التوفيق.

رئيس التحرير

د. عبدالقادر الخراز

أثر التغير المناخي في البيئة الإفريقية

The Effect of Climate Change on African Environment

رنا أحمد رجب¹ ومناسك عبد الوهاب حكمت²

جامعة النهرين - كلية العلوم السياسية / قسم الاستراتيجية - العراق

¹ Rana.ahmed@nahrainuniv.edu.iq, ² manasik.abdulwahhab@nahrainuniv.edu.iq

الملخص:

كان من الواضح، ومنذ بواكير سبعينات القرن الماضي، أن إفريقيا تواجه على نحو فعلي تأثيرات التغير المناخي، وقد أدى هذا التغير فيها وعلى نحو واسع إلى انبثاق ظواهر جديدة ما كانت القارة قد اعتادتها من قبل كارتفاع درجات الحرارة، والضعف في الإنتاج الزراعي وظهور مسارات ذات طبيعة متطرفة ومتباينة للطقس، وانتشار متسارع للمرض، من بين أحوال أخرى. وهذه الدراسة تحاول الكشف عن مدى تأثيرات هذا التغير المناخي في البيئة الإفريقية، وإبراز دور القادة الأفارقة في التخفيف من هذه الآثار والتكيف معها. لقد واجهت القارة الإفريقية - على الرغم من أن تسببها في الاحترار العالمي كان محدوداً جداً - مخاطر كبرى تأثر في اقتصاداتها واستثماراتها في البنية التحتية وفي أنظمة المياه والغذاء والصحة العامة والزراعة وسبل العيش؛ مما يهدد بانزلاقها إلى مستويات أعلى من الفقر المدقع، ودفع مواطنيها إلى النزوح والهجرة، وزيادة خطر الصراع على الموارد المتضائلة.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، إفريقيا، قمة المناخ، المخاطر البيئية، انبعاثات غازات الدفيئة.

Abstract:

It has been evident since the early 1970s that Africa was seriously facing the effects of climate change, which has led to the emergence of new phenomena the continent has never accustomed to before such as rising temperatures, poor agricultural output, extreme different weather scenarios, and the spread of disease, among other things. This study tries to reveal the effects of climate change on the African environment and highlights the role of African leaders in lessening these effects and adjusting to them.

In spite of its limited contribution to world heating, Africa, as a continent, is facing great dangers on its economy and the investment in infrastructure and systems of water, food, and public health because of climate change; This threatens to its steeping into higher levels of severe poverty, feeds displacement and immigration, and increases the danger of armed struggle over the dwindling resources.

Key Words: climate change, Africa, climate summit, environmental dangers, greenhouse gas emissions.

المقدمة:

تعد التغيرات المناخية التي تحدث حالياً بسبب الاجراءات والممارسات التي يقوم بها المجتمع حدثاً مهماً من شأنه أن يؤدي الى تغييرات مثيرة في البيئة تنعكس بصورة مباشرة وغير مباشرة على حياة البشر بصورة عامة، وهذا ما حدث مؤخراً في العالم نتيجة الاستعمال غير المسؤول للصناعة دون مراعاة للتوازن البيئي الذي يؤثر بالتالي على المناخ. حيث ادت هذه الممارسات الخاطئة الى زيادة درجة الحرارة درجة مئوية واحدة حيث احدثت انحصارات في الاقطاب الجليدية مما ادى الى توسع المساحات المائية وحدوث الفيضانات والسيول التي هددت ارواح الآلاف البشر.

ومن بين أكثر القارات تعرضاً لظاهرة التغيرات المناخية نجد القارة الإفريقية، فمناخ القارة يعرف ارتفاعاً كبيراً في درجات الحرارة وتقلبات كبيرة في مجال تساقط الأمطار التي تسبب فيضانات أو عدم انتظام تساقط الأمطار، مما يؤدي إلى مشكل آخر وهو الجفاف الذي تعاني منه القارة ويؤدي إلى انعدام الأمن الغذائي. ولهذا، أصبحت قضية التغيرات المناخية إحدى أهم القضايا على الأجندة الدولية. فقد راقب العاملون في المجال الإنساني من كُتّاب، التأثيرات السلبية التي تحدثها التغيرات المناخية على السكان المدنيين ضحايا النزاعات المسلحة وأشكال العنف الأخرى، أو المتضررين من الكوارث الطبيعية، إذ صار تغير المناخ أمراً ملموساً وله أثر واضح في تفاقم المخاطر الاجتماعية والاقتصادية القائمة.

مشكلة البحث تنطلق من ان القارة الإفريقية - على الرغم من أن تسببها في الاحترار العالمي كان محدوداً جداً - واجهت مخاطر كبرى تأثر في اقتصاداتها واستثماراتها في البنية التحتية وفي أنظمة المياه والغذاء والصحة العامة والزراعة وسبل العيش؛ مما يهدد بانزلاقها إلى مستويات أعلى من الفقر المدقع، ودفع مواطنيها إلى النزوح والهجرة، وزيادة خطر الصراع على الموارد المتضائلة. ومن خلال ذلك تثار التساؤلات الآتية: ما هي معضلات التدهور البيئي في القارة الإفريقية؟ وكيف تؤثر تلك المعضلات على الجهود الرامية إلى تحقيق التنمية المستدامة في القارة؟ ما هي الجهود التي تبذلها الحكومات الإفريقية لمواجهة التغيرات المناخية والتخفيف منها؟ ينطلق البحث من افتراض مفاده: أن الدول الإفريقية كانت أقل الدول تلويثاً للبيئة، غير أنها ستكون أشد الدول تأثراً بالتغير المناخي في أثناء سعيها لأمنها المائي أو أمنها الغذائي، وللتنمية المستدامة، وللاستقرار الاقتصادي والسياسي. كما يحتاج البحث أيضاً أنه حتى لو لم يؤد التغير المناخي من جهة طبيعته بالضرورة إلى صراعات عنيفة بين الدول؛ فإن نقص الماء والغذاء في إفريقيا قد عزز فعلاً التوترات السياسية بين الدول، دافعاً بالجهود التي تبذل من أجل تنمية مستدامة إلى التمهق.

يهدف البحث إلى تسليط الضوء على أبعاد ظاهرة التغير المناخي في إفريقيا، فضلاً عن معرفة الجهود الإفريقية لمواجهة آثار تلك الظاهرة. كما يسعى البحث لتقديم جملة من التوصيات للحكومات الإفريقية وصناع

السياسات حول ضرورة إعطاء الأولوية لجودة صياغة السياسات وتنفيذها وتحسين الحوكمة لزيادة تدابير حماية البيئة.

تبرز أهمية البحث من كونه محاولة لفهم التأثيرات السلبية الناجمة عن التغير المناخي على الأمن الغذائي والنظم البيئية والاقتصادية في إفريقيا، الأمر الذي يمكن أن يساهم في إيجاد سبل مناسبة للتخفيف من حدة تلك التأثيرات والتكيف معها بنجاح لتحقيق أهداف التنمية المستدامة في القارة.

1. البيئة الافريقية (إسهامات تحليلية نظرية)

تواجه أفريقيا عناصر الهشاشة والأنكشاف سنوياً وفق مؤشرات قياس الهشاشة والفسل وتظهر الدراسات التبعية حجم التأثير المتبادل بين الفسل والهشاشة وعدم قدرة الدولة على تجاوز أزماتها البيئية. ومع مرور الوقت أضحت أفريقيا مصدر لعدم الاستقرار والدفع بنوع حرج من أنواع اللجوء وهو اللجوء البيئي وهو ما تظهره الارقام المتزايدة التي تسجل سنوياً في أفريقيا بسبب سوء الاحوال الجوية وتزايد الاحتباس الحراري ما ولد الصراع على الثروات الناضبة (بوحنه قوي، 2016، ص 3).

تشير دراسات الأمن الحديثة ان هناك علاقات تلازم بين التغيرات المناخية درجة الاستقرار السياسي والاجتماعي في الدولة الحديثة وعوضاً عن جعل التوترات التي تنشأ ما بين الكتل الحضارية العامل الذي يقف وراء انعدام الأمن و اندلاع الصراعات، يرى (روبرت كابلان) أن عوامل مثل: النمو السكاني، وحملات العمران الحضري، ونضوب الموارد الطبيعية، امست تقوض أسس الدول الهشة في جميع أرجاء العالم النامي، فهي تشكل خطراً يهدد العالم المتقدم: ستكون حروب المستقبل من النمط الذي يهدد وجود المجتمعات ذاته، وهي التي توجب نيرانها ندرة الموارد البيئية، أو تسبب معظم الحالات اندلاعها أصلاً، وهي حروب يمكن وصفها بـ "ما دون الوطنية"، بمعنى أن الدول والحكومات المحلية سيصعب عليها توفير الحماية لمواطنيها من الناحية الجسدية، وعلى هذا النحو، فإن دولاً كثيرة ستؤول الى الزوال في نهاية المطاف، و إذ تتلاشى قوة الدولة - بالتزامن وفقدان قدرتها على مد يد العون للشرائح الضعيفة في المجتمع فضلاً عن دول أخرى غيرها- فإن شعوباً وثقافات ستجد نفسها مرة أخرى، مرغمة على الاعتماد على مواطن قوتها، أو ضعفها، من دون أن يتوافر لها إلا القليل من الآليات والأدوات التي تدافع بها عن نفسها، بوصفها قدرات مضادة. وإذا كان المستقبل البعيد، ربما سيشهد ظهور إنسان "معولم" مهجن عرقياً، فإننا في العقود المقبلة، قد نصبح أكثر وعياً لتمييز أوجه اختلافاتنا من أوجه تشابهنا (جر ايمي هيرد وبال دوناي، 2013، ص 35). وبذلك تعددت المدراس والنظريات المفسرة للنزاعات البيئية والتي سيتم تناولها فيما يأتي.

1.1. النظرية المالتوسية البيئية الجديدة:

هذه النظرية انطلقت في تحليلاتها من خلال دراسة العلاقة بين أثر المتغير البيئي مثل تدهور الاراضي وفقدان التنوع البيولوجي، وعلاقته مع توفير خدمات النظم الإيكولوجية Ecosystem، إما بالتجميد أو الإنخفاض، الذي يؤدي الى تدهور البيئة وتقويض قدرة الأرض على التجدد، وتخلق فيما بعد نزاعات في ظل تناقض هذه

الموارد البيئية. وتعد افتراضات نظرية (توماس مالتوس) الأساس الذي قامت عليه هذه النظرية، إذ ينطلق "مالتوس" Malthus في دراسته من خلال العلاقة بين السكان و الغذاء، ففي كتابه الأول حول "مبدأ السكان" Principle of Population في عام (1789) يرى بأنه بينما يزيد السكان بصورة أقرب الى متتالية هندسية، فإن الموارد الغذائية تزيد بمتتالية عددية، أراد (مالتوس) من هذه المقارنة إظهار وجه الخطورة من زيادة السكان بنسبة تفوق زيادة السكان بنسبة تفوق زيادة المواد الغذائية، معتبراً أن حدوث الاختلال بين السكان والغذاء هو أمر مؤكد (Richard A. Matthew, 2005, P 127). وأشكال النزاعات البيئية من منظور المالتسية الجديدة، هي (بوبشيش رفيق وآخرون، 2021، ص 14):

- استنزاف الموارد والتدهور البيئي: إن التغيرات البيئية الرئيسة التي تواجه البشرية من استنزاف الأراضي الزراعية والغابات والمياه والأسمك، ستساهم أكثر في الاضطرابات الاجتماعية في العقود القادمة، فالمحللين وصناع السياسات في البلدان المتقدمة يركزون بصورة كبيرة على التغير البيئي "تغير المناخ و تآكل طبقة الأوزن" والآثار الاجتماعية المترتبة عنه، لاسيما في العالم النامي الذين يعانون بالفعل من النقص في الأراضي الجيدة والمياه والغابات والأسمك، في المقابل الآثار الاجتماعية المترتبة على تغير المناخ فإنها على الأرجح تتفاعل مع الضغوط الديموغرافية والاقتصادية (محمد حنشان و محمد المولودي، 2022، ص 20).
- نزاعات الندرة البيئية: مفهوم الندرة البيئية يشمل ثلاثة عناصر أساسية وهي التغير البيئي والنمو السكاني والتوزيع الاجتماعي الغير العادل للموارد البيئية، هذه الأخيرة يمكن تقسيمها الى مجموعتين، الموارد المتجددة مثلاً: النفط والحديد الخام، والطاقة المتجددة مثلاً: المياه العذبة والغابات والتربة الخصبة، الأسمك والأخشاب، فالتغير البيئي يشير الى انخفاض في كمية أو نوعية الموارد المتجددة الناتجة عن الأنشطة البشرية التي تحدث بشكل أسرع مما هو متجدد في الطبيعة، وقد تم تحليل ثلاثة أنواع من عمليات الندرة (Val : (percival, Thomas homer. Dixon, 1998, P 280

○ ندرة ناتجة عن التدهور البيئي والاستغلال العشوائي للموارد البيئية (مثلاً الاستعمال العشوائي للوعاء العقاري).

○ ندرة ناتجة عن تطور أساليب الحياة وارتفاع حجم طلب المجتمع على الموارد.

○ ندرة ناتجة عن ضعف التوزيع السلطوي للموارد في المجتمع.

- نزاعات الحرمان النسبي: يقصد بالحرمان النسبي الحالة التي يحرم فيها شخص أو جماعة من أمور يعتقدون أنهم أحق بها، في حين أن شخصاً آخر أو مجموعة أخرى تمتلك هذه الأمور. فالحرمان هو نسبي بين طرفين يمكن استشاره عبر آيتين: هما التوقعات و الإمكانات، فغالباً ما تمر المجتمعات بمراحل ترتفع فيها مستويات التوقعات بعد أي تغيير اجتماعي كالثورات، كما يمكن أن تنخفض التطلعات بعد المرور بكارثة في الوقت نفسه، فإن كل مجتمع لديه إمكانات لتحقيق تلك التوقعات، وهي تتفاوت بناء على عوامل كثيرة من مرحلة الى أخرى، فما دام مستوى الإمكانات المتاحة للأفراد والجماعات يسمح لهم بتحقيق التطلعات المناسبة، فإن مستوى الإحساس بالحرمان يكون منخفضاً، بدرجة لا يتوقع معها حدوث صراعات داخل المجتمع، ولكن

عندما تتزايد الهوية بين الأمرين، تتزايد الصراعات (بوبشيش رفيق وآخرون، 2021، ص 15-16). إذ يرى عالم الاجتماع الأمريكي "جيمس ديفيز" James C. Davies في نظريته أن الصراعات الداخلية تعبر عن الحالة إحباط جمعي في المجتمعات، فهو تباين بين ما تريده الجماعة، وما تراه من حقها والواقع الفعلي، فهو متغير وسيط يعقب الشعور بالحرمان، وقد يؤدي إلى الصراعات عندما يكون هناك محفزاً (Rod Aya, 1979, P 53). أن تقليص الكعكة الاقتصادية سوف تؤدي إلى أعمال عنف من طرف جماعات ضد جماعات أخرى، بسبب التوزيع الغير العادل للسلع الاقتصادية في المجتمع وهو الذي يحدث في أغلب الدول الأفريقية كما أكدت تقرير منظمة الشاهد العالمي (2009) أن نقص الشفافية في تقاسم عائدات النفط بين شمال السودان وجنوب السودان يشير إلى أن هذا يمكن أن يؤدي إلى تجدد الصراع، إذ يشكل النفط (98%) في منطقة الجنوب، ويعدّ من أكبر المداخل للحكومة السودانية في الشمال (Jason Hickel, 2012, P 124)

- نزاعات بسبب مجموعات الهوية: يقوم هذا النوع من النزاعات على نظرية "مجموعات الهوية" فأى نزاع سوف يقوم فإنه يكون بسبب التحركات الواسعة للسكان "اللاجئين البيئيين" إلى المناطق الأخرى بسبب التغير البيئي، وهذا ما يخلق توترات بين الفئات المختلفة لاسيما إذا كانت هناك بين مختلف الفئات عدوات وضغائن، ويعد عامل الهوية هو واحد من أهم الاحتياجات؛ لأنها حافز قوي للغاية للتعبئة الاجتماعية، فكثير من العلماء يؤكدون بروز الهوية بعدها عاملاً أساسياً في مفهوم الصراع فإن الهوية تعتمد على مجموعة مشتركة من التقاليد والعادات المشتركة، فهي تعبر عن كيان اجتماعي وعملية ديناميكية، وشعور مشترك بين المجموعة، لذلك الصراعات تقوم بسبب التمييز بين "نحن" و "هم"، و النزاع هو نتاج لمنافسة قوية بين لاعبين مختلفين، وغالباً ما يستعمله القادة أو زعماء الحرب للوصول إلى تحقيق أهدافهم المختلفة، من خلال حشد السكان، لأنهم غير قادرين على البقاء خارج اللعبة، إما لأن لديهم شعور قوي بالانتماء إلى جماعة عرقية، أو لأنه ينظر إلى الجماعة الأخرى بعدها مجموعة العدو (بوبشيش رفيق وآخرون، 2021، ص 17-18). كما حدث في النزاع في (الكاميرون) الناطقة بالإنكليزية إذ ترجع جذور أزمة المنطقتين الناطقتين بالإنكليزية إلى نحو قرن مضى. حكمت فرنسا معظم أراضي الكاميرون بين عامي (1922) و(1960)، لكن عُولت المنطقة الشمالية الغربية والمنطقة الجنوبية الغربية كمحمية بريطانية، ويقطن في هاتين المنطقتين اليوم (5) ملايين شخص يتكلمون اللغة الانكليزية أساساً - نحو خمس سكان البلاد- ولديهم نظمهم القانونية والتعليمية الخاصة، ويطالب هؤلاء بجمهورية مستقلة اسمها (أميزونيا) لإحساسهم بأن الأكثرية الناطقة بالفرنسية تهمشهم منذ عام (1985) على الأقل (أيان ديفيس، 2020، ص 231-232). كانت الأزمة قد اندلعت في تشرين الأول من عام (2017)، حين قُمعت مطالب المعلمين والمحامين بإصلاح الأنظمة التعليمية والقضائية في المناطق الناطقة باللغة الإنكليزية. أقدمت الحكومة على جملة من التنازلات، من ضمنها إقامة حوار وطني رئيسي في عام (2019)، غير أن ذلك، وبسبب من الإخفاق في دعوة القادة الانفصاليين الرئيسيين، لم يحقق إلا القليل؛ إذ قادت القرارات التي نجمت عن الحوار إلى منح المناطق "وضعاً خاصاً" غامضاً، واستقلالاً ذاتياً افتراضياً. وفي تشرين الأول من عام (2022) أظهرت محادثات سرية قامت بين الحكومة وقادة الناطقين باللغة الإنكليزية -

ممن كانوا في الشتات- اهتماماً بإجراء مفاوضات رسمية، غير أن تلك الجهود لم تستطع أن تنهي التمرد الانفصالي الذي أودى بحياة أكثر من (6000) إنسان، وأدى إلى نزوح داخلي لـ (630000) آخرين، وإلى قيام (86) ألف شخص بالبحث عن ملاجئ لهم في نيجيريا (Hubert Kinkoh & Thierry Boudjekeu, 2023).

2.1. النزاع البيئي من منظور مقارنة (بول كولير)

ينطلق (بول كولير) في دراسته في العلاقة بين البيئة والنزاعات الدولية من تحليلاته للعلاقة التي تربط بين الموارد البيئية والنزاعات، ويعود (كولير) إلى الجيوبولتيك الكلاسيكية، فهو يرى بأن القرن الواحد والعشرون يواجه مجموعة متنوعة من الضغوط السياسية، الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تهدد الاستقرار في مناطق كثيرة من العالم. وتتجسد في العديد من النزاعات العنيفة، هذه الأخيرة تشكل تهديدات للاستقرار الإقليمي والدولي، ففي الماضي كانت مصادر النزاعات الدولية منحصرة في الأسباب العرقية والدينية، ومن المرجح، مع ذلك، أن مصادر إضافية من الاحتكاك وعدم الاستقرار سوف تنشأ في هذا القرن، الذي من سماته المميزة له، هو أن المنافسة سوف تكون عالمية من أجل الوصول إلى الموارد الحيوية أو الإمدادات الحيوية النادرة مثل: المياه، النفط والغاز الطبيعي والأراضي الصالحة للزراعة مصدراً للنزاعات. فالمنافسة على هذه الموارد سوف تؤدي دوراً كبيراً في هذه النزاعات، ففي الكثير من المناطق كان هذا التنافس سبباً في تفشي النزاعات المسلحة العنيفة، مثل تلك الموجودة في أنغولا، تشاد، الكونغو (برازافيل) وليبيريا وسيراليون والصومال والسودان، وهذه الاضطرابات لديها أكثر من سبب واحد لقيامها (Paul Collier and Anke Hofer, 1998, P 536).

ومع ذلك، تبقى الموارد البيئية أو الموارد القيمة هي التي تحركها بدرجة كبيرة، فالنزاعات في أنغولا وليبيريا وسيراليون كانت بسبب الماس، أما في حالة الكونغو (برازافيل) والسودان فكانت بسبب النفط (سنان حواط، 2014، ص 3). ولذلك فإن العديد من الحروب التي حدثت بداية من القرن (16) حتى أوائل القرن (20) اندلعت بسبب المنافسة بين القوى الأوروبية الكبرى للسيطرة على المستعمرات الغنية بالموارد الطبيعية في أفريقيا وآسيا وجزر الهند الشرقية والعالم الجديد. ولقد بلغت هذه الصراعات على الموارد ذروتها في الحرب العالمية الأولى، وفي حقبة الحرب الباردة في إطار الصراع الأيديولوجي بين الاتحاد السوفياتي والولايات المتحدة الأمريكية التي ألفت بظلالها على هذه الحرب (حجاجي فطيمة، 2020، ص 40).

3.1. النزاع البيئي من منظور مقارنة اللجنة الدولية لبناء السلام

أشارت اللجنة الدولية لبناء السلام التابعة للأمم المتحدة PBC من خلال توصياتها المقدمة لهيأة الأمم المتحدة إلى العلاقة بين الموارد البيئية قضية بناء السلام، إذ أكدت ضرورة إدماج البيئة والموارد البيئية في عملية بناء السلام، فلم يعد خياراً فقط. بل أصبح حتمية أمنية، وفرصة مهمة لتصدي للمخاطر البيئية والاستفادة من

الإمكانات بطريقة أكثر اتساقاً وتماسكاً، فمن خلال الأبحاث التي قامت بها، وجدت بأن الموارد البيئية لعبت دوراً كبيراً في أكثر من ثماني عشرة نزاعاً عنيفاً منذ عام (1990)، من خلال تغذيتها والإستغلال الغير المشروع لهذه الموارد، كما أن أكثر من أربعين في المائة من جميع النزاعات والحروب الأهلية داخل الدول لديها صلة بالموارد الطبيعية والسيطرة على الموارد النادرة مثل الأراضي الخصبة والمياه، مثل تلك الموجودة في ليبيريا، أنغولا وجمهورية الكونغو الديمقراطية (أيان بانون وبول كولير، 2005، ص 23).

وهذه النزاعات تتركز على الموارد ذات القيمة العالية مثل الأخشاب والماس، الذهب والمعادن والنفط، نهيك عن استغلال الموارد الطبيعية، فالضغوط البيئية ذات الصلة يمكن أن تكون متورطة في جميع مراحل دورة الصراع، من المساهمة في إندلاع واستمرار العنف الى تقويض آفاق السلام. بالإضافة الى ذلك، يمكن للبيئة نفسها أن تقع ضحية للنزاع، الى جانب انهيار المؤسسات، وقد تؤدي المخاطر البيئية الى تهديد صحة السكان، وتهديد سبل عيشهم. كما أن الطريقة التي تدار بها البيئة والموارد البيئية، لديها تأثير حاسم على السلم والأمن، فهي قد تساهم أيضاً في العودة الى الصراع، إذا لم تتم إدارتها بشكل صحيح في حالات ما بعد الصراع.

وفي الواقع، تشير النتائج الأولية من تحليل النزاعات داخل الدول الى أن الصراعات المرتبطة بالموارد البيئية هي ضعف احتمال للانتكاس خاصة في السنوات الخمس الأولى (أيان بانون وبول كولير، 2005، ص 24). ولذلك فالتقرير استخلص ثلاث مسارات متعددة في العلاقة بين البيئة والنزاعات (روبرت د.كابلان، 2015، ص 48):

- المساهمة في اندلاع الصراع: من خلال محاولات السيطرة على الموارد البيئية الناجمة عن غياب عدالة التوزيع عند تقاسم الثروة، كما يمكن للتدهور البيئي أن يساهم في اندلاع العنف.
- تمويل النزاع: إن استخراج الموارد البيئية "ذات القيمة العالية" تستغل لتمويل القوات المسلحة، وتساهم أيضاً في تمديد مدة الصراع من خلال توفير مصادر جديدة للتمويل، أو تعقيد الجهود للسيطرة على المناطق الغنية بالموارد. على سبيل المثال استغلال المعادن والكاكاو لتمويل المجموعات المسلحة في كل من ليبيريا وسيراليون.
- تقويض عملية السلام: في كثير من الحالات، ساهمت الموارد البيئية في تقويض عمليات السلام، من خلال عرقلة الإصلاحات السياسية، وتهديد المصالحة، والى تعزيز الانقسامات السياسية والاجتماعية.

2. جدلية قمة المناخ بين التزامات القوى الكبرى والمشاريع الإقليمية المتأرجحة

شهدت العاصمة الفرنسية باريس أحد أكبر المؤتمرات العالمية المتعلقة بالتغير المناخي، وقد بدأت هذه القمة يوم 30 تشرين الثاني عام (2015) في العاصمة الفرنسية باريس، واستمر انعقادها حتى يوم 2015/12/12 بمشاركة (150) دولة، و(195) وفد من المنظمات المختلفة، وفي ظل سعي العديد من الدول إلى التوصل إلى اتفاق ومعهادة قانونية بشأن مشكلة الاحتباس الحراري سميت "بمعهادة باريس للتغير المناخي" وذلك بعد

انتهاء معاهدة كيوتو عام (2012) وتمديدتها مؤقتاً حتى عام (2020) (Earth Negotiations Bulletin, 2015).

وفي خطوة هامة وذات دلالة على رغبة الدول الصناعية الكبرى في الحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري، وبعد ضغوطات مارستها دول الاتحاد الأوروبي والمنظمات المدنية المناصرة للبيئة صادقت كلاً من الولايات المتحدة الأمريكية والصين في 3 أيلول عام (2016) على معاهدة التغير المناخي التي تم الاتفاق عليها خلال مؤتمر قمة باريس عام (2015) وذلك في مدينة "هانيتشو" الصينية وقد كانت هذه الخطوة بادرة لتشجيع بقية الدول للانضمام لهذه المعاهدة (محمد عبد الله لامه، 2023، ص 51-52).

ويتواصل عقد مؤتمرات التغير المناخي سنوياً بهدف الحد من انبعاثات غازات الدفيئة، وقد شهدت مدينة دبي في الامارات العربية المتحدة انعقاد قمة المناخ في 30 تشرين الثاني عام (2023) بمشاركة أكثر من (150) دولة وحضور بعض رؤساء العالم، واستغرق عقد هذه القمة أسبوعان في غياب رؤساء الصين، والولايات المتحدة الأمريكية، وسيشهد عام (2024) عقد قمة للمناخ في مدينة باكو بأذربيجان (UN Climate Change Conference UNFCCC COP 29)، وبالإضافة إلى ذلك يشهد العالم عقد مؤتمرات دولية بشأن مواجهة مشكلات التساقط الحامضي، وتآكل طبقة الأوزون، والتنوع الحيوي وغيرها.

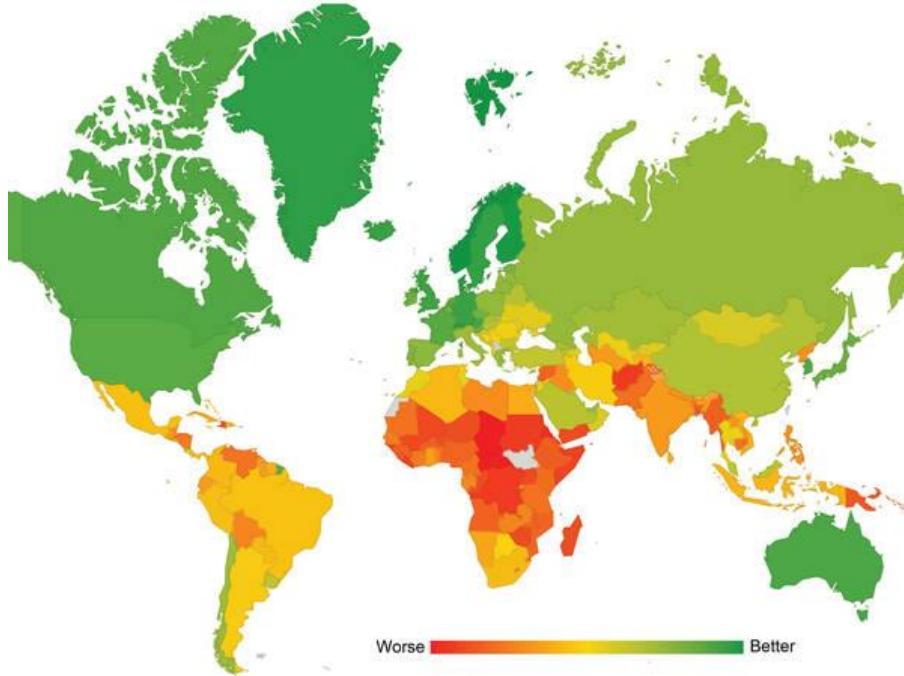
ومن الجدير بالذكر، أن أكثر الدول تضرراً بالتغيرات المناخية هي دول أفريقيا التي تعاني من ظروف بيئية خانقة كما أنها لا تملك الادوات والميكانيزمات الهيكلية والمؤسسية الكفيلة بالتصدي للآثار البيئية المرتبطة بالاحترار- ارتفاع درجة الحرارة- وما تسببه من ظواهر اجتماعية واقتصادية عويصة (بوحنيه قوي، 2016، ص 3).

وفقاً لتقرير "الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، تغير المناخ 2022: الآثار والتكيف والضعف"، كانت القارة الإفريقية هي التي تكبدت الخسائر والأضرار الجسيمة التي تعزى إلى تغير المناخ الناجم عن النشاط الانساني، على الرغم من أن هذه القارة كانت أقل إسهاماً من غيرها في انبعاث الغازات الدفيئة المسببة لتغير المناخ (Hans-Otto Pörtner, et al, 2022, P 1289)، وفي الواقع، وعلى نحو ما أشار إليه "الاتحاد الإفريقي" في خطة عمله الخاصة بالتغير المناخي في القارة، واستراتيجيته المتصلة بالاستجابة السريعة للتطورات المتعلقة بذلك (2022-2032)، كانت القارة هي أكثر المناطق تعرضاً للتغير المناخي، ويرجع ذلك إلى عوامل شتى من بينها: الاعتماد الكبير على الزراعة البعلية (والقطاعات القائمة على الموارد الطبيعية بشكل واسع)، وعدم المساواة في الوصول إلى الموارد المالية، فضلاً عن ضعف القدرة على التكيف مع هذه الحال (African Union climate change and resilient development strategy and action plan, 2022, P 10).

وقد جرى تأكيد تلك المخاطر وما تشتمل عليه من مواطن ضعف في "مؤشر مبادرة نوتردام العالمية للتكيف مع المناخ" (ND-GAIN)؛ إذ لاحظت هذه المبادرة أنه من بين البلدان العشرة الأكثر عرضة لمخاطر الضغوطات المناخية والأقل قدرة على التعامل معها، تسعة منها تقع في قارة إفريقيا؛ وهي (تشاد، وجمهورية إفريقيا

الوسطى، وغينيا بيساو، وإريتريا، وجمهورية الكونغو الديمقراطية، والسودان، والصومال، ومالي، وليبيريا
(Country Index Technical Report, 2023).

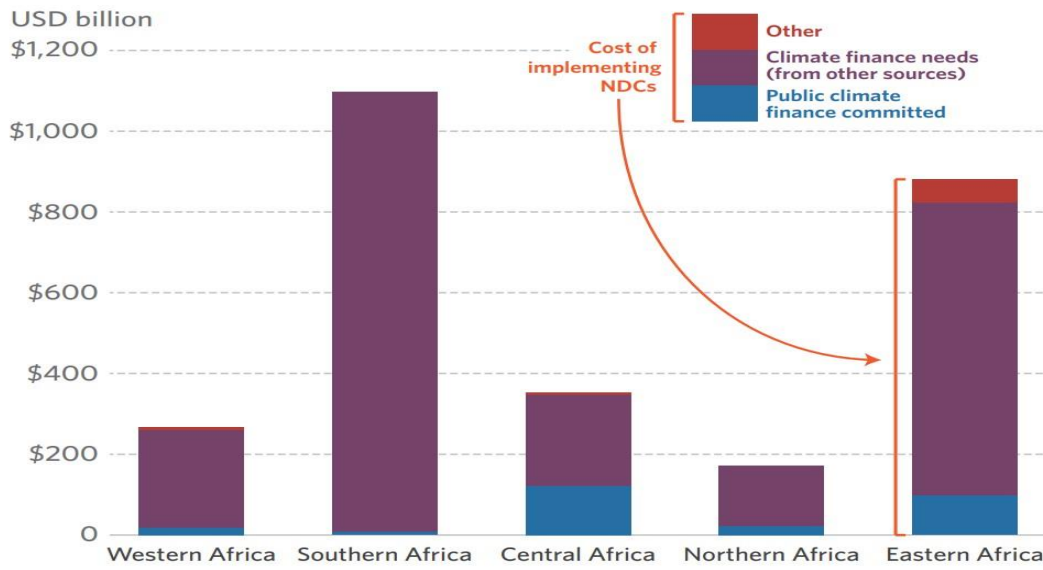
من أجل تحقيق أهداف الانبعاثات التي حددتها معاهدة باريس للتغير المناخي، ستحتاج إفريقيا إلى ما يقارب
من (2,8) تريليون دولار أمريكي على امتداد العقد (2020-2030) لتنفيذ مساهماتها المحددة وطنياً (NDCs)
بحسب تقديرات "البنك الأفريقي للتنمية". إذ التزمت الحكومات الإفريقية بتوفير (264) مليار دولار أمريكي
(بحدود 10%) ، مع اعتبار ما تبقى من مبلغ المساهمات، وهو (2.5) تريليون دولار أمريكي، على أنه احتياجات
مالية مخصصة للمناخ (Sandra Guzmán, et al, 2022, P 6).



الخريطة (1): توزيع التأثيرات المناخية على وفق مؤشر مبادرة نوتردام العالمية للتكيف (2023)

Source: Country Index Technical Report, University of Notre Dame Global Adaptation Initiative, January 30, 2023, <https://gain.nd.edu>

Figure 2: Cost of implementing NDCs (2020-2030), USD billion



9 Not all countries included information about loss and damage, so this cost is likely to be underestimated.

الشكل (1): تكلفة تنفيذ المساهمات الوطنية الإفريقية المحددة (2020-2030)، (مليار دولار أمريكي)

Source: Sandra Guzmán, et al, The State of Climate Finance in Africa: Climate Finance Needs of African Countries, climate policy initiative, June 2022, p6.

وكانت الاحتياجات التي تم التبليغ عنها، وعلى امتداد إفريقيا جمعاء، قد تخطت إلى حد كبير ما خصص لها من مبالغ في الموازنات الحكومية الوطنية، وحدها إفريقيا الوسطى خططت على الصعيد المحلي لتخصيص جزء مهم من التكلفة عبر مواردها الوطنية العامة، وبما يزيد على (34%) من إجماليها المحلي. فيما أبلغت جنوب إفريقيا عن أعلى كلفة بما يصل إلى (1.1) ترليون دولار أمريكي، أي حوالي (40%) من الإجمالي الإفريقي، وعلى أية حال، فهي تخطط إلى أن تخصص ما يقل عن (1%)، أي ما يقل عن (7) مليارات دولار أمريكي من موازنتها الوطنية العامة. كما تهدف الحكومات الوطنية في الجزء الشرقي من إفريقيا، وفي الجزء الغربي منها وكذلك في الجزء الشمالي إلى أن تخصص (11%) و (7%)، و (13%) على التوالي من إجمالي موازنتها المحلية (لهذا الغرض)

(Sandra Guzmán, et al, 2022, P 6)

وفي هذا الإطار، سعت إفريقيا على مدى سنوات إلى أن تقوم الدول المتقدمة بتأسيس آليات دولية لغرض تعويض نظرائها من الدول التي هي طور التنمية من الأضرار التي تسبب بها التغير المناخي. وقد كانت هذه المسألة هي البند الرئيس الذي جرت مناقشته في "مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي" (COP27) الذي انتهت المفاوضات فيه باتفاق تاريخي لإنشاء صندوق "الخسائر والأضرار" برعاية الأمم المتحدة لمساعدة البلدان التي هي في طور التنمية، لاسيما تلك التي تتعرض لتأثير التغير المناخي (Doubling Down on Delivering)

Africa's Climate Action Priorities – Policy recommendations from the Africa NDC Hub,

2022, P 5)

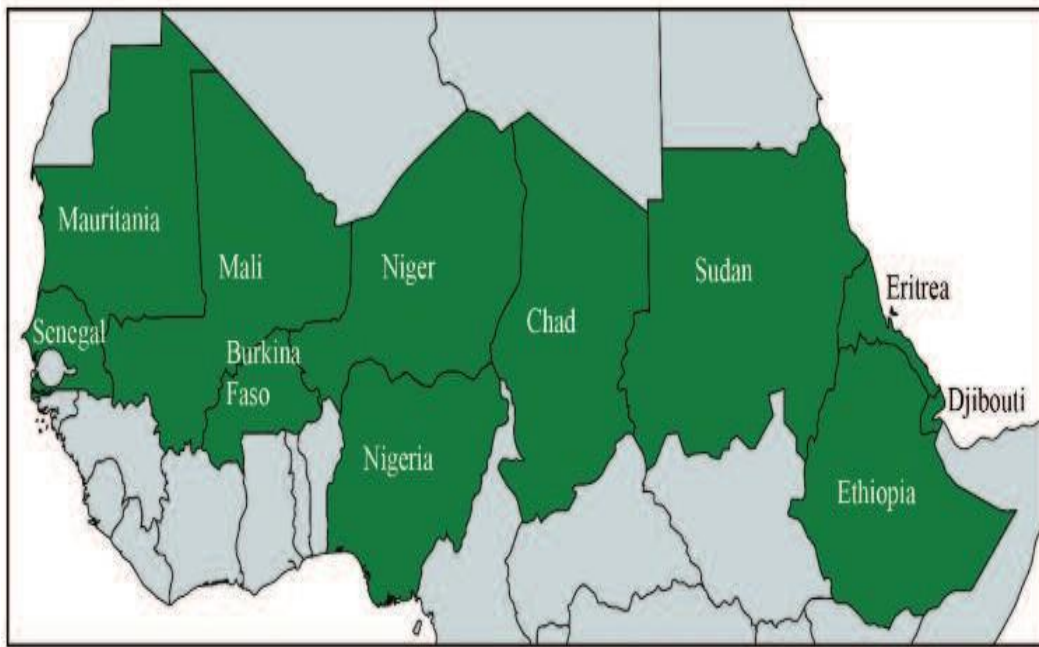
جاء القرار البارز بعد كثير من الحوار والمفاوضات السياسية أجرتها الدول الإفريقية، وهو ما سيدفع بمؤشر البوصلة إلى أن يكون في الاتجاه الصحيح من أجل القارة التي هي أقل القارات- كما أسلفنا- تسبباً بالتلوث المناخي وأكثرها معاناة منه. والتزمت - فضلاً عن ذلك - مجموعة من شركات التأمين الإفريقية بإنشاء دائرة إفريقية خاصة بمخاطر المناخ، وتعهدت بتوفير (14) مليار دولار أمريكي لتغطية الأخطار المناخية في إفريقيا مع حلول عام (2030)، كما تعهدت بلدان أوربية بتقديم (246) مليون دولار أمريكي من أجل إدارة تلك المخاطر أيضاً (p5: bid: I)

وتعد البيئة الإفريقية حاضنة حقيقة لمظاهر الفشل البيئي بفعل تزايد درجة الاحترار المحيطة بالتربة وكذلك مظاهر التغير المناخي ومع مرور عقود من الانتهاكات البيئية للقوى العظمى للبيئة الإفريقية بفعل تحول جزء من القارة السوداء إلى مكبات عملاقة لليورانيوم المشع والنفايات النووية وهو ما حولها إلى بنية قائمة على عدة مؤشرات تندرج ضمن ما يسمى الاستعدادات البيئية الطبيعية. وبهذا الصدد، تعاني البنية التضاريسية لأفريقيا من عدة مشاكل بيئية ومناخية يمكن حصرها في عوامل كالصحراء وتناقص خصوبة التربة وتقلص نسبة الأراضي الصالحة للزراعة بسبب زيادة التوسع العمراني يساهم التصحر وتعرية التربة والرعي غير المنظمة في تدهور الأراضي الإفريقية فالإحصائيات تشير إلى أن الغابات تغطي نسبة (22%) من مساحة أفريقيا و(43%) من الأراضي تعتبر إفريقية في حين تشكل مساحة الأراضي الصالحة للزراعة (21%) وتعرض القارة الإفريقية ضياعاً كبيراً للتربة حين تشير الأرقام إلى أن القارة أضاعت (500) مليون هكتار منذ عام (1950) (بوحنيه قوي، 2016، ص 3).

وإدراكاً لأهمية عكس مسار فقدان الغابات والأراضي وتدهورها، تعهدت الحكومات الإفريقية بالتزامات طموحة، سواء على المستوى الدولي أو الإقليمي. فمثلاً في عام (2007) تم إطلاق مبادرة "الصور الأخضر العظيم" (GGW) للصحراء والساحل، وهي عبارة عن برنامج لجميع البلدان الإفريقية يهدف إلى استعادة الإنتاجية، وتشجيع ممارسات الإدارة المستدامة للأراضي، وإنشاء مناظر طبيعية في مساحات من الأراضي عالية التحمل عبر قطاع واسع بعرض (15 كم) يمتد من داكار إلى جيبوتي. تطورت المبادرة من خلال منظورها الأولي لإعادة التحريج إلى نهج أكثر شمولية للمناظر الطبيعية، مما يقلل من ظاهرة زوال الغابات وتدهور الأراضي ويعزز التنمية الإقليمية. وتهدف المبادرة إلى استعادة (100) مليون هكتار من الأراضي المتدهورة، وتثبيت (250) مليون طن من الكربون، وإيجاد (10) ملايين فرصة عمل مراعية للبيئة بحلول عام (2030) (إطار منظمة الأغذية والزراعة الخاص بالهجرة: الهجرة: كاختيار وفرصة للتنمية الريفية، 2020، ص 86).

ومع ذلك، وفقاً لتقرير "اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر"، تم تحقيق ما بين (4٪) و(20٪) فقط من الأهداف الأولية بحلول عام (2020)، بسبب الفساد وسوء الإدارة ونقص التمويل، مما دعا إلى إنشاء مسرع مبادرة (الصور الأخضر العظيم)، بمبادرة فرنسية، إبان مؤتمر قمة الكوكب الواحد الذي عُقد في 11 كانون الثاني عام (2021)، لإضفاء زخم جديد على هذه المبادرة، وتعهد المجتمع الدولي بحوالي (14) مليار دولار لمدة

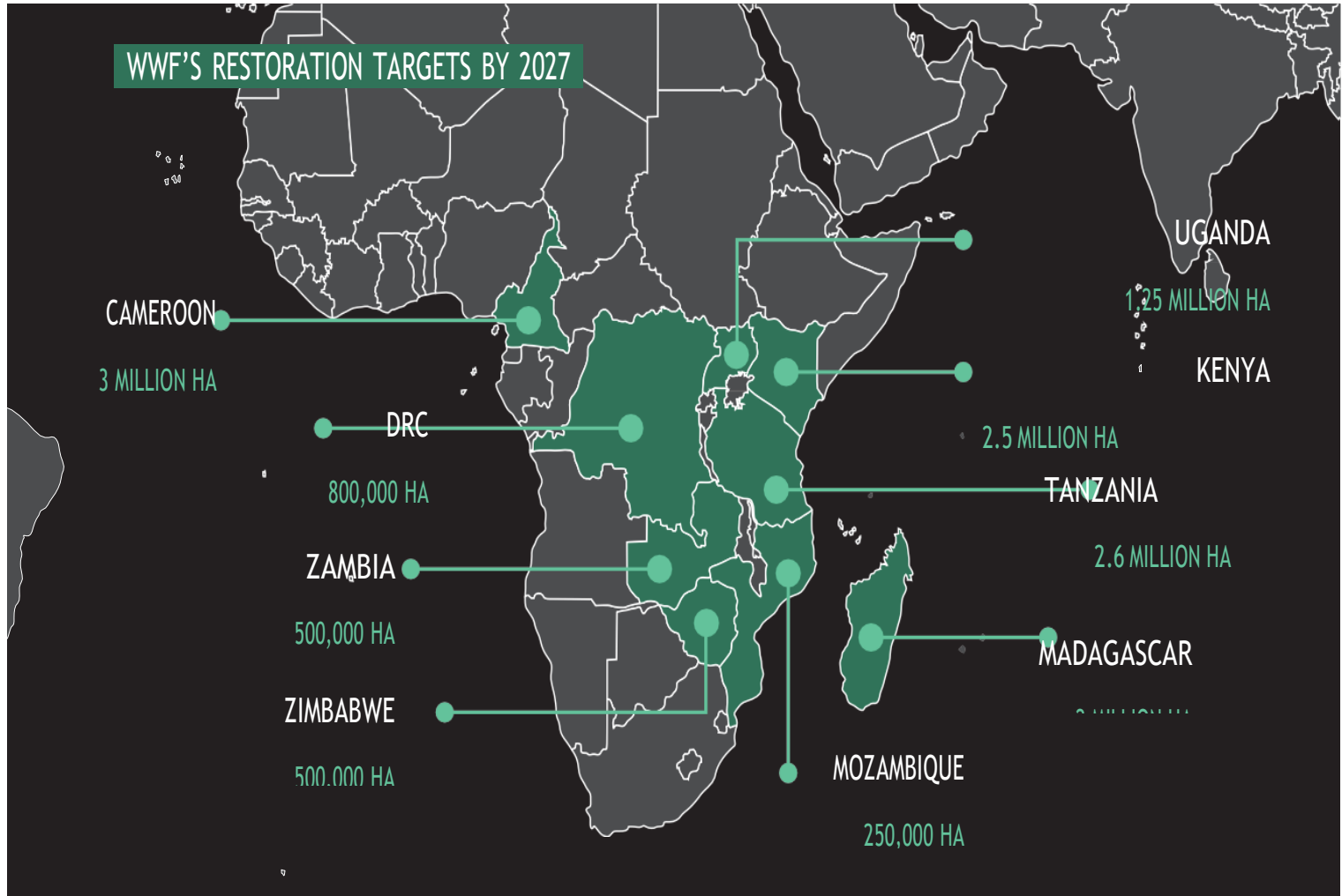
(5) سنوات، أي ما يقرب من نصف مبلغ (33) مليار دولار الذي يقول الاتحاد الإفريقي إنه سيكون اللازم لاستكمال الجدار بحلول عام (2030) (هايدي الشافعي، 2022).



الخريطة (2): البلدان المشتركة في الوكالة الإفريقية العامة من أجل السور الأخضر العظيم

Source: Jonathan Davies, Biodiversity and the Great Green Wall: Managing nature for sustainable development in the Sahel, IUCN, West and Central Africa Programme (PACO), Ouagadougou, Burkina Faso, 2017, p5.

بالإضافة لما سبق، أطلقت الدول الإفريقية مبادرات أخرى لتحقيق أهداف مماثلة، ففي عام (2015) تم إطلاق مبادرة "استعادة المناظر الطبيعية للغابات الأفريقية (AFR100)" لاستعادة (100) مليون هكتار بحلول عام (2030)، وفي عام (2018)، التزمت الحكومات الأفريقية باستعادة (200) مليون هكتار ضمن خطة عموم أفريقيا لاستعادة النظم البيئية لبناء القدرة على الصمود (فيليب أوين و جياسفير، 2022، ص 9). سينتقل إيفاء هذه الالتزامات بحياة ملايين السكان إلى وضع أفضل، وسيؤدي دوراً غاية في الأهمية في تخفيف وطأة التغير المناخي وفي التكيف معه، وسيساعد في إيقاف الضرر في التنوع البيولوجي بل سيعكس اتجاهه. غير أن تصورنا للحالة شيء، وتنفيذها شيء آخر؛ إذ على الرغم من أن هذه الالتزامات مثيرة للإعجاب، كان تقدمها على صعيد الواقع بطيئاً، إذ إنه يقاس بمئات الهكتارات، لا بملايينها، وفقاً إلى ما تم التعهد به.



الخريطة (3): الأراضي المستهدفة إحيائها من قبل الصندوق العالمي للطبيعة مع حلول عام (2027)

Source: Severin Kalonga, WWF's Forest Landscape Restoration in Africa, <https://afr100.org>

ومن أجل تغيير هذه الحالة، بدأ "الصندوق العالمي للطبيعة" (WWF) (*) في حزيران عام (2022) عملية "إحياء أرض الغابات" (FLR) التي تكفل بها ضمن المبادرة الإفريقية، وذلك من خلال العمل في تسعة من البلدان هي: (الكاميرون، وجمهورية الكونغو الديمقراطية، وكينيا، ومدغشقر، وموزامبيق، وتانزانيا، وأوغندا، وزامبيا، وزيمبابوي)، حيث يملك الصندوق العالمي للطبيعة حضوراً قوياً، وتهدف مبادرته هذه إلى بعث النشاط في عملية الإحياء على امتداد (13.5) مليون من هكتارات الأراضي المتدهورة التي اجتثت غاباتها، على أن يتم ذلك

(*) هي منظمة دولية غير حكومية تأسست في عام (1961). تعمل هذه المنظمة على المسائل المتعلقة بالحفاظ والبحث واستعادة البيئة. هي أكبر منظمة حالياً في العالم تهتم بالحفاظ المستقل على البيئة بأكثر من 5 ملايين مؤيد في جميع أنحاء العالم يعملون في أكثر من 100 دولة.

مع حلول عام (2027)، وهي المساهمة التي يقدمها الصندوق ضمن المبادرة الإفريقية لاستعادة المناظر الطبيعية للغابات الأفريقية (AFR100) (Forest Landscape Restoration in. Africa, 2022, P2)

3. معضلات التدهور البيئي (التوترات والمخاطر)

تعاني إفريقيا كثيراً من مشكلات البيئة – كما أسلفنا- من ضمنها عمليات إزالة الغابات، وتدهور بيئة الأرض، والتصحر والجفاف، والتراجع في التنوع البيولوجي ووقوع الضرر فيه، وكذلك تلوث الهواء والماء، وهي مشكلات تمنع إفريقيا من أن تصنع تقدمها فيما يتصل بالتنمية الاقتصادية، وفي الحق أن المعاناة ترجع إلى أن هذه المشكلات لم تكن قد استوعبت على نحو تام؛ إذ إن كثيراً من الأفارقة قد تأخروا في محاولتهم حل هذه المشكلات (Eze Christopher C. and Nwaiwu Innocent U, 2012, P 264).

- إزالة الغابات (Deforestation): انحسرت مساحة الغابات في إفريقيا على مدى السنوات الثلاثين الأخيرة؛ فهبطت من مستوى (24.9%) إلى مستوى (21.3%) خلال هذه الحقبة، واستناداً إلى تقرير "تقييم الموارد الغابات العالمية" لعام (2020) (FRA2020)*، كانت حصة إفريقيا منه هي الأعلى في صافي الخسائر في أراضي الغابات في العقد الأخير لغاية (2020)، وكان احتساب معظم تلك الخسائر قد وقع، على حد سواء، في شرق القارة وجنوبها، وفي وسطها وغربها (The role of forests and wildlife in building resilience and recovery from crises and threats, 2022, P2).
- تدهور بيئة الأرض: (Land Degradation) يعد تدهور بيئة الأرض -الضعف في بنية التربة، وفي استقرارها، وفي إمكانات الإنتاج فيها المشكلة الرئيسة في كثير من المناطق الريفية في إفريقيا. وتُظهر التقديرات المتاحة أن تأثيرات التدهور تغطي ما نسبته (46%) من مساحة إفريقيا، وأن المتأثرين به من سكان القارة هم في أقل تقدير (485) مليون شخص (أي ما نسبته 65% من السكان)، وهو ما يترجم إلى كلفة مالية سنوية تقدر بـ (9.3) مليار دولار أمريكي، وتُظهر تقديرات لاحقة أن (75 إلى 80%) من المساحة المزروعة من القارة قد أصابها التدهور بفقدانها ما بين (30 كغم و 60 كغم) من العناصر الغذائية في كل هكتار سنوياً (Mengistu Bululta, et al., 2022, p2). إن هذه المعدلات ومدى تدهور بيئة الأرض تخلق تهديدات جدية لأساليب عيش ملايين السكان في إفريقيا ممن يكافحون من أجل كسر طوق الفقر وتقوضها.
- التصحر والجفاف (Desertification and Drought): ضرب التصحر القارة الإفريقية بدرجة أكثر شدة من أية قارة أخرى في العالم، وتشير التقديرات على امتداد القارة إلى أن ما يقارب (6.6) مليون

(*) يتم تحضير تقرير "التقييم العالمي لموارد الغابات" (Global Forest Resources Assessment)، من قبل منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة. وقد تغير نطاق التقييم بانتظام منذ أول تقييم نشر في عام (1948). ويتم حالياً نشر تقييم كل (5 سنوات).

كيلومتر مربع من أرض إفريقيا كان في حالة من التصحر بدرجة مرتفعة أو مرتفعة جداً، كان ثلثا أرض إفريقيا أرضاً قاحلة أو شبه قاحلة، لذلك كان كثير من سكان إفريقيا يقومون بالزراعة في أراضي جافة، أو في أراضي حدية، ونظراً إلى النقص الحاصل في الأراضي الصالحة للزراعة، تحولت الأراضي الحدية، والأراضي شبه القاحلة في إفريقيا إلى أراضي حقول ومزارع، واستعملت هذه الحقول عادةً لسد حاجات الاستهلاك المحلي فضلاً عن إنتاج صادرات، وعلى الرغم من أن استعمال الأراضي غير المتوازن كان نتيجة تباين في الجهود بين مجموعات السكان، إلا أن المشكلات الحقيقية تتأتى الآن من تصحر هذه الحقول المتحولة. (Eze Christopher C. and Nwaiwu Innocent U., op.cit, p266). في إفريقيا (جنوب الصحراء الكبرى) على امتداد السنين الخمسين الماضية جرى تحويل ما يزيد على (270.000) ميل من الأراضي الزراعية ومن أراضي الرعي إلى صحراء، وكان معظم التصحر قد حدث بسبب من التغيرات المناخية، وإن كان قسم منه - على ما يبدو - جاء نتيجة الرعي المفرط، وقطع أشجار الغابات، واستهلاك التربة، وسوء استعمال الأرض (I bid: p266).

• أما فيما يتعلق بالجفاف، فتغطي الأراضي الجافة ما يصل إلى (43%) من مساحة الأرض الإفريقية، وتعرف الأراضي الجافة بأنها الأراضي التي تتصف بأن سقوط الأمطار فيها قليل، وغير منتظم، فضلاً عن ذلك تضافره مع حالة من التبخر تكون مرتفعة، وبمؤشر جفاف يقل عن (0.65) (Yeluma Mary Ntali, et al., 2023, p1-2). وقد شهدت إفريقيا ما بين عامي (2000 – 2019) حوالي (134) حالة جفاف، (70) حالة منها في القسم الشرقي وحده من القارة، وعلى الرغم من أن قارة آسيا قد عانت في الأعوام ذاتها من عدد أكبر من التحولات المناخية المتطرفة، إلا أن الحصيلة أن ستة بلدان من إفريقيا هي: (الصومال، وزمبابوي، وليسوتو، وإسواتيني، ونيجيريا، وموريتانيا) كانت ضمن البلدان العشرة التي تصدرت قائمة البلدان التي هي أكثر تضرراً بالتحولات المناخية المتطرفة في العالم، وقد بلغ عدد المتضررين فيها (100,000) متضرر. ومنذ بداية عام (2022) أثرت هذه التحولات المناخية المتطرفة على حوالي (19) مليون إنسان، وقُتل ما لا يقل عن (4000) شخص، وقد كانت الأعاصير، والفيضانات، وموجات الحر، وحرائق الغابات، وحالات الجفاف، والمجاعة من بين الأحداث المناخية الأشد قسوة؛ إذ أثرت المجاعة والجفاف في ثمانية ملايين من البشر في إثيوبيا، وأدت أيضاً إلى قتل (2500) شخص في أوغندا (Yeluma Mary Ntali, et al., 2023, p1-2).

• الاضرار بخصوبة الأرض (Loss of Soil Fertility): استناداً إلى معهد تنمية الغابات (IDF)، فإن الحرق المتواصل للغابات في أجزاء عديدة من إفريقيا هو الذي أضّر بخصوبة التربة، وهو يتم في الأغلب حين يحاول السكان تنظيف الأرض لأغراض تتصل بالصيد. أو حين يقوم كثير من سكان المناطق الريفية بحرق الأعشاب اليابسة في الحقول المستعملة في الزراعة، إن من الممكن أيضاً أن قسماً من تلك الحرائق قد أحدثه أناس رموا أعقاب سجائر متقدة في تلك الأعشاب الجافة عن غير قصد منهم،

في هذه المناطق من أفريقيا ثمة معضلات أخرى تتصل بعمليات إزالة الغابات، وعمليات تصنيع

الأخشاب والفحم. (Eze Christopher C. and Nwaiwu Innocent U., op.cit, p266)

- خسارة التنوع البيولوجي (Loss of Biodiversity): تُعد أفريقيا موطنًا لتنوع بيولوجي ثري في البيئات الحيوانية، والنباتية، والبحرية التي توفر خدمات النظام الإيكولوجي الحيوية، مما يدفع اقتصاد القارة قدماً وتعمل كعوامل للتصدي لتغير المناخ. إلا أن القارة تشهد خسائر هائلة في التنوع البيولوجي. وتشير التقديرات إلى أنه بحلول عام (2100)، قد يتسبب تغير المناخ وحده في فقدان أكثر من نصف أنواع الطيور والثدييات في القارة، فضلاً عن أنه سيؤدي إلى انخفاض يبلغ (20%) إلى (30%) في إنتاجية البحيرات (أي الحياة النباتية والحيوانية التي تنتجها كل بحيرة)، وفقدان الكثير من أنواع النباتات (The Urgent Need for Climate Change Adaptation and Biodiversity Conservation in Africa, 2023). ويتمثل الأمر الأكثر إلحاحاً في التهديدات والمخاطر المستمرة التي يتعرض لها التنوع البيولوجي في أفريقيا من جراء فقدان الموائل الطبيعية وتدهورها (ولاسيما بسبب التوسع في الأنشطة الزراعية)، والاستغلال المفرط المباشر لأنواع الأحياء البرية وصيد الأسماك (بما في ذلك طرق الصيد والتجارة غير القانونية)، وانتشار بعض الأنواع الغريبة المغيرة على البيئات المحلية. ويؤثر فقدان التنوع البيولوجي في سبل كسب الرزق وإمدادات المياه والأمن الغذائي، ويحد من القدرة على التكيف مع الأحداث بالغة الشدة، ولاسيما ما يتعرض لها الأشخاص الذين يعيشون في المناطق الريفية والذين يكونون في الغالب أكثر السكان فقراً. (This Is What It's All About: Protecting Biodiversity in Africa, 2019)

- تلوث الهواء (Air Pollution): تشهد أفريقيا تسارعاً في مظاهر التوسع الحضري والتصنيعي واستعمال وسائل النقل، وبالنسبة لبعض مناطق القارة، تتراجع جودة الهواء بسرعة منذ عام (1970)، أو حتى قبل ذلك. وفي ضوء هذه الأوضاع، أظهرت نتائج دراسة بحثية حديثة نشرتها دورية (Nature Geoscience) العلمية أن حرق مصادر الوقود الأحفوري لأغراض الطهي والتدفئة والإضاءة، إلى جانب استغلال النفط الخام وصناعات تعدين الفحم، والمركبات القديمة التي تُشحن من أوروبا، تسبب تدهوراً حاداً لجودة الهواء في البلدان الأفريقية (محمد عبد السند، 2023).
- تلوث المياه (Water Pollution): إن السبب الرئيس في تلوث المياه في أفريقيا هو موافقة الإفارقة على استقبال المخلفات الصلبة من الولايات المتحدة، والاتحاد الأوروبي، واليابان. تتسلم إفريقيا أموالاً مقابل استقبالها هذه المخلفات، غير أنها لا تملك إمكانية معالجتها على النحو السليم من أجل تحويلها إلى مواد غير ضارة بالبيئة أو بسكان القارة. إن الوصول إلى المياه النظيفة يمثل معضلة على امتداد إفريقيا. وفي الأغلب أن المياه تكون ملوثة بمخلفات بشرية، وأن أمراضاً من قبيل التايفوئيد، والكوليرا والإسهال تكون متأتية من المياه الملوثة. وفضلاً عن ذلك فإن تلوث المياه هو السبب في

ارتفاع معدل موت الأطفال الرضع، وكذلك في مشكلات السكان الصحية من كل الأعمار Eze

(Christopher C. and Nwaiwu Innocent U., op.cit, p267).

وأنطلاقاً من أعلاه، تشير عدة دراسات دولية الى أن السنوات الثلاثة القادمة ستكون حاسمة، وما بعدها سيكون أكثر صعوبة من حيث زيادة الاجهاد المائي في مقابل زيادة عدد السكان، بما يشير الى زيادة وتيرة الصراعات سواء بين المزارعين والقبائل الحدودية على الرعي والسقي، أو بين الدول كما في حالة الصراع على موارد المياه بين مصر و إثيوبيا بعد بناء الأخيرة سد النهضة بهدف توليد الكهرباء. فمن المتوقع أنه بحلول عام (2025)، سيواجه ما يقرب من (230) مليون أفريقي ندرة المياه، وسيعيش ما يصل الى (460) مليوناً في المناطق التي تعاني من الإجهاد المائي (Safeguarding Africa's Water Resources By Leveraging Smart Water Meters Technology, 2023)

وليس التغير المناخي وحده مسؤولاً عن ذلك الشح القادم في الأفق، فصعوبة الوصول الى المياه في إفريقيا يمكن إرجاعها كذلك الى الإخفاقات المؤسسية التي تشمل سوء التخطيط وضعف الاستثمار وهشاشة البنية التحتية، وهي كلها عوامل تفاقمها العوامل الجوية الناتجة عن تغير المناخ مثل الجفاف والتغيرات في أنماط الطقس، كما أصبحت البحيرات و النهار التي كانت توفر كميات وفيرة من المياه جافة، وتضطر المجتمعات المحلية في مناطق الشح المائي الى السفر لمسافات طويلة للوصول الى كميات المياه الصالحة للاستهلاك الآدمي، إذ تشير الإحصاءات الى أن المواطنين في تلك المناطق، لاسيما في إفريقيا (جنوب الصحراء)، يقطعون مسافات تصل الى (12 ميلاً) يومياً في المتوسط من أجل الحصول على المياه، و تعتمد معظم بلدان إفريقيا (جنوب الصحراء) على الزراعة التي تعد مصدراً رئيسياً للدخل لنحو نصف مواطني القارة (Khanyi Mlaba, 2022) كما تعد ندرة المياه أيضاً واحدة من أهم محفزات الصراعات، كما هو الحال في النزاعات على المياه حول بحيرة تشاد، ليس من أجل الشرب فقط ولكن من أجل الزراعة والرعي والصيد، إذ أدت ذروة تلك الصراعات الى تدمير عدد من القرى الواقعة حول بحيرة تشاد. وقد أندلعت مواجهات عنيفة حول شح المياه في إفريقيا في شمال الكاميرون، مما تسبب في فرار أكثر من (30) ألف شخص الى تشاد المجاورة، وفقاً لمفوضية الأمم المتحدة لشؤون اللاجئين.

كما لقي (22) شخصاً مصرعهم وأصيب (30) آخرون بجروح خطيرة في القتال الذي دار بين الصيادين و المزارعين الذي أعقب اندلاع أعمال عنف في آب عام (2021) أدت الى مقتل (45) شخصاً وإجبار (23) ألف كاميروني على مغادرة منازلهم (More than 30,000 flee to Chad to escape violence in Cameroon: UN, 2021). والسبب الرئيس، وفقاً للأمم المتحدة، هو الانخفاض الكبير في مستويات المياه في بحيرة تشاد التي فقدت (90%) من مساحتها منذ ستينيات القرن العشرين بسبب الإفراط في الاستخدام وتغير المناخ. فقد ارتفعت درجة حرارة منطقة الساحل بمعدل (1.5) مرة عن المتوسط العالمي نظراً لأن انبعاثات الغازات الدفيئة تسببت في ارتفاع درجات الحرارة والمزيد من تبخر المياه السطحية، ومن ثم فهي تعاني من طقس أكثر قسوة،

بما في ذلك حالات جفاف شديدة تتخللها أمطار غزيرة لا تستطيع الأرض القاحلة امتصاصها (Safeguarding

Africa's Water Ressources By Leveraging Smart Water Maters Technology, 2023).

وتقدر الأمم المتحدة أن (80%) من الأراضي الزراعية في منطقة الساحل قد تدهورت بسبب هذه الظروف، إذ يعتمد ثلثا سكان منطقة الساحل على الزراعة وتربية الماشية. كما من المرجح أن تصبح هذه المشكلات أكثر وضوحاً في السنوات القليلة القادمة، إذ تتوقع تقديرات الأمم المتحدة أن المحاصيل الزراعية ستخفض بنسبة (20%) كل عقد بحلول نهاية هذا القرن في بعض أجزاء منطقة الساحل (The Sahel in the midst of climate change, 2020).

كما من المرجح أن تصبح هذه المشكلات أكثر وضوحاً في السنوات القليلة القادمة، حيث تتوقع تقديرات الأمم المتحدة أن المحاصيل الزراعية ستخفض بنسبة 20 في المائة كل عقد بحلول نهاية هذا القرن في بعض أجزاء منطقة الساحل. كما شهدت دول السودان وغانا وعلى طول الحدود الكينية الإثيوبية حالات عنف مماثلة بسبب الصراع على الموارد المائية حيث قتل أكثر من (167) مالياً وفر أكثر من (50000) من منازلهم في أعمال العنف التي اندلعت في (2019) بسبب شح المياه (منى عبد الفتاح، 2022).

4. الاستدامة البيئية في إفريقيا (توصيات)

لمعالجة مخاطر الأمن المناخي، ينبغي بناء لغة مشتركة تشمل إفريقيا كلها تكون خاصة بهذا الأمن. وهذا يتطلب توسيع قاعدة المعلومات المتصلة بمخاطر المناخ، وبالأمن البشري، وبناء التزامات سياسية مبرمجة من أجل تعميق الاستجابة لهذه المخاطر وبناء توعية أكثر عمقاً لها. وتحتاج القارة إلى متطلبات فورية هي على النحو الآتي: (Dhesigen Naidoo and Manisha Gulati, 2022, P 10-11)

أولاً: تعزيز قاعدة الشواهد

في الوقت الراهن، هناك شواهد محدودة للمخاطر التي تواجه أقاليم إفريقيا وبلدانها من تلك التي يتسبب بها التغير المناخي، وهو أمر يعيق الجهود الوطنية والقارية الخاصة بعملية الاستجابة لمخاطر الأمن المناخي على نحو شامل ومتناسك. وعلى هذا، ولأجل مواجهة مخاطر الأمن المناخي، ينبغي أن يجرى تقييماً للبنية المزدوجة للمخاطر التي يتعرض لها الأمن البشري في شتى أقاليم إفريقيا وبلدانها من جراء التغير المناخي. عند الحديث عن كل من المخاطر وحلولها نجد أن عامل النطاق الجغرافي يكون مهماً، إذ من الضرورة استيعاب سياق مكنم الخطر في التغير المناخي، وأستيعاب أيضاً طبيعة التفاعل بين العوامل الاجتماعية والاقتصادية والسياسية لفهم طبيعة المخاطر ودرجتها.

على الرغم من وجود إدراك جزئي لمخاطر الأمن المناخي في مناطق من قبيل: الساحل والقرن الإفريقي، غير أن ذلك كان محدوداً؛ إذ لا وجود لأي تركيز على مناطق أخرى من قبيل جنوب إفريقيا، وعلى هذا فإن من المهم، حين يجري بناء قاعدة شواهد، أن يتم التركيز على المناطق التي جرى تمثيلها تمثيلاً ناقصاً في هذا الشأن، وأن يجري ذلك في ضوء الخصائص الإنمائية والاقتصادية لأقاليم إفريقيا وبلدانها، إذ ليس ثمة معالجة واحدة

محددة تناسب هذه الحالات كلها، إذ إن كل منطقة من إفريقيا تحتاج إلى قاعدة شواهد محددة؛ لتكون إطاراً للمداولات بشأنها.

ثانياً: بناء القدرات

هناك حاجة إلى زيادة الوعي والإدراك بين مستويات كل من يصنع القرار بصدد كيف يمكن للأمن البشري أن يتجاوز الصراع، ثم كيف يكون لفعل المناخ أن يتقلب إلى أداة لتحقيق الأهداف الاجتماعية والاقتصادية في إفريقيا، غير أن صياغة المفاهيم المتصلة بالعلاقة بين التغير المناخي والأمن تتباين بين المؤسسات، وفي داخلها أيضاً؛ مما يعني حتماً أن مفاهيم التغير المناخي والأمن البشري والتنمية قد نظر إليها على أنها حالات منفصل بعضها عن بعضها الآخر.

إن من الضرورة أيضاً في هذا الشأن أن تُبنى قدرات الأفراد والمجتمعات على إدارة المخاطر المتعلقة بالأحداث المناخية المفاجئة منها أو الدورية، وتخفيف وطأتها، وإيقافها.

ثالثاً: تعزيز تدفق التمويل المناخي

لمواجهة المخاطر المتصلة بالأمن المناخي، ينبغي أن يصل التمويل المرتبط بالمناخ إلى الناس الذين هم أشد عرضة للخطر، وإلى الذين هم في ظروف أشد هشاشة، لذا كان من الضرورة أن يجري تدقيق حركة انسياب التمويل الخاص بالمناخ إلى القارة، وتدقيق الجهات التي يذهب إليها، ومن تسلم الأموال، وتظهر الدلائل حالياً أن التمويل الخاص بالمناخ الذي وجه إلى البلدان النامية لم يكن كافياً؛ بسبب من أن هذا التمويل حين يجري توزيعه على كل الدول النامية كانت حصة إفريقيا منه أقل من متطلباتها بكثير (How can climate finance work better for fragile and conflict-affected regions?, 2022)

يحتاج التمويل الخاص بالمناخ في الوقت نفسه إلى أن يتم دعم متطلبات النمو الاقتصادي في القارة الإفريقية، وإلى أن يجري تنويع اقتصادها، وحماية القطاعات الهشة فيها، من قبيل قطاع الزراعة، وإلى القيام بتوسيع قاعدة الزراعة فيها، وبناء تكيف اجتماعي - اقتصادي، ولكي نصل إلى هذه الغاية، ينبغي للبلدان الإفريقية أن تدعم عملية التحول من حالة التمويل المناخي إلى حالة تمويل يقوم على أهداف مناخية. (للمزيد، ينظر:

(Giacomo Branca et al., 2012)

رابعاً: إعادة صياغة التصور عن التغير المناخي بتحويله من قضية متصلة بالبيئة إلى قضية من قضايا التكيف والتنوع في الاقتصاد

إن إعادة صياغة التصور عن مخاطر الأمن المناخي، وما يرافقها من التزامات هي ما سيحدد أجندة التنمية، والمستقبل في إفريقيا، فالتغير المناخي، والأمن البشري، والتنمية لا يكون لها أن تكون قضايا مفصلاً بعضها عن بعضها الآخر في القارة الإفريقية، فدمج هذه القضايا يسمح بالمحافظة على الوظائف وعلى سبل كسب العيش من مخاطر المناخ ومن الهشاشة، فضلاً عن تنمية تلك الوظائف من خلال الاستثمارات في تكنولوجيا صديقة للمناخ.

تميل المناقشات حول انتقال الطاقة في إفريقيا إلى التركيز على الوظائف المعرضة للخطر. تميل هذه المناقشة إلى تجاهل الفرص التي يقدمها التحول. إن إعادة صياغة قضية المناخ في القارة الإفريقية وتحويلها من قضية (تغير) إلى قضية (تنمية) يتعين على السرد أن يتغير من عرض للخسائر إلى عرض للمنافع، لاسيما تلك التي تتصل بعملية التكيف، وبإمكانية الحد من آثار التغير المناخي. (للمزيد، ينظر: **The energy transition in Africa: Opportunities for international collaboration with a focus on the G7, 2024**).

على الدول الإفريقية أن تنتقل من التعهدات والمشاركة في الإسهامات المحددة وطنياً (NDCs) إلى التنفيذ، إن عليها أن تستغل (NDCs) بوصفها فرصة سانحة لتعزيز التنوع الاقتصادي ولبناء حالة تكيف اجتماعي.

خامساً: إعادة التفكير بطبيعة دبلوماسية المناخ وتوسيع نطاق المناقشات المتعلقة به تحتاج إدارة حالة المناخ والعمل الدبلوماسي المتصل بها في إفريقيا إلى أن تبتعد عن التعامل مع التغير المناخي تحت إطار إجراءات اتفاقية الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ (UNFCCC) حسب، إذ يفترض أن توضع هذه الحالة على رأس موضوعات المنصات الوطنية والمنصات المتعددة الأطراف التي سيكون من ضمنها مجموعة السبع (G7)، ومجموعة العشرين (G20)، ومنظمة التجارة العالمية، واتفاقية منطقة التجارة الحرة القارية الإفريقية.

إن على البلدان الإفريقية أن تغتني الفرص السانحة لإثارة المناقشات بشأن الأمن المناخي في إطار أية منصات أخرى غير منصة مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة؛ لكي يكون في وسعها أن تسلط الضوء على الكيفية التي تتعرض لها مكاسب الإنماء وخطط التنمية المستدامة في إفريقيا إلى الخطر بسبب التغير المناخي.

الخاتمة:

نستخلص مما تقدم انه على الرغم من أن أغلب الدول المتقدمة هي المسؤولة عن التغير المناخي، ومن أنها هي من تسبب في أكثر الانبعاثات الغازية في العالم، كان السكان الأشد فقراً في إفريقيا هم من عانى من الآثار الكارثية التي نتجت عن هذا التغير، وهم من دفع ثمن هذا التصرف.

إن من الممكن أيضاً أن يكون تأثير التغير المناخي غاية في الخطورة فيما يتصل بأمن الإنسان وبأحوال الفقر؛ بسبب من أن كثيراً من أساليب العيش تعتمد الزراعة البعلية؛ إن التغير المناخي يزيد من شحة المياه في إفريقيا، ويصل بطلب الحصول على الماء إلى الحدود القصوى لإمكانات الإمداد؛ وهو ما يفاقم من احتمال وقوع الصراعات عبر القارة، إن مخاطر الصراع العنيف - حيث يعيش السكان في ظروف هشة غير مستقرة تدفع بهم على نحو فعلي إلى أن يكونوا عرضة لتأثير التغير المناخي - إنما هي مخاطر حقيقية؛ فمع ازدياد وطأة الضغط الذي يحدثه التغير المناخي على إمدادات المياه العذبة، يتحول التلوث و عملية الوصول إلى الماء، وتوزيعه، واستعماله إلى مخاوف عميقة على نحو متصاعد، وأن من الممكن أن تكون عواقب ذلك وخيمة على استقرار المجتمعات في إفريقيا.

إن من الممكن أيضاً أن يلحق قريباً بركب النزاعات الخاصة بالمياه العديد من بلدان شرقي إفريقيا ما لم تسرع هذه البلدان إلى عقد اتفاقات بصدد بناء شراكات في كيفية استغلال خزين الماء، والأنهار، والمياه الجوفية المخزونة تحت الأرض.

إن الماء يمثل حاجة جوهرية في عملية البقاء الإنساني، وهو أيضاً يمثل ضرورة في كل قطاع من قطاعات النشاط البشري، من قبيل الزراعة، والإنتاج الصناعي، وتوليد الطاقة الكهربائية، وهو أيضاً يمثل وسيلة رئيسة من وسائل نقل البشر والبضائع، فضلاً عن ذلك فهو غالباً ما يمثل قيمة رمزية عاطفية جوهرية، وحاجة ملحة في عملية المحافظة على نظم البيئة الحيوية الطبيعية سليمة.

المراجع:

المراجع اللغة العربية:

- إطار منظمة الأغذية والزراعة الخاص بالهجرة: الهجرة: كاختيار وفرصة للتنمية الريفية، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2020.
- أيان بانون وبول كولير، الموارد الطبيعية والنزاعات المسلحة: خيارات وتحركات، ترجمة: فؤاد سروجي، ط1، الاهلية للنشر والتوزيع، الاردن، 2005.
- أيان ديفيس، النزاعات المسلحة وعمليات السلام في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، عن تقرير: التسليح ونزع السلاح والأمن الدولي الكتاب السنوي 2020، ترجمة: عمر سعيد الايوبي وامين سعيد الايوبي، ط1، مركز دراسات الوحدة العربية، معهد ستوكهولم لأبحاث السلام الدولي، بيروت، 2020.
- بوبشيش رفيق وآخرون، النزاعات البيئية في إفريقيا دراسة نظرية وتطبيقية، المكتب العربي للمعارف، ط1، مصر، 2021.
- بوحنيه قوي، البيئة في إفريقيا: تهديدات جديدة ومسارات حرجة، تقارير، مركز الجزيرة للدراسات، قطر، 2016.
- جرايمي هيرد وبال دوناي، الأمن الدولي والقوى العظمى والنظام العالمي، عن كتاب: جرايمي هيرد، القوى العظمى والاستقرار الاستراتيجي في القرن الحادي والعشرين رؤى متنافسة للنظام العالمي، ط1، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبو ظبي- الإمارات العربية المتحدة، 2013.
- حجاجي فطيمة، دور المتغير البيئي في إثارة النزاعات الدولية: دراسة حالة في إقليم دارفور، رسالة ماجستير (منشور)، كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 2020.
- حمد عبد السند، تلوث الهواء في أفريقيا.. صناعة النفط والفحم تفاقم الأزمة (دراسة)،

https://attaqa.net، على الموقع: 2023/11/16

- روبرت د. كابلان، انتقام الجغرافيا: ما الذي تخبرنا به الخرائط عن الصراعات المقبلة وعن الحرب ضد المصير، ترجمة: إيهاب عبدالرحيم علي، عالم المعرفة، الكويت، 2015.
- سنان حواط، الحرب الأهلية بين المظلومية والطمع: دراسة نظرية حول العوامل الفاعلة في الحروب والاضطرابات الأهلية، مجلة دلتا نون، العدد (1)، مركز دراسات الفكر والشأن العام، دمشق، 2014.
- فيليب أوين وجياسفير، إمكانات ومخاطر مبادرة استعادة المناظر الطبيعية للغابات الأفريقية (AFR100)، مجلة غطاء الغابات، العدد (68)، 2022.
- محمد حنشان ومحمد المولودي، التغيرات المناخية المؤهلات الترابية والعدالة البيئية، ط1، دار انفو برانت، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس- المغرب العربي، 202.
- محمد عبد الله لاه، البيئة بين التوازن والاختلال والاستدامة، دار حميثرا للنشر والترجمة، القاهرة، 2023
- منى عبد الفتاح، كيف تواجه أفريقيا صدمات التغير المناخي؟، 15 سبتمبر 2022، <https://www.independentarabia.com>
- هايدي الشافعي، مستقبل مقلق: تداعيات التصحر في إفريقيا، المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية، 2022/06/05، <https://ecss.com.eg>

المراجع باللغة الانجليزية:

- African Union climate change and resilient development strategy and action plan (2022-2032), African Union Commission, Addis Ababa, 2022.
- Country Index Technical Report, University of Notre Dame Global Adaptation Initiative, January 30, 2023, <https://gain.nd.edu>
- Dhesigen Naidoo and Manisha Gulati, Understanding Africa's climate and human security risks, POLICY BRIEF,(170), The Institute for Security Studies, 2022.
- Doubling Down on Delivering Africa's Climate Action Priorities – Policy recommendations from the Africa NDC Hub, African dchub, 08 November 2022.
- Earth Negotiations Bulletin, A Reporting Service for Environment and Development Negotiations, Vol. 12 No. 663, Published by the International Institute for Sustainable Development, 2015, <https://enb.iisd.org>.
- Eze Christopher C. and Nwaiwu Innocent U., Africa in the 21ST Century: The Challenges of Environmental Degradation, International Journal of Environmental Sciences, Vol. 1 No. 4., 2012
- Forest Landscape Restoration in. Africa, Annual Report FY22, September 2022, p2, <https://afr100.org>.

- Giacomo Branca et al., Identifying opportunities for climate-smart agriculture investments in Africa, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, April 2012, <https://www.fao.org>
- Hans-Otto Pörtner, et al, Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability, Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022, p1289. <https://www.un.org>
- How can climate finance work better for fragile and conflict-affected regions?, 10 Febrero, 2022, <https://climatepromise.undp.org>
- Hubert Kinkoh & Thierry Boudjekeu, Time to resolve Cameroon's persistent yet forgotten crisis, The Institute for Security Studies, 03 October 2023, <https://issafrica.org>.
- Jason Hickel, Constituting the Commons: Oil and Development in Postindependence South Sudan, In book: Exporting the Alaska Model: Adapting the Permanent Fund Dividend for Reform around the World, (Editors): Karl Widerquist, Mike Howard, 2012.
- Khanyi Mlaba, Water Scarcity in Africa: Everything You Need to Know, February 1, 2022, <https://www.globalcitizen.org>
- Mengistu Bululta, et al., Determinants of farmland degradation among farming households in West Guji Zone, Ethiopia, Cogent Economics & Finance , 10(1), 2022.
- More than 30,000 flee to Chad to escape violence in Cameroon: UN, 10 Dec 2021, <https://www.aljazeera.com>
- Paul Collier and Anke Hofer, on Economic causes of civil War, Oxford Economic papers 1998.
- Richard A. Matthew, Man, the state and nature: rethinking environmental Security, IN: Peter Dauvergne, Handbook of Global Environmental Politics. MPG Books Ltd Bodmin Cornwall, UK, 2005.
- Rod Aya, Theories of Revolution Reconsidered: Contrasting Models of Collective Violence, Theory and Society, Vol. 8, No. 1, 1979.
- Safeguarding Africa's Water Resources By Leveraging Smart Water Meters Technology, May 08, 2023, <https://www.nepad.org>
- Safeguarding Africa's Water Resources By Leveraging Smart Water Meters Technology, May 08, 2023, <https://www.nepad.org>
- Sandra Guzmán, et al, The State of Climate Finance in Africa: Climate Finance Needs of African Countries, climate policy initiative, June 2022.
- The energy transition in Africa: Opportunities for international collaboration with a focus on the G7, International Renewable Energy Agency, IRENA, 2024, <https://www.irena.org>
- The role of forests and wildlife in building resilience and recovery from crises and threats, African Forestry and Wildlife Commission, 23rd Session, Food and Agriculture Organization, August 2022
- The Sahel in the midst of climate change, 16 March 2020,

<https://www.solidarites.org>

- The Urgent Need for Climate Change Adaptation and Biodiversity Conservation in Africa, August 7, 2023, <https://abcg.org>
- This Is What It's All About: Protecting Biodiversity in Africa, WORLD BANK GROUP, February 14, 2019, <https://www.worldbank.org>
- UN Climate Change Conference (UNFCCC COP 29), 10/7/2024, <https://unhabitat.org>
- Val percival, Thomas homer .Dixon, « environmental scarcity and violent the case of south africa », journal of peace research, sage publication, val. 35, n°03, may 1998.
- Yeluma Mary Ntali, et al., Trends, impacts, and local responses to drought stress in Diamare Division, Northern Cameroon, World Development Sustainability, Volume 2, June 2023,
- Yeluma Mary Ntali, et al., Trends, impacts, and local responses to drought stress in Diamare Division, Northern Cameroon, World Development Sustainability, Volume 2, June 2023

واقع الزراعة الذكية مناخياً وأثرها في مواجهة تغير المناخ وتحقيق الأمن الغذائي بالمغرب

The reality of climate-smart agriculture and its impact on confronting climate change and achieving food security in Morocco

محمود أمين بنمومن

جامعة محمد الخامس، المغرب

mahmoud.benmoumen@um5r.ac.ma

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تشخيص واقع الزراعة الذكية مناخياً بالمغرب، وإبراز دورها في موائمة التغير المناخي مع نظم الزراعة وتقييم مدى فعاليتها في تحقيق الأمن الغذائي المستدام تفعيلاً لالتزامات المغرب لبلوغ أهداف التنمية المستدامة لسنة 2030.

وقد خلص هذا البحث بالدراسة والتحليل إلى أن المغرب رغم أنه قد خطى خطوات أولية مهمة شأنه شأن عدد من الدول العربية والأفريقية نحو تبني الزراعة الذكية مناخياً بفضل آليات الذكاء الاصطناعي تزامناً مع ظهور جائحة كورونا Covid-19 لضمان استدامة أمنه الغذائي، وتعزيز قدرته على التكيف مع المناخ والتخفيف من آثاره، إلا أنه مازال يعاني من عدة صعوبات جذرية تستدعي سياسة زراعية ذكية مناخياً أكثر حكمة وواقعية تحسباً لإمكانية تجدد حالة الطوارئ المناخية والأزمات الغذائية مستقبلاً.

الكلمات المفتاحية: الزراعة الذكية مناخياً، التغير المناخي، الأمن الغذائي المستدام، الذكاء الاصطناعي.

Abstract:

This study aims to diagnose the reality of climate-smart agriculture in Morocco, highlight its role in adapting climate change to agricultural systems, and evaluate the extent of its effectiveness in achieving sustainable food security in implementation of Morocco's commitments to achieve the sustainable development goals for the year 2030.

This research study and analysis concluded that Morocco, although it has taken important initial steps like a number of Arab and African countries, towards adopting climate-smart agriculture thanks to artificial intelligence mechanisms coinciding with the emergence of the Corona Covid-19 pandemic, to ensure the sustainability of its food security and enhance its ability to adapt to... climate and mitigating its effects, but it still suffers from several fundamental difficulties that require a more wise and realistic climate-smart agricultural policy in anticipation of the possibility of renewed climate emergency and food crises in the future.

Keywords: Climate Smart Agriculture (CSA), climate change, sustainable food security, artificial intelligence.

المقدمة:

لا غرو أن الإنتاج الزراعي يتأثر بشدة بالظواهر المناخية القاسية مثل الجفاف، الأمطار الغزيرة، وارتفاع درجات الحرارة. إذ تؤثر ظاهرة التغير المناخي بشكل مباشر على القطاع الزراعي بشكل عام، وتكون الدول النامية أكثر تأثراً، نظراً لاعتمادها الكبير على الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي، فضلاً عن تعرضها لهذه التغيرات بشكل أكبر مقارنة بالدول المتقدمة. وقد ارتبط مفهوم الأمن الغذائي ارتباطاً وثيقاً بالإنتاج الزراعي على اعتبار أن القطاع الزراعي هو المنتج للتغذية والمساهمة بشكل رئيسي في تحقيق الأمن الغذائي المستدام.

إن معضلة التغير المناخي أخذت بعداً عميقاً، بسبب الانعكاسات السلبية التي أثرت في مختلف جوانب الحياة، لاسيما في قطاع الزراعة وما يترتب عنه من آثار في الوضع الغذائي الدولي والإقليمي، مما دفع مختلف الدول والهيئات العالمية -التي تعمل في مجال البيئة والزراعة- إلى البحث عن حلول وسياسات للحد من هذه الآثار السلبية، ومن بين الحلول المعتمدة الزراعة الذكية مناخياً والتي كانت محط إشادة للكثير من التجارب الدولية. حيث يعتبر نهج الزراعة الذكية مناخياً أسلوب وأداة مناسبة جداً للتعايش والتكيف مع التغيرات المناخية التي أصبحت واقعاً يفرض نفسه، وهي مهمة كذلك في التقليل من آثار الزراعة في المناخ بتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة.

تعتبر المنطقة العربية والأفريقية من المناطق التي تواجه أزمات بيئية كبيرة، مثل نقص المياه الصالحة للزراعة، وتغير المناخ، والجفاف، والتصحر، الأمر الذي يؤثر سلباً في توفير الغذاء وتحقيق الأمن الغذائي. لذلك يمكن القول إن دول المنطقة العربية والأفريقية هي من أشد المناطق حاجةً لتطبيق تقنيات الزراعة الذكية مناخياً، ويعتبر المغرب من بين هذه الدول التي بدأت مؤخراً بالاهتمام بالزراعة الذكية مناخياً وخاصة بعد تفشي جائحة كورونا Covid-19 والنتائج السلبية للحجر الصحي وغلق الحدود أمام التجارة الخارجية والذي أثر على الأمن الغذائي بهذه الدول، ومن هنا بدأت الجهود نحو الاعتماد على الإنتاج الداخلي والعمل على تطويره وتنويعه وذلك من خلال تبني أساليب وتقنيات حديثة في ميدان الزراعة ومن بين التقنيات الحديثة التي تم اعتمادها السقي بالتقطير، إنتاج نباتات هجينة تتوافق مع البيئة الصحراوية... الخ. ومن بين الآلات الحديثة التي تم اعتمادها الطائرات المسيرة بدون طيار، الجرارات الآلية القيادة، تقنيات الاستشعار في الزراعة وغيرها، إلا أن هناك عدة صعوبات معرفية وتقنية واجهت اعتماد هذا النوع من الأسلوب الزراعي الحديث بالمغرب.

1. الإطار المنهجي

1.1. إشكالية الدراسة:

من خلال ما سبق يمكننا طرح الإشكالية التالية: إلى أي حد تساهم الزراعة الذكية مناخياً في تحقيق الأمن الغذائي المستدام بالمغرب؟

2.1. أهمية الدراسة:

يعتبر موضوع الزراعة الذكية مناخيا (CSA) في علاقتها مع إشكالية الأمن الغذائي المستدام، أحد المواضيع الهامة والراهنة في زمن التحديات الأمنية التي تواجه المجتمع ذات الصلة بالأمن الغذائي وتغير المناخ. وبالتالي فقد أصبحت الزراعة الذكية مناخيا حاليا:

- مدمجة في مناقشات اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ والسياسات العمومية لإدارة تغير المناخ في البلدان.
- استراتيجية فعالة يتوخى منها العمل على نشر التوعية الخاصة بها، وتوفير متطلبات تطبيقها حتى يمكن الاستفادة من المزايا المترتبة عنها وبالتالي تحقيق الأمن الغذائي المستدام للدولة (A. D. Nciizah, I. C. Wakindiki, 2015, p. 100)
- وسيلة للتعايش والتكيف مع المناخ، والتخفيف من آثاره من خلال تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

3.1. أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز مفهوم الزراعة الذكية مناخيا ومجالات تطبيقها، وكذا التعرف على أهم المزايا المترتبة عن تطبيقها في المغرب، فضلا عن إبراز واقع السياسات العمومية في القطاع الزراعي التي تتبعها المغرب اسوة بباقي الدول الأفريقية والعربية لتعميم تطبيق الزراعة الذكية مناخيا، كما تسلط الضوء على التحديات والصعوبات التي تواجه هذا التحول الرقمي الهام في القطاع الزراعي وذلك من أجل الحصول على الإنتاج الوفير وتجنب الخسائر التي يمكن أن يتكبدها الإنتاج الزراعي بسبب ظروف التغير المناخي ضمانا للأمن الغذائي المستدام بالمغرب.

4.1. منهجية الدراسة:

اعتمدنا في دراستنا للموضوع على المنهج الاستنباطي باستخدام الأسلوب الوصفي التحليلي بهدف وصف وتحليل أهم جوانب الموضوع، وإبراز واقع الزراعة الذكية مناخيا بالمغرب مقارنة مع بعض الدول العربية والأفريقية، والتطرق لأهم التقنيات الحديثة المستعملة في الزراعة الذكية مناخيا بالإضافة إلى التحديات التي تواجه تجسيدها.

2. الإطار المفاهيمي وواقع الزراعة الذكية مناخيا في المغرب لتحقيق الأمن الغذائي المستدام

من خلال مراجعة الدراسات السابقة، تم اقتراح الزراعة الذكية مناخيا كنهج متكامل يعالج بشكل مشترك قضايا الأمن الغذائي، وإدارة النظم الإيكولوجية، وتحديات تغير المناخ. وظهر أول تعريف لهذا المفهوم في تقرير صادر عن منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)، حيث تم تقديمه خلال ورشة عمل حول تغير المناخ عقدت في برشلونة سنة 2009، ثم جرى التأكيد عليه في مؤتمر لاهاي المعني بالزراعة والأمن الغذائي وتغير المناخ سنة 2010. ومع انعقاد المؤتمر الدولي الثاني حول سياسات الزراعة الذكية مناخيا في هانوي سنة 2012، بدأت ملامح المنهجية والمبادئ المرتبطة بهذا

النهج تبلور. منذ ذلك الحين، أثار هذا المفهوم اهتمامًا ونقاشًا واسعًا على المستويين الدولي والوطني (Lipper et al., 2018, pp. 18-20).

1.2. مفهوم الزراعة الذكية مناخيا والأمن الغذائي

تقنيات الزراعة الذكية مناخيا تسهم في تعزيز الاكتفاء الذاتي الغذائي للأسر، رغم أن تأثيرها قد يختلف بحسب المناطق. فالأسر التي تعاني من نقص غذائي يمكنها تحسين وضعها الغذائي، بينما الأسر التي تحقق بالفعل اكتفاءً غذائياً قد تتمكن من إنتاج فائض غذائي إضافي (Traore et al., 2021).

كما تعرفها منظمة (FAO) بأنها زراعة تزيد الإنتاجية، المرونة (التكيف) بشكل مستدام، وتقلل أو تزيل انبعاثات الغازات الدفيئة (التخفيف) وتعزز تحقيق الأهداف الوطنية للأمن الغذائي والتنمية. (Nyasimi et al, 2017, p. 8)

بهذا المعنى تصبح الزراعة الذكية عبارة عن نهج وليس ممارسة بعينها وبالتالي فهي تتطلب إجراء تقييمات لظروف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية الخاصة بالمكان حتى يمكن تحديد تكنولوجيات وممارسات الإنتاج الزراعي المناسبة.

(O williams Timothy et al, 2015, p.02)

وقد عرفها البنك الدولي على أنها النهج المتكامل في إدارة المناظر الطبيعية، الذي يهدف إلى معالجة التحديات المتعلقة بالأمن الغذائي وتغير المناخ. (البنك الدولي، 2017، ص. 8).

تُعنى الزراعة الذكية بتوظيف أحدث التطورات في مجالات العلوم وتكنولوجيا المعلومات والاتصال بهدف تحسين الممارسات الزراعية المستدامة. وفي هذا السياق، يذكر Sijali: "ربما لا يمكننا القضاء تمامًا على آثار الجفاف الذي يهددنا، لكن بإمكاننا تقليل هذه الآثار إلى الحد الأدنى من خلال اعتماد أساليب زراعية تتكيف مع الظروف المناخية المتغيرة، تعزز الكفاءة الإنتاجية، وتحافظ في الوقت ذاته على استدامة الموارد الطبيعية" (Rodolfo Cuivenco, 2015, p.2).

هي نظام يعتمد على التكنولوجيا المتقدمة لزراعة الأغذية بأساليب مستدامة ونظيفة، مع التركيز على ترشيد استخدام الموارد الطبيعية، وخصوصاً المياه. يتميز هذا النظام بالاعتماد على نظم إدارة وتحليل البيانات لاتخاذ أفضل القرارات الإنتاجية بأقل تكلفة ممكنة. كما يشمل العمليات الزراعية مثل الري، ومكافحة الآفات، ومراقبة التربة والمحاصيل. (هاشم، 2019).

الزراعة الذكية مناخيا ليست ممارسة موحدة أو تقنية محددة قابلة للتطبيق عالمياً. بل تتطلب نهجاً متكاملًا يأخذ بعين الاعتبار الظروف المحلية المميزة، بما في ذلك إجراء تقييمات ميدانية دقيقة تشمل الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، لتحديد التقنيات والممارسات الزراعية الأنسب. (Mangaza et al., 2021)

تم الترويج للزراعة الذكية مناخيا كاستراتيجية رئيسية تهدف إلى زيادة إنتاج المحاصيل في ظل تغيرات المناخ، وتعزيز قدرة المزارعين على التكيف مع هذه التغيرات، والحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وقد تم تحديد العديد من ممارسات الزراعة الذكية مناخيا وتوثيق دورها الحيوي في مواجهة تحديات الأمن الغذائي والتخفيف من آثار تغير المناخ بشكل ملحوظ. كما أظهرت دراسات مكثفة، مثل دراسة (Tadesse et al., 2021)

تهدف الزراعة الذكية مناخياً إلى تحقيق زيادات مستدامة في الإنتاجية الزراعية وتعزيز الأمن الغذائي، إلى جانب تحسين مستوى المعيشة بشكل عام. يمكن بلوغ هذه الأهداف من خلال إدخال تغييرات على النظام الزراعي الحالي، تشمل تحسين استخدام الممارسات الزراعية القائمة بما يضمن الحفاظ على خصوبة التربة ومستويات الرطوبة بما يتماشى مع احتياجات المحاصيل المزروعة. كما يمكن دعم هذه التغييرات من خلال تبني تقنيات زراعية متطورة وممارسات مبتكرة (Maya, 2021).

وبالرجوع إلى أبرز مقومات الزراعة الذكية مناخياً (Campbell, 2017, p. 15)، نجد أنها تمكن من الزيادة في الإنتاج (أي زيادة الإنتاج الزراعي والمداخيل من المحاصيل والمواشي والأسماك بشكل مستدام، مع الحفاظ على البيئة ومنه ضمان تحقيق الأمن الغذائي)، تعزز المرونة (أي أنها تعمل على تخفيض تعرض المزارعين إلى مختلف المخاطر وكذا تحسين قدراتهم فيما يخص مواجهة مختلف الصدمات، بالمعنى الواسع تعزيز قدرة الإنسان على التكيف والتأقلم مع التغيرات المناخية)، تخفض الانبعاثات (بمعنى تخفيض وتقليل من حجم انبعاث الغازات السامة، من خلال إدارة التربة والغطاء النباتي بشكل يساهم في تعظيم كفاءتها ودورها كمخزون للكربون وامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي Ir. (L.C.J. van Eck et al, 2017, pp. 22-24).

علاوة على ذلك فإن مفهوم الأمن الغذائي يعني حسب تعريف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ " أن لكل الناس في جميع الأوقات فرص الوصول المادية والاجتماعية والاقتصادية إلى غذاء كاف وآمن ومغذ يلبي احتياجاتهم التغذوية ويناسب أذواقهم الغذائية كي يعيشوا حياة موفورة النشاط والصحة". (GIEC, 2008, p.57). وتعتبر قلة مرونة النظام الزراعي غير المستدام أمام المتغيرات الخارجية والأزمات من أهم معوقات تحقيق الأمن الغذائي، ومن أهم تلك الأزمات هو تغير المناخ، الذي عرفته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بأنه "تغيرات في القيم الإحصائية مثل المتوسطات والانحراف القياسي للمناخ على مستويات الزمن والمكان، بسبب تغيرات طبيعية أو بسبب أنشطة الإنسان (UNEP, 2010, p.217)، ويؤدي إلى ارتفاع وتيرة تردد الأزمات مثل الفيضانات، الجفاف، موجات الحرارة، ... (International Labour Office, 2017, p.20).

2.2. أهمية الزراعة الذكية مناخياً والجدل حولها

يمكننا إبراز أهمية الزراعة الذكية مناخياً بالارتكاز على أهم ما جاءت به خطة التنمية المستدامة 2030 وكذا التقرير الصادر عن منظمة العربية للتنمية الزراعية حيث أنها تساهم في:

- توفير الأمن الغذائي وتعزيز الزراعة المستدامة، من خلال التوعية في استخدام تطبيقات تكنولوجيا المعلومات والاتصال في الزراعة لما لها من أهمية في تحقيق التنمية المستدامة (خطة التنمية المستدامة 2030)؛
- مراقبة حالة الحقول الزراعية ورصد واستشعار التغيرات المناخية بفعالية ودقة. (قاصدي، 2021، ص: 359)؛
- تحسين الممارسات الزراعية لما لها من أهمية في خفض النفقات وفي الاستخدام الأمثل للموارد الزراعية (تقرير المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2018، ص: 2)
- جعل الزراعة أكثر صموداً خاصة في ظل تقلبات وتغير المناخ؛

- تحقيق الاستدامة ومنه تحقيق الأمن الغذائي على المدى الطويل، من خلال تخفيض انبعاثات وتقليل مسببات التلوث ومنه الحفاظ على البيئة وتوفير الموارد والحفاظ عليها للأجيال المستقبلية؛
 - المساعدة على اتخاذ القرارات بسرعة بالاعتماد على برمجيات في الهواتف الذكية؛
 - تعتبر الزراعة الذكية الحل الأمثل للدول التي تعتمد على القطاع الزراعي كمصدر أساسي للرزق لتقليل أثر تغير المناخ على ثرواتها الزراعية وحفظ أمنه الغذائي. (غدامسي، 2018، ص 76)؛
 - دعم البلدان لوضع السياسات والآليات التقنية والمالية في ظل كل الظروف (O. Timothy, & al, 2015) ؛
- على الرغم من أن الزراعة الذكية مناخياً تُعدّ واعدة في مواجهة التحديات الملحة في القطاع الزراعي، إلا أنها لم تسلم من العديد من الانتقادات (Akamani, 2021). فمن الناحية المفاهيمية، تعرضت لانتقادات بسبب غياب تعريف دقيق لها، مما يصعب تحديد أنواع الممارسات الزراعية التي يشملها أو يستثنى هذا المفهوم. هذا الغموض الذي يمس المفهوم يجعل الزراعة الذكية مناخياً عرضةً لاستغلالها من قبل المصالح الصناعية والزراعية لتحقيق أهداف تتعارض مع الغايات الأصلية للمفهوم. كما أن تنفيذ المبادرات الزراعية الذكية مناخياً غالباً ما يركز على مستوى المزارع، مع إهمال تطوير آليات لتطبيق المفهوم على مستوى المناظر الطبيعية. ويلاحظ كذلك أن أهداف الإدارة نادراً ما تأخذ في الحسبان التأثيرات المحتملة للزراعة على خدمات النظم الإيكولوجية الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تعرضت الزراعة الذكية مناخياً للانتقاد لاعتمادها نهج "العمل كالمعتاد"، الذي يتبنى العديد من خصائص الزراعة الصناعية، مثل الاعتماد الكبير على الكيماويات الزراعية ومدخلات زراعية خارجية أخرى، إلى جانب اعتمادها على نهج عالمي.

3.2. واقع الزراعة الذكية مناخياً في المغرب ودورها في تحقيق الأمن الغذائي

تعد الزراعة في المغرب، كما هي في كثير من البلدان النامية الأخرى في غاية الأهمية للاقتصاد والشعب. فهي تساهم بنحو 20٪ من الناتج المحلي الإجمالي وتحقق نحو 30٪ من حصة الصادرات وتُستوعب ما يقرب من 40٪ من مجموع السكان النشطين ونحو 80٪ من القوى العاملة الريفية. ولقد كان تكرار حدوث الجفاف أهم المشاكل التي واجهت الزراعة خلال العقدين الماضيين. فنحو 15٪ من الأراضي التي تزرع في المغرب تزرع على مياه الأمطار التي تتفاوت كمياتها من سنة لأخرى. وأهم المنتجات الزراعية التي تصدرها المغرب هي المنتجات البستانية، ومنها الفواكه (وخصوصاً الحمضيات)، والخضر الطازجة والمعلبة (الطماطم، والكوسه، والبازلاء) والزهور. وتُعتبر منظمة التجارة العالمية بأن المغرب من البلدان المستوردة الصافية للمواد الغذائية- فهي تستورد كميات كبيرة من الأغذية الأساسية، وخصوصاً القمح والزيوت، والسكر واللبن. وتعد بلدان الاتحاد الأوروبي الشريك التجاري الرئيسي للمغرب. (FAO, 2023)

لكن على الرغم من التقدم التكنولوجي والاستثمارات في هذا القطاع تواجه الزراعة في المغرب العديد من التحديات، على وجه الخصوص تعاني البلاد من الجفاف نتيجة آثار التغير المناخي مما قد يؤدي إلى انخفاض الغلة والحصاد ويعاني القطاع أيضاً من عدم كفاية الهياكل الأساسية، ولا سيما فيما يتعلق بنقل المنتجات وتخزينها.

لذا ففي المغرب يجري تعميم الزراعة الذكية مناخياً في خطط التنمية الإقليمية والوطنية لتحقيق أهداف الأمن الغذائي تنفيذاً لأهداف خطة التنمية المستدامة 2030، والحد من الفقر وسط تأثيرات تغير المناخ. على سبيل المثال، من خلال

الشراكة الجديدة من أجل تنمية أفريقيا (NEPAD) والسياسة الزراعية للمجموعة الاقتصادية لدول غرب أفريقيا (ECOWAS)، كلفت المجموعة الاقتصادية لدول غرب أفريقيا أعضائها بتعميم الزراعة الذكية مناخيا في السياسات الوطنية وخطط التنمية المحلية، كما تم إنشاء بعض منابر الحوار الوطني بين العلوم والسياسات متعددة أصحاب المصلحة، في بلدان مثل غانا ومالي والسنغال، لخلق الوعي، حشد الدعم السياسي والدعوة لتعميم الزراعة الذكية مناخيا في خطط التنمية الوطنية. (Diko et al., 2021)

وقد انخرط المغرب في هذا التوجه منذ سنوات، من أجل التصدي لآثار الاحتباس الحراري الذي يترصص بالعالم. حيث برز بشكل كبير دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الأمن الغذائي في مرحلة ما بعد كوفيد-19 حيث أن جائحة كورونا غيرت طريقة تواصل المستهلكين والمنتجين مع بعضهم البعض، ذلك أن العلوم والتكنولوجيات الحديثة صارت تساهم في زيادة إنتاج الفلاحين الصغار والمتوسطين، فضلا عن المساعدة في إنتاج المزيد من الغذاء باستهلاك كميات أقل من المياه والطاقة. وعليه، فإن الذكاء الاصطناعي أصبح الآن أداة لتحسين سلاسل قيمة الصناعات الزراعية وتحسين الأنشطة التجارية عبر الإنترنت للفلاحين الصغار والمتوسطين. (عمر هلال، السفير الممثل الدائم للمغرب لدى الأمم المتحدة، 2021).

وفي سياق إبراز واقع الزراعة الذكية مناخيا بالمغرب، فإن المناطق الزراعية بالمغرب تعاني من قلة التساقطات المطرية وشح في مياه الري، بسبب توالي سنوات الجفاف وآثار تغير المناخ، الشيء الذي أثر سلباً على بعض المزروعات. ومن أجل إيجاد حلول بديلة لمواجهة شح المياه والحفاظ على الأمن الغذائي والمائي، قرر عدد من الزراعيين المغاربة البحث عن زراعات بديلة تساهم في ترشيد مياه الري، من ضمنها الزراعة الذكية الصديقة للبيئة. وحسب خبراء في الزراعة، أكدوا أن "الفلاحة 4.0" تعتمد على تقنيات وحلول ذكية تستهدف تطوير الأمن الغذائي ومواجهة التقلبات المناخية، وتعمل هذه التقنيات بواسطة أجهزة بشبكة الإنترنت. ولتسليط الضوء على بعض من النماذج التي تصور لواقع الزراعة الذكية مناخيا نورد مثال لمنطقة بغرب المغرب بمدينة القنيطرة وهي شهيرة بزراعة التوت الأحمر "الفراولة"، حيث استطاع عدد من الفلاحين التقليديين بهذه المنطقة أن يتأقلموا مع التقلبات المناخية باعتماد الزراعة الذكية، على اعتبار أنه بسبب قلة التساقطات المطرية الناجمة عن الاحتباس الحراري، أصبحت المحاصيل الزراعية شبه منعدمة، خاصة التوت البري حيث يحتاج إلى كميات كبيرة من المياه، ومن أجل الحفاظ على الماء والأمن الغذائي كان لا بد من الابتعاد عن الزراعات الأكثر استهلاكاً للماء، من خلال استخدام تكنولوجيا الزراعة الحديثة.

ومن أجل ضمان إنتاج زراعي جيد وغير مكلف من ناحية استعمال الماء أو المال، تم اعتماد الفلاحين التقليديين على "تطبيقات الهاتف الذكي" حيث يتحكمون من خلالها في عملية السقي عن بعد بشكل منتظم، ثم مساعدتهم على تشخيص أمراض النباتات وضبط كمية استعمال المبيدات في مختلف المراحل من الزرع إلى الإنتاج. (محمد عابيد، فلاح، 2023).

وفي إطار توجهات جلالة الملك محمد السادس، نصره الله، التي تؤكد على الأهمية التي يجب أن تعطى لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة لتحسين حكمة مختلف برامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية في بلدنا وتقديم جودة عالية من الخدمات العمومية للمواطنين، وفي إطار توصيات النموذج التنموي الجديد الذي يجعل الرقمنة العمود

الفقري للتنمية الاقتصادية لبلدنا. فقد عملت وزارة الفلاحة والصيد البحري والتنمية القروية والمياه والغابات، على ضمان إرساء ورش الرقمنة ضمن المشاريع الأفقية لاستراتيجية الجيل الأخضر التي تهدف إلى جعل الفلاحة المغربية أكثر مرونة وتنافسية، مبتكرة وجذابة لمهنيي القطاع بشكل عام، وللشباب والأجيال الناشئة من الفلاحين ورواد الأعمال على وجه الخصوص. ويتجلى هدف الوزارة في إطار الجيل الأخضر في الوصول إلى ربط 2 مليون فلاح بالخدمات الإلكترونية الفلاحية في أفق 2030، من خلال المجهودات المبذولة لإنجاح مواءمة خارطة طريق التحول الرقمي مع استراتيجياتها، وذلك منذ إطلاق مخطط المغرب الأخضر سنة 2008.

حيث عمل المغرب على التوقيع على 6 اتفاقيات شراكة بين القطب الرقمي وعدد من المؤسسات والشركاء الاستراتيجيين، نوردتها كالتالي:

- تم إبرام الاتفاقية الأولى مع المعهد الوطني للبحث الزراعي، تهدف إلى تسهيل أعمال البحث والتطوير والابتكار وخدمات نقل التكنولوجيا في مجالات رقمنة القطاع الفلاحي ومتابعة الجفاف، لا سيما من خلال تبادل وتوفير البيانات والمنصات والموارد البشرية والمادية.
- تتعلق الاتفاقية الثانية الموقعة مع المكتب الوطني للاستشارة الفلاحية بإنشاء آليات لتشغيل محطات الأرصاد الجوية التابعة للمكتب الوطني للاستشارة الفلاحية وتأمين بياناتها لصالح منصات الاستشارة الفلاحية ومرصد الجفاف وبرامج البحث والتطوير للقطب الرقمي.
- كما تم توقيع اتفاقيتين مع القطب الفلاحي للابتكار بمكناس (AGRINOVA) وتكنوبارك، تهدف هذه الاتفاقيات إلى تحديد شروط وأحكام التعاون في مجالات الفلاحة الرقمية والفلاحة 4.0 ووضع الآليات اللازمة لتسهيل الاتصال بين الشركات الناشئة والمكونات الرئيسية لقطاع الفلاحة.
- تم توقيع الاتفاقية الخامسة مع شركة (ABA TECHNOLOGY) تهدف إلى تحديد إطار الاتفاق بين الأطراف ومبادئ شراكتهم، وبشكل عام إلى إضفاء الطابع الرسمي على الالتزامات المتبادلة، لا سيما في مجال "الفلاحة 4.0".
- الاتفاقية السادسة مع الجامعة الأوروبية ومتوسطة بفاس تهدف إلى تحديد سبل التعاون بين الطرفين في المجالات ذات الاهتمام المشترك، لا سيما من حيث التكوين والبحث العلمي والتقني وتقاسم المعلومات والمعرفة. وفي نفس السياق، فإن المجهودات الجبارة للمغرب قد ظهرت جليا من خلال التحول الرقمي بالنسبة لجميع فاعلي سلسلة القيمة الفلاحية، وخاصة الفلاحين، حيث يمكن التحول الرقمي من تحقيق ربح أكبر للضيعات الفلاحية بالإضافة إلى تحسين ظروف عملهم ومعيشتهم وكذا من تقليل تأثير الوسطاء.
- وقد تم تعزيز ذلك من خلال إطلاق قطب الفلاحة الرقمية وهو فضاء مخصص للتكنولوجيات الرقمية المبتكرة في مجال الفلاحة حيث يمتد قطب الفلاحة الرقمية على مساحة 1400 متر مربع، وهو فضاء مخصص للتكنولوجيات الرقمية المطبقة في الفلاحة. حيث يوفر مساحة مخصصة للعرض ومؤتمرات الأعمال، ويجمع أكثر من 35 عارضا، بدءا من الشركات الناشئة الواعدة إلى الشركات الوطنية والدولية المعروفة، مروراً بالمؤسسات العمومية وهيئات البحث. ويقدم هذا القطب واجهة استثنائية لأحدث الابتكارات في مجال الطائرات بدون طيار وأجهزة الاستشعار بالإنترنت والأشياء

والتصوير بالأقمار الصناعية وروبوتات المحادثة بالذكاء الاصطناعي ومنصات الخدمات الإلكترونية وأنظمة تخطيط موارد المؤسسات للفلاحة.

هذه المجموعة الواسعة من الحلول المبتكرة تجعل من الملتقى الدولي للفلاحة بالمغرب مركزا لتبادل المعرفة والتقنيات المتطورة، مما يحفز على اعتماد ممارسات فلاحية أكثر استدامة وكفاءة على الصعيد المحلي والإقليمي. في قلب هذا القطب، يمتد جناح القطب الرقمي لوزارة الفلاحة، وهو حامل التحول الرقمي للفلاحة المغربية، ويمتد على مساحة 270 متر مربع. وهو مقسم إلى خمس مجموعات مواضيعية توضح مهام وإنجازات القطب الرقمي للفلاحة.

وفي نفس الإطار، فقد تم إطلاق أيضا برنامج الأنشطة حول التكنولوجيا الرقمية في مجال الفلاحة الذي يقدم مسارا كاملا ومتنوعا لمواكبة التحول الرقمي للقطاع الفلاحي تضمن البرنامج 15 مؤتمرا ينشطها خبراء ذوو شهرة عالمية، ودورتين رئيسيتين، و 5 نتائج لمشاريع بحث وتطوير وابتكار و28 عرضا تقديميا للشركات الناشئة وركن الذكاء الاصطناعي مخصص لرواد الأعمال الشباب والنساء و"هاكاثون فلاش" حول الذكاء الاصطناعي التوليدي من خلال استكشاف تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي من أجل فلاحة أكثر قدرة على الصمود والاستدامة. (وزارة الفلاحة والصيد البحري والتنمية القروية والمياه والغابات، 2024).

لا جدال اليوم حول أهمية الرقمنة بالنسبة للفلاحة المغربية، إذ تشكل رافعة أساسية لتحديث القطاع وتحسين أدائه وقدرته على الصمود في مواجهة تحديات تغير المناخ. لكن بالموازاة مع ذلك يجب الجهات الوصية على القطاع دعم الابتكار والتعاون بين مختلف الفاعلين في منظومة الفلاحة الرقمية وتسهيل ولوج الفلاحين إلى التكنولوجيات الرقمية، مما يساهم في تحسين ظروف عيشهم وعملهم.

3. تقنيات الزراعة الذكية مناخيا وتحديات اعتمادها لتحقيق الأمن الغذائي في المغرب

يملك المغرب العديد من الإمكانيات المادية والبشرية التي تمكنها من تبني نموذج رائد افريقيا وعربيا للزراعة الذكية مناخيا من أجل تحقيق أمنها الغذائي على نحو مستدام، وفيما يلي سنعرض أهم التقنيات وأدوات استخدامها، مع إبراز أهم التحديات التي تعيق اعتمادها لتحقيق الأمن الغذائي بشكل مستدام.

1.3. تقنيات وأساليب الزراعة الذكية مناخيا في المغرب

تشير أدوات الزراعة الذكية مناخيا إلى مفهوم يشمل مجموعة من التقنيات والأساليب والإجراءات التي تهدف إلى التخفيف من آثار التغير المناخي والتكيف معها، مع تعزيز إنشاء نظم زراعية مستدامة ومتوافقة مع البيئة. يمكن تعريف هذه الأدوات بأنها تشمل الابتكارات التكنولوجية الحديثة أو الاستخدامات المبتكرة للتقنيات القائمة. وتعتمد هذه الأدوات عموما على الممارسات الزراعية التقليدية الجيدة، لتطويرها والبناء عليها بهدف تحقيق حلول زراعية مبتكرة ومتطورة. (Brio et Németh, 2021)

وفيما يلي أبرز هذه التقنيات المعتمدة في المغرب:

1.1.3. استخدام الطائرات المسيّرة بدون طيار (Drones):

يعد استخدام الطائرات المسيّرة بدون طيار القادرة على التحليق على ارتفاعات منخفضة في إطار منظومة الزراعة الذكية مناخياً من العوامل التي تسهم في تسهيل مهام الإشراف على المزارع. فهي قادرة على تغطية مئات الأفدنة في رحلة واحدة باستخدام تقنيات الأشعة تحت الحمراء والصور متعددة الأطياف. كما توفر القدرة على جمع معلومات متنوعة حول حالة التربة والمحاصيل، احتياجات الري، نمو النباتات، تشخيص الأمراض، وتحديد احتياجات التسميد لكل قطعة أرض وفقاً لخصائصها الخاصة. هذا يساعد في مواجهة تحديات الأمن الغذائي في المستقبل. تستخدم الطائرات أيضاً في مراقبة المحاصيل وتقييمها، وتصوير الأراضي الزراعية، ورسم الخرائط، وقياس مكونات الهواء، بالإضافة إلى إرسال البيانات بشكل فوري إلى البرمجيات التي تقوم بتحليلها وتوجيه المزارعين في رش المبيدات بشكل سريع وآمن، ما يسهم في تحسين تنفيذ الإجراءات الزراعية.

2.1.3. الروبوتات:

تلعب دوراً مهماً في تعزيز الزراعة الذكية مناخياً في المغرب من خلال تحسين الكفاءة الزراعية وتقليل التأثير البيئي وتعزيز التكيف مع التغيرات المناخية، كما تسهم الروبوتات الزراعية في ترشيد استخدام المياه من خلال أنظمة الري الذكية التي تعتمد على تحليل بيانات التربة والمناخ لتحديد الاحتياجات الدقيقة للنباتات فضلاً عن أنها أي الروبوتات الزراعية تساعد في تقليل استخدام الأسمدة والمبيدات عبر توجيهها بشكل دقيق إلى المناطق المطلوبة فقط. كذلك الروبوتات المزودة بحساسات ذكية قادرة على جمع وتحليل البيانات المناخية لمساعدة المزارعين في اتخاذ قرارات استباقية، مثل توقيت الزراعة والحصاد. كما أنها تساهم في تحسين قدرة المزارعين على التعامل مع الظروف المناخية المتقلبة، مثل الجفاف أو الفيضانات.

3.1.3. الابتكار البيولوجي :

استخدام التقنيات البيولوجية للمساعدة في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة ذات المصدر الزراعي والتكيف مع تغير المناخ، مثل تربية النباتات، أو تطوير بذور جديدة، أو تطوير اللحوم الاصطناعية. في المغرب، يتم دمج الابتكار البيولوجي في برامج الزراعة الذكية مناخياً عبر مبادرات مثل تحسين التربة المألحة باستخدام كائنات دقيقة متخصصة، وإدخال أصناف قمح وشعير مقاومة للجفاف. إضافة إلى ذلك، تشجع الاستراتيجيات الوطنية على تبني ممارسات بيولوجية بشكل مستدام يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة.

4.1.3. نظام المراقبة الذكي:

يمكن لنظام المراقبة الذكي أن يلعب دوراً محورياً في تعزيز الزراعة الذكية مناخياً في المغرب، وذلك من خلال تحسين إنتاجية المحاصيل، وترشيد استخدام الموارد الطبيعية، وتعزيز الاستدامة البيئية، حيث تقوم الأنظمة الذكية بالمراقبة والتحليل باستمرار، على سبيل المثال سلوك حيوانات المزرعة، مما يمنح المزارعين صورة أكثر دقة عن الحالة المادية لحيواناتهم.

5.1.3. إنترنت الأشياء (IoT) :

يلعب دورًا حيويًا في تعزيز الزراعة الذكية مناخيًا في المغرب، نظرًا لتزايد التحديات البيئية مثل التغير المناخي وشح الموارد المائية. تعتمد هذه التكنولوجيا على شبكة من الأجهزة المتصلة التي تتيح جمع وتحليل البيانات في الوقت الحقيقي لتحسين كفاءة العمليات الزراعية واستدامتها. وهي أجهزة الاستشعار الدقيقة التي تعد تقنيات ذكية، ويمكنها نقل بيانات مقاسة مختلفة مثل محتوى رطوبة التربة إلى أجهزة أخرى عبر الإنترنت.

6.1.3. البيانات الضخمة (Data Big):

تلعب دورًا متزايد الأهمية في تعزيز الزراعة الذكية مناخيًا في المغرب. بفضل الابتكارات التكنولوجية والبنية التحتية المتطورة، أصبح بإمكان المغرب الاستفادة من البيانات الضخمة لمعالجة التحديات المرتبطة بالزراعة وتغير المناخ فهي تحلل وتحدد اتجاهات المناخ وتقدم تنبؤات أكثر دقة بشكل فعال من خلال إمكانية الوصول إلى كميات هائلة من المعلومات المناخية التي تُجمع من الأقمار الصناعية، وأجهزة الاستشعار الأرضية، ومحطات الأرصاد الجوية.

2.3. تحديات الزراعة الذكية مناخيا لتحقيق الأمن الغذائي المستدام في المغرب

على الرغم من مزايا الزراعة الذكية مناخيا، فلا تزال هناك تحديات مختلفة تعوق اعتماد الزراعة الذكية مناخيا خاصة في نظم زراعة أصحاب الملكيات الصغيرة. ففي ظل التحديات التي تواجهها القطاع الزراعي في عدة أماكن حول العالم، ولاسيما بالمغرب، والتي تؤثر سلبا على توفير الغذاء وتحقيق الأمن الغذائي، إذ أصبح توفير تنمية وحماية غذائية في إطار مكافحة التغيرات المناخية وبالتالي زيادة المردود، المداخيل والإنتاج عن طريق تطبيق تقنيات الزراعة الذكية مناخيا كحتمية ضرورية لضمان الأمن الغذائي، كما نجد من أهم التحديات ما يلي:

أولاً - يشكل تقلص الأراضي الزراعية تحديًا كبيرًا للمزارعين المغاربة ذوي الملكيات الصغيرة، حيث يتأثر تبنيهم للتقنيات والممارسات الزراعية الجديدة بالضغط السكاني المتزايد والتوسع العمراني، إضافة إلى محدودية الأراضي غير المستغلة. وقد أدى ذلك إلى انخفاض نصيب الفرد من الأراضي الزراعية. يلعب حجم المزرعة دورًا محوريًا في اعتماد التقنيات الجديدة، حيث يُظهر المزارعون أصحاب المزارع الأكبر استعدادًا أكبر لتبني ممارسات الزراعة الذكية مناخيا. يعود ذلك إلى قدرتهم على تخصيص جزء من مزارعهم لتجربة التقنيات الحديثة، مع الاستمرار في استخدام الأساليب التقليدية في الجزء الآخر. في المقابل، يواجه المزارعون أصحاب المزارع الصغيرة صعوبات كبيرة في تطبيق هذه الممارسات، بسبب مخاوفهم من المخاطر المحتملة وعدم اليقين بشأن تحقيق الفوائد المرجوة. ونتيجة لذلك، تسبب الضغط المتزايد على الأراضي في تدهور حالتها وانخفاض إنتاجية الزراعة في العديد من المناطق بالمغرب.

ثانياً - ضعف البنية التحتية للاتصالات والإنترنت في بعض المناطق نتيجة للاعتماد على المجالية مع ضرورة الاستمرار في تعزيز وتطوير وسائل التكنولوجيا والاتصال الحديثة (NTIC).

ثالثاً - ينبغي إعادة تقييم القطاع الزراعي كمصدر رئيسي لفرص العمل، وخاصة في ظل الاستعداد العالمي للثورة الزراعية التي ستعتمد على تطبيقات الهواتف الذكية في إدارة المزارع الكبيرة.

رابعا - قلة المعرفة ونقص نقل المعلومات يشكلان عائقًا رئيسيًا أمام تبني ممارسات الزراعة الذكية مناخيا، حيث يمثل الافتقار إلى المعرفة والمهارات الكافية عقبة رئيسية أمام تبني ممارسات الزراعة الذكية مناخيا. وبالتالي من الضروري النهوض بالزراعة الذكية مناخيا وخلق الشراكات والتعاون مع الدول الرائدة في مجال الفلاحة الذكية، مثل كوريا الجنوبية، مما سيفتح آفاقاً مستقبلية في مجالات أخرى مثل الإدارة الذكية للمزروعات في البيوت البلاستيكية...
خامسا - ارتفاع تكاليف الزراعة الذكية مناخيا يشكل تحدياً كبيراً، حيث يفتقر المزارعون في المغرب إلى القدرة على إدارة المخاطر المرتبطة بتبني التقنيات الجديدة نتيجة زيادة التكاليف. ويزيد الأمر تعقيداً مع قلة فرص الوصول إلى الائتمان أو التمويل الأصغر. بالإضافة إلى ذلك، فالمغرب كسائر الدول الأفريقية والعربية التي تحتاج إلى استثمارات جديدة لتبني الزراعة الذكية مناخيا، ولكن حتى الآن، لم يتم وضع خطط تمويل واضحة لتلك الاستثمارات، مما يعوق مواجهة تحديات ارتفاع تكاليفها.

تأتي في إطار ذلك أهمية دعم وتشجيع ومتابعة الباحثين من حاملي المشاريع والابتكارات، خصوصاً في القطاع الزراعي، لتمكينهم من المساهمة في تطوير الزراعة الذكية مناخيا وبلوغ هدف تحقيق الأمن الغذائي لبلدهم المغرب. على الرغم من التقدم التكنولوجي والاستثمارات في هذا القطاع الحيوي تواجه الزراعة في المغرب العديد من التحديات، على وجه الخصوص تعاني البلاد من الجفاف مما قد يؤدي إلى انخفاض الغلة والحصاد ويعاني القطاع أيضا من عدم كفاية الهياكل الأساسية، ولا سيما فيما يتعلق بنقل المنتجات وتخزينها.
إن قصور السياسات الزراعية وإخفاق سياسات البحث والإرشاد الزراعي يؤثر بشكل مباشر على الأداء الزراعي، ولا يساهم بشكل كافٍ في تعزيز الاستثمار في هذا القطاع. (صندوق النقد العربي، 2006، ص. 24)، لذا بات ضروري على الحكومة المغربية بذل جهود أكبر لوضع سياسات عمومية وتشريعات وطنية أكثر جاذبية وقابلة للتنزيل لاستثمارات إضافية في مجال الزراعة الذكية المتوافقة مع المناخ.

3.3. دور الحكومة المغربية في تشجيع الاستثمار في الزراعة الذكية مناخيا

أصدرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (GIEC) مؤخراً تقريراً خاصاً يُقدر أن الأنشطة البشرية ساهمت بحوالي 1.0 درجة مئوية في زيادة الاحتماس الحراري العالمي مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية. كما أشار التقرير إلى أنه إذا استمرت الاتجاهات الحالية، فقد يصل معدل الاحتماس الحراري العالمي إلى 1.5 درجة مئوية بين عامي 2030 و2052. ومن المتوقع أن تؤدي هذه الزيادة إلى تصاعد المخاطر التي تواجهها النظم البيئية والبشرية، بما في ذلك ارتفاع متوسط درجات الحرارة، وزيادة مستوى سطح البحر، وتكثيف هطول الأمطار الغزيرة، وارتفاع تواتر وشدة حالات الجفاف الناجمة عن هذه الاتجاهات (GIEC, 2023).

وتُعتبر الزراعة "ضحية مباشرة لتأثيرات التغير المناخي"، لا سيما في البلدان النامية التي تعتمد بشكل كبير على الزراعة كمصدر رئيسي للرزق، حيث تسود فيها النظم الزراعية المعتمدة على الأمطار وتُعاني من انخفاض في قدرات التكيف، مما يزيد من هشاشتها أمام هذه التحديات. (Akamani, 2021)

وانطلاقاً مما سبق، فيقع على عاتق الحكومة المغربية اتخاذ خطوات استراتيجية لتعزيز مشاركتها واستثماراتها في قطاع الزراعة الذكية مناخياً لمواجهة تحديات التغير المناخي، وذلك من خلال إرساء المرتكزات التالية:

- وضع سياسات عمومية تشجع على التنمية الزراعية المستدامة.
 - زيادة الاعتماد على الحكامة الزراعية لتحسين إدارة الموارد وضمان الأمن الغذائي المستدام.
 - بلورة رؤية وطنية، عربية وإفريقية مشتركة لتحقيق النمو الزراعي المتكامل.
 - دعم أصحاب المشاريع الصغيرة من خلال إشراكهم في سياسات واستراتيجيات تضمن وجودهم في الأسواق.
 - مراجعة السياسات العمومية الزراعية والحضرية والريفية، وتكييفها لتلبية متطلبات القطاع الزراعي.
 - تعزيز السياسات والاستراتيجيات الشاملة والمتعددة القطاعات التي تراعي المساواة بين الجنسين، مع توفير التمويل اللازم لضمان تنفيذها.
 - تحسين إدارة المعلومات الزراعية الذكية مناخياً وضمان شفافيته وسهولة الوصول إليها، بما يساهم في تطوير القطاع بفعالية.
 - الزامية وضرورة التنسيق في مجال تخطيط السياسات بين متطلبات الزراعة والأمن الغذائي وظاهرة التغير المناخي، كذلك فإن تحسين آليات وصول البيانات والمعلومات والمعارف العلمية إلى المزارعين ضروري للمساهمة في تكييف المزارعين مع المتغيرات (FAO, 2021).
- في هذا السياق، قامت الحكومة المغربية بتعبئة كافة مواردها لتنفيذ خطة التحول نحو الزراعة الذكية مناخياً، وذلك لما لها من أهمية كبيرة في تحقيق عدة أهداف. فالزراعة الذكية مناخياً تساهم في ضمان الاكتفاء الغذائي من جهة، وفي مكافحة الفقر من جهة أخرى، مما يساهم في دفع عجلة التنمية الاقتصادية والتكيف مع التغيرات المناخية. والأهم من ذلك، أنها تساهم في تحقيق رفاهية المجتمع.

4. نتائج الدراسة:

يمكن تلخيص مجمل النتائج التي تم التوصل إليها في هذه المقالة البحثية كما يلي:

- من أهم أسباب تضخيم أزمة الأمن الغذائي في العديد من الدول العربية والإفريقية هو تغير المناخ، الممارسات الزراعية غير المستدامة وضعف الأداء الزراعي.
- تمكن الزراعة الذكية مناخياً المغرب من رفع الإنتاج الزراعي وبلوغ عتبة الاكتفاء الغذائي ومنه تحقيق أمنه الغذائي بشكل مستدام.
- تعتبر الزراعة الذكية مناخياً ضرورة ملحة للحفاظ على الموارد الطبيعية وضمان استدامتها وبالتالي الحد من أزمات الغذاء والمشاكل الزراعية.

- رغم الإنجازات المهمة التي عرفها المغرب في مسار إرساء الزراعة الذكية مناخيا إلا أن الوضع الغذائي لا زال يواجه تحديات كبيرة، لذا يجب بذل مجهودات جبارة إضافية لتطوير القطاع الزراعي من خلال الاعتماد على الزراعة الذكية مناخيا تحسبا لأزمات غذائية وصحية عالمية في المستقبل.
- تسعى العديد من الدول اسوة بالمغرب الذي أصبح نموذجا لانتهاج مسار الزراعة المستدامة والذكية مناخيا، إلا أنها مازالت أقل من إمكانياتها المتاحة، نظرا لعدة معوقات من أهمها عدم توفير المتطلبات اللازمة.
- الزراعة قطاع حيوي للاقتصاد المغربي، حيث توظف جزءا كبيرا من السكان العاملين وتساهم بشكل كبير في الناتج المحلي الإجمالي للبلاد، على الرغم من التحديات التي تواجهها تواصل الزراعة المغربية التطور والتكيف مع الظروف المناخية والاقتصادية.

الخاتمة:

على مدى السنوات العشر الماضية، برزت الزراعة الذكية مناخيا كنهج مبتكر يهدف إلى مواجهة تأثيرات تغير المناخ على القطاع الزراعي، مع التركيز على تقليل الانبعاثات وتعزيز الأمن الغذائي المستدام في آن واحد. يقوم هذا النهج على افتراض إمكانية تحقيق هذه الأهداف المتعددة - التكيف مع تغير المناخ، التخفيف من آثاره، وتحقيق الأمن الغذائي المستدام - بشكل متكامل من خلال تبني تقنيات زراعية محددة. وقد ظهرت الزراعة الذكية مناخيا كخيار ضروري بديلا لسياسات التنمية الزراعية التقليدية التي فشلت في تحقيق الأمن الغذائي المستدام والتكيف مع التغيرات المناخية. حيث تقوم هذه الزراعة على حماية الموارد الطبيعية، وتحسين كفاءة النظام الزراعي، وتعزيز قدرته على التكيف مع تغير المناخ. وفي ظل التحديات التي يفرضها تغير المناخ، يُعد تحقيق الأمن الغذائي المستدام في الدول العربية والأفريقية أحد أبرز أولويات القرن الحالي. لذا، يُعول على القطاع الزراعي بالمغرب لمواجهة هذا التحدي من خلال وضع واعتماد استراتيجيات وسياسات تدعم التنمية الزراعية المستدامة والذكية مناخيا، مع توفير الإمكانيات اللازمة لتحقيق هذه الأهداف بكفاءة وفعالية. كما تتمثل التحديات الرئيسية أمام تعميم الزراعة الذكية مناخيا في المغرب كما في مختلف المناطق الزراعية الإيكولوجية في تحديد الأولويات المناخية بدقة، مع مراعاة المخاطر الناتجة عن الظروف المناخية المحلية والحاجة الملحة إلى هذه الابتكارات. يُساهم فهم مدى قابلية تقنيات الزراعة الذكية مناخيا للتطبيق في تسهيل تخطيط وتصميم الأطر والهيكل اللازمة لدعم المزارعين في التكيف مع تغير المناخ وتعزيز قدرتهم على الصمود. كما يتطلب الأمر النظر في ممارسات التكيف التي تم اختبارها وقبولها من قبل المزارعين، مع الأخذ بعين الاعتبار المخاطر المناخية الخاصة بكل موقع عند السعي إلى تعميم الزراعة الذكية مناخيا.

لقد بدأت الجهود في المغرب تتجه نحو الاعتماد على الإنتاج المحلي وتطويره وتنويعه، وذلك عبر تبني أساليب وتقنيات حديثة في مجال الزراعة. من بين هذه التقنيات، تم اعتماد السقي بالتقطير، وإنتاج نباتات هجينة تتناسب مع البيئة الصحراوية، وغيرها. كما تم إدخال عدة آلات حديثة مثل الطائرات المسيرة بدون طيار، والجرارات ذات القيادة الآلية، وتقنيات الاستشعار في الزراعة. ورغم ذلك، واجه هذا النوع من الأساليب الزراعية الحديثة العديد من التحديات المعرفية والتقنية.

إن المغرب رغم اعتماده الكبير على الوسائل التقليدية في الجانب الزراعي، إلا أنه قد خطى خطوات أولية في تبني الزراعة الذكية مناخيا لضمان أمنه الغذائي بشكل مستدام، على غرار دولة الإمارات العربية المتحدة وسوريا، قطر، مصر، مالي... وقد اتجهت كذلك باقي الدول العربية والافريقية لهذا النوع من الزراعة مع ظهور أزمة كورونا وانعكاساتها على الاقتصاد الدولي وضمان أمنها الغذائي بشكل مستدام.

التوصيات:

- ضرورة الاستفادة من التجارب الدولية وإقامة شراكات خاص-عام في مجال الزراعة الذكية مناخيا للتأقلم مع هذا النوع من الزراعة.
- العمل على جذب رؤوس الأموال للاستثمار في مجال الزراعة الذكية وخلق قنوات اتصال خاصة مع الصناعات الغذائية.
- ضرورة إرساء نظم التتبع وتقييم أداء الاستثمار الزراعي في مجال الزراعة الذكية مناخيا لتقدير النتائج المحققة.
- الاستمرار في إجراء الأبحاث والمليقيات والدورات التكوينية الهادفة لتحسين مستوى الزراعة الذكية مناخيا.
- ضرورة إضافة وإنشاء أقطاب أخرى تهتم بتطبيق التكنولوجيا وأنظمة الذكاء الاصطناعي في مجال الزراعة.

المراجع:

- الطاوس غريب، وحنان دريد، (2021)، الزراعة الذكية كتوجه استراتيجي للقطاع الزراعي في ظل التحول الرقمي.
- اللوزي سالم، (2007)، دراسة مشاكل ومعوقات رفع كفاءة استخدامات الأراضي في الدول العربية.
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، (2018)، الزراعة الذكية مستقبل أفضل للزراعة العربية والحفاظ على الموارد الطبيعية. المنظمة العربية للتنمية الزراعية.
- حسن، ر. م، (2022)، مستقبل تقنيات الزراعة الذكية وتوفير الأمن الغذائي عالميا وعربيا، تجربة الإمارات العربية.
- رودولفوكويفنكو، (2015) تحضير الأراضي الجافة في كينيا من خلال الزراعة الذكية مناخيا. مجلة الوثام الدولية للطاقة الذرية.
- ظهير شريف رقم 1-11-91 صادر في 27 من شعبان 1432 (29 يوليو 2011) بتنفيذ نص دستور المغرب.
- علي حدادة، (2018)، الزراعة الذكية ومجال تطبيقها في العالم العربي.
- محمد لكحل، عمر ولد عابد، ونصيرة لكحل، (2016) الزراعة الذكية الية لتحقيق التنمية الزراعية واستدامة الامن الغذائي وفق التوجهات التكنولوجية الحديثة.
- موقع وزارة الفلاحة والصيد البحري والتنمية القروية والمياه والغابات:

<https://www.agriculture.gov.ma/ar/node/22>

- موقع العين الإخبارية: <https://al-ain.com/article/agriculture-expert-morocco-climat>
- نادية سوداني، (2022)، إشكالية تبني الزراعة الذكية في الدول العربية مع الإشارة إلى تجارب بعض الدول العربية.
- نبيلة سمار، (2022)، أهمية الزراعة الذكية والصناعات الغذائية في تحقيق الأمن الغذائي: مملكة البحرين، السعودية والامارات العربية المتحدة نموذجا.
- Adornis D. Nciizah, Isaiah I. C. Wakindiki, (2015), Climate Smart Agriculture : Achievements and Prospects in Africa, Agricultural Research Council—Institute for Soil Climate and Water, Pretoria, South Africa.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2013), Climate Smart Agriculture.
- Hamdani Mehieddine, (2018), « Climate-smart agriculture and food security ». Revue Algérienne de l'économie et finances.
- International Labour Office, (2017), World Social Protection Report 2017–19, Universal social protection to achieve the Sustainable Development Goals. Geneva: Publications of (ILO).
- Leslie Lipper and al. (2018). FAO, Climate Smart Agriculture : Building Resilience to Climate Change. Springer Nature publishing, Volume 52.
- Lipper, L., et al. Climate-smart agriculture for food security. Nature Clim Change 4, 1068–1072 (2014). <https://doi.org/10.1038/nclimate2437>
- Mary Nyasimi and al. (2014). Evidence of Impact : Climate-Smart Agriculture in Africa. (A. a. (CCAFS), Ed.) CGIAR Research Program on Climate Change (86). -Mary Nyasimi and al. (2017). Adoption and Dissemination Pathways for ClimateSmart Agriculture Technologies and Practices for Climate-Resilient Livelihoods in Lushoto. Northeast, 5(63).
- Maya, O. (2021). Innovative climate-smart agriculture (CSA) practices in the smallholder farming system of south Africa. Sustainability, 13(12), 6848. <http://dx.doi.org/10.3390/su13126848>
- Tadesse, M., Simane, B., Abera, W., Tamene, L., Ambaw, G., Recha, J. W., . . . Solomon, D. (2021). The effect of climate-smart agriculture on soil fertility, crop yield, and soil carbon in southern ethiopia. Sustainability, 13(8), 4515. <http://dx.doi.org/10.3390/su13084515>.
- Timothy O. Williams and al. (n.d.). Climate Smart Agriculture in the African Context. Feeding Africa: an action plan for African Agricultural Transformation, 21- 23 October 2015. Dakar, Senegal
- Traore, B., Birhanu, B. Z., Sangaré, S., Gumma, M. K., Tabo, R., & Whitbread, A. M. (2021). Contribution of climate-smart agriculture technologies to food self-sufficiency of smallholder households in Mali. Sustainability, 13(14), 7757. <http://dx.doi.org/10.3390/su13147757>.
- Vedrine Claire. (2011). Fiscalité et environnement. Thèse de Doctorat en Droit public. Université Montpellier I, Ottawa, Canada.
- Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate Change Impacts on Global Food Security. Science, 341(6145), 508–513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>.

الاستدامة في التصميم الداخلي التونسي:

تعزيز الاستدامة البيئية من خلال توظيف التكنولوجيا المتقدمة مع تغيير المناخ وتقليل الانبعاثات الكربونية

وسام بن شيخة

جامعة القيروان، تونس

wissem.ben.chikha2016@gmail.com

الملخص

يتناول هذا المقال تحليل استراتيجيات تعزيز الاستدامة البيئية في التصميم الداخلي التونسي عبر توظيف التكنولوجيا المتقدمة. يهدف المقال إلى استكشاف كيفية استخدام التقنيات الحديثة، مثل أنظمة إدارة الطاقة الذكية، والمواد البنائية المستدامة، والتصميمات البيئية المبتكرة، لتقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق كفاءة أعلى في استخدام الموارد ضمن البيئات المعمارية الداخلية. في هذا الإطار، يتم التركيز على فعالية هذه التكنولوجيا في مواجهة التحديات البيئية والاقتصادية الخاصة بتونس، بما في ذلك تأثيرات تغير المناخ والضغط على الموارد الطبيعية. الإشكالية الرئيسية التي يطرحها المقال تتعلق بكيفية دمج هذه الحلول التكنولوجية بشكل فعال ضمن التصميم الداخلي التونسي، مع مراعاة الخصوصيات الثقافية والمعمارية الفريدة للبلاد. يسلط المقال الضوء على كيفية تحقيق التوازن بين الجوانب الجمالية والوظيفية للتصميم الداخلي، لضمان توافقه مع مبادئ الاستدامة البيئية. كما يقدم المقال تحليلاً لمدى قدرة هذه الحلول التقنية على تحسين الاستدامة البيئية في السياق المحلي التونسي، ويستعرض أمثلة عملية لتطبيقات ناجحة. يقدم المقال أيضاً رؤى وتوصيات عملية للمصممين والمهندسين المعماريين في تونس، تساعد في تطوير تصاميم داخلية مستدامة تتماشى مع التوجهات العالمية لمكافحة تغير المناخ وتلبي الاحتياجات المحلية. من خلال هذا التحليل، يسعى المقال إلى إيجاد حلول فعالة ومبتكرة تتناسب مع الواقع المحلي وتعزز الاستدامة البيئية في التصميم الداخلي التونسي.

الكلمات المفتاحية: الاستدامة البيئية، التغيير المناخي، الانبعاثات الكربونية، التصميم الداخلي، التكنولوجيا المستدامة، الابتكار

Abstract

This article analyzes strategies for enhancing environmental sustainability in Tunisian interior design through the use of advanced technology. The article aims to explore how modern technologies, such as smart energy management systems, sustainable building materials, and innovative environmental designs, can be utilized to reduce carbon emissions and achieve greater resource efficiency within interior architectural environments. In this context, the

focus is on the effectiveness of these technologies in addressing Tunisia's specific environmental and economic challenges, including the impacts of climate change and pressure on natural resources.

The main issue raised by the article concerns how to effectively integrate these technological solutions into Tunisian interior design while considering the country's unique cultural and architectural characteristics. The article highlights how to balance the aesthetic and functional aspects of interior design to ensure alignment with the principles of environmental sustainability.

The article also provides an analysis of the potential for these technical solutions to improve environmental sustainability in the local Tunisian context, showcasing practical examples of successful applications. Additionally, it offers insights and practical recommendations for designers and architects in Tunisia, helping them develop sustainable interior designs that align with global trends in combating climate change while meeting local needs. Through this analysis, the article seeks to find effective and innovative solutions that fit the local reality and promote environmental sustainability in Tunisian interior design.

Keywords: Environmental sustainability, Climate change, Carbon emissions, Interior design, Sustainable technology, Innovation

المقدمة

تواجه "البلاد التونسية"، كغيرها من دول العالم، تحديات بيئية متزايدة تتعلق بتغير المناخ والضغط على الموارد الطبيعية. في ظل هذه الظروف، يصبح من الضروري إعادة النظر في استراتيجيات التصميم الداخلي لتلبية احتياجات المجتمع المحلي، مع مراعاة الجوانب البيئية والاجتماعية. هذا الجانب من التصميم يعد أحد أبرز المجالات التي يمكن من خلالها تعزيز الاستدامة البيئية، حيث يمكن للتكنولوجيا المتقدمة أن تلعب دوراً محورياً في هذا السياق.

يهدف هذا المقال إلى تحليل كيفية استثمار التقنيات الحديثة، مثل أنظمة إدارة الطاقة الذكية والمواد البنائية المستدامة، لتحقيق كفاءة أكبر في استخدام الموارد وتقليل الانبعاثات الكربونية. وهنا تطرح الإشكالية في الصيغة الفلسفية التالية: كيف يمكن دمج هذه الحلول التكنولوجية بفعالية ضمن التصميم الداخلي التونسي، مع مراعاة الخصوصيات الثقافية والمعمارية للبلاد؟

ضمن هذا التوجه، سندسلط الضوء على أهمية تحقيق التوازن بين الجوانب الجمالية والوظيفية للتصميم، وذلك لضمان توافقه مع مبادئ الاستدامة البيئية. ومن خلال دراسة أمثلة عملية وتحليل فعالية هذه الحلول التقنية، نسعى إلى تقديم رؤى وتوصيات عملية للمصممين والمهندسين المعماريين في تونس. وبذلك، يهدف المقال في المستقبل إلى المساهمة في تطوير تصاميم داخلية مستدامة تتماشى مع التوجهات العالمية لمكافحة تغير المناخ، مما سيسهم في تعزيز الاستدامة البيئية في السياق المحلي.

1. التراث المعماري كداعم للاستدامة البيئية

يُعدُّ التراث المعماري التونسي تجسيدًا غنيًا لتاريخ البلاد وثقافتها المتنوعة، حيث تعكس الهندسة المعمارية التقليدية تصميمًا مدروسًا يجسد فهمًا عميقًا للعلاقة بين الإنسان وبيئته. فتقنيات البناء التي تطورت عبر العصور تُظهر قدرة التونسيين على التكيف مع الظروف المناخية المحلية، مما يعكس استغلالهم الفعّال للمواد المتاحة في تصميم بيئات معيشية مريحة ومستدامة. يتجلى هذا النهج في مجموعة من العناصر والمقومات المعمارية، منها الساحة الداخلية أو فناء المنزل، التشميس والتهوية الصحية، الجدران التقليدية أو الحجرية، الأسقف الخشبية، والمآجل.

1.1. الساحة الداخلية (Le patio)

تُعتبر ساحة المسكن أو فناءه عنصرًا حيويًا في التصميم الداخلي التونسي، حيث تلعب دورًا محوريًا في تعزيز الراحة البيئية والاستدامة. عموماً، تمثل هذه المساحة نقطة التقاء تتيح للأفراد ممارسة أنشطتهم اليومية. بالإضافة إلى ذلك، يساهم هذا الفضاء الذي يعتبر مركز المسكن في تحسين جودة الهواء من خلال تعزيز التهوية الصحية وتقليل مستويات الرطوبة، مما يُخفف الاعتماد على أنظمة التكييف ويقلص استهلاك الطاقة (صورة: 1، صورة: 2).



صورة رقم: 2



صورة رقم: 1

صور فتوغرافية، ساحة "دار الجلولي"¹، "زاهر كمون"، المدينة العريبي بصفافس - تونس، جوان 2021، صور منقولة مباشرة من "زاهر كمون" (وقع التقاط هذه الصور بعد اختيار جزء من هذا الفضاء)

¹ "دار الجلولي" هي قصر تاريخي يقع في المدينة العتيقة بصفافس، تونس، في حي "حومة الرقة". شُيّد في القرن السابع عشر وارتبط بعائلة "الجلولي" التي خدمت السلاطين الحفصيين والبايات، وحقت ثروة كبيرة من نشاطاتها في القرصنة. يتميز القصر بتصميمه التقليدي المكون من مدخل يؤدي إلى سقيفة ملتوية "entrer en chicane" تفتح على فناء داخلي محاط بثلاثة أروقة. استخدم في بناء مواد مثل الخشب والحجارة، والحماري، والكذال والجليز في الزخرفة.

منذ عام 1939، تحولت دار الجلولي إلى متحف للعادات والتقاليد الشعبية، بحث تعرض جوانب من الحياة اليومية للعائلات الصفافسية. اليوم، تعد دار الجلولي من أبرز المعالم السياحية في صفافس، وتعتبر شاهدًا على تاريخ وثقافة المدينة. في 2019 وقع غلق هذا الفضاء باعتباره أصبح يشكل خطراً على الزوار وذلك كبنائية متداعية للأنهار. (عن زيارات ميدانية في 2010، وعن محاور شخصية مع "زاهر كمون" في 2024 عضو في جمعية صيانة مدينة صفافس (ASM Sfax)، مهتم وموثق للتراث بصفافس، عضو سابق بجمعية صفافس المزيانة).

https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AA%D8%AD%D9%81_%D8%AF%D8%A7%D8%B1_%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%84%D9%88%D9%84%D9%8A

إن دخول الضوء الطبيعي إلى هذه المساحة يعزز الإضاءة الطبيعية (Éclairage naturel)، مما يقلل من الحاجة للاستخدام المفرط للإضاءة الاصطناعية (Éclairage artificiel) ويُعزز كفاءة استهلاك الطاقة. بالإضافة إلى ذلك، تُتيح الساحة فرصاً مثالية لزراعة النباتات والأشجار، مما يُحسن جودة الهواء، ويقلل انبعاثات الكربون، ويعزز التنوع البيولوجي في البيئات الحضرية.

أما بالنسبة للتشميس والتهوية الصحية (L'enseillement et l'aération sanitaire)، فإن العلاقة بين تصميم الفضاءات وتركيز موضعها بالنسبة لشرق وغروب الشمس تُعد من العناصر الأساسية التي تُعزز الراحة الحرارية (Confort thermique).

إذ يساهم فهم الاتجاهات الجغرافية في خلق بيئات معيشية مريحة وصديقة للبيئة، حيث تُساعد النوافذ المصممة بشكل استراتيجي في تعزيز الاستفادة القصوى من ضوء الشمس. وهذا يُساهم في تقليل الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية، مما يُشكل "قيمة مضافة" ² بعد دور الساحة الداخلية.

تُعتبر التهوية الطبيعية عنصراً أساسياً في التصميم المستدام، حيث يُمكن استخدام النوافذ العلوية لإخراج الهواء الساخن، بينما تسمح النوافذ السفلية بدخول الهواء البارد، مما يُحسن جودة الهواء ويقلل الاعتماد على أنظمة التكييف (صورة: 3، صورة: 4).

تظهر هذه التفاصيل توزيع الفتحات (أبواب ونوافذ) على واجهات ساحة الفضاء بهدف الاستفادة من العوامل الطبيعية؛ الشمس والهواء من ذلك التشميس والتهوية الصحية والإضاءة الطبيعية

بذلك، يُجسد الربط بين الساحة الداخلية والتشميس والتهوية الصحية نموذجاً متكافئاً للتصميم المستدام الذي يتصدى لتحديات المناخ. فمن خلال دمج هذه العناصر، يُمكن تعزيز جودة الحياة وتعزيز الاستدامة البيئية، مما يعكس التزام المجتمع بحماية الموارد الطبيعية للأجيال القادمة. إن هذا التوجه نحو التصميم الإيكولوجي الذكي لا يساهم فقط في خلق مجتمعات أكثر صحة، بل يُعزز أيضاً قدرة الأفراد على التكيف مع التغيرات المناخية، مما يجعل هذه الممارسات ضرورية لمستقبل مستدام

² يعتبر هذا المفهوم الطبيعي عنصراً مهماً يُضاف إلى ساحة المنزل في الهندسة والتصميم، حيث يُساهم بشكل فعال في تعزيز مستوى الإضاءة الطبيعية حسب طبيعة الفضاء ووظيفته.



صورة رقم: 4



صورة رقم: 3

صور فتوغرافية، تفاصيل ساحة "دار الجلولي"، "زاهر كمون"، المدينة العربي بصفاقس - تونس، جوان 2021، صور منقولة مباشرة من "زاهر كمون"

2.1. الجدران التقليدية (الحجرية)

تُعتبر الجدران السمكية، المُصنوعة عادةً من الحجر والحمايري (Les murs porteurs)، من العناصر الأساسية في العمارة التونسية، حيث يتراوح سمكها عادةً بين 40 سم و65 سم. توفر هذه الجدران عزلًا حراريًا فعالًا، مما يساعد على الحفاظ على درجات حرارة داخلية مريحة على مدار السنة، خاصةً في الأجواء الحارة، حيث تقلل من تسرب الحرارة إلى الداخل، مما يُخفف من الاعتماد على أنظمة التبريد ويُعزز كفاءة الطاقة، وهو ما يُساهم بدوره في تقليص الانبعاثات الكربونية. بالإضافة إلى ذلك، تُعزز متانة هذا النوع من البناء مفهوم الاستدامة في المباني التقليدية (صورة: 5).



صورة رقم: 5

صورة فتوغرافية، تفاصيل لبنانيات منهارة مجاورة لدار الجلولي قد تجاوز عمرها 400 سنة؛ تظهر مواد وتقنيات البناء التقليدية مثل الجدران الحجرية أو ما يُعبر عنه تقنياً بـ "Les murs porteurs"، "وسام بن شيخة"، المدينة العربي بصفاقس - تونس، 11 أكتوبر 2024

تُعتبر هذه المواد الطبيعية خيارًا مستدامًا نظرًا لتوفرها محليًا، مما يُقلل من بصمة الكربون الناتجة عن النقل. بالإضافة إلى ذلك، تُساهم الخصائص العازلة لهذه المواد في تقليل الاعتماد على المواد الاصطناعية والكيماويات، مما يُحافظ على صحة البيئة وسلامة السكان.

إضافةً إلى العزل الحراري، تُعزز الجدران السميكة العزل الصوتي (Isolation thermique)، مما يُساهم في خلق بيئة سكنية هادئة، حيث تقلل انتقال الضوضاء من الخارج، مما يُحسن جودة الحياة ويُعزز الراحة النفسية، وهي خاصية مهمة في المجتمعات التي تعاني من تلوث صوتي. وعموماً؛ تعمل هذه الجدران على دمج أنظمة العزل الحراري والصوتي في العمارة التقليدية مما يساهم في خلق بيئة سكنية صحية. وبالتالي، نستخلص في هذا السياق أن الجدران السميكة تُعتبر نموذجاً مثاليًا يجمع بين الخصائص المعمارية التقليدية والمبادئ الحديثة للاستدامة، مما يساهم في خلق بيئات معيشية صحية تتماشى مع التحديات البيئية الحالية.

3.1. الأسقف الخشبية

تُعتبر الأسقف الخشبية العازلة، (المغلّفة بطبقة من "الضريع" تليها "الأرشي")، عنصراً حيوياً في تعزيز الاستدامة البيئية في التصميم الداخلي. تتميز هذه المواد بكونها طبيعية وقابلة للتجديد، مما يجعلها خياراً صديقاً للبيئة. فمن خلال تحسين العزل الحراري، تُقلل هذه الأسقف من انتقال الحرارة داخل المباني، مما يساعد في الحفاظ على درجات حرارة مريحة ويقلل الحاجة إلى أنظمة التدفئة والتكييف. وهذا بدوره يساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استهلاك الطاقة، مما يعكس التوجه العام نحو الاستدامة البيئية. علاوة على ذلك، يحسّن استخدام هذه المواد العازلة من جودة الهواء الداخلي، حيث يساعد في تقليل مستويات الرطوبة وتحسين التهوية، مما يُعزز الصحة العامة للسكان (صورة: 6).

بناءً على ما سبق، تُعتبر أيضاً الأسقف الخشبية العازلة نموذجاً مثاليًا لتكامل التقاليد المعمارية مع مفاهيم الاستدامة، مما يساهم في خلق بيئات معيشية صحية ومريحة تتماشى مع التوجهات الحديثة نحو الحفاظ على البيئة وتقليل الأثر البيئي.



صورة: 6

صورة فتوغرافية، "زاهر كمون"، دار الجلولي، تفصيل لسقف يظهر مواد وتقنيات البناء، المدينة العري بصفافس — تونس، جوان

2021

4.1. الماغل

تُعتبر خزانات مياه الأمطار، المعروفة بـ "الماجل"، عنصراً أساسياً في تعزيز الاستدامة المائية في العمارة التقليدية التونسية. تلعب هذه الأنظمة دوراً محورياً في جمع وتخزين مياه الأمطار، مما يوفر مصدراً موثوقاً للمياه الصالحة للشرب والاستخدام اليومي على مدار السنة. من خلال هذه الممارسات، يتم تقليل الاعتماد على مصادر المياه الخارجية، مما يُخفف الضغط على الشبكات العامة ويعزز قدرة المجتمعات على إدارة مواردها بشكل مستقل (صورة: 7، صورة: 8).



صورة رقم: 8



صورة رقم: 7

صور فتوغرافية، "زاهر كمون"، دار الجلولي، شبكة تصريف مياه الأمطار نحو الماغل وقع تركيبها في زوايا الساحة، المدينة العري بصفافس - تونس، جوان 2021

في سياق التغيرات المناخية، يُعتبر جمع مياه الأمطار وسيلة فعّالة للتكيف مع الظروف المتغيرة، مثل فترات الجفاف والفيضانات المفاجئة. فمن خلال تخزين المياه، تتمكن المجتمعات من مواجهة فترات الجفاف بشكل أكثر فعالية، مما يُعزز من مرونتها ويقلل من التأثيرات السلبية لتغير المناخ. بالإضافة إلى ذلك، يُساهم هذا النظام في تقليل الفيضانات عبر إدارة المياه السطحية بشكل أكثر كفاءة، مما يساعد على تحسين استدامة المجتمعات ويعزز قدرتها على مواجهة التحديات البيئية (صورة: 9).



صورة رقم: 9

صورة فتوغرافية، "زاهر كمون"، دار الجلولي، "الماجل" كعنصر وظيفي وعنصر جمالي في ساحة الفضاء، المدينة العري بصفافس - تونس، جوان 2021

علاوة على ذلك، تعكس هذه الأنظمة الاستدامة الثقافية من خلال استعادة تقنيات البناء التقليدية والمعرفة المحلية في إدارة الموارد المائية. فهي لا تساهم فقط في توفير مياه صالحة للشرب، بل تعزز أيضًا الصحة العامة من خلال تقليل المخاطر الصحية المرتبطة بمصادر المياه غير آمنة. فمن خلال دمج الممارسات التقليدية مع الابتكارات الحديثة، تُعزز هذه الأنظمة من قدرة المجتمعات على تحقيق الأمن المائي واستدامة البيئة.

بهذا الشكل، تُعتبر خزانات مياه الأمطار "الماجل" نموذجًا مثاليًا لتكامل الاستدامة البيئية مع متطلبات المناخ، مما يعزز من قدرة المجتمعات التونسية على تحقيق الأمن المائي والتنمية المستدامة.

في النهاية، يُعتبر الربط بين الهوية الوطنية والاستدامة عنصرًا أساسيًا لتحقيق التنمية المستدامة. من خلال الحفاظ على التقاليد المعمارية واستخدام المواد المحلية، يمكن للمجتمعات التونسية تعزيز قدرتها على مواجهة التحديات البيئية، مما يضمن استمرار التراث الثقافي ويعزز جودة الحياة. هذا التكامل بين الثقافة والاستدامة يعكس رؤية شاملة تسعى للحفاظ على البيئة وتعزيز الهوية الوطنية في آن واحد. كما تُشير الحكمة الأيكولوجية إلى أن "الأشياء الجيدة تُصنع من الطبيعة، ويجب أن تُعيد كل شيء إلى الطبيعة" (McDonough & Braungart, 2010)، مما يبرز أهمية إعادة التوازن بين الإنسان والبيئة.

في هذا السياق، تبرز تكنولوجيا الاستدامة كعنصر حيوي في التصميم الحديث. فهي تلعب دورًا محوريًا في تطوير حلول مبتكرة تعزز كفاءة استخدام الموارد وتقلل من التأثيرات البيئية. من خلال دمج التقنيات الحديثة مع الممارسات التقليدية، يمكن للمصممين تحقيق توازن بين الاستدامة والوظائف العملية، مما يساهم في خلق بيئات معيشية تعكس القيم الثقافية وتلبي احتياجات المجتمعات الحالية.

بهذه الطريقة، يصبح التصميم المستدام ليس فقط وسيلة للحفاظ على البيئة، بل أيضًا أداة لتعزيز الهوية الثقافية وتحقيق التنمية الشاملة.

2. تكنولوجيا الاستدامة ودورها في التصميم

في سياق التحديات البيئية المتزايدة التي تواجه تونس، يُعتبر استلهام الخصائص المعمارية نهجًا حيويًا لتعزيز الاستدامة في التصميم الداخلي. فالتراث المعماري التونسي، الذي يعكس تاريخًا غنيًا وثقافة متنوعة، يفتح آفاقًا جديدة لتطوير تصاميم تلبي الاحتياجات المحلية وتواجه تحديات المناخ. كما يبرز "بيتر رو" في عمله "الحداثة والإسكان" (Rowe, 1993) أهمية تصميم الفضاءات بطريقة تعكس الثقافة المحلية وتعزز الهوية المجتمعية.

في هذا الإطار، تلعب تكنولوجيا الاستدامة دورًا محوريًا من خلال توفير أدوات وحلول مبتكرة تُمكن المصممين من دمج هذه الخصائص مع التقنيات الحديثة. هذا الدمج يعزز من القدرة على خلق بيئات معيشية تتجسد فيها الهوية الثقافية وتحفي بتاريخ المنطقة، بينما تلبي في الوقت نفسه متطلبات الحياة العصرية، وهو ما يوضحه "رو" من خلال استعراضه لحالات دراسية تظهر تكامل التصميم التقليدي مع الأساليب الحديثة.

علاوة على ذلك، يُسهم هذا الاتجاه في تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل التأثيرات السلبية على البيئة، مما يعكس أهمية التنسيق بين التراث والتكنولوجيا. وبالتالي، يُعتبر استلهاً الخصوصيات المعمارية في إطار تكنولوجيا الاستدامة خطوة استراتيجية نحو تحقيق تنمية مستدامة، تعزز من قدرة المجتمعات على التأقلم مع الظروف المتغيرة وتضمن استدامة الهوية الثقافية، كما يبرز "رو" في تحليله "للتحديات التي تواجه تصميم الإسكان الحديث"³.

1.2. دمج الخصوصيات البيئية مع التقنيات الحديثة

عند دمج الخصوصيات المعمارية مع التقنيات الحديثة، تتاح للمصممين فرصة لخلق بيئات داخلية تعكس الثقافة المحلية وتلبي احتياجات الحياة العصرية. على سبيل المثال، يُعتبر استخدام الألواح الشمسية على الأسطح التقليدية نموذجاً متميزاً لدمج الطاقة المتجددة في التصميم، حيث تسهم هذه الألواح بشكل فعال في توفير الطاقة وتقليل الاعتماد على المصادر غير المتجددة. من هذا المنطلق، يُعتبر التصميم الذي يراعي الاستدامة ضرورة ملحة، حيث يُشير البعض المهندسين المعماريين في مجال التصميم المستدام إلى أن "التصميم يجب أن يكون غير مضر بالبيئة ويحقق فوائد حقيقية للمجتمع" (McDonough & Braungart, 2010)، مما يعكس أهمية التركيز على الجوانب البيئية والاجتماعية في جميع مراحل عملية التصميم.

إضافةً إلى ذلك، يُعزز استخدام مواد العزل الحديثة، مثل الألياف الزجاجية و"البولي يوريثين" (Polyuréthane)، كفاءة العزل الحراري للجدران التقليدية، مما يُقلل من استهلاك الطاقة. تُعتبر النوافذ ذات الزجاج المزدوج (Double vitrage) أو الزجاج الثلاثي (Triple vitrage) خياراً مثالياً لتحسين العزل الحراري والصوتي، حيث تساهم في الحفاظ على درجات حرارة مريحة داخل المباني وتُقلل من الضجيج الخارجي، مما يعزز راحة السكان. كما تساهم هذه المواد في تقليل انبعاثات غازات الدفيئة خلال مراحل التصنيع والنقل، مما يجعلها خياراً مثالياً في مواجهة التحديات المناخية.

في هذا التوجه يُشير "كريستوفر ألكسندر" في كتابه "طبيعة النظام" (The nature of order): إلى أن "المكان الذي يحقق التوازن بين الطبيعة والحياة البشرية هو الذي يشعر فيه الناس بالراحة والسكينة" (Alexander, 2004)، مما يعكس أهمية التنسيق بين التصميم البيئي والتقنيات الحديثة لتحقيق جودة حياة أفضل.

يُعتبر كل من الخشب المعاد تدويره والمواد المركبة منخفضة الانبعاثات عناصر حيوية في التصميم المستدام، حيث يساهمان في تعزيز كفاءة الطاقة وتقليل الأثر البيئي للمباني. يُعد الخشب المعاد تدويره مادة مثالية، إذ يُساعد على تقليل الطلب على قطع الأشجار، مما يُعزز من الحفاظ على الغابات ويقلل من انبعاثات الكربون الناتجة عن عمليات الإنتاج.

³ يبرز "بيتر رو" في تحليله للتحديات التي تواجه تصميم الإسكان الحديث عدة نقاط رئيسية مترابطة. أولاً، يعاني القطاع من ضغط متزايد على الموارد الطبيعية، مما يتطلب تحقيق كفاءة أعلى في استخدامها. ثانياً، تؤثر تغيرات المناخ على الحاجة إلى استراتيجيات تصميم مرنة، تتكيف مع الظروف البيئية المتغيرة مثل الفيضانات والجفاف. علاوة على ذلك، من الضروري مراعاة الخصوصيات الثقافية والاجتماعية للمجتمعات عند تطوير مشاريع الإسكان، لضمان تلبيتها للاحتياجات المحلية. في هذا السياق، يتعين دمج الابتكارات التكنولوجية رغم التحديات الاقتصادية التي قد تتعلق بمحدودية الميزانيات المخصصة لهذه المشاريع.

أخيراً، يبرز التباين بين الحاجة إلى تصاميم معيارية تلي الطلب السريع على الإسكان والرغبة في تطوير تصميمات تعكس الطابع المحلي، مما يضيف بعداً إضافياً للتحديات التي يتعين على المصممين مواجهتها. من خلال معالجة هذه النقاط، يسعى رو إلى تقديم حلول تصميمية تجمع بين الفعالية والجوانب الثقافية والجمالية.

التقليدية. في تونس، حيث تمثل الغابات جزءاً هاماً من التراث الطبيعي، فإن الاعتماد على الخشب المعاد تدويره لا يُعتبر مجرد خيار بيئي، بل هو خطوة استراتيجية للحفاظ على هذا التراث، مما يُساهم في دعم البيئة المحلية وتعزيز استدامة الموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

هذا التوجه يتماشى أيضاً مع ما أكدته "ويليام ماكنو" و"مايكل براونغارت" في كتابهما "من المهد إلى المهد: إعادة تشكيل طريقة صنع الأشياء" (Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things)، حيث أشارا إلى "أهمية التفكير في دورة حياة المواد واستخدامها بشكل يضمن أن تكون مفيدة في كل مرحلة، وليس فقط خلال فترة استخدامها" (McDonough & Braungart, 2010). وبالتالي، فإن اختيار مواد البناء بعناية، مثل الخشب المعاد تدويره، لا يُعزز فقط الاستدامة، بل يُظهر أيضاً كيف يمكن أن تساهم هذه الخيارات في تحقيق توازن فعال بين التطور العمراني والحفاظ على البيئة.

كما، يشير "توني ديكسون" في دراسته "نكي ومستدام؟ مستقبل المدن المستقبلية" إلى أن "اختيار المواد التي تقلل من الأثر البيئي أثناء عملية الإنتاج والتطبيق هو أمر أساسي في تحقيق الاستدامة" (Dixon, 2018). وبالتالي، فإن دمج الخشب المعاد تدويره مع المواد المركبة منخفضة الانبعاثات في مشاريع البناء يُمكن أن يحقق تصميمًا مستدامًا يوازن بين كفاءة، الطاقة والحفاظ على البيئة.

على سبيل المثال، يمكن استخدام الخشب المعاد تدويره في الهياكل الأساسية للمباني، بينما تُستخدم المواد المركبة في العزل، مما يُعزز الأداء الكلي للمباني. يمثل هذا التكامل بين الخشب المعاد تدويره والمواد المركبة "التصميم الدائري" (Circular Design) خطوة هامة نحو تحقيق تصميم مستدام في تونس. فمن خلال استخدام مواد صديقة للبيئة، يمكن تحسين وتطوير جودة الحياة وتقليل الأثر البيئي.

كما قال المعماري والفيلسوف "كريستوفر ألكسندر" في كتابه الطريقة الخالدة للبناء "The timeless way of building" إذا أردنا أن نعيش في عالم صحي، يجب أن نبدأ في بناء مساحات تعكس توازنًا مع الطبيعة" (Alexander, 1979). إن هذا الربط بين المواد المستدامة ورؤية التصميم يعكس أهمية الابتكار والاستدامة في مواجهة التحديات البيئية والتكيف مع تغيرات المناخ، مع الحفاظ على التراث الثقافي والطبيعي الذي يُعتبر جزءاً أساسياً من الهوية التونسية نحو بناء مستقبل أكثر استدامة.

يمكن أيضاً إدخال أنظمة جمع مياه الأمطار كجزء من التصميم، مما يساهم في الاستفادة الفعالة من الموارد المائية. تعمل هذه الأنظمة على تقليل الضغط على مصادر المياه التقليدية، وتُستخدم في الري والاستخدامات المنزلية، مما يعزز من الاستدامة البيئية. كما يشير "إدوارد تشارلز وورث" في كتابه "العمارة الإنسانية: 15 قصة عن مهندسين معماريين يعملون بعد الكوارث" (Humanitarian architecture: 15 stories of architects working after disaster) إلى أن "التصميم كوسيلة للتغيير الإيجابي في المجتمعات المعرضة للتحديات" (Charlesworth, 2014).

يبرز هذا المفهوم أهمية تكامل الحلول المعمارية مع الاحتياجات البيئية والاجتماعية، حيث تُعتبر أنظمة جمع مياه الأمطار مثلاً عملياً لكيفية تطبيق تقنيات بسيطة لتحقيق فوائد ملموسة. من خلال اعتماد هذه الأنظمة، تستطيع المجتمعات المحلية تحسين إدارة مواردها المائية، مما يعزز قدرتها على التكيف مع الظروف المناخية المتغيرة.

علاوة على ذلك، يُمكن استخدام تقنيات الإضاءة الحديثة مثل الأضواء (LED)، التي تتميز بكفاءة عالية في استهلاك الطاقة، في المساحات الداخلية والخارجية. هذا يساهم في تقليل التكاليف التشغيلية وتحسين جودة الإضاءة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن دمج تقنيات الزراعة العمودية في التصميم الحضري، مما يسمح بالاستفادة من المساحات المحدودة لزراعة النباتات دون الحاجة إلى زيادة المساحة الأرضية. كما تشير دراسة "ما هي التأثيرات التي تحدثها الزراعة الحضرية على الاستدامة في المدن ذات الكثافة السكانية العالية" (Zhang, 2023) لـ "كاي تشانغ" إلى أن الزراعة الحضرية تساهم في تعزيز الاستدامة في المدن ذات الكثافة السكانية العالية من خلال تحسين جودة الهواء، وتقليل انبعاثات الكربون، وتوفير مصادر غذائية محلية. هذا التكامل يعكس أهمية الابتكار في استخدام الفضاءات الحضرية بشكل فعال، مما يساهم في خلق بيئات معيشية صحية ومستدامة.

2.2. التحديات والحلول

تُواجه تونس مجموعة من التحديات الكبيرة في تطبيق التكنولوجيا المستدامة، وهذه التحديات تتطلب تحليلاً دقيقاً لفهم أثارها وكيفية التغلب عليها، خاصة في ظل تغيرات المناخ التي تضيق تعقيدات جديدة إلى هذا الواقع. أحد أبرز هذه التحديات هو التكاليف الأولية المرتفعة. فغالباً ما تتطلب الحلول المستدامة استثمارات كبيرة في البداية، مما يُثني العديد من المستثمرين عن اعتمادها. على سبيل المثال، فإن مشروع "نور" للطاقة الشمسية، الذي يهدف إلى توفير طاقة نظيفة، واجه صعوبات في جذب التمويل بسبب التكاليف الباهظة المرتبطة بتركيب الأنظمة. بالإضافة إلى تكاليف التشغيل التي قد تكون أعلى من الخيارات التقليدية. ومع ارتفاع درجات الحرارة وتزايد الطلب على الطاقة، يُصبح الاستثمار في مثل هذه المشاريع أكثر ضرورة في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي يواجهها العالم، ولكن العائق المالي لا يزال يمثل تحدياً رئيسياً.

يُضاف إلى ذلك نقص الوعي والمعرفة بين المهندسين والمصممين في تونس، حيث إن العديد منهم لم يتلقوا التدريب الكافي حول كيفية دمج تقنيات الاستدامة في مشاريعهم. وفقاً لتقرير الهيئة العليا للبيئة، يُظهر أن "ما يعادل 60% من المهنيين في قطاع البناء لم يحصلوا على دورات تدريبية متخصصة"⁴، مما يؤدي إلى استبعاد الحلول المستدامة من عمليات التخطيط والتنفيذ. وفي ظل التحديات المناخية المتزايدة، مثل الفيضانات والجفاف، تصبح الحاجة إلى مهنيين مدربين أكثر إلحاحاً، إذ يُعد التصميم الواعي لهذه التأثيرات أمراً حيوياً لضمان فعالية واستدامة المشاريع في المستقبل. تفتقر تونس أيضاً إلى بنية تحتية قوية تدعم تطبيق تكنولوجيا البناء المستدام، حيث تُعاني الشبكات الكهربائية من ضعف يجعل من الصعب دمج الطاقة المتجددة بشكل فعال. على سبيل المثال، يُظهر مشروع "قرية الطاقة الشمسية" في ولاية قبلي هذا التحدي بوضوح، إذ واجه المشروع صعوبات في الربط بالشبكة الكهربائية الوطنية، مما أعاق تحقيق أهدافه في توفير الطاقة المستدامة. وفي الوقت نفسه، يُبرز تغير المناخ الحاجة الماسة إلى تحسين هذه البنية التحتية، بحيث تكون قادرة على التكيف مع الظروف البيئية المتغيرة وضمان استدامة مصادر الطاقة المستقبلية.

⁴ وزارة التجهيز والاسكان، التقنيات الحديثة في مجال البناء المستدام والبيئة والصحة، مشروع توأمة مع الاتحاد الأوربي لدعم القدرات المؤسسية للوزارة في البناء المستدام، الجمهورية التونسية، الموقع الإلكتروني: <https://www.mehat.gov.tn>

علاوة على ذلك، تبرز الفجوة بين القطاعين العام والخاص كعائق إضافي أمام جهود الاستدامة. فالتعاون المحدود بين هذين القطاعين يُعقد المبادرات الرامية إلى تطوير مشاريع الاستدامة ويعوق تحقيق الأهداف المرجوة. على سبيل المثال، يُظهر مشروع "تدوير النفايات" الذي نفذته وزارة البيئة التحديات التي قد تواجهها هذه الجهود، حيث عانى المشروع من نقص الشراكات الفعالة مع القطاع الخاص، مما أثر سلباً على فعالية البرنامج وأدى إلى عدم تحقيق النتائج المستهدفة. كذلك تُعتبر القيود القانونية والتنظيمية أيضاً تحدياً رئيسياً في تونس، حيث إن النظام القانوني قد لا يتناسب دائماً مع متطلبات الابتكار، مما يُثقل كاهل المستثمرين ويُعيق تحقيق مشاريع التكنولوجيا المستدامة. وفقاً لتقرير اللجنة الوطنية للتنمية المستدامة (CNDD)، فإن "الإجراءات البيروقراطية تتطلب وقتاً طويلاً للحصول على التراخيص"5، مما يؤخر تنفيذ المشاريع ويزيد من تكاليفها بشكل ملحوظ. في ظل الحاجة الملحة لمواجهة التغيرات المناخية، تُصبح ضرورة تسريع هذه الإجراءات أمراً حيوياً لضمان تحقيق الاستدامة والتنمية الفعالة.

بناءً على ما سبق، يتضح أن التحديات التي تواجه تونس في تطبيق التكنولوجيا المستدامة متعددة الأبعاد وتتطلب استراتيجيات متكاملة للتغلب عليها. فمن خلال معالجة هذه العوائق بشكل فعال، يمكن تعزيز القدرة على تبني الحلول المستدامة التي يمكن أن تساهم في تحقيق التنمية المستدامة وتحسين جودة الحياة للمواطنين، خاصة في ظل التغيرات المناخية التي تتطلب استجابة سريعة وفعالة.

يتعين إذن على الحكومة التونسية إذن اتخاذ خطوات فعالة، مثل تقديم حوافز مالية تتضمن الإعفاءات الضريبية والدعم المالي للمشاريع التي تتبنى تقنيات صديقة للبيئة. تعتبر هذه الحوافز ضرورية لجذب المستثمرين، حيث يمكن أن تلعب دوراً حاسماً في تسريع التحول نحو اقتصاد أخضر.

كذلك، يجب تطوير برامج تعليمية وتوعوية تستهدف المهنيين في قطاع البناء، عبر تنظيم ورش العمل والندوات والدورات التدريبية لتعزيز الوعي حول أهمية الحلول المستدامة. على سبيل المثال، ساهم برنامج "الكفاءة الطاقية"6 الذي نُفذ بالتعاون مع وزارة الطاقة في رفع مستوى الوعي بشأن العزل الحراري وأهمية استخدام تقنيات الاستدامة. بالإضافة إلى ذلك، يتعين على الحكومة والقطاع الخاص الاستثمار في تطوير البنية التحتية اللازمة لدعم التكنولوجيا المستدامة، حيث يُعتبر تحسين الشبكات الكهربائية وتوسيع خدمات الصرف الصحي من العناصر الأساسية لتحقيق فعالية هذه الحلول.

في هذا السياق، تُشير تقارير البنك الدولي إلى أن "الاستثمار في البنية التحتية يُعزز من قدرة البلاد على استيعاب الابتكارات المستدامة، مما يساهم في خلق بيئة ملائمة للاعتماد على التقنيات الحديثة وتسهيل دمجها في مختلف القطاعات"7.

⁵ اللجنة الوطنية للتنمية المستدامة (CNDD)، التجسيد القانوني - والمؤسسي - للتنمية - المستدامة، آخر تحديث: 15-8-2023، الموقع الإلكتروني :

<https://www.environnement.gov.tn/ar>

⁶ برنامج "الكفاءة الطاقية" في تونس تم إطلاقه في عام 2009 كجزء من جهود الحكومة لتعزيز كفاءة استخدام الطاقة وتقليل الفواتير الطاقية للمواطنين والمشاريع. البرنامج يشمل عدة مبادرات تهدف إلى تحسين الكفاءة الطاقية في مختلف القطاعات، بما في ذلك البناء والنقل والصناعة.

⁷ تقرير للبنك الدولي، تطوير البنية التحتية يزدهر في ظل أطر تنظيمية قوية للشراكة بين القطاعين العام والخاص، مجموعة البنك الدولي،

علاوة على ذلك، يُعد تعزيز التعاون بين القطاعين العام والخاص خطوة مهمة أيضًا. فالشراكات الاستراتيجية، مثل مشروع "تدوير النفايات" الذي نفذته وزارة البيئة بالتعاون مع منظمات غير حكومية في عام 2010، يمكن أن تؤدي إلى تحسين ثقافة إعادة التدوير وتعزيز الاستدامة في المجتمع. فمن خلال الربط بين تطوير البنية التحتية وتعزيز الشراكات، تستطيع تونس تحقيق تقدم ملموس في مجالات الاستدامة وتكنولوجيا الطاقة. أخيرًا، يجب تشجيع البحث والابتكار في مجال التكنولوجيا المستدامة، حيث يُعتبر دعم المراكز البحثية والجامعات، مثل جامعة تونس، من خلال تمويل مشروعات بحثية تتناسب مع السياق المحلي وتلبي احتياجات المجتمع أمرًا ضروريًا. فمن خلال معالجة هذه التحديات وتطبيق الحلول الملائمة، تستطيع تونس تعزيز جودة الحياة للسكان وتحقيق التنمية المستدامة المرجوة. ولتحقيق ذلك، يتطلب الأمر تضافر الجهود من جميع الأطراف المعنية لضمان نتائج فعالة ومستدامة.

يمثل التكامل بين التصميم المستدام واحتياجات المجتمع خطوة حيوية نحو تحسين جودة الحياة وبناء مجتمعات أكثر مرونة في مواجهة الأزمات البيئية. في هذا الإطار، يُعتبر التصميم المستدام أداة فعالة لتحقيق التغيير الإيجابي، مما يبرز أهمية الابتكار في تعزيز التنمية المستدامة عبر مختلف السياقات. ومن خلال دمج العناصر التقليدية مع التقنيات الحديثة، يمكن تحقيق تصميم يعكس الهوية الثقافية ويعالج التحديات البيئية بفاعلية. هذا النهج يساهم في إنشاء مجتمعات متماسكة، قادرة على التكيف مع التغيرات المناخية والاقتصادية، مما يعزز قدرتها على مواجهة المستقبل بثقة واستدامة. وفي ضوء هذه الأبعاد، تتجه الرؤى المستقبلية نحو استكشاف أساليب جديدة للتصميم والممارسات المستدامة، مما يتطلب شراكات قوية بين جميع الأطراف المعنية، وتعزيز البحث والابتكار لدفع هذا التوجه نحو النجاح.

3. التوجهات المستقبلية والرؤى العملية

1.3. استعراض التجارب الدولية في الاستدامة البيئية

يواجه كوكب الأرض ضغوطًا متزايدة بسبب التغيرات المناخية، وزيادة معدلات التلوث، ونضوب الموارد الطبيعية. وأصبح من الضروري أن تتبنى الدول سياسات بيئية تتسم بالاستدامة والابتكار في مختلف المجالات، بما في ذلك الطاقة، والمياه، والنقل، والمباني، والزراعة. في هذا السياق، يعتبر تقرير "الاقتصاد الأخضر" (Mishra, 2017) الصادر عن "برنامج الأمم المتحدة للبيئة" (Union & African, 2011) بمثابة مرجع مهم، حيث يشير إلى "ضرورة تحول الاقتصادات العالمية نحو نماذج أكثر استدامة من خلال الاستثمار في الحلول البيئية المبتكرة لتقليل التأثيرات السلبية على البيئة وتحقيق تنمية اقتصادية مستدامة".

وفي هذا السياق، تعتبر التجارب الدولية الناجحة في مجال الاستدامة البيئية مصدرًا هامًا يمكن أن يُستفاد منه لتطوير السياسات والممارسات البيئية المحلية، بما يتماشى مع التحديات والفرص الخاصة بكل بلد. فقد أوضح "تقرير التنمية

البشرية" (Conceição, 2019) "أن السياسات البيئية المبتكرة ضرورية لتحقيق التوازن بين الحفاظ على البيئة وتحقيق التنمية الاقتصادية، وذلك عبر تبني تقنيات أكثر كفاءة في استخدام الموارد الطبيعية".

فيما يخص تونس، التي تواجه تحديات بيئية واقتصادية متعددة، يمكن أن تقدم التجارب العالمية في الاستدامة البيئية حلولاً عملية وأفكاراً مبتكرة تساعد في تحقيق توازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة. في هذا الصدد، يشير تقرير "الاقتصاد الأخضر" (Union & African, 2011) للأمم المتحدة إلى "أهمية استخدام حلول بيئية قابلة للتنفيذ محلياً لتوفير فرص عمل جديدة وتخفيف التحديات البيئية التي تواجهها البلدان النامية مثل تونس". ففي الوقت الذي تسعى فيه "تونس" إلى تطوير بنيتها التحتية وتحقيق التنمية المستدامة، فإن الاطلاع على التجارب الدولية الرائدة في هذا المجال يساهم في تزويدها بإستراتيجيات فعالة يمكن تبنيها وتكييفها بما يتناسب مع الظروف المحلية.

تعد الدول التي قطعت شوطاً كبيراً في تبني حلول بيئية مبتكرة، مثل "الدول الاسكندنافية"، "اليابان"، "ألمانيا"، و "كندا"، نماذج قيّمة يمكن لـ "تونس" الاستفادة منها. فقد استطاعت هذه الدول، بفضل سياساتها البيئية الطموحة، أن تحقق تقدماً ملموساً في العديد من القطاعات البيئية مثل استخدام الطاقة المتجددة، والحد من الانبعاثات الكربونية، وتعزيز كفاءة استخدام الموارد، والانتقال إلى الاقتصاد الدائري. كما تبرز تلك النماذج في كيفية تطوير نماذج مستدامة في النقل، والإسكان، والتخطيط الحضري. وفي هذا السياق، يمكن الاستفادة من تقرير "الاقتصاد الأخضر" (Mishra, 2017) الصادر عن الأمم المتحدة (Union & African, 2011)، الذي يبرز نجاح هذه البلدان في تعزيز الابتكار البيئي من خلال تقنيات مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، فضلاً عن تعزيز تطبيقات الاقتصاد الدائري.

إن التفاعل بين التوجهات البيئية العالمية والتحديات المحلية يشكل فرصة هامة لـ "تونس" لتطبيق حلول مبدعة وفعالة تحافظ على البيئة وتساهم في تعزيز التنمية المستدامة. من خلال دراسة هذه التجارب واستلهاهم أفضل الممارسات، يمكن لتونس أن تطور سياسات بيئية مبتكرة تتماشى مع أهدافها الوطنية وتحقق الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية على المدى الطويل. كما يعزز تقرير "حدود النمو" (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens, 1972) الصادر عن "نادي روما" (1972) "أهمية تبني سياسات تنموية مستدامة على المدى الطويل لمنع تدهور الموارد الطبيعية والبيئة".

سنعرض في هذا المقال بعض النماذج العالمية الناجحة التي يمكن أن تقدم دروساً قيمة لـ "تونس" في مسيرتها نحو الاستدامة البيئية، مع التركيز على كيفية تكييف هذه التجارب لتلبية احتياجاتها الخاصة. فكما أشار تقرير "التنمية البشرية" (PLANET & HEALTHY, 2019)، "يعد تكييف الحلول البيئية العالمية مع الخصوصيات المحلية من العناصر الأساسية لتحقيق النجاح في التنمية المستدامة".

1.1.3. النموذج الاسكندنافي: القيادة في التصميمات الخضراء

الدول الاسكندنافية مثل "السويد" و "النرويج" و "الدنمارك" تعد من رواد العالم في مجال الاستدامة البيئية، حيث تبنت هذه الدول "سياسات بيئية متطورة" (Stern, 2007) تهدف إلى تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة. هذه الدول تعتبر مثلاً حياً على كيفية دمج التكنولوجيا النظيفة مع التصميم البيئي في مختلف جوانب الحياة،

سواء في التخطيط الحضري أو في المشاريع الصناعية، ما يجعلها نموذجًا يمكن أن تستفيد منه دول أخرى، بما في ذلك "تونس"، التي تسعى جاهدة لتحقيق التنمية المستدامة.

• التكنولوجيا النظيفة والتصميم البيئي

في "السويد"، تم تبني العديد من التقنيات البيئية المبتكرة التي تهدف إلى تقليل الاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة مثل الوقود الأحفوري. أحد الأمثلة البارزة على ذلك هو استخدام أنظمة التدفئة "الجيوحرارية" (Géothermique)، التي تعتمد على استخراج الحرارة من باطن الأرض لتوفير الطاقة اللازمة لتدفئة المباني. هذه الأنظمة تعتبر من أكثر التقنيات البيئية فعالية لأنها تساهم في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل ملحوظ. بالإضافة إلى ذلك، تسعى السويد إلى تعزيز استخدام الطاقة المتجددة من خلال دعم مشاريع الطاقة الشمسية والرياح.

أما في "النرويج"، فإن التحول إلى الطاقة النظيفة لا يقتصر فقط على القطاع السكني أو الصناعي، بل يمتد أيضًا إلى قطاع البناء. ففي العديد من المشاريع السكنية الحديثة، تسعى "النرويج" إلى دمج الطاقة الشمسية كجزء من تصميم المباني، مما يقلل من استهلاك الطاقة التقليدية ويسهم في بناء بيئة أكثر استدامة. هذه التوجهات البيئية تساهم في تعزيز الاقتصاد الأخضر وتوفير مصادر طاقة متجددة، وهو ما يجعلها نموذجًا يحتذى به في الابتكار البيئي.

• التصميم البيئي في المدن

على صعيد آخر، تعتبر مدينة "كوبنهاغن" في "الدنمارك" واحدة من أبرز المدن في العالم التي اعتمدت التصميم البيئي في تخطيطها الحضري. فالمدينة لا تقتصر فقط على تطوير مباني صديقة للبيئة، بل تقوم بتطبيق تقنيات مبتكرة لخفض استهلاك الطاقة وتعزيز الاستدامة. على سبيل المثال، تم تركيب أنظمة إضاءة ذكية في الشوارع والمباني، التي تعمل على تقليل استهلاك الكهرباء عبر حساسات الحركة التي تنظم الإضاءة حسب الحاجة. كما تم إدخال العديد من المساحات الخضراء داخل النسيج الحضري، مثل الحدائق العامة والحدائق السطحية على الأسطح، التي لا تساهم فقط في تحسين نوعية الحياة في المدينة، بل أيضًا في تقليل التلوث.

إضافة إلى ذلك، تبنت "كوبنهاغن" سياسة النقل المستدام، حيث تم توسيع شبكة الدراجات الهوائية وتطوير شبكة النقل العام الكهربائي، مما يساهم في تقليل الاعتماد على السيارات ويحد من الانبعاثات الكربونية. وتهدف المدينة إلى أن تصبح خالية من الكربون بحلول عام 2025، وهو هدف طموح يعكس التزامها الكبير بالاستدامة البيئية والاقتصاد الأخضر.

2.1.3. النموذج الياباني: الاستخدام الفعال للطاقة والتوازن مع الطبيعة

تتميز "العمارة" اليابانية بتكاملها مع البيئة الطبيعية واهتمامها بالاستدامة (Kajikawa & Takahara, 2024)، حيث يتم استخدام تقنيات مبتكرة في تصميم المباني والمساحات لزيادة كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل التأثير البيئي السلبي. هذا نموذجًا يعتبر مثاليًا لاستغلال المساحات الصغيرة بكفاءة، من خلال تصميمات تستفيد إلى أقصى حد من المساحات المحدودة، مما يساعد على تقليل استهلاك الموارد الطبيعية.

• استخدام الفضاءات الصغيرة بكفاءة

تتميز التصميمات "اليابانية" بتركيزها على استغلال المساحات الصغيرة بطريقة عملية ومبتكرة. من خلال استخدام التصميمات متعددة الوظائف واستخدام الأسطح القابلة للتعديل، بحيث يمكن أن تحتضن جميع الاحتياجات اليومية دون الحاجة إلى مزيد من الاستهلاك المفرط للموارد. هذا الاجراء يساهم في تقليل النفايات واستخدام المواد الطبيعية بكفاءة، مما يتماشى مع مبدأ الاستدامة في تصميم المسكن الياباني.

● تقنيات العزل الحراري وتخزين الطاقة

إضافة إلى التصميمات المبتكرة، تتبنى "اليابان" تقنيات متقدمة للعزل الحراري في المباني، مما يساهم بشكل كبير في تقليل استهلاك الطاقة. فعن طريق تحسين العزل الحراري، يمكن تقليل الحاجة إلى التدفئة أو التبريد في الفصول المختلفة، وهو ما يساعد في خفض الفاتورة الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية. علاوة على ذلك، تستخدم "اليابان" الأنظمة الشمسية لتوليد الطاقة، حيث تُركب الألواح الشمسية على الأسطح لتوفير الطاقة المتجددة في المنازل والمباني التجارية. هذا النهج يعكس التزامها بتحقيق الاستدامة البيئية ويعد جزءاً من استراتيجياتها الوطنية للتحويل إلى اقتصاد منخفض الكربون.

3.1.3. النموذج الألماني: الابتكار في مجال الطاقة المتجددة والاقتصاد الدائري

يُعتبر هذا النموذج واحداً من أبرز الأمثلة العالمية على التحول نحو الطاقة المتجددة والاقتصاد الدائري. بدأت "ألمانيا" في تبني "سياسات الطاقة المتجددة منذ سنة 2000" (Stefes, 2014)، ووضعت هدفاً واضحاً للانتقال إلى مصادر طاقة مستدامة ومتجددة. في هذا التوجه؛ تعد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح من المصادر الرئيسية التي تعتمد عليها البلاد لتوليد الكهرباء، مما جعلها واحدة من الدول الرائدة في العالم في هذا المجال. فمن خلال الاستثمارات الضخمة في البنية التحتية للطاقة المتجددة، حققت "ألمانيا" تحولاً كبيراً في هيكل الطاقة الوطني. كما أن البلاد تعمل على تعزيز تخزين الطاقة عبر تطوير تقنيات مبتكرة مثل البطاريات عالية السعة و محطات تخزين الطاقة المتجددة، لضمان استقرار الشبكة الوطنية في مواجهة التحديات المرتبطة بتقلبات مصادر الطاقة المتجددة.

فيما يتعلق بالاقتصاد الدائري، تُظهر "ألمانيا" التزاماً طويل الأمد بتطبيق ممارسات إعادة التدوير واستخدام المواد المعاد تدويرها في العديد من الصناعات. يتم تطبيق هذه الممارسات في قطاعات متنوعة مثل صناعة السيارات والبناء والإلكترونيات، حيث تُسعى لتقليل النفايات وتحسين الكفاءة في استخدام المواد. تعتمد ألمانيا على نظام متقدم لإدارة النفايات يشمل فصل النفايات وفقاً لأنواعها المختلفة، ومن ثم إعادة معالجتها لاستخدامها مرة أخرى في عملية الإنتاج. كما تشجع الحكومة الألمانية على تطوير تقنيات إعادة التدوير الذكية التي تعتمد على استخدام الروبوتات و الذكاء الصناعي لتحسين دقة الفرز وزيادة معدلات التدوير.

علاوة على ذلك، تولي "ألمانيا" اهتماماً كبيراً لتحفيز الابتكار البيئي من خلال دعم الأبحاث والتطوير في مجالات مثل المواد المستدامة والتقنيات الخضراء. على سبيل المثال، تستثمر الحكومة "الألمانية" في مشروعات البحث في تكنولوجيا الطاقة النظيفة مثل الخلايا الشمسية المتقدمة ومحطات الطاقة النظيفة، مما يساعد على تحقيق أهدافها الطموحة لتقليل الانبعاثات الكربونية وتعزيز الاستدامة البيئية على المدى الطويل.

4.1.3. النموذج الكندي: المدن المستدامة والمباني الخضراء

النموذج "الكندي" في الاستدامة البيئية يعكس "تزاوجًا مثاليًا بين التصميم المستدام والتخطيط الحضري" (O'Neill & Affolderbach, 2024). في مدينة "فانكوفر"، يتم تطبيق ممارسات البناء الأخضر باستخدام مواد صديقة للبيئة وتقنيات العزل الحراري، مما يقلل استهلاك الطاقة. كما يتم تركيب أنظمة الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء، مما يعزز من استقلالية المباني في استهلاك الطاقة.

تسعى "كندا" أيضًا إلى إدارة المياه بكفاءة عبر أنظمة تجميع مياه الأمطار، واستخدام أدوات موفرة للمياه، مثل الدش الموفر والمراحيض ذات الكفاءة العالية. في ما يخص الاقتصاد الدائري، تُستخدم المواد المعاد تدويرها في البناء، مما يعزز الاستدامة ويقلل النفايات.

في مجال التخطيط الحضري، تتمتع "كندا" بأولوية دمج المساحات الخضراء في المدن، ما يُحسن البيئة المعيشية. كما تروج لاستخدام وسائل النقل العامة المستدامة، مثل الحافلات الكهربائية والقطارات العاملة بالطاقة النظيفة، لتقليل الانبعاثات الكربونية. بالإضافة إلى ذلك، تعزز فضاء استخدام الدراجات الهوائية من خلال بناء مسارات خاصة، مما يساهم في تقليل الاعتماد على السيارات.

عموماً، يعتمد هذا النموذج على التقنيات المستدامة في البناء، إدارة الموارد، والنقل المستدام، مما يساهم في تحسين جودة الحياة وتقليل التأثير البيئي في المدن.

2.3. الدروس التي يمكن لتونس الاستفادة منها

من خلال الاستفادة من النماذج العالمية الناجحة التي تبنت سياسات بيئية طموحة، يمكن لـ "تونس" أن تستلهم العديد من الدروس القيمة. فيما يلي بعض الدروس المستفادة من النماذج البيئية الناجحة في "الدول الاسكندنافية"، "اليابان"، "ألمانيا" و"كندا"، والتي يمكن تكيفها مع الخصائص البيئية والاقتصادية المحلية في "تونس".

من أبرز هذه الدروس هو الاستفادة من الطاقة المتجددة، وهو ما تبنته الدول "الاسكندنافية" مثل "السويد" و"النرويج". إذ يمكن لـ "تونس" تعزيز استثماراتها في تقنيات الطاقة الشمسية، لا سيما في المناطق الصحراوية التي تتمتع بموارد ضخمة للطاقة الشمسية. إضافة إلى ذلك، يمكن استكشاف استخدام الطاقة الجيوحرارية في بعض المناطق التي تحتوي على موارد حرارية جوفية، كما فعلت "السويد" في استخدام أنظمة التدفئة "الجيوحرارية"، مما يساهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري ويقلل من انبعاثات الكربون.

أما في مجال التخطيط الحضري المستدام، فقد قدمت مدينة "كوبنهاغن" في "الدنمارك" مثلاً متميزاً. فمن خلال تحسين المساحات الخضراء داخل المدن واستخدام الأسطح النباتية، يمكن لـ "تونس" أن تعزز من جودة الهواء وتقلل من التلوث. كما يمكن تبني أنظمة الإضاءة الذكية، مثل تلك التي طبقتها "كوبنهاغن"، لتقليل استهلاك الكهرباء عبر استخدام حساسات الحركة. هذه الحلول ستكون مفيدة بشكل خاص في المدن الكبرى في تونس التي تواجه تحديات في الحفاظ على بيئة حضرية صحية.

فيما يتعلق بتقنيات العزل الحراري، فقد اعتمدت "اليابان" هذه التقنيات بشكل فعال في المباني لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة. من خلال تطبيق تقنيات العزل الحراري في المباني السكنية والتجارية، يمكن لـ "تونس" أن تقلل من الحاجة إلى التدفئة أو التبريد، مما يؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف المرتبطة بالطاقة. كما يمكن لها استخدام تقنيات الطاقة الشمسية على أسطح المباني لتوليد الكهرباء، كما فعلت "اليابان"، لتقليل الاعتماد على الكهرباء التقليدية.

أما "ألمانيا"، فقد تميزت بتطبيق الاقتصاد الدائري، وهو نموذج يمكن لـ "تونس" الاستفادة منه من خلال تشجيع إعادة التدوير واستخدام المواد المعاد تدويرها في الصناعات المختلفة. على سبيل المثال، يمكن تطبيق هذا النموذج في صناعة البناء عبر استخدام المواد المعاد تدويرها في البناء، مما يساعد في تقليل النفايات وتعزيز الكفاءة في استخدام الموارد. كما يمكن لـ "تونس" أن تتبنى سياسات مماثلة لتعزيز إعادة التدوير، بما يتماشى مع ما قامت به ألمانيا من تطوير أنظمة متقدمة لفصل النفايات وإعادة معالجتها.

من جهة أخرى، في "كندا"، يتم التركيز بشكل كبير على إدارة الموارد المائية بكفاءة، وهو درس مهم لتونس التي تعاني من ندرة المياه. وبالتالي يمكنها تطبيق تقنيات مثل تجميع مياه الأمطار واستخدام أنظمة موفرة للمياه مثل الحمامات والمراحيض ذات الكفاءة العالية، لتقليل استهلاك المياه. كما يمكن لتونس أن تستفيد من تطبيق البناء الأخضر كما في مدينة "فانكوفر الكندية"، التي تعتمد على مواد بناء صديقة للبيئة وتقنيات العزل الحراري، مما يساهم في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني.

وأخيراً، يمكن لـ "تونس" أن تحفز الابتكار في تقنيات الطاقة النظيفة، مثل ما فعلت ألمانيا من خلال استثمارها الكبير في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. فمن خلال دعم البحث والتطوير في هذا المجال، يمكن لتونس تحسين تقنيات الطاقة المتجددة وزيادة قدرتها على تحقيق انتقال طاقى مستدام، مما سيساعد في تحقيق أهدافها البيئية والاقتصادية في المستقبل.

من خلال تطبيق الدروس المستفادة من التجارب الدولية في الاستدامة البيئية وتكييفها مع الظروف المحلية، يمكن للدولة "التونسية" تعزيز استدامتها البيئية وتحقيق توازن فعال بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة. هذا الاجراء يقتضي توجيه المصممين والمهندسين المعماريين نحو تبني ممارسات التصميم المستدام من خلال تشجيع المشاريع التي تعتمد هذه المبادئ وتسعى لتطوير برامج تعليمية تهدف لرفع الوعي البيئي. كما يمكن تنظيم ورش عمل ومؤتمرات تجمع بين المهنيين المحليين والدوليين لتبادل الخبرات والمعرفة، مما يعزز الابتكار ويحفز على تطوير حلول تصميمية مستدامة. بدمج التكنولوجيا المستدامة مع الخصوصيات الثقافية والمعمارية التونسية، يمكن خلق تصاميم داخلية تلبي الاحتياجات المعاصرة مع الحفاظ على الهوية المحلية. هذا الاجراء يدعم الجهود العالمية لمكافحة تغير المناخ ويسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، مع تعزيز التراث المعماري والثقافي الذي تزخر به البلاد.

خاتمة

في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي تواجهها "تونس"، تتزايد الحاجة إلى تطوير استراتيجيات تصميم داخلي مستدامة تتماشى مع التوجهات العالمية لمكافحة تغير المناخ وتحقيق كفاءة أعلى في استخدام الموارد. من خلال دمج التكنولوجيا المتقدمة مثل أنظمة إدارة الطاقة الذكية والمواد البنائية المستدامة، يمكن لتونس تعزيز استدامتها البيئية وتقليل الانبعاثات الكربونية، مما يساهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية ودعم التنمية المستدامة.

إن الجمع بين الابتكار التكنولوجي والتراث المعماري التونسي يشكل خطوة محورية نحو تصميم بيئات داخلية تعكس الهوية الثقافية المحلية، وفي الوقت ذاته تلتزم بمبادئ الاستدامة البيئية. فمن خلال تكييف الحلول التقنية الحديثة مع الخصائص المحلية، يمكن تحقيق توازن فعال بين الجوانب الجمالية والوظيفية، مع ضمان توافق هذه الحلول مع متطلبات الحفاظ على البيئة.

أحد أبرز التحديات في هذا السياق يكمن في كيفية دمج هذه الحلول التكنولوجية بفعالية ضمن التصميم الداخلي التونسي، مع مراعاة المكونات الثقافية والمعمارية التقليدية. من هنا، فإن تطوير تصاميم داخلية مستدامة يتطلب معرفة معمقة بالتقنيات الحديثة، بالإضافة إلى قدرة المصممين والمهندسين المعماريين على تكييف هذه الحلول بما يتناسب مع احتياجات المجتمع التونسي المحلي.

ولكن لا تتوقف التحديات البيئية عند حدود التصميم الداخلي. بل تفتح أفقًا واسعًا للتفكير في ضرورة تكامل العلوم المختلفة - مثل علوم البيئة، الهندسة، والتكنولوجيا - لحل المشكلات البيئية المعقدة. فالتحديات التي نواجهها اليوم، من تغير المناخ إلى ندرة الموارد، تتطلب حلولًا مبتكرة ومتعددة الأبعاد. وفي هذا السياق، يمكن أن يساهم التعاون بين التخصصات العلمية المختلفة في تطوير حلول مستدامة على جميع الأصعدة، من البنية التحتية إلى السياسات العامة، مما يساهم في بناء مستقبل بيئي أفضل. إن هذا التكامل بين المعرفة والابتكار سيمنح تونس فرصة فريدة لمواكبة التحولات العالمية وتعزيز مكانتها في مسار الاستدامة البيئية.

المراجع:

- Alexander, C. (2004). The nature of order. Berkeley, CA, USA: Taylor & Francis.
- Alexander, C. (1979). The timeless way of building. Oxford University Press.
- Charlesworth, E. (2014). Humanitarian architecture: 15 stories of architects working after disaster. Routledge.
- Conceição, P. (2019). Human development report 2019: Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21st century. Human Development Report.
- Dixon, T. (2018). Smart and sustainable? The future of 'Future Cities'. Sustainable futures in the built environment to 2050: A foresight approach to construction and development, 94-116.

- Kajikawa, K., & Takahara, J. (2024). Thermal Plasmonics and Metamaterials for a Low-Carbon Society. . Taylor & Francis Group.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2010). Cradle to cradle: Remaking the way we make things. North point press.
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W. (1972). The Limits to Growth. New York: Universe Books. Cerca con Google.
- Mishra, P. (2017). Green economy: A panacea for sustainable development and poverty reduction. Journal of International Economics, 8(1), 19-28.
- O'Neill, K., & Affolderbach, J. (2024). Assembling place-based transitions: capitalist logics of green building in Vancouver, Canada. Urban Geography, 45(5), 840-862.
- PLANET, & HEALTHY. (2019). Global environment outlook geo-6 healthy planet. Cambridge University Press.
- Rowe, P. (1993). Modernity and housing. The MIT press.
- Stefes, C. (2014). Energiewende: Critical junctures and path dependencies since 1990. Rapide Politikwechsel in der Bundesrepublik: Theoretischer Rahmen und empirische Befunde, 1, 48-71.
- Stern, N. (2007). The economics of climate change: the Stern review. HM Treasury.
- Union, & African. (2011). (). A green economy in the context of sustainable development and poverty eradication: what are the implications for Africa?. Knowledge Repository.
- Zhang, K. (2023). What impacts does urban farming have on sustainability in highly populated cities. Doctoral dissertation, Master Thesis, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.

Carbon Monitoring and Reporting: A Strategic Framework for Saudi Organizations to Achieve Net Zero and Contribute to Saudi Vision 2030

رصد الكربون والإبلاغ عنه: إطار استراتيجي للمؤسسات السعودية لتحقيق صافي الكربون والمساهمة في رؤية السعودية 2030

Mohamed S. Elfleet

Center of Excellence in Environmental Studies, King Abdulaziz University, Jeddah, KSA

malfleet@kau.edu.sa

Abstract

Climate change is a critical threat, driving global efforts to limit CO₂ emissions and temperature rise per the Paris Agreement. Achieving meaningful progress requires active participation from organizations in addition to governments. Saudi Arabia faces the challenge of balancing its fossil fuel-based economy with sustainability goals, including its commitment to Net Zero by 2060 and Vision 2030. Carbon monitoring and reporting are crucial tools for Saudi organizations to meet these goals, helping quantify emissions across Scopes 1, 2, and 3 for better transparency. Effective carbon management enhances efficiency, fosters innovation, and creates opportunities in renewable energy and green technologies. Robust carbon monitoring and reporting also strengthen reputational value, attracting investment and enhancing global competitiveness. This paper aims to provide a comprehensive guide for Saudi organizations on the principles and best practices of carbon monitoring and reporting. It will explore methodologies for tracking emissions, international standards and frameworks, and strategies for integrating carbon reduction into core business practices. By doing so, Saudi organizations can play a pivotal role in supporting the nation's transition to a low-carbon economy and contributing to both Net Zero.

Keywords: Net Zero, low-carbon economy, GHG Protocol, Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD), Carbon monitoring, Saudi Vision.

الملخص:

يُمثل تغير المناخ تهديدًا خطيرًا، وهو ما يدفع الجهود العالمية للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وارتفاع درجات الحرارة وفقًا لاتفاق باريس. لتحقيق تقدم ملموس يتطلب الأمر مشاركة فعالة من المنظمات والحكومات. تواجه المملكة العربية السعودية التحدي المتمثل في تحقيق التوازن بين اقتصادها القائم على الوقود الأحفوري وأهداف الاستدامة، بما في ذلك التزامها بصافي الكربون بحلول عام 2060 ورؤية 2030. وتعد مراقبة ورص الكربون وإعداد التقارير عنه أدوات حاسمة

للمؤسسات السعودية لتحقيق هذه الأهداف، مما يساعد في تحديد كمية الانبعاثات عبر النطاقات 1 و2 و3 لتحسين الشفافية. تعمل الإدارة الفعالة للكربون على تعزيز الكفاءة، وتشجع الابتكار الأخضر، وخلق الفرص في مجال الطاقة المتجددة والتكنولوجيات الخضراء. كما يعمل الإبلاغ القوي عن الكربون على تعزيز قيمة السمعة، وجذب الاستثمار، وتعزيز القدرة التنافسية العالمية. تهدف هذه الورقة عرض دليل شامل للمؤسسات السعودية حول المبادئ وأفضل الممارسات لرصد الكربون والإبلاغ عنه. وكذلك استكشاف منهجيات تتبع الانبعاثات والمعايير والأطر الدولية واستراتيجيات دمج الحد من الكربون في ممارسات الأعمال الأساسية. ومن خلال القيام بذلك، يمكن للمؤسسات السعودية أن تلعب دوراً محورياً في دعم انتقال البلاد إلى اقتصاد منخفض الكربون والمساهمة في صافي الكربون.

الكلمات المفتاحية: صافي الانبعاثات صفر، اقتصاد منخفض الكربون، بروتوكول غازات الاحتباس الحراري، فريق العمل المعني بالإفصاحات المالية المتعلقة بالمناخ، مراقبة الكربون، رؤية السعودية.

1. Introduction

Since the 1800s, it has been known that greenhouse gases (GHGs), which absorb infrared radiation, warm the Earth's surface (Hertzberg et al., 2017). The concentration of these gasses changes both naturally and due to human activities, particularly through industrial and agricultural practices that release gases that trap more energy in the atmosphere. This intensifies the natural greenhouse effect, which is closely tied to the concepts of climate change and global warming (Hansen et al., 2023). Global warming, driven by natural and human activities that increase greenhouse gases, is a major cause of climate change. Climate change includes the broader impacts of global warming on Earth's climate system that affect seasonal patterns and crop yields (Srivastav, 2019), pose serious risks to the agricultural sector and potentially disrupt food security (Bilgili et al., 2024).

The 2015 Paris Agreement, established at COP21, is a key international effort to combat climate change, aiming to limit global warming to below 2°C, with an aspirational target of 1.5°C. By striving to meet these targets, the agreement seeks to mitigate the adverse effects of climate change on agriculture and food security, highlighting the importance of international cooperation in addressing these pressing issues (Wu, 2016). This target is significant, as even small differences in global temperature rise can lead to disproportionately large impacts, particularly on vulnerable ecosystems and communities (Viterbi et al., 2020). Reaching the 1.5°C target requires transforming global economies and cutting GHG emissions to Net Zero by mid-century. (United Nations, 2015). The success of the Paris Agreement relies on active

involvement from businesses and organizations, alongside government policies, due to their substantial role in global emissions. (Streck et al., 2016).

Saudi Arabia's economy heavily depends on fossil fuel exports, with oil and gas making up a large portion of government revenue and export earnings. (Wada & Tuna, 2017). Saudi Arabia's reliance on hydrocarbons leads to high GHG emissions and makes the country vulnerable to climate change impacts, threatening agriculture, biodiversity, and public health. These environmental challenges are compounded by the Kingdom's socio-economic reliance on the fossil fuel industry, making the transition to a low-carbon economy both necessary and complex (Hilmi et al., 2020).

In response to these challenges, Saudi Arabia's Vision 2030, launched in 2016, aims to diversify the economy and reduce reliance on oil by promoting non-oil sectors like tourism, entertainment, and renewable energy. (Al Anezi, 2021). A key element of Saudi Vision 2030 is the commitment to achieving Net Zero emissions by 2060, announced in 2021 at the Saudi Green Initiative Forum.

The Net Zero target aligns Saudi Arabia's developmental objectives with global climate initiatives, indicating a transition toward a more sustainable and resilient economic framework (Al-Sinan et al., 2023). For this purpose, the Kingdom of Saudi Arabia is investing in large-scale renewable energy projects like solar and wind to diversify its energy mix. The Saudi and Middle East Green Initiatives seek to enhance carbon sequestration through reforestation and cutting-edge carbon capture and storage methods, while highlighting the potential of clean technologies, such hydrogen production, to decarbonize energy markets (Alshammari, 2020).

Saudi Arabia's Net Zero strategy relies on government policies and business involvement, especially in energy and heavy industries, which must adopt carbon reduction strategies and monitor emissions. In addition, integrating sustainability into business models is crucial for staying competitive in a global market shifting towards low-carbon products. Compliance with international sustainability standards, such as TCFD and the Greenhouse Gas Protocol, is essential for attracting global investors and partners. (Medabesh & Khan, 2020). Saudi Vision 2030 prioritizes sustainability-focused industries, like green technologies and renewable energy, to drive economic growth, innovation, and investment while supporting climate goals. (Alshuwaikhat & Mohammed, 2017).

2. Framework of Carbon Monitoring and Reporting

2.1 International Standards and Protocols

2.1.1 GHG Protocol

The GHG Protocol, created by the World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, sets comprehensive guidelines for accounting and reporting greenhouse gas emissions across Scope 1 (direct), Scope 2 (energy-related), and Scope 3 (value

chain) (Baratta et al., 2023). Its widespread adoption allows corporations to report emissions transparently and in compliance with international standards (Pinus, 2023). Accurate carbon monitoring frameworks are essential for climate change mitigation, as they facilitate tracking and disclosure of GHG emissions, thereby supporting climate action (Leifeld, 2023). By integrating effective reporting mechanisms, organizations enhance stakeholder trust, ensure regulatory compliance, and drive emissions reductions aligned with global climate objectives (Barbhuiya et al., 2024). Implementing frameworks like the GHG Protocol and ISO 14064 promotes sustainability and responsible business practices, while also yielding benefits such as enhanced reputation, cost savings, and climate risk mitigation, ultimately contributing to business resilience (Cullen et al., 2024).

2.1.2 Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)

The Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD), established in 2015, focuses on four key elements: governance, strategy, risk management, and metrics and targets, urging organizations to disclose climate-related information (Di Vaio et al., 2024). Using the Corporate Accounting and Reporting Standard, organizations quantify emissions from operations and energy consumption (TCFD, 2022). The Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard supports comprehensive life cycle emissions assessments, while the Policy and Action Standard encourages greenhouse gas reduction initiatives (Baratta et al., 2023). The TCFD framework helps organizations identify and disclose financially material climate-related risks and opportunities, enhancing stakeholder understanding (Cullen et al., 2024). Proper implementation fosters long-term viability, navigates evolving climate regulations, and promotes accountability and transparency among stakeholders (Dragomir et al., 2023).

2.1.3 ISO 14064 Standards

The ISO 14064 standard provides a comprehensive framework for greenhouse gas (GHG) quantification, reporting, and verification, enabling organizations to manage and reduce their GHG emissions effectively (ISO, 2020). This standard comprises three parts: ISO 14064-1, which specifies requirements for GHG quantification and reporting at the organizational level; ISO 14064-2, focusing on GHG quantification and reporting for projects; and ISO 14064-3, outlining guidelines for validation and verification (ISO, 2020).

2.2 Scope Classification of Emissions

Scope 1 emissions, regarded as direct emissions, encompass greenhouse gas (GHG) emissions from fuel combustion, industrial processes, and product use that originate directly from organizational operations within direct control (Ranganathan et al., 2004). This includes emissions from owned or leased assets, manufacturing, onsite energy generation, cement production, chemical manufacturing, and owned or leased vehicles (Cullen et al., 2024).

Scope 2 emissions, also known as indirect emissions, occur outside the organization's control and are influenced by procurement decisions (Silva et al., 2024). These emissions result

from energy purchased and consumed by organizations, primarily including electricity, heat, steam, and cooling systems (**Momblanco et al., 2024**). Understanding and accounting for Scope 2 emissions encourages organizations to optimize energy efficiency and explore renewable energy sources, fostering sustainable practices and contributing to climate change mitigation (**Mehmood et al., 2024**).

Scope 3 emissions, or value chain emissions, encompass all indirect emissions occurring throughout an organization's value chain, excluding Scope 1 and 2 (**Anquetin et al., 2022**). These emissions comprise 15 categories resulting from both upstream and downstream activities, such as raw material extraction, transportation, waste management, and product use (**Ranganathan et al., 2004**).

2.3 Measurement and Calculation Methodologies

2.3.1 Data Collection Methods

Different methods are used for carbon monitoring based on the fields like forest, agriculture soils, environment, PM 2.5 for health safety, E-waste, river or streams etc. Both traditional and advanced methods are used for carbon estimation. Direct measurement techniques, like Non-Dispersive Infrared (NDIR) Sensors, Flame Ionization Detectors (FID), FTIR and gas chromatography (GC); fixed monitoring stations, remote sensing (**Othman et al., 2010**) and indirect measurement like Carbon Footprint Calculation and emissions-based measurements.

2.3.2 Emission Factors and Calculations

Terrestrial carbon is estimated by considering different litter, debris, Soil organic carbon (SOC), and above and below-ground biomass (**Issa et al., 2020**). Surface SOC can be measured by using aerial spectroscopic using multispectral sensors installed on unmanned aircraft (UAVs) (**Nayak et al., 2019**). Wet digestion and dry combustion (DC) are extensively used for carbon monitoring in routine laboratory analysis. Similarly, spectroscopic techniques are used for laboratory analysis of soil organic carbon (SOC). SOC is also measured through total combustion method (**Walkley & Black, 1934**).

2.3.3 Quality Assurance and Verification

Organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) are measured through thermo-optical semi-continuous method which adopts the same thermal-optical analysis method for determination of OC and EC that is commonly applied to the offline analysis of filter samples (**Bian et al., 2018**).

2.4 Reporting Requirements and Best Practices

2.4.1 Regulatory Requirements

In KSA, a detailed register protocol for CO₂ emissions from static industrial sources had been developed, which provides complete detail about the CO₂ emissions from the static and leading industries in the country related to oil refining, electricity generation, cement,

desalination, iron and steel, and petrochemicals (Hamieh et al., 2022).

2.4.2 Voluntary Reporting Frameworks

Life cycle assessments and building information modeling practices are used in engineering, architecture, and construction industries to reduce GHG emissions (Jamoussi et al., 2022). Voluntary reporting frameworks, such as the Global Reporting Initiative (GRI) and Carbon Disclosure Project (CDP), play a crucial role in facilitating transparency and accountability in carbon reporting, enabling organizations to disclose their greenhouse gas (GHG) emissions and climate-related performance (Di Vaio et al., 2024). By providing standardized guidelines and metrics, these frameworks complement mandatory reporting requirements, empowering organizations to demonstrate climate leadership, progress toward achieving science-based targets, and long-term sustainability commitments (Sherrod et al., 2022).

2.4.3 Stakeholder Communication

The inventory method to track GHG at the city level can help maintain records and track city-level emissions (Arioli et al., 2020). Effective stakeholder communication is a vital component of carbon reporting, playing a pivotal role in fostering trust, credibility, and accountability among stakeholders (Almarai, 2021). To achieve this, organizations should disclose comprehensive information on greenhouse gas (GHG) emissions, reduction targets, and progress toward achieving these targets through various communication channels, including sustainability reports, websites, and stakeholder engagement events (Tirth et al., 2020). Regular and transparent communication enables organizations to address climate-related concerns, incorporate stakeholder expectations, and drive collaborative climate action (Aboneama, 2018). This, in turn, supports informed decision-making, enhances reputation, and promotes long-term sustainability.

3. Analysis of Carbon monitoring and reporting framework

3.1 Current State of Carbon Monitoring in Saudi Organizations

3.1.1 Sector-specific Challenges and Opportunities

Saudi Arabia is pursuing environmental sustainability, aiming for net-zero emissions by 2060, a major shift from its hydrocarbon dependence. This includes a target to reduce annual emissions by 278 million tons of CO₂ equivalent by 2030 (Hamieh et al., 2022). Historical data shows that since 1990, GDP, population, and CO₂ emissions have grown concurrently, emphasizing the need to decouple economic growth from emissions (Hamieh et al., 2022; Al-Sinan et al., 2023). With a strong positive correlation (> 0.95) between these factors, transitioning to a less carbon-intensive economy and integrating solar and wind power is essential.

The sectoral analysis of emissions in the Kingdom shows that electricity generation is the

leading source of greenhouse gas emissions, contributing 42% and 35% of total emissions in 2016 and 2019, respectively. Electricity demand growth outpaces GDP growth, projected at 4.4% over the next five years, with energy intensity per GDP unit exceeding that of OECD members (Khondaker et al., 2014). The electricity sector consumes about 50% of total production, growing at 6.3% annually, with over 80 power plants across regions. Following electricity, road transport, and industrial processes contribute 19% and 21% of emissions, with industrial processes alone at 81.7% (Al-Sinan et al., 2023). Agriculture accounted for over 60% of nitrous oxide emissions in 2019.

3.1.2 Technology Adoption and Infrastructure

Various methods are employed for carbon monitoring in fields like forestry, agriculture, environmental health, and E-waste management, utilizing both traditional and advanced techniques. Direct measurement methods include Non-Dispersive Infrared (NDIR) Sensors, Flame Ionization Detectors (FID), FTIR, gas chromatography (GC), and remote sensing (Othman et al., 2010). Indirect methods, such as Carbon Footprint Calculation and emissions-based assessments, are also common. Terrestrial carbon assessment considers litter, debris, Soil Organic Carbon (SOC), and biomass (Issa et al., 2020). Surface SOC measurement can be conducted with aerial spectroscopy using multispectral sensors on unmanned aircraft (UAVs) (Nayak et al., 2019). Laboratory analysis typically involves wet digestion and dry combustion (DC) for routine carbon monitoring, with additional SOC assessment techniques like spectroscopic methods and total combustion (Walkley & Black, 1934). Organic Carbon (OC) and Elemental Carbon (EC) are analyzed using the thermo-optical semi-continuous method (Bian et al., 2018). The Meteorological Environmental Protection Administration (MEPA) monitors air quality in collaboration with Saudi Aramco through ten monitoring and fifteen meteorology stations. While remote sensing and satellite imagery for air quality monitoring are gaining traction globally, their use in the MENA region, including Saudi Arabia, remains limited (Campbell et al., 2022). Modeling approaches like the InVEST model estimate carbon storage amid land-use changes (Othman et al., 2010). In Saudi Arabia, a detailed protocol for CO₂ emissions from industrial sources has been established, covering oil refining, electricity generation, and other industries (Hamieh et al., 2022), alongside life cycle assessments and city-level GHG tracking through inventory methods (Arioli et al., 2020).

3.1.3 Organizational Capacity and Expertise

Saudi organizations are at different stages of carbon monitoring and reporting capacity. Large corporations, especially in the energy sector, have made progress in building expertise and advanced monitoring systems (Al-Zahrani et al., 2021). In contrast, many small and medium-sized enterprises (SMEs) struggle with developing skills for effective carbon management (Alharthi et al., 2019). Research shows that private sector companies are generally more prepared for sustainability practices than public sector organizations (Hashmi et al., 2013, 2014). There is a pressing need for specialized training programs and knowledge

transfer across sectors (Al-Ghussain, 2019). Additionally, further research on sustainability assessment models and the development of environmental information systems is necessary (Al-Alqam et al., 2022; Al-Khuwiter, 2005).

3.2 Implementation Strategies

3.2.1 Short-term Actions

Saudi organizations are currently focused on establishing baseline emissions data, implementing monitoring systems, and enhancing awareness of carbon management (Alshuwaikhat & Mohammed, 2017). Many companies conduct energy audits to identify quick-win emissions reduction opportunities (Al-Moneef, 2018) and emphasize strategies to cut emissions from both long-lived and short-lived pollutants (Jackson, 2009). Efforts include enhancing energy efficiency, optimizing industrial processes, and adopting cleaner technologies in the energy sector, which accounts for over 90% of national CO₂ emissions (Khondaker et al., 2015). Organizations are also improving data collection and reporting to meet international standards, with the private sector showing more readiness for sustainability than the public sector, yet clearer government policies on carbon management are needed (Hashmi et al., 2013, 2014).

3.2.2 Medium-term Development

Medium-term strategies require significant investments in low-carbon technologies and comprehensive carbon management plans, integrating carbon considerations into business decisions (Taher & Hajjar, 2024). Organizations aim to enhance emissions reporting accuracy by adhering to international standards (Al-Zahrani et al., 2021). These efforts support harmonizing Nationally Determined Contributions (NDCs) with long-term goals, including Saudi Arabia's target to reduce carbon emissions by 278 million tons of CO₂eq annually by 2030 (Hamieh et al., 2022). Key areas of focus are expanding renewable energy, particularly solar, with plans to install 41 GW by 2032 (Salam & Khan, 2018) and exploring wind, geothermal, and biomass sources (Amran et al., 2020), potentially achieving 100% renewable energy by 2040 through integration with desalination (Caldera et al., 2017).

3.2.3 Long-term Integration

The Saudi Green Initiative (SGI) is a key component of Saudi Arabia's Vision 2030 and climate action strategy, launched in 2021 by Crown Prince Mohammed bin Salman. Using the Circular Carbon Economy approach, SGI aims for net-zero emissions by 2060. The Kingdom projects reducing greenhouse gas emissions from 951.94 Mt CO₂eq to 632.78 Mt CO₂eq by 2030 and to 49.76 Mt CO₂eq by 2060. The initiative includes planting 10 billion trees, with potential carbon sequestration of 9 Mt CO₂eq annually by 2030 and 250 Mt by 2060. Large-scale carbon capture and storage (CCS) projects highlight Saudi Arabia's commitment to innovative climate solutions (Al-Ghamdi et al., 2022). These insights guide Saudi Arabia's emissions reduction strategies, including the Saudi Green Initiative (SGI) and Vision 2030,

focusing on energy efficiency and the circular carbon economy (CCE) framework.

3.3 Economic Implications

3.3.1 Cost-Benefit Analysis

The transition to low-carbon operations entails significant upfront costs but offers long-term economic benefits. Studies indicate that investments in energy efficiency and renewable energy can yield substantial savings over time (**Wogan et al., 2019**). For example, SABIC reported cost savings of \$130 million from sustainability initiatives in 2020 (**SABIC, 2021**). However, the economic implications are complex; deep emission reductions may negatively impact GDP (**Bashmakov & Myshak, 2014**), yet transitioning to renewable energy for electricity generation could be economically viable (**Heal, 2020**). For Saudi Arabia, this transition presents challenges and opportunities due to its reliance on hydrocarbon exports. Achieving Sustainable Development Goals requires an investment of 1.3-2.0% of world GDP annually (**Schmidt-Traub, 2015**), necessitating substantial investments in renewable energy and energy efficiency.

3.3.2 Investment Requirements

Achieving Saudi Arabia's Net Zero target will require substantial investments across various sectors, with the Saudi Green Initiative expected to attract over \$180 billion in investments by 2030. This funding will focus on renewable energy infrastructure, energy efficiency improvements, and carbon capture and storage technologies. Globally, the investment needed for a zero-carbon economy by 2050 is estimated at \$120 trillion, and while Saudi Arabia's contribution will be significant, the potential returns and co-benefits of these investments are essential to consider. Key areas for investment include renewable energy infrastructure—particularly solar and wind power—energy efficiency improvements in buildings and industry, clean transportation systems, carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies, as well as research and development in low-carbon technologies.

3.3.3 Market Opportunities

Vision 2030 is Saudi Arabia's ambitious blueprint for sustainable development, highlighting economic diversification, environmental protection, and social progress. As noted by Alshuwaikhat & Mohammed (2017), the vision aims to lessen the Kingdom's reliance on oil revenues by promoting a diversified economy while addressing urgent environmental challenges. A key aspect is the target for renewable energy generation, set at 58.7 gigawatts (GW) (**Al-Ismail et al., 2023**), given the country's high per capita energy consumption, one of the highest globally (**Al-Ismail et al., 2023**). These renewable energy projects aim to generate jobs, attract foreign investment, and stimulate technological innovation (**Hamieh et al., 2022**). The regional context is important due to challenges like water scarcity and food security (**Brown-Paul, 2014**), both of which SGI and MGI aim to address. These initiatives have led to adopting sustainable practices, including green building codes in Gulf states (**Issa & Al Abbar,**

2015) and advanced water management systems (Assaf & Mohsen, 2017). These efforts align with Vision 2030's technological and sustainable development goals, fostering economic diversification and private sector participation (D'souza & Taghian, 2017).

3.4 Policy Recommendations

Achieving net-zero emissions by 2060 in Saudi Arabia requires collective action from government, industry, and civil society. The Nationally Determined Contribution (NDC) of the Kingdom aims for a substantial reduction of 278 million tons of CO₂eq per year by 2030, based on 2019 levels, utilizing dynamic baselines and the Circular Carbon Economy (CCE) concept. Furthermore, Saudi Arabia has committed to reducing global methane emissions by 30% by 2030 through the Global Methane Pledge. The Middle East Green Initiative (MGI), launched in November 2022 with a \$2.5 billion investment, reinforces the Kingdom's role in regional climate action, emphasizing the urgent need to address climate change in the Middle East, which faces significant environmental challenges. The initiative's ambitious goal to plant 40 billion trees represents the largest reforestation effort globally, aligning with the targets set by the Paris Agreement.

Coordination among stakeholders is vital in addressing the complexities of emission reductions, particularly within energy-intensive sectors. As highlighted by Al-Sinan et al. (2023), there is a pressing need for innovative solutions and regulatory frameworks to mitigate emissions from industrial processes and electricity generation. Saudi Arabia's commitment to environmental initiatives, exemplified by the MGI and the Sustainable Green Initiative (SGI), positions the nation as a key player in global climate action. This shift toward sustainability is supported by advancements in technologies such as carbon capture and storage (CCS). Central to Saudi Arabia's ambition of achieving net-zero by 2060 is the CCE framework, which embraces the "4Rs" principle, effectively balancing climate objectives with energy security.

To further enhance its climate strategy, the government emphasizes energy efficiency improvements and integrates sustainable urban development, waste management, and educational initiatives, as noted by Bélaïd & Massié (2023) and Alshuwaikhat & Mohammed (2017). This comprehensive and inclusive approach has already led to a significant reduction in CO₂ emissions since 2015, as evidenced by the findings of Hamieh et al. (2022). Overall, Saudi Arabia's vision for sustainable development embodies a holistic strategy that seeks not only to address climate change but also to ensure social progress and economic stability.

4. Conclusion

This review enhances the understanding of carbon monitoring and reporting frameworks in Saudi organizations aiming for Net Zero targets and the objectives of Saudi Vision 2030. It establishes a framework that connects carbon management practices to organizational

sustainability and national climate goals, detailing effective carbon monitoring methodologies for Saudi Arabia. Through case studies of leading organizations such as Saudi Aramco, SABIC, ACWA Power, and Maaden, the study underscores the critical role of technological innovation in emissions reduction, particularly through CCUS, AI-driven emissions tracking, and green hydrogen development. The review offers actionable insights for various sectors, emphasizing the need to strengthen regulatory frameworks, leverage digital technologies, and enhance organizational capacity to position Saudi Arabia as a leader in the global low-carbon economy. It addresses the transition to low-carbon practices, including carbon credits and offsets, aligning with Vision 2030 and the Net Zero 2060 initiative. The review identifies limitations for future research, such as the need for ongoing empirical studies, improved emissions data, and targeted investigations for small and medium-sized enterprises, while also considering the costs of renewable energy transitions and the impact of international standards like the GHG Protocol on carbon reduction efforts.

References

- Aboneama, W. A. (2018). Creating a Unique Sustainable Rating System for Saudi Arabia to Achieve Environmental Assessment and 2030 Vision. *European Journal of Sustainable Development*. <https://doi.org/10.14207/EJSD.2018.V7N4P269>
- Al Anezi, F. Y. (2021, June 18). Saudi Vision 2030: Sustainable Economic Development through IoT. *International Conference on Communication Systems and Network Technologies*. <https://doi.org/10.1109/CSNT51715.2021.9509592>
- Al-Ghamdi, S. G., Aslam, N., & Khan, M. A. (2022). Carbon capture and storage in Saudi Arabia: Opportunities and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129789.
- Almarai (2021). Sustainability Report. Retrieved from <https://sustainability.almarai>
- Alshammari, Y. M. (2020). Achieving Climate Targets via the Circular Carbon Economy: The Case of Saudi Arabia. <https://doi.org/10.3390/C6030054>
- Alshuwaikhat, H. M., & Mohammed, I. (2017). Sustainability matters in national development visions—Evidence from Saudi Arabia's Vision for 2030. *Sustainability*, 9(3), 408.
- Al-Sinan, M. A., Bubshait, A. A., & Alamri, F. M. (2023). Saudi Arabia's Journey toward Net-Zero Emissions: Progress and Challenges. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16020978>
- Al-Sinan, M., Al-Rashidi, T., & Al-Otaibi, S. (2023). Sectoral analysis of greenhouse gas emissions in Saudi Arabia: Trends and reduction strategies. *Environmental Science*

- and Policy, 140, 235-247.
- Anquetin, T., Coqueret, G., Tavin, B., & Welgryn, L. (2022). Scopes of carbon emissions and their impact on green portfolios. *Economic Modelling*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.105951>
 - Arioli, Magdala Satt, et al. "The evolution of city-scale GHG emissions inventory methods: A systematic review." *Environmental Impact Assessment Review*, 80 (2020): 106-316.
 - Assaf, S. A., & Mohsen, M. S. (2017). Renewable energy applications in water desalination: Technology, costs and challenges. *Desalination and Water Treatment*, 73, 1-15.
 - Baratta, A., Cimino, A., Longo, F., Solina, V., & Verteramo, S. (2023). The Impact of ESG Practices in Industry with a Focus on Carbon Emissions: Insights and Future Perspectives. *Sustainability (Switzerland)*, 15(8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su15086685>
 - Barbhuiya, S., Bhusan Das, B., & Adak, D. (2024). Roadmap to a net-zero carbon cement sector: Strategies, innovations and policy imperatives. *Journal of Environmental Management*, 359. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121052>
 - Bélaïd, F., & Massié, C. (2023). Energy efficiency potential and policy implementation in Saudi Arabia. *Energy Policy*, 171, 113249.
 - Bian, Qijing, et al. "Sources of PM 2.5 carbonaceous aerosol in Riyadh, Saudi Arabia." *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18.6 (2018): 3969-3985.
 - Bilgili, M., Tumse, S., & Nar, S. (2024). Comprehensive Overview on the Present State and Evolution of Global Warming, Climate Change, Greenhouse Gases and Renewable Energy, 49, 14503–14531.
 - Campbell, Anthony D., et al. "A review of carbon monitoring in wet carbon systems using remote sensing." *Environmental Research Letters*, 17.2 (2022): 025009.
 - Cullen, L., Meng, F., Lupton, R., & Cullen, J. M. (2024). Reducing uncertainties in greenhouse gas emissions from chemical production. *Nature Chemical Engineering*, 1(4), 311–322. <https://doi.org/10.1038/s44286-024-00047-z>
 - D'souza, C., & Taghian, M. (2017). Green initiatives in the Saudi Arabian private sector. *Sustainable Development*, 25(6), 564-577.
 - Di Vaio, Alessandro, Zaffar, Ahmad, & Chhabra, Munish. "Carbon Accounting and Integrated Reporting for Net-Zero Business Models Towards Sustainable Development: A Systematic Literature Review." *Business Strategy and the Environment*, 2024.
 - Dragomir, V. D., Dumitru, M., & Perevoznic, F. M. (2023). Carbon reduction and energy transition targets of the largest European companies: An empirical study based on institutional theory. *Cleaner Production Letters*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2023.100039>
 - Hansen, J.E., Sato, M., Simons, L., Nazarenko, L.S., Sangha, I., Kharecha, P., Zachos, J.C., von Schuckmann, K., Loeb, M.B., Jin, Q., Tselioudis, G., Jeong, E., Lacis, A., Ruedy, R., Russell, G., Cao, J., Li, J. (2023)
 - Hamieh, A., Rowaihy, F., Al-Juaied, M., Abo-Khatwa, A. N., Afifi, A. M., & Hoteit, H. (2022). Quantification and analysis of CO2 footprint from industrial facilities in Saudi Arabia. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100299>
 - Hilmi, N., Farahmand, S., & Belaid, F. (2020). Why Should Saudi Arabia Diversify Its Economy. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6058-3_5

- Hertzberg, M., Siddons, A., & Schreuder, H. (2017). Role of greenhouse gases in climate change. *Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1177/0958305X17706177>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: Mitigation of Climate Change*.
- Issa, Salem, et al. "A review of terrestrial carbon assessment methods using geo-spatial technologies with emphasis on arid lands." *Remote Sensing* 12.12 (2020): 2008.
- Issa, N. S., & Al Abbar, S. D. (2015). Sustainability in the Middle East: Achievements and challenges in the Gulf Cooperation Council. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 6(3), 34-38.
- Jamoussi, Bassem, Asad Abu-Rizaiza, and Ali AL-Haij. "Sustainable building standards, codes and certification systems: The status quo and future directions in Saudi Arabia." *Sustainability* 14.16 (2022): 10314.
- Khondaker, A. N., Rahman, S. M., & Malik, K. (2014). Energy intensity trends in Saudi Arabia. *Energy Policy*, 75, 398-414.
- L. Sherrod, G. Dunn, G. Peterson, R. Kolberg. Inorganic carbon analysis by modified pressure–calcimeter method *Soil Sci Soc Am J*, 66 (2002), pp. 299-305.
- Leifeld, J. (2023). Carbon farming: Climate change mitigation via non-permanent carbon sinks. *Journal of Environmental Management*, 339. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117893>
- Mehmood, S., Zaman, K., Khan, S., Ali, Z., & Khan, H. ur R. (2024). The role of green industrial transformation in mitigating carbon emissions: Exploring the channels of technological innovation and environmental regulation. *Energy and Built Environment*, 5(3), 464–479. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2023.03.001>
- Momblanco, H., Aiuto, K., & Huckins, S. (n.d.). Overview of GHG Protocol Integration in Regulatory Climate Disclosure Rules.
- Nayak, Amaresh Kumar, et al. "Current and emerging methodologies for estimating carbon sequestration in agricultural soils: A review." *Science of the total environment*, 665 (2019): 890-912.
- Othman, Nadzri, Mohd Zubir Mat Jafri, and Lim Hwee San. "Estimating particulate matter concentration over arid region using satellite remote sensing: A case study in Makkah, Saudi Arabia." *Modern Applied Science*, 4(11) (2010): 131.
- Pinus, Valeria. "Integrating Carbon and Financial Reporting: Accurately Assessing the Financial Implications of Greenhouse Gas Emissions in the European Oil and Gas Industry." University of Twente, 2023.
- Rahman, S. M., Al-Thani, H., & Al-Marri, W. (2022). Progress and challenges in Saudi Arabia's climate action implementation. *Climate Policy*, 22(4), 456-471.
- Ranganathan, J., Corbier, L., Schmitz, S., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., Bp, M. M., Boileau, P., Canada, E., Frederick, R., Vanderborght, B., Thomson, H. F., Kitamura, K., Woo, C. M., Naseem, & Kpmg, P., Miner, R., Pricewaterhousecoopers, L. S., Koch, J., ... Camobreco, V. (n.d.). GHG Protocol Initiative Team World Business Council for Sustainable Development Pankaj Bhatia World Resources Institute World Business Council for Sustainable Development Peter Gage World Resources Institute Revision Working Group Core Advisors.

- Silva, C. A., Vilaça, R., Pereira, A., & Bessa, R. J. (2024). A review on the decarbonization of high-performance computing centers. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 189. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114019>
- Srivastav, A. (2019). Understanding the Warming Process. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0809-33>
- Streck, C., Keenlyside, P., & Unger, M. von. (2016). The Paris Agreement: A New Beginning. *Journal for European Environmental & Planning Law*. <https://doi.org/10.1163/18760104-01301002>
- TCDF, Task Force on Climate-related Financial Disclosures Guidance on Metrics, Targets, and Transition Plans. (2021).
- Tirth, V., AL-Mashhour, S., Al-Ani, M., & Alqahtani, M. (2020). Mitigation of Carbon Footprint of an Airport in the Kingdom of Saudi Arabia. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4756-0_3
- Viterbi, R., Cerrato, C., Bionda, R., & Provenzale, A. (2020). Effects of Temperature Rise on Multi-Taxa Distributions in Mountain Ecosystems. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/D12060210>
- Wada, I., & Tuna, G. (2017). Crude oil price volatility and energy mix in Saudi Arabia. *Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy*. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1222027>
- Walkley, A.; Black, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*, 37 (1934): 29–38.
- Wu, L. (2016). Paris Agreement: a roadmap to tackle climate and environment challenges. *National Science Review*. <https://doi.org/10.1093/NSR/NWW030>