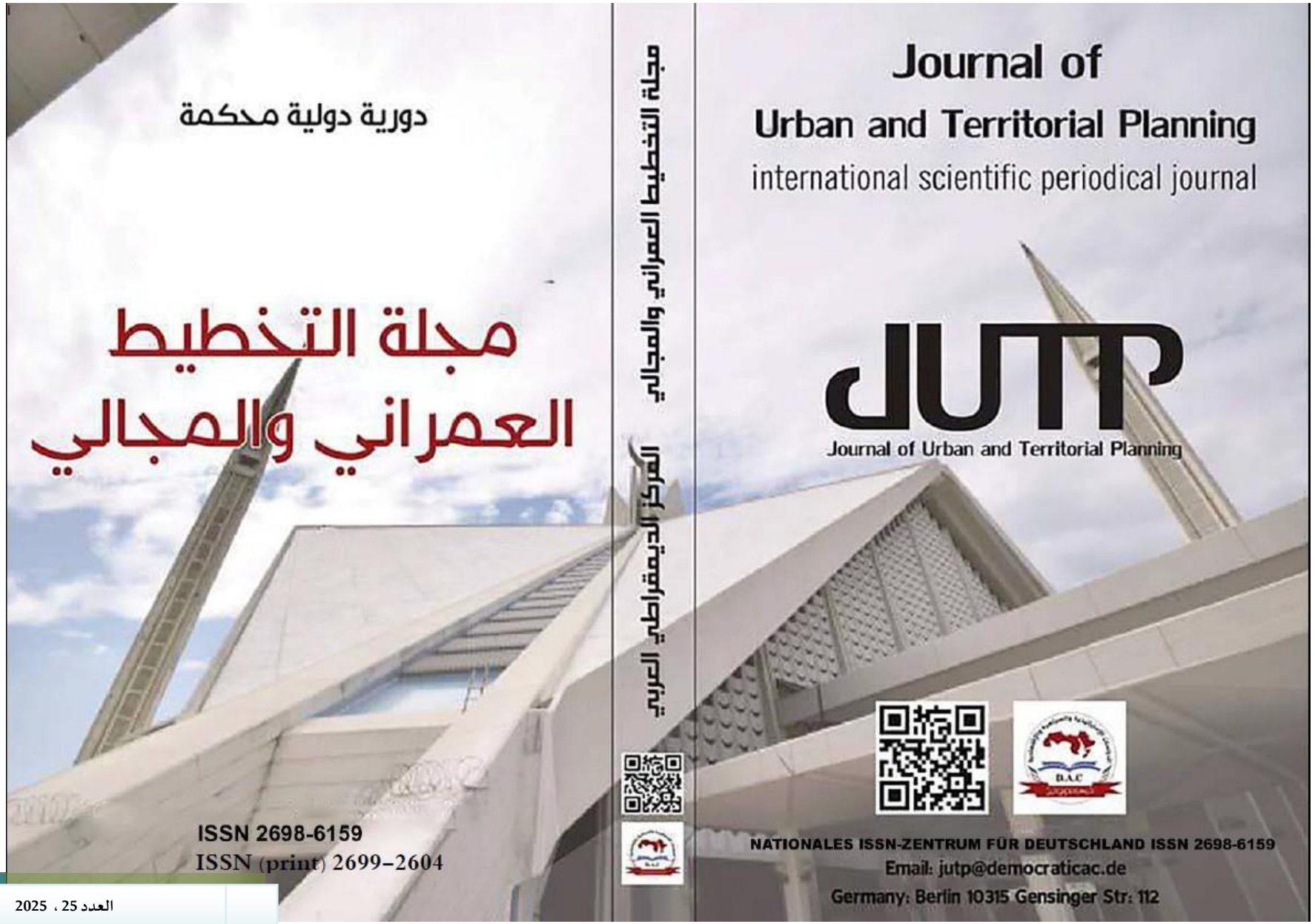
ISSN: 2698 – 6159
ISSN (PRINT): 2699 -2604



ISSN: 2698 – 6159
ISSN (PRINT): 2699 -2604

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

Charmain of Hodeidah Unvirsity

Prof. Hassan Almatary

مدير المركز الديمقراطي العربي

أ.عمار شرعان

President of the Democratic Arab Center

Ammar Sharaan

Editor-in-chief/ رئيس التحرير

د. عبدالقادر الخراز / Dr. Abdulqader Alkharraz

Issue/ العدد

25

Year/ السنة

September 2025

ISSN: 2698 - 6159

Germany: Berlin 10315

http://democraticac.de http://indexpolls.de

Tel: 0049-code

030-89005468/030-89899419/030-57348845

مجلة التخطيط العمراني والمجالي
Journal of Urban and Territorial Planning
العدد 25، 2025
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

هيئة التحرير:

د. عبدالقادر الخراز – اليمن – رئيس التحرير	المهندسة. غالية الحبال المجلد - سوريا - نائب رئيس التحرير
د. خالد مكي – جامعة الحديدة - اليمن	د. صيد احمد سفيان – جامعة عنابة – الجزائر- مدير التحرير

الهيئة العلمية:

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

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

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 والمنشئات 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 وآثارها 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 المرسلة 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 بحقّ نشر المقالات المقبولة وفق أولوياتها وبرنامجها 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:

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- 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 مقاسA4 ، مع ترك مسافة 2 سم لكافة أبعاد الورقة، والتباعد بين الأسطر singleوعند بداية كل فقرة، يترك فراغ بمقدار(1سم).
- خطوط الكتابة: استخدامTime 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، وللكلمات المفاتيح، ولنهاية البحث من المصادر والمراجع.
- لا يستخدم في البحث نظام الفصول: الفصل الأول، والفصل الثاني، بل يستخدم الترقيم 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 الترقيم 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، ثمَّ عرض ترتيب الفقرات التي ستتبع المقدمة.
3. ثم الكلمات المفتاحية الدالة(key words) ، تمثل المواضيع الأساسية بالبحث، ويفضل ألا تكون من العنوان.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

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 20صفحةبما 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 ووفقا 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 الإلكترونيةاسم الكاتب، عنوان المقال أو التقرير، اسم السلسة إن وجدت، اسم الموقع الالكتروني، تاريخ النشر إن وجد.
- في حين يستشهد بالمرجع في قائمة المصادر والمراجع بالنسبة لمقالات الجرائد والمنشورات الالكترونية بإزالة تاريخ المشاهدة والنشر.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- 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 ترتيبا ابجديا حسب أسماء المؤلفين.
- توضع المراجع باللغة العربية أولا وبعدها المراجع الأجنبية.

الصوروالأشكال والجداول:

- يتم ترقيم الجداول والرسوم التوضيحية وغيرها بحسب ورودها في البحث، مع ذكر العنوان في الأعلى للجدول والأسفل للشكل.
- ترقم الجداول ترقيماً مسلسلاً 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)

كلّ ما يرد في المجلة يعبّرعن آراء كاتبه ولا يعكس بالضرورة آراء هيئة التحرير.

Preliminary evaluation criteria for publication acceptance:

- **P**roposed 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
- **D**o 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
- **R**esearches 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

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- **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

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- 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)

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

Details and information | تفاصيل ومعلومات

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

قاعدة بيانات المكتبة الوطنية الألمانية

DEUTSCHE NATIONAL BIBLIOTHEK
GERMAN NATIONAL LIBRARY
المكتبة الوطنية الألمانية

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

قائمــة المحتويــات | Contents

الصفحات	عنوان المقال	مؤلف/مؤلفو المقال	
Page	Title	Author(s)	
13	نحو نموذج تكاملي لإدارة الكوارث الحضرية: توظيف الذكاء الجغرافي الاصطناعي والتوائم الرقمية في مدينة برشلونة كنموذج للمدن الذكية المستقبلية	علي احميدة محمد محاضر بالمعهد العالي للعلوم والتقنية الابيار - ليبيا	01
32	التحضر والترييف في أطراف المدن اليمنية - "دراسة في تحولات المجال المتصل الريف حضر"	عبدالله أحمد ناصر الجرفي جامعة ذمار –كلية الآداب /قسم الجغرافيا - اليمن	02
48	تدبير ندرة الموارد المائية بحوض البحر الأبيض المتوسط في ظل التغيرات المناخية –نموذج المغرب-	لمياء البزاري كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة ابن طفيل القنيطرة - المغرب.	03
64	صندوق المناخ الأخضر كآلية للتعاون الدولي ضد آثار التغيرات المناخية: الفعالية والتحديات	عبد الله نعيشة جامعة محمد الخامس بالرباط – المغرب	04

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

أعزائي القراء والباحثين

يسعدني أن أرحب بكم في العدد الخامس والعشرون من مجلة "التخطيط العمراني والمجالي". كما إنّ وصولنا إلى هذا الإصدار يعكس التفاني المستمر لفريق المجلة ومساهميها في تقديم الأبحاث والمقالات عالية الجودة.

إنّ هذا العدد يأتي بموضوعات حصيفة ومتنوعة وحديثة وميدانية في مجال إدارة الكوارث الحضرية باستخدام الذكاء الاصطناعي وكذا مفاهيم التحضر والترييف للمدن وتحولاتها المجالية ، إضافة مواضيع تتعلق بندرة الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية واليات صندوق المناخ الأخضر للتعاون الدولي في مواجهة اثار التغير المناخي.

نحن نطمح إلى أن تكون هذه المجلة مصدراً موثوقاً 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

مجلة التخطيط العمراني والمجالي
Journal of Urban and Territorial Planning
العدد25، 2025
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

نحو نموذج تكاملي لإدارة الكوارث الحضرية: توظيف الذكاء الجغرافي الاصطناعي والتوائم الرقمية في مدينة برشلونة كنموذج للمدن الذكية المستقبلية

أ.علي احميدة محمد

محاضر بالمعهد العالي للعلوم والتقنية الابيار – ليبيا

ali.ahmedah@hista.edu.ly

الملخص

تواجه المدن المعاصرة تحديات متزايدة نتيجة التغيرات المناخية والتوسع الحضري، مما يستدعي حلولاً ذكية واستباقية لإدارة الكوارث والمخاطر البيئية. تسعى هذه الدراسة إلى استكشاف تكامل تقنيات الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) مع التوائم الرقمية التفاعلية، لبناء نموذج حضري ذكي قادر على التنبؤ بالكوارث والتعامل معها بفعالية. اختيرت مدينة برشلونة كحالة دراسية نظرًا لتقدمها في البنية الرقمية والسياسات الحضرية الداعمة للتحول الذكي. اعتمد البحث على منهجية تحليل وثائقي مقارن، ومراجعة لأبرز المشاريع المماثلة (سنغافورة، أمستردام)، إضافة إلى استعراض البيانات المتوفرة من منصات مفتوحة ونماذج تحليل مكانية. خلصت الدراسة إلى أن نموذج برشلونة يوفر إطارًا مرنًا وقابلًا للتكرار في المدن ذات الموارد المتوسطة، كما يقدم فرصًا واعدة للدول العربية، خصوصًا ليبيا، في بناء نظم حضرية استباقية ومتكاملة. وتُختتم الورقة بخارطة طريق عملية لتطبيق GeoAI في التخطيط الحضري العربي، مع توصيات لتجاوز التحديات التقنية والمؤسسية.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الجغرافي الصناعي، التوأم الرقمي، المدن الذكية، إدارة الكوارث، الاستشعار المكاني، التنبؤ والتغيرات المناخية، البيانات الحضرية.

Abstract

Contemporary cities are increasingly challenged by climate change and rapid urbanization, demanding smart, proactive solutions for disaster risk management. This study explores the integration of Geographic Artificial Intelligence (GeoAI) with interactive digital twins to develop an intelligent urban model capable of forecasting and responding effectively to disasters. The city of Barcelona was selected as a case study due to its advanced digital infrastructure and progressive urban policies supporting smart transformation. The research adopts a comparative documentary analysis methodology, reviewing leading global projects (Singapore, Amsterdam), and leveraging open data platforms and spatial analytics tools. The findings reveal that Barcelona's model provides a flexible and replicable framework,

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

particularly suitable for medium-resource cities. The study highlights its potential applicability in Arab contexts—especially in Libya—by offering a strategic pathway for building integrated and anticipatory urban systems. The paper concludes with a practical roadmap for incorporating GeoAI into Arab urban planning, accompanied by recommendations to overcome technical and institutional challenges.

Keywords: GeoAI, Digital Twin, Smart Cities, Disaster Management, Spatial Intelligence, Forecasting and Climate Change, Urban Data.

المقدمة:

تواجه المدن اليوم تحديات متزايدة بفعل تصاعد وتيرة التغيرات المناخية وتكرار الظواهر الطبيعية القاسية، من فيضانات وموجات حر وحرائق وارتفاع منسوب البحار، ما يفرض إعادة النظر في نماذج التخطيط الحضري التقليدية غير القادرة على مواكبة هذا الواقع الديناميكي. وفي هذا السياق، برز مفهوم المدينة الذكية كأحد التوجهات المستقبلية التي تمزج بين البنية التحتية التقنية المتقدمة والحلول المعتمدة على البيانات والحوكمة التشاركية، بهدف تعزيز مرونة المدن وقدرتها على الاستباق والمواجهة. إلا أن التطور الحقيقي يتطلب الانتقال من مجرد "مدن ذكية" إلى "مدن استباقية"، قادرة على التنبؤ بالكوارث والتفاعل معها قبل حدوثها.

ضمن هذا التحول، يبرز الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) بوصفه أداة ثورية تمكّن صناع القرار من دمج التحليلات المكانية المعقدة مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي، مما يعزز فهم الأنماط والمخاطر الجغرافية بشكل لحظي وديناميكي. ويكتسب هذا الذكاء قيمة استراتيجية عند دمجه مع التوائم الرقمية التفاعلية، التي تتيح بناء تمثيلات افتراضية حية للبيئات الحضرية، يمكن محاكاتها وتحليل سلوكها في سيناريوهات مختلفة. هذا التكامل بين GeoAI والتوائم الرقمية يمثل خطوة نوعية في تطوير أدوات استشرافية ذكية للتخطيط الحضري وإدارة الكوارث، لاسيما في المدن الكبرى التي تواجه ضغطاً سكانياً وبيئياً متزايداً.

في ظل هذا الإطار المفاهيمي، تطرح هذه الدراسة تساؤلاً مركزياً: إلى أي مدى يمكن لتكامل GeoAI مع التوائم الرقمية أن يسهم في تطوير نموذج حضري استباقي قادر على إدارة الكوارث الطبيعية بكفاءة؟ ومن هذا التساؤل، تنبثق فرضية البحث التي ترى أن "التكامل المنهجي بين تقنيات الذكاء الجغرافي الاصطناعي والتوائم الرقمية في بيئة حضرية متقدمة كمدينة برشلونة يمكن أن يؤدي إلى نموذج قابل للتكرار لإدارة الكوارث بشكل استباقي في مدن أخرى، مع قابلية التكييف حسب الخصوصيات الجغرافية والمؤسسية المحلية".

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف هذا التكامل من خلال تحليل تجربة مدينة برشلونة، التي تُعد من أبرز النماذج في توظيف الحلول الرقمية المتقدمة، عبر تطوير بنية مفتوحة للبيانات، ونشر مستشعرات متصلة، واستخدام منصات إدارة القرار اللحظي. وتركّز الورقة على بناء إطار مفاهيمي وتطبيقي يمكن اعتماده لدراسة وتحليل إمكانات GeoAI والتوائم الرقمية في التنبؤ بالكوارث الطبيعية، واستشراف أثرها، وتصميم الاستجابات الملائمة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

تعتمد الدراسة على منهجية تحليل حالة، عبر مقارنة تجربة برشلونة مع تجارب مشابهة (سنغافورة وأمستردام)، مستندة إلى مراجعة أدبيات متخصصة، وتحليل مرئي لأنظمة التوائم الرقمية، واستعراض خرائط المخاطر والمشاريع التفاعلية. كما توظف الدراسة أدوات تحليل مقارن لفهم عناصر القوة والضعف، مع استخلاص دروس تطبيقية يمكن ترجمتها إلى خارطة طريق عملية للمدن العربية، لا سيما في السياقات المتأثرة بالتغيرات المناخية كليبيا. ينقسم هيكل البحث إلى خمسة محاور رئيسية: الإطار النظري، المنهجية التطبيقية، التحليل المقارن، المناقشة، وأخيراً التوصيات والخاتمة.

1. برشلونة كنموذج حضري متقدم

1.1. تطور البنية التحتية الذكية لمدينة برشلونة ومكانتها الرائدة في تطبيق مفاهيم المدينة الذكية:

خلال السنوات الأخيرة، خطت مدينة برشلونة خطوات رائدة نحو بناء نموذج حضري ذكي يقوم على استخدام التكنولوجيا لتعزيز جودة الحياة والاستجابة للتحديات الحضرية المعقدة. فقد عملت المدينة على تطوير بنية تحتية رقمية متقدمة، تضمنت إنشاء منصة "CityOS" التي تدمج البيانات من مختلف القطاعات في نظام واحد شامل يدعم اتخاذ القرار في الوقت الحقيقي (**Ajuntament de Barcelona. 2020**).

كما تم توسيع نطاق استخدام إنترنت الأشياء (IoT) لتشمل مئات المستشعرات في شوارع المدينة لمراقبة المرور، وجودة الهواء، وفعالية إدارة النفايات، مما أتاح مراقبة دقيقة للأنشطة الحيوية بالمدينة (**European Commission, 2019**). وتُعدّ تجربة برشلونة واحدة من أكثر التجارب تقدمًا في مجال فتح البيانات الحضرية، حيث وفّرت بوابة " Barcelona Open Data" وصولًا مفتوحًا إلى كمٍّ هائل من البيانات الجغرافية والخدمية لدعم الابتكار والبحث.

هذا التحول الرقمي لم يكن مجرد تحديث تقني، بل مثّل نقلة نوعية في التفكير الحضري، حيث ساعد المدينة على تبني نهج استباقي في التخطيط وإدارة الأزمات. وبفضل هذه القدرات، أصبحت برشلونة منصة مثالية لتطبيق تقنيات الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) والتوائم الرقمية في مجالات متعددة، من بينها إدارة الكوارث والتغير المناخي، بما يعزز من مرونتها الحضرية واستدامتها المستقبلية (**Batty et al., 2012; Kitchin, 2014**).

2.1. أهمية اعتماد أدوات رقمية متقدمة لمواجهة التهديدات الطبيعية والبيئية:

في ظل تزايد حدة الظواهر المناخية المتطرفة، مثل الفيضانات المفاجئة، وموجات الحر الشديدة، وارتفاع منسوب سطح البحر، أصبحت المدن مطالبة ليس فقط بالتعامل مع الكوارث بعد وقوعها، بل بتبنّي نماذج استباقية قادرة على التنبؤ بها والحد من آثارها مسبقًا. هذا التحول في التفكير الحضري يستلزم دمج أدوات رقمية متقدمة ضمن منظومات التخطيط وإدارة المخاطر، وعلى رأسها الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI)، والتوائم الرقمية التنبؤية، وتقنيات إنترنت الأشياء (IoT)، التي تتيح جمع وتحليل البيانات البيئية والزمنية بشكل لحظي (**Li et al, 2020**).

المدن التي تعتمد هذه الأدوات الذكية تتمتع بقدرة أعلى على رصد المؤشرات المبكرة للكوارث، مثل التغيرات الطفيفة في درجات الحرارة أو معدلات الهطول، مما يمنحها وقتًا ثمينًا للاستجابة والتقليل من الخسائر البشرية والمادية (**Zhao et al., 2022**). كما تمكّن هذه الأدوات من اختبار سيناريوهات متعددة للتعامل مع الطوارئ، ودعم اتخاذ قرارات مستندة

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

إلى بيانات آنية ومحدثة، وهو ما يشكّل نقلة نوعية مقارنة بالطرق التقليدية التي غالبًا ما تتسم بالبطء والتفاعل المتأخر (Kitchin et al, 2020).

إن التحديات البيئية لم تعد مجرد مسألة طارئة، بل أصبحت جزءًا متكررًا من الحياة الحضرية، ما يجعل التحول الرقمي في إدارة الكوارث أمرًا ملحًّا وليس خيارًا ترفيهيًا. ومن هنا تأتي أهمية بناء بنية تحتية رقمية مرنة، تعتمد على تكامل الأنظمة الذكية، وتتمحور حول الاستعداد المسبق والاستجابة الذكية.

3.1. تقديم GeoAI والتوائم الرقمية كحلول مبتكرة لإدارة الكوارث:

مع تصاعد تعقيد الظواهر الكارثية وتداخل أبعادها البيئية والمكانية والزمنية، لم تعد الأدوات التقليدية كافية لمواجهة هذا النوع من التحديات. وهنا برز الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) كأحد الحلول المبتكرة التي تمزج بين قدرات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وخوارزميات الذكاء الاصطناعي، لتمكين تحليل متقدم للبيانات المكانية والزمنية، واستخلاص أنماط وسيناريوهات دقيقة للتعامل مع الكوارث قبل وقوعها (Li et al., 2020).

وعندما يُقرن GeoAI بمفهوم التوأم الرقمي (Digital Twin)، تتسع إمكانيات التنبؤ إلى مستوى غير مسبوق، إذ يمكن بناء نموذج افتراضي حي للمدينة أو أحد مكوناتها، يتفاعل لحظيًا مع البيانات القادمة من المستشعرات الأرضية والأقمار الصناعية، ما يسمح بمحاكاة التأثيرات المحتملة لأي حدث طارئ، مثل فيضان أو زلزال، والتعرف على أنسب سيناريوهات الاستجابة (Batty, 2018).

هذه الأدوات لا تقدم مجرد تمثيل رقمي للواقع، بل تخلق بيئة افتراضية ديناميكية يمكن اختبار القرارات فيها قبل تطبيقها ميدانيًا، مما يقلل من المخاطر ويزيد من كفاءة الاستجابة (Cai et al., 2023). كما أنها تتيح تكاملًا غير مسبوق بين مختلف القطاعات الحيوية، مثل النقل، والصحة، والبنية التحتية، لتنسيق جهود الطوارئ بشكل لحظي وفعال.

بالتالي، يُعد التكامل بين GeoAI والتوائم الرقمية قفزة نوعية نحو بناء مدن استباقية قادرة على توقع الكارثة قبل أن تقع، والتفاعل معها بطريقة ذكية ومبنية على الأدلة.

4.1 أهداف الدراسة وحدودها التطبيقية في مدينة برشلونة:

تهدف هذه الدراسة إلى بناء فهم معمّق لإمكانية توظيف التكامل بين الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) والتوائم الرقمية التفاعلية كأدوات مبتكرة لإدارة الكوارث الحضرية، من خلال نموذج تطبيقي على مدينة برشلونة، بوصفها واحدة من أبرز المدن الذكية في أوروبا. وتتمحور الأهداف الأساسية للدراسة حول ثلاث نقاط رئيسية:

- تحليل آليات توظيف GeoAI في رصد وتحليل الأنماط المكانية والزمنية للكوارث البيئية المتكررة مثل الفيضانات وموجات الحر.
- تقييم كفاءة التوائم الرقمية في محاكاة سيناريوهات الكوارث وتوقع آثارها في الوقت الحقيقي، استنادًا إلى بيانات آنية من مستشعرات وإنترنت الأشياء.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- اقتراح إطار تطبيقي قابل للتكرار يمكن تعميمه على مدن ذكية أخرى تواجه تحديات بيئية مماثلة، وذلك ضمن حدود البنية الرقمية المتاحة في السياقات الحضرية المتوسطية.

وقد تم اختيار مدينة برشلونة تحديدًا لعدة اعتبارات عملية ومنهجية، من أبرزها توفر بنية تحتية رقمية متقدمة، واعتماد المدينة لبرامج منفتحة في مشاركة البيانات (مثل منصة Open Data BCN)، فضلًا عن سجلها الغني في مشاريع المدن الذكية (**City of Barcelona 2021**). ومع ذلك، تُدرك الدراسة أن تعميم نتائجها على مدن أخرى يتطلب مراعاة الفروقات في البنية التقنية، والحوكمة، ومرونة الأنظمة الحضرية المحلية.

بالتالي، تركز حدود الدراسة التطبيقية على النطاق الحضري لمدينة برشلونة، مع الأخذ بعين الاعتبار الأبعاد التقنية والاجتماعية والبيئية التي قد تؤثر على فعالية GeoAI والتوائم الرقمية في سياق إدارة الكوارث.

2. الإطار النظري والمرجعي: من الجغرافيا الذكية إلى المدينة الاستباقية

1.2 التعريف بـ GeoAI: المفهوم، المكونات، آليات العمل

يُعد الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) تطورًا نوعيًا في مجال التحليل المكاني، حيث يجمع بين تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والبيانات الضخمة (Big Data)، والاستشعار عن بعد (Remote Sensing) بهدف استخلاص أنماط مكانية وزمنية معقدة من مصادر بيانات متعددة ومتغيرة (**Li et al., 2020**). يُستخدم GeoAI لتطوير نماذج تنبؤية تستند إلى تحليل البيانات الجغرافية، ما يمكّن صانعي القرار من فهم الواقع المكاني بشكل أكثر دقة واستباقية.

يتكوّن GeoAI من ثلاث ركائز أساسية:

- البيانات الجغرافية الضخمة: وتشمل بيانات الأقمار الصناعية، ومستشعرات إنترنت الأشياء (IoT)، والخرائط الطبوغرافية، وبيانات الوقت الحقيقي من المدن.
- خوارزميات الذكاء الاصطناعي: مثل تعلم الآلة (Machine Learning)، والتعلم العميق (Deep Learning)، والاستدلال الاحتمالي (Probabilistic Reasoning)، والتي تُستخدم لتحليل الأنماط والتنبؤ بالمخاطر.
- منصات التحليل الجغرافي: وهي النظم التي تقوم بدمج البيانات الجغرافية مع النماذج الذكية، مثل ArcGIS وGoogle Earth Engine، لتوليد خرائط تفاعلية وقرارات تنبؤية.

وتكمن آلية عمل GeoAI في قدرته على جمع البيانات المتدفقة من البيئة الحضرية، ومعالجتها في الوقت الحقيقي، واستخدام نماذج التعلم الآلي لتحديد مؤشرات المخاطر قبل وقوعها. فعلى سبيل المثال، يمكن لـ GeoAI تحليل التغيرات في أنماط الأمطار أو مستويات الحرارة أو حركة الرياح للتنبؤ بحدوث فيضان أو موجة حر، ومن ثم توفير خرائط إنذار مبكر ذات طابع مكاني دقيق (**Janowicz et al., 2020**).

لقد مكّن هذا التكامل بين الذكاء الاصطناعي والتحليل الجغرافي من الانتقال من الجغرافيا الوصفية إلى الجغرافيا الاستباقية، حيث لا تقتصر الأداة على تفسير الظواهر، بل تساهم في التنبؤ بها والاستعداد لها في إطار من التخطيط الحضري الذكي والمبني على البيانات.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.2 التوائم الرقمية التفاعلية: من النمذجة الهندسية إلى الأنظمة الديناميكية

ظهر مفهوم التوأم الرقمي (Digital Twin) في بداياته كأداة للنمذجة الهندسية تهدف إلى إنشاء نسخة افتراضية دقيقة من كيان مادي، مثل مبنى أو جسر أو محطة طاقة، بغرض تحسين التصميم والتشغيل والصيانة. غير أن هذا المفهوم شهد تطورًا نوعيًا خلال العقد الأخير، حيث لم يعد يقتصر على إعادة تمثيل الكائنات المادية بشكل ساكن، بل تطور إلى ما يُعرف اليوم بـــ التوائم الرقمية التفاعلية، وهي أنظمة ديناميكية قادرة على التفاعل في الزمن الحقيقي مع البيئة الحقيقية التي تمثلها (**Batty, 2018**).

التوأم الرقمي في سياقه الحضري الحديث لم يعد مجرد نموذج ثلاثي الأبعاد، بل أصبح منصة حية تعتمد على تدفقات بيانات لحظية من مستشعرات، وكاميرات، وأنظمة تحديد المواقع، وغيرها من مصادر المعلومات الحضرية. هذه التوائم التفاعلية تتغذى باســتمرار من بيانات البيئة الواقعية، وتُحدث نفسـها تلقائيًا لتعكس الواقع الراهن للمدينة أو أحد مكوناتها. ومن خلال ربطها بخوارزميات الذكاء الاصــطناعي، يمكن للتوائم الرقمية ليس فقط عرض الوضــع الحالي، بل التنبؤ بالسلوك المستقبلي للنظام الحضري، بل وتقديم توصيات للاستجابة المثلى في حالات الطوارئ (**Khajavi et al.,** **2019**).

إن التحول من النمذجة الســاكنة إلى الأنظمة الديناميكية يعكس نقلة في الوظيفة والدور؛ فبينما كانت التوائم الرقمية أداة لدعم التصميم أو تحسين الكفاءة التشغيلية، أصبحت اليوم أداة تنبؤية واستراتيجية لدعم اتخاذ القرار، خاصة في مجالات مثل إدارة الكوارث، والتخطيط الحضــري، وتوزيع الموارد. ففي حالة حدوث فيضــان، على ســبيل المثال، يمكن للتوأم الرقمي التفاعلي أن يدمج بين بيانات الطقس، ومســتويات المياه، والبنية التحتية المتأثرة، ليُظهر الســيناريوهات المتوقعة، ويوجه عمليات الإخلاء أو التدخل الطارئ في الوقت الفعلي (**Cai et al., 2023**).

بالتالي، فإن التوائم الرقمية التفاعلية تمثل تحولًا جذريًا في فهم المدينة، من كونها كيانًا ماديًا صــلبًا إلى نظام حي يمكن مراقبته، محاكاته، والتفاعل معه لحظيًا، مما يمهّد الطريق أمام بناء مدن اســتباقية قادرة على التنبؤ بالمخاطر والتعامل معها بكفاءة غير مسبوقة.

3.2 نماذج دولية: تجربة سنغافورة وأمستردام مقارنة مع برشلونة

تســعى العديد من المدن الرائدة حول العالم إلى توظيف التوائم الرقمية في إدارة شــؤونها الحضــرية وتعزيز قدرتها على التنبؤ بالمخاطر البيئية والتعامل معها بشــكل اســتباقي. ومن بين أبرز هذه التجارب، نُســلّط الضــوء على ســنغافورة وأمستردام، لما لهما من نماذج متقدمة ومتكاملة، ثم نقارنها مع تجربة برشلونة التي تمثل محور هذه الدراسة.

1.3.2. سنغافورة – Virtual Singapore: التوأم الوطني الذكي

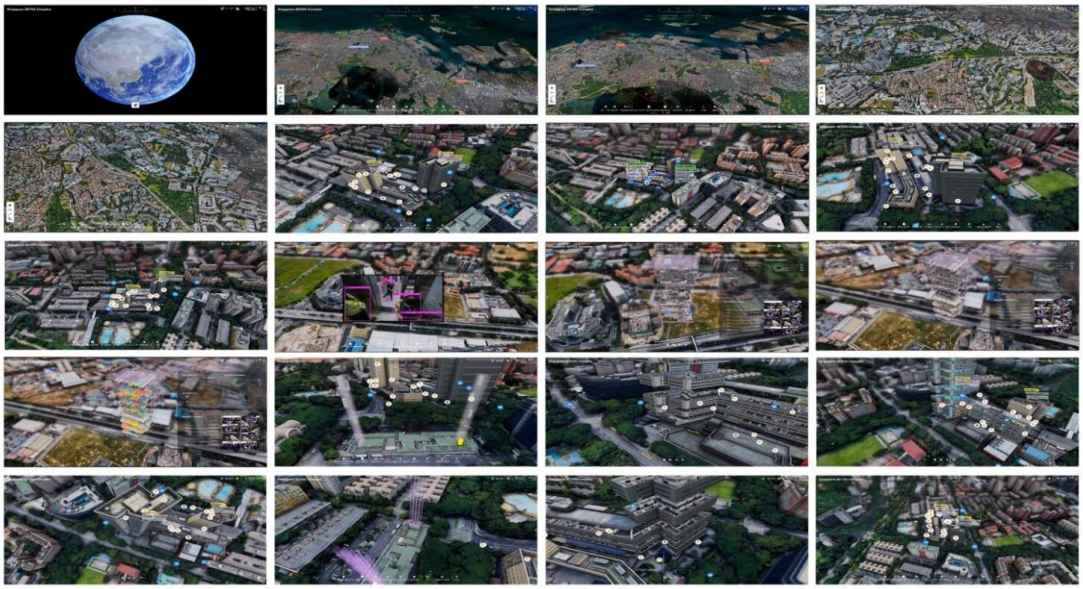
تمثل سنغافورة تجربة فريدة من نوعها على المستوى العالمي من خلال مشروع Virtual Singapore، الذي يهدف إلى إنشاء توأم رقمي شــامل يغطي كامل الدولة المدينة، ويعتمد على تكامل البيانات البيئية والبنيوية والزمنية في الزمن الحقيقي. يتيح هذا التوأم للجهات الحكومية اختبار ســيناريوهات الكوارث، وتحليل آثار التغير المناخي، وتحســين كفاءة توزيع

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

الخدمات الحضرية. الشكل (1): النموذج التمثيلي ثلاثي الأبعاد للمدينة الرقمية في سنغافورة كما يظهر في منصة Vizzio، حيث تتوزع العناصر الحضرية الدقيقة على كامل الرقعة الجغرافية، مدعومة بمؤشرات لحظية عن البيئة والطاقة والنقل.

شكل (1) النموذج التمثيلي ثلاثي الأبعاد للمدينة الرقمية في سنغافورة كما يظهر في منصة Vizzio

يظهر الشكل (2) صورة لعرض مفصل لعناصر التحكم والتحليل داخل التوأم الرقمي، يشمل تقييم الطاقة الشمسية، نمذجة الاستدامة، ولوحات معلومات ديناميكية للقرارات، كما في منصة IES Virtual Environment.



شكل (2): سلسلة لقطات حقيقية من منصة VIZZIO في مشروع Virtual Singapore، تُظهر توأمًا رقميًا و اقعيًا عالي الدقة مع طبقات بيانات ثلاثية الأبعاد، وعناصر تفاعلية مثل رموز الاستشعار، أنظمة المباني، وحركة المرور. هذه صورة و اقعية لمشروع مطبق فعليًا.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.3.2. أمستردام – D Amsterdam3: التوأم المحلي الموجّه للطاقة والاستدامة

أما مدينة أمستردام، فقد طوّرت مشروع D Amsterdam3، وهو توأم رقمي ثلاثي الأبعاد للمدينة يستخدم بشكل أساسي في تخطيط استخدامات الأراضي، وتقدير كفاءة الطاقة، وتقييم إمكانيات الطاقة المتجددة، خاصة في المناطق ذات القيمة المعمارية والتاريخية.

يظهر الشكل (3) مشهد من واجهة منصة D Amsterdam3 كما في المصدر الرسمي، يُظهر تفاصيل المدينة التاريخية وخطوط القنوات بدقة هندسية عالية، ما يسمح بمحاكاة أي تعديل عمراني أو سيناريو بيئي بدقة غير مسبوقة.

شكل (3): مشهد من واجهة منصة D Amsterdam3

3.3.2. مقارنة مع تجربة برشلونة – CityOS: الدمج المفتوح للبيانات الحضرية

تُعدّ تجربة برشلونة مكملة ومتميزة في آنٍ واحد، من خلال مشروع CityOS الذي يربط بين مئات المستشعرات الحضرية وقواعد البيانات المفتوحة ضمن منصة تحليلية تفاعلية. ورغم أن التوأم الرقمي في برشلونة لا يغطي كامل المدينة بنفس مستوى سنغافورة، إلا أنه يتفوق من حيث التكامل مع خطط الطوارئ وإدارة الكوارث من خلال البيانات اللحظية ونظم الإنذار المبكر.

4.3.2. تحليل مقارن لتجارب التوائم الرقمية في سنغافورة، أمستردام، وبرشلونة

في الشكل (4) يعرض النموذج التخطيطي المرفق مقارنة شاملة بين ثلاث تجارب دولية رائدة في تطبيق التوائم الرقمية الحضرية، وهي: Virtual Singapore، وD Amsterdam3، وCityOS Barcelona. ويوضح هذا النموذج أوجه التباين بين المدن الثلاث من حيث نطاق التطبيق (Scope)، والخصائص التقنية الرئيسية (Key Features)، ومجالات التركيز

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

(Focus Areas)، مما يعكس اختلاف الرؤى والاستراتيجيات التي تتبناها كل مدينة في توظيف التكنولوجيا الجغرافية لدعم إدارتها الحضرية.

شكل (4) نموذج تحليل مقارن لتجارب التوائم الرقمية في سنغافورة، أمستردام، وبرشلونة

في سنغافورة، يقدم مشروع Virtual Singapore نموذجًا وطنيًا متكاملًا للتوأم الرقمي، يجمع بين التكامل اللحظي للبيانات والمحاكاة التنبؤية المعتمدة على نماذج رياضية متقدمة. ويركّز المشروع على دعم التخطيط الحضري طويل الأمد من خلال نماذج شاملة تمكّن من تحليل تأثيرات التوسع العمراني، والمخاطر البيئية، وكفاءة استخدام الموارد.

أما أمستردام، فقد ركزت على النطاق المحلي عبر مشروع 3D Amsterdam، الذي يوظف التوأم الرقمي في تقييم كفاءة الطاقة وإدارة الموارد البيئية. ويُستخدم النموذج لتصميم استراتيجيات خضراء، وتحسين أداء الأبنية، والموازنة بين التطوير العمراني والحفاظ على الاستدامة. وتُعد هذه التجربة نموذجًا للربط بين التكنولوجيا والحوكمة المجتمعية المفتوحة.

في المقابل، تعكس تجربة برشلونة من خلال منصة CityOS تركيزًا واضحًا على التحكم التشغيلي والاستجابة الطارئة للكوارث. فهي تعتمد على بيانات آنية من مستشعرات البنية التحتية ونظم المعلومات الجغرافية، لتقديم تحليلات لحظية ودعم القرارات الميدانية. ويظهر النموذج التخطيطي أن هذه التجربة تختلف من حيث طبيعتها التنفيذية، حيث تركز على دمج الخدمات، وتسريع الاستجابة، وتحسين الأمان الحضري.

يوضح هذا النموذج التخطيطي أن:

- Virtual Singapore يُمثل تجربة شاملة ذات نطاق وطني وهدف تخطيطي استراتيجي.
- 3D Amsterdam يُركز على الكفاءة البيئية في بيئة حضرية محلية.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- CityOS Barcelona يُبرز الجانب العملي في إدارة الكوارث ضمن المدن الذكية.

بناءً على هذا النموذج، يمكن استنتاج أن التوائم الرقمية ليست أداة موحّدة، بل يتم توظيفها بمرونة لتخدم أولويات كل مدينة على حدة، سواء كانت استشرافية، بيئية، أو تشغيلية.

4.2 مراجعة السياسات الحضرية في برشلونة التي تدعم التكامل الرقمي والاستشراف المكاني

تبنّت مدينة برشلونة خلال العقدين الأخيرين مجموعة من السياسات الحضرية المتقدمة التي مكّنتها من التحول إلى واحدة من أبرز المدن الذكية في أوروبا، خصوصًا في مجالي التكامل الرقمي والاستشراف المكاني. وقد انطلقت هذه السياسات من قناعة راسخة بأهمية البيانات المفتوحة، والتقنيات الجغرافية، والنمذجة الرقمية كأدوات مركزية لإعادة تشكيل الإدارة الحضرية وبناء مدن مرنة ومُتجاوبة مع التحديات البيئية والاجتماعية المعاصرة.

من أبرز هذه المبادرات، تأتي منصة CityOS التي طورتها بلدية برشلونة بالتعاون مع عدد من الشركاء التقنيين، والتي تمثل الركيزة التقنية الأساسية لنظم التوأم الرقمي في المدينة. تتيح هذه المنصة دمج وتحليل البيانات من آلاف المستشعرات الحضرية التي تغطي مجالات متعددة مثل المرور، جودة الهواء، استهلاك الطاقة، والخدمات العامة، ما يمكّن المدينة من إجراء تحليلات لحظية، واتخاذ قرارات قائمة على الأدلة (**City of Barcelona 2021**).

علاوة على ذلك، دعّمت المدينة مفهوم الاستشراف المكاني من خلال دمج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذكاء الاصطناعي المكاني (GeoAI) ضمن آليات التخطيط الحضري والطوارئ. وقد أظهرت السياسات الحضرية الحديثة انفتاحًا على تطبيقات النمذجة التنبؤية، لا سيما في مجالات التخطيط العمراني، وإدارة الموارد، والتكيف مع التغير المناخي، بما في ذلك استخدام أدوات رقمية لمحاكاة سيناريوهات الفيضانات وموجات الحر، وتقدير آثارها المكانية على السكان والبنية التحتية (**Baró et al., 2021**).

كما تعكس استراتيجية Barcelona Digital City 2017–2020 توجهًا واضحًا نحو إعادة توجيه الابتكار التكنولوجي ليكون في خدمة المصلحة العامة، من خلال تعزيز الشفافية، وتطوير أنظمة مفتوحة المصدر، وتحقيق سيادة البيانات المحلية. وقد مكّنت هذه الاستراتيجية المدينة من الانتقال من نماذج الإدارة التقليدية إلى نماذج رقمية تعتمد على التوأم الرقمي في التفاعل اللحظي مع الأحداث الحضرية.

إن السياسات الحضرية في برشلونة لا تقتصر على رقمنة الخدمات، بل تتعداها إلى بناء بيئة حوكمة رقمية مرنة، تُوظَّف فيها التكنولوجيا لتحقيق التوقع المسبق للأزمات، وإعادة توجيه القرار الحضري من كونه استجابة متأخرة إلى كونه عملية استباقية تقوم على الرصد والتحليل المستمر.

3. المنهجية والتطبيق على برشلونة:

1.3 اختيار الموقع: المناطق المعرضة للمخاطر في مدينة برشلونة

تم اختيار مدينة برشلونة كمجال تطبيقي لهذه الدراسة لعدة أسباب منهجية واستراتيجية، أهمها توافر بنية تحتية رقمية متقدمة، وسياسات حضرية داعمة للتكامل بين التوائم الرقمية والذكاء الجغرافي الاصطناعي، فضلاً عن انكشافها

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

الفعلي على مجموعة من المخاطر البيئية والهيكلية المتكررة. ويستند اختيار المواقع المستهدفة داخل المدينة إلى تحليل متعدد الأبعاد يجمع بين البيانات الجغرافية والتاريخية والوظيفية، بهدف تحديد النقاط الأكثر عرضة للمخاطر، والتي يمكن أن تستفيد من تدخلات استباقية تعتمد على تقنيات GeoAI والتوائم الرقمية.

أولًا: المناطق الساحلية (Coastal Zones)

تشكل المناطق الساحلية في برشلونة، لا سيما حي بارسيلونيتا (Barceloneta) والمناطق المحيطة بميناء برشلونة، نقاطًا حرجة نظرًا لتعرضها المستمر لمخاطر ارتفاع منسوب البحر والعواصف الساحلية، إضافة إلى الضغط السياحي والبنيوي العالي. وتشير دراسات التغير المناخي إلى ازدياد تواتر الأحداث البحرية المتطرفة التي قد تُهدد هذه المناطق بالبُعد الفيزيائي والاجتماعي معًا (**Nicholls et al., 2015**).

ثانيًا: الأحياء القديمة والمكتظة (Historic & High-Density Districts)

مثل حيّ إل رافال (El Raval) والحي القوطي (Barri Gòtic)، وهي مناطق ذات كثافة سكانية عالية وبنية تحتية قديمة، ما يجعلها أكثر هشاشة أمام الكوارث، خاصة موجات الحر، والضغط على شبكات الخدمات، وصعوبة تنفيذ عمليات الإخلاء السريع. كما تُظهر هذه المناطق تفاوتًا اجتماعيًا وعمريًا قد يعيق الوصول العادل إلى نظم الإنذار المبكر وخدمات الطوارئ.

ثالثًا: شبكات النقل والبنية التحتية الحيوية (Critical Infrastructure & Mobility Hubs)

تُعد محطات المترو المركزية مثل Sants Estació وPlaça Catalunya، ومحاور الطرق السريعة القريبة من وسط المدينة، من أبرز المناطق الحيوية التي تتطلب مراقبة وتحليلًا دائمًا بسبب حساسيتها لأي خلل وظيفي. إذ يمكن لأي حادث أو كارثة أن يُسبب تأثيرًا متسلسلًا (Cascading Effect) على الأنشطة الحضرية، خصوصًا في ساعات الذروة.

2.3 مصادر البيانات وتحليلها

انطلقت الدراسة من دمج ثلاث فئات رئيسية من البيانات:

- بيانات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing): لرصد تغيرات السطح الحضري ومظاهر التغير المناخي المكاني مثل جزر الحرارة.
- منصة البيانات المفتوحة لبرشلونة (Barcelona Open Data): لتوفير معلومات تفصيلية عن البنية التحتية، الكثافة السكانية، والطوارئ.
- المجسات الذكية (IoT): بما في ذلك مستشعرات جودة الهواء، ومستشعرات المرور، والتي ساهمت في بناء صورة ديناميكية زمنية للمخاطر.

اعتمد تحليل البيانات على دمجها داخل بيئة تحليلية مكانية باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية، مدعومة بتفسيرات قائمة على الأدبيات العلمية ذات العلاقة (**Li et al., 2020; Batty, 2018**).

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

3.3 نمذجة المدينة وغياب التوأم الرقمي الفعلي

نظرًا لعدم توفر الإمكانات التقنية الكاملة لإنشاء توأم رقمي حي، اعتمدت الدراسة على توصيف نظري مفصل لبنية التوأم الرقمي الممكن تطبيقها في مناطق محددة (مثل Eixample أو Ciutat Vella). وقد تم توصيف دورة البيانات الداخلية لهذا التوأم بناءً على ما ورد في دراسات مثل **Cai et al. (2023)**، ومقارنة البنى المعتمدة في سنغافورة وأمستردام (انظر الشكل 4).

تضمّن التوصيف ما يلي:

- جمع البيانات من المستشعرات الأرضية والأقمار الصناعية.
- تحليل المخاطر باستخدام GeoAI (مثل نمذجة الفيضانات أو سيناريوهات موجات الحر).
- توجيه القرار الحضري استباقيًا بناءً على محاكاة سيناريوهات آنية.

4.3 المنهج المقارن: برشلونة، سنغافورة، وأمستردام

تم تدعيم الدراسة بنموذج تحليلي مقارن للتوائم الرقمية في ثلاث مدن ذكية (الشكل 4)، بناء على:

- نطاق التطبيق (National vs. Local).
- التركيز الوظيفي (Planning vs. Energy vs. Emergency).
- التكامل التقني (CityOS, Vizzio, 3D Amsterdam).

هذا الأسلوب المقارن سمح ببناء إطار مفاهيمي لتوظيف تجارب ناجحة في بيئات حضرية مشابهة، وتحديد مكامن القوة في تجربة برشلونة في مجال إدارة الكوارث.

تقوم هذه المنهجية على مقاربة تجمع بين التحليل المكاني، وتقييم المخاطر، والنمذجة النظرية، مما يتيح بناء أساس تطبيقي مرن يمكن البناء عليه مستقبلاً عند توافر إمكانيات تنفيذ النماذج الرقمية الفعلية. وقد دعمتها الأدبيات الحديثة (**Batty, 2018; Li et al, 2020**) كخيار واقعي لاستكشاف الإمكانيات دون الاعتماد الحصري على التجريب التقني المباشر.

4. نتائج التحليل المقارن للدراسة

1.4. نطاق التطبيق و أبعاده الجغرافية

يوضح الجدول رقم 1 نطاق التطبيق للمقارنة بين المدن الثلاث وابعاده الجغرافية.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

الجدول 1: نطاق التطبيق للمدن المختارة للمقارنة

المدينة	النطاق الجغرافي	مستوى التطبيق
سنغافورة	وطني	متعدد القطاعات على مستوى الدولة
أمستردام	محلي	أحياء ومناطق حضرية محددة
برشلونة	حضري - قطاعي	مراكز عمرانية استراتيجية (Eixample, Ciutat Vella)

النتيجة: تمثل سنغافورة حالة متقدمة في التكامل الوطني الرقمي، في حين تركز برشلونة على مجالات وظيفية محددة مرتبطة بإدارة الكوارث، وأمستردام تبرز في مجال الاستدامة على مستوى الأحياء.

2.4. أولويات التو ائم الرقمية

يوضح الجدول رقم 2 الأولويات الرئيسية للمقارنة بين المدن الثلاث.

الجدول 2: الأولويات الرئيسية للمدن المختارة للمقارنة

المدينة	الأولوية الرئيسية
سنغافورة	التخطيط الحضري، التكامل القطاعي، التوقع
أمستردام	كفاءة الطاقة، الإدارة البيئية
برشلونة	إدارة الطوارئ، التكامل الخدمي، التحليل الآني

النتيجة: تختلف الأولويات حسب السياق الحضري والتحديات المحلية، إذ تركز برشلونة على الطوارئ، وسنغافورة على التنبؤ المستقبلي، وأمستردام على الاستدامة البيئية.

3.4. البيانات والنمذجة الرقمية

يوضح الجدول رقم 3 نوعية البيانات المستخدمة وأدوات التحليل للمقارنة بين المدن الثلاث.

الجدول 3: نوع البيانات وأدوات التحليل للمدن المختارة للمقارنة

المدينة	نوع البيانات المستخدمة	أدوات التحليل
سنغافورة	بيانات ثلاثية الأبعاد متكاملة من الدولة	نماذج تنبؤية بالزمن الحقيقي
أمستردام	بيانات البنية التحتية والمباني والطاقة	نظم المعلومات الجغرافية + نمذجة الطاقة
برشلونة	بيانات فيضانات وأقمار IoT ، خرائط الحرارة، بيانات صناعية	GeoAI + توائم رقمية جزئية

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

النتيجة: تتفوق سنغافورة من حيث شمولية البيانات وعمق النمذجة، بينما تظهر برشلونة تكاملاً وظيفيًا في التحليل الزمني الفوري، وتبرز أمستردام في توظيف بيانات الطاقة في تحسين الكفاءة الحضرية.

4.4. البنية المؤسسية والدعم السياسي

تعتمد مدينة برشلونة على سياسات حضرية تدعم الابتكار وتكامل الخدمات، وتستفيد من بنية حكومية رقمية متقدمة عبر منصة [Barcelona Open Data]. بينما مدينة سنغافورة تتبع نهجًا مركزيًا عالي التنظيم عبر "Virtual Singapore" بإشراف مباشر من الدولة. اما مدينة أمستردام فهي تعتمد على شراكات بلدية وأكاديمية، مع تركيز على البحث والابتكار التشاركي.

النتيجة: يتجلى أن قوة البنية المؤسسية في دعم التحول الرقمي تختلف بين نموذج مركزي (سنغافورة) ونموذج لامركزي تشاركي (أمستردام)، في حين تجمع برشلونة بين الاثنين في إطار حضري استراتيجي.

5.4. قابلية التكرارو التطبيق في المدن الأخرى

تعتمد مدينة سنغافورة على نموذج متكامل لكن عالي التكاليف والتعقيد الإداري. وتستخدم مدينة أمستردام نموذج أكثر مرونة، وقابل للتطبيق على أحياء في مدن أخرى. اما مدينة برشلونة فتعتمد على توفير نموذجًا متوازنًا بين الفعالية والتكلفة، خاصة في سيناريوهات إدارة الطوارئ.

النتيجة: يظهر نموذج برشلونة كأكثر النماذج قابلية للتبني في المدن المتوسطة والنامية من حيث الكفاءة والمرونة.

5. المناقشة: فرص وتحديات تطبيق GeoAI في مدينة و اقعية: حالة برشلونة

يمثل إدماج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) في السياقات الحضرية نقلة نوعية في طريقة تعامل المدن مع التهديدات البيئية المتزايدة، ويكشف تحليل الحالة لمدينة برشلونة، مقارنة بتجارب كل من أمستردام وسنغافورة، عن فرص واعدة وعدد من التحديات البنيوية والتقنية.

1.5.الفرص

1.1.5. تعزيز الاستباقية والجاهزية المكانية

من خلال قدرات GeoAI في التنبؤ بالكوارث مثل الفيضانات الحضرية أو موجات الحر، بات ممكنًا توفير نماذج تنبؤية عالية الدقة، تُسهم في تعزيز الاستعداد المبكر وخفض آثار الكوارث، كما يتجلى ذلك في خريطة المناطق المعرضة للمخاطر في برشلونة (Eixample وCiutat Vella).

2.1.5. تحسين تكامل البيانات من مصادر متنوعة

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

تمثل بيئة البيانات المفتوحة في برشلونة، والمستشعرات الموزعة على شبكات النقل والمباني، بيئة خصبة لتغذية التوائم الرقمية ببيانات حية، تُمكن خوارزميات GeoAI من التحليل الفوري ودعم اتخاذ القرار المكاني.

3.1.5 تمكين محاكاة و اقعية لسيناريوهات الأزمات

تسمح التوائم الرقمية، المدعومة بخوارزميات GeoAI، بمحاكاة سيناريوهات الكوارث الطبيعية في الزمن الفعلي (Real-time Simulation)، مما يسهم في دعم الإدارة الذكية لحالات الطوارئ، كما عُرض في النموذج الخاص بمنهجية الدراسة.

4.1.5. دعم تكامل خدمات الطوارئ والبنية التحتية

تبرز إمكانية الربط بين بيانات البنية التحتية (الطرق، المستشفيات، النقل العام) وخوارزميات الاستجابة اللحظية، وهو ما يُعزز فاعلية النماذج التنبؤية في التوزيع المكاني للموارد، كما أوضحت التجربة المقارنة في نموذج برشلونة.

2.5. التحديات

1.2.5. فجوة البنية التحتية الرقمية

رغم توفر بيانات مفتوحة، إلا أن جزءًا من البنية التحتية الرقمية في برشلونة ما يزال يعاني من تباين في المعايير التقنية وصعوبة التكامل مع المنصات المتقدمة، مقارنة بما هو متحقق في سنغافورة (نطاق وطني موحد).

2.2.5. التكلفة العالية للنمذجة الديناميكية

تمثل تكلفة إنشاء وتشغيل التوائم الرقمية المعقدة تحديًا أمام البلديات الحضرية، خصوصًا إذا كانت هذه النماذج تتطلب تحليلات لحظية وبيانات متعددة المصادر.

3.2.5. الحوكمة الرقمية وحماية البيانات

يثير الاستخدام الواسع للبيانات الحية والتتبع المكاني قضايا أخلاقية وقانونية تتعلق بحماية الخصوصية، وهو ما يستدعي سياسات حوكمة صارمة، خصوصًا في السياق الأوروبي (GDPR).

4.2.5. الفجوة بين أدوات النمذجة ومتخذي القرار

في بعض الحالات، لا تُترجم نتائج النماذج الذكية إلى إجراءات تنفيذية واضحة، نتيجة ضعف التفاعل بين صناع القرار والمخرجات التنبؤية للأنظمة، وهي فجوة ينبغي تقليصها عبر التدريب والإدماج المؤسسي الفعّال.

تكشف تجربة برشلونة عن إمكانية واقعية لتطبيق GeoAI كأداة تحول حضري ذكي، خاصة في سياق الكوارث والمخاطر البيئية. غير أن نجاح هذا التحول يعتمد على تهيئة بيئة رقمية متكاملة، وتعزيز أطر التعاون بين الجهات التقنية وصنّاع القرار، إلى جانب الاستثمار في الوعي الرقمي والحماية التشريعية. ومن ثم، فإن النماذج المقارنة مثل سنغافورة وأمستردام تقدم دروسًا تطبيقية ثمينة يمكن لبرشلونة أن تتبناها نحو بناء منظومة حضرية أكثر استباقية واستدامة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

6. التوصيات: خارطة طريق لدمج GeoAI في التخطيط الحضري لبرشلونة

1.6. على المستوى التقني والمعرفي

1.1.6. بناء بنية تحتية رقمية موحدة ومتعددة المصادر

ضرورة تطوير منصة موحدة لتكامل البيانات المكانية (GIS، IoT، الأقمار الصناعية) مع أنظمة التوأمة الرقمية، تتيح تحليلات فورية وتنبؤية للسيناريوهات الكارثية في مناطق مثل Eixample وCiutat Vella.

2.1.6. توسيع نطاق استخدام التوأم الرقمي ليشمل شبكات البنية التحتية الحيوية

مثل شبكات النقل، المياه، الطاقة، والمرافق الصحية، وربطها بمنظومات GeoAI لتقييم المخاطر وسيناريوهات الانهيار المكاني المحتملة.

3.1.6. تطوير نماذج تنبؤية تعتمد على التعلم الآلي لمخاطر محددة

مثل ارتفاع درجات الحرارة، الفيضانات المفاجئة، أو الحرائق الحضرية، مع تدريبها على بيانات مناخية وزمنية مستخرجة من منصات مثل [Barcelona Open Data].

2.6. على المستوى الإداري والسياسي

1.2.6. إدماج GeoAI ضمن السياسات الحضرية الرسمية

من خلال تضمينه كأداة معيارية في مراجعات المخططات العمرانية، وتحديث الأطر التنظيمية لتشمل نماذج رقمية تفاعلية تدعم اتخاذ القرار في حالات الطوارئ.

2.2.6. تشكيل وحدة حضرية متخصصة في التو ائم الرقمية وإدارة المخاطر

تضم خبراء نظم معلومات جغرافية، محللي بيانات، ومهندسين حضريين، وتعمل كمركز عمليات استباقي للتنبؤ بالأزمات وإدارتها.

3.2.6. تعزيز التعاون بين البلديات، الجامعات، والشركات التكنولوجية

لإنشاء منصات بحثية تطبيقية تدمج بين التوأم الرقمي والتحليل الجغرافي، مع اعتماد نموذج شراكة كما في " AMS Institute" بأمستردام أو "Smart Nation" في سنغافورة.

3.6. على المستوى الاجتماعي والحوكمي

1.3.6. تدريب الكوادر المحلية على أدوات GeoAI والتوأم الرقمي

من خلال برامج مهنية مشتركة بين البلديات ومراكز البحث، مع توفير واجهات تفاعلية بسيطة تسمح لصنّاع القرار بالتفاعل المباشر مع النماذج.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.3.6. تعزيز الوعي المجتمعي بالتحول الرقمي الحضري

عبر منصات مفتوحة تتيح للمواطنين فهم واستيعاب أدوات التحليل الجغرافي الرقمي، وتشجيع مشاركتهم في تحديث البيانات المكانية من خلال نماذج تشاركية.

3.3.6. تحديث أطر حماية البيانات والخصوصية

بما ينسجم مع التوسع في استخدام الذكاء الاصطناعي الجغرافي، وضمان توافق الأنظمة مع تشريعات مثل [GDPR]، لتفادي المخاطر القانونية والأخلاقية.

تؤكد هذه الخارطة على أن نجاح دمج GeoAI في التخطيط الحضري لا يعتمد فقط على توفر الأدوات، بل على التكامل بين المعرفة التقنية، والإرادة المؤسسية، والبيئة القانونية والاجتماعية. ومن خلال تجربة برشلونة، يظهر أن المدن الذكية القادرة على التنبؤ والاستجابة، هي تلك التي تبني منظومات مكانية معرفية مرنة، متصلة، وتشاركية.

الخاتمة:

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن مدينة برشلونة تمثل نموذجًا حضريًا متقدمًا لإدارة الكوارث البيئية والمناخية بوسائل استباقية قائمة على التكامل بين التوائم الرقمية وتقنيات الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI). لقد مكّنت هذه المنظومة الرقمية المتقدمة المدينة من تعزيز قدرتها على التنبؤ بالمخاطر، وتحسين زمن الاستجابة، وتوجيه الموارد الحضرية بدقة وكفاءة لحظة بلحظة. وبهذا، يمكن القول إن برشلونة تقود تحوّلًا معرفيًا ومؤسسيًا نحو نموذج "المدينة الذكية الاستباقية"، القادرة على التعامل مع الكوارث لا كأزمات طارئة، بل كمتغيرات قابلة للتحليل والتحكم المسبق.

ومع تقدم تقنيات النمذجة الحضرية، وتوفر البيانات الحية والمفتوحة، فإن الآفاق المستقبلية للتوائم الرقمية المكانية واعدة. إذ من المتوقع أن تنتقل هذه النماذج من مستوى "المناطق التجريبية" إلى مستوى المدينة بأكملها، مع تكاملها بالحوكمة الحضرية والسياسات المناخية. كما أن تطور أدوات الذكاء الاصطناعي، والتوسع في شبكات إنترنت الأشياء، سيسمح بتعزيز دقة التنبؤ، وربط التوائم الرقمية بأنظمة إنذار مبكر ديناميكية وفعالة.

في السياق العربي، وخصوصًا في ليبيا، تُعد تجربة برشلونة مصدرًا غنيًا بالإلهام، لكنها ليست نموذجًا قابلًا للنقل كما هو. فبينما تختلف التحديات الاقتصادية، والبنية التحتية، ومصادر البيانات، تظل المبادئ الأساسية لهذا النموذج – مثل التكامل الرقمي، الاستشراف المكاني، وتحسين الجاهزية الحضرية – قابلة للتكييف ضمن الظروف المحلية. فبناء توائم رقمية مصغّرة في أحياء معرضة للخطر (كما في درنة أو طرابلس القديمة وبنغازي ومدن الجبل الأخضر)، وتوظيف بيانات مفتوحة بالتعاون مع الجامعات والمراكز البحثية، يمكن أن يشكل نقطة انطلاق نحو تطبيق تدريجي لهذا النموذج في ليبيا ودول المنطقة.

وبناءً على ذلك، تدعو هذه الدراسة إلى توسيع نطاق البحث التجريبي ليشمل دراسات مقارنة بين مدن عربية تعاني من هشاشة حضرية ومناخية، مع التركيز على بناء قدرات محلية في GeoAI، وتوطين تقنيات التوأم الرقمي وفق سياقات عمرانية وبيئية خاصة بكل مدينة. إن تكرار نموذج برشلونة لا يتم بالنسخ، بل بالتكييف الذكي، وتحويل التحديات إلى فرص للتجديد الحضري المعتمد على المعرفة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

References

1. Ajuntament de Barcelona. (2020). Barcelona Digital City Plan 2017–2020. https://ajuntament.barcelona.cat
2. Barcelona Digital City 2017–2020, Barcelona Digital City Plan - 3' Briefing, https://www.slideshare.net/slideshow/barcelona-digital-city-plan-3-briefing/106302152
3. Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D. J., & Terradas, J. (2021). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. Ambio, 43(4), 466–479. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x
4. Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, 214(1), 481–518. https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3
5. Batty, M. (2018). Digital twins. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 45(5), 817–820. https://doi.org/10.1177/2399808318796416
6. Cai, Y., Zhang, L., Zheng, Y., & Yuan, J. (2023). GeoAI and urban disaster risk prediction: A deep learning approach using multi-source geospatial data. ISPRS International Journal of Geo-Information, 12(3), 155. https://doi.org/10.3390/ijgi12030155
7. City of Barcelona. (2021). Barcelona Digital Twin Strategy. Barcelona City Council. Retrieved from https://ajuntament.barcelona.cat/digital/en
8. European Commission. (2019). Digital Transformation of European Cities: Barcelona Case Study. Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. https://ec.europa.eu
9. Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., Bhaduri, B., & Li, W. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. International Journal of Geographical Information Science, 34(4), 625–636. https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500
10. Khajavi, S. H., Motlagh, N. H., Jaribion, A., Werner, L. C., & Holmström, J. (2019). Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings. IEEE Access, 7, 147406–147419. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946515
11. Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. GeoJournal, 79(1), 1–14. https://doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8
12. Kitchin, R. (2020). Urban intelligence and smart cities. In Ash, J., Kitchin, R., & Leszczynski, A. (Eds.), Digital Geographies (pp. 204–216). SAGE Publications.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

13. Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., ... & Cheng, T. (2020). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 119–133. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012
14. Nicholls, R. J., Marinova, N., Lowe, J. A., Brown, S., Vellinga, P., de Gusmão, D., ... & Tol, R. S. (2015). Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4°C world' in the twenty-first century. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 369(1934), 161–181. https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0291
15. Gemeente Amsterdam. (2020). 3D Amsterdam: A Digital Twin for Smart Urban Planning. City of Amsterdam Innovation Department. https://www.amsterdam.nl/en/innovation/3d/
16. Zhao, P., & Zhang, M. (2022). Urban digital twins and smart governance: A systematic review. *Cities, 122*, 103523. https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103523

مو اقع الالكترونية:

17. IES Virtual Environment, https://www.iesve.com/software/virtual-environment
18. VIZZIO, https://vizzio.ai/v1/
19. 3 منصةD Amsterdam, https://openresearch.amsterdam/nl/page/82670/3d-amsterdam-netherlands-3d

مجلة التخطيط العمراني والمجالي
Journal of Urban and Territorial Planning
العدد25، 2025
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

التحضر والترييف في أطراف المدن اليمنية – "دراسة في تحولات المجال المتصل الريف حضر"

Urbanization and Ruralization in the peripheral Areas of Yemeni Cities: A Study of Spatial Transformations

أ.م.د. عبدالله أحمد ناصر الجرفي

جامعة ذمار –كلية الآداب /قسم الجغرافيا – اليمن

aaaalgarfi5050@gmail.com

الملخص:

غالباً ما يُشاهد نسيج عمراني متخلف في مدن دول العالم غير المتقدم, ومنها المدن اليمنية؛ ولهذا فقد سعت الدراسة إلى الكشف عن حجم ونوع التدهور في أطرافها، بهدف فهم أعمق لآثار هذه الظاهرة على النسيج العمراني, والبناء الاجتماعي والاقتصادي والثقافي, من خلال الكشف عن مظاهر التغيير, حيث شهدت المدن اليمنية-شأنها شأن مثيلاتها من المدن العربية- توسعاً سريعاً, نتج عنه ضغط على البيئة الحضرية؛ ورغم الجهود التي بذلت من قبل الإدارات الحضرية، والتي حققت نجاحا نسبياً في بعض المدن, فإن الأمر مختلف تماماً في غالبية المدن اليمنية. كما أن التوسع العمراني السريع وغير المتوازن، أدى إلى ضم قرى وتجمعات ريفية ضمن الحيز الحضري، ونتج عن ذلك تأثيرات سلبية على البنية التحتية، وتنبع أهمية هذه الدراسة من كونها من أوائل الدراسات التي تسعى إلى تتبع التوسع العمران في أطراف المدن، وما نتج عنه من اشكاليات، كان أبرز تجلياتها: انتشار العشوائيات؛ على أمل الوصول إلى تقديم مقترحات لتجاوز التأثيرات السلبية على السكان في حاضرهم، ومستقبلهم. وخلصت الدراسة إلى أن مسألة الاحتياجات الاسكانية، وفق مؤشرات النمو الحضري سوف تتعاظم بالنظر إلى معدلات التحضر القائمة، والمتوقعة. وقدمت عدداً من التوصيات لعل أبرزها: تغيير أنماط المعيشة في الريف، وتنميتها، وردم الفجوة أو تقليلها في أسوء الحالات؛ وصولاً إلى تحقيق التوازن التنموي.

الكلمات الافتتاحية: التوسع العمراني، ترييف المدن، المتصل الريف – حضري، الأطراف الهامشية، المدن اليمنية

Abstract:

This study investigates the deterioration of urban outskirts in some Yemeni cities, a phenomenon common in underdeveloped countries. It aims to understand the extent and types of deterioration, exploring how these changes affect the urban fabric and the social, economic, and cultural structures within these areas. Yemeni cities, similar to other Arab cities, have experienced rapid expansion, placing immense pressure on their urban environments. Although

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

some urban administrations have made relative progress, the situation remains dire for most cities. The unbalanced urban growth has led to the integration of villages and rural communities into urban spaces, resulting in adverse impacts on infrastructure and quality of life. This research is significant as it is among the first to track urban expansion in the outskirts of Yemeni cities, highlighting issues like slum proliferation. The study concludes that, based on urban growth indicators, housing demands will continue to rise due to existing and projected urbanization rates. Key recommendations include changing and developing rural lifestyles and bridging the gap between urban and rural areas to achieve balanced development. The hope is to propose actionable solutions that will alleviate the negative impacts on residents both now and in the future.

Keywords: Urban expansion, Ruralization, rural-urban continuum, marginal peripheries, Yemeni cities.

المقدمة:

مارست المدن اليمنية توسعها في سبعينيات القرن العشرين، بصورة سريعة وغير متوازنة، وفي الأطراف والهوامش غالباً ما كان ذلك التوسع عشوائياً، أكثر منه مخططاً، وأفقياً أكثر منه عمودياً، ونتيجة لذلك انتشر البناء العشوائي ومدن الصفيح التي شكلت بدورها مناطق سكنية محاطة بأحزمة البؤس والفقر، لا تتوافر فيها المعايير الفنية، والتقنية، للتوسع العمراني الحضري الطبيعية، وتظهر على شكل أحياء هامشية تؤدي إلى ظهور مناطق غير ملائمة، فضلا عن تأثيره في المظهر العام لأجزاء حيوية في المدن (**باية, 2016, ص396**). وهو ما يمكن تسميته بترييف أطراف المدن. وأضحت هذه الانماط السمة الأبرز في أطراف المدن والذي بدورها أخلت بالتوازن البيئي الذي يجب أن يكون سائداً، وقد ضاعف من حدتها وانتشارها تواضع التخطيط الحضري، وانطلاقاً من هذه الحقائق، وبسبب نقص الدراسات الأكاديمية لهذا المجال الحضري -المتصل الريف –حضري الهام، هدفت الدراسة إلى الكشف عن حجم ونوع التدهور الناتج عن تعدد أنماط التوسع العمراني في أطراف المدن بأشكاله المختلفة بهدف فهم أعمق لآثار هذه الظاهرة على النسيج العمراني والمعماري والبناء الاجتماعي والاقتصادي والثقافي. وتنبع أهميتها من كونها من أوائل الدراسات الحضرية التي تسعى إلى الكشف عن واقع الممارسات التخطيطية في أطراف المدن اليمنية، وانعكاساتها على طبيعة المجال المتصل الريف – حضري من خلال التعرف على أبرز خصائص الأنماط السكنية فيها، وأبرز الإشكاليات التي تعاني منها وتقديم مقترحات تكفل لمتخذي القرار نجاحاً أكبر في وضع المعالجات اللازمة، وأضحى من الأهمية بمكان توجيه الجهود البحثية في الجانب النظري بتقديم رؤى علمية قائمة على تلمس واستعراض, جوانب القوة والضعف في الجانبين الوظيفي والمكاني للمدينة, وصولاً إلى نمو متوازن لاستعمالات الأرض الحضرية وتوزيعها الوظيفي, من خلال الاستفادة من النظريات الحديثة للحد من التأثيرات السلبية, وتوجيه ذلك التطور في المسار المطلوب خدمة لسكانها. ولتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

تساؤلاتها، اعتمدت الدراسة عددا من المناهج البحثية حسب الظاهرة المدروسة منها: المنهج الوصفي؛ للحصول على أوصاف دقيقة للظاهرة والمنهج الاستقرائي التحليلي؛ لتحليل البيانات وفق عدد من المعايير الحضرية، ولاستعانة بالملاحظة العلمية، والصور الفضائية، والخرائط المتوفرة في برامج الحاسوب، وسيكون من السابق لأونه الحديث عن حلول ناجزة للإشكاليات التي عانت ومازالت تعاني منها مدننا حيث أن معرفة الخلل يستوجب تعمقاً في الدراسات والابحاث النظرية، والتطبيقية، على حدٍ سواء. بغية الوصول إلى عدد من المقترحات وتقديمها إلى الجهات الرسمية ذات العلاقة.

1 - الإطار المنهجي

1 – 1 - مشكلة الدراسة

تسارع التوسع العمراني الحضري في المدينة اليمنية في العقود الاربعة الاخيرة، بفعل الزيادة الطبيعية والهجرة الوافدة من الريف، وما رافق ذلك من تواضع الممارسات التخطيطية وتأخرها نسبياً أسهم ذلك في وجود عدد من الاختلالات الوظيفية بالمدينة اليمنية نتيجة سوء استعمالات الأرض في أحيان كثيرة واختلال في توزيعها مكانياً، وما ترتب على ذلك من اشكاليات لعل أبرزها التدهور البيئي وتدني كفاءة وكفاية الاسكان وسهولة الوصول الى الفعاليات المختلفة. وهو ما سعت الدراسة لمعالجته من خلال الإجابة على التساؤلات الاتية:

- ما الفرق بين التمدن الحقيقي والترييف الحضري؟
- ما علاقة الممارسات التخطيطية بمظاهر التوسع العمراني في أطراف المدينة اليمنية؟
- ما الآثار المترتبة على طبيعة التوسع في الأطراف؟ وكيف يمكن الحد من الآثار السلبية؟

1 – 2 - أهداف الدراسة وأهميتها

هدفت الدراسة إلى الكشف عن حجم ونوع التدهور الناتج عن تعدد أنماط التوسع العمراني في أطراف المدن بأشكاله المختلفة بهدف فهم أعمق لآثار هذه الظاهرة على النسيج العمراني والمعماري والبناء الاجتماعي والاقتصادي والثقافي. وتنبع أهميتها من كونها من أوائل الدراسات الحضرية التي تسعى إلى الكشف عن واقع الممارسات التخطيطية في أطراف المدن اليمنية، وانعكاساتها على طبيعة المجال المتصل الريف –حضري من خلال التعرف على أبرز خصائص الأنماط السكنية فيها، وأبرز الإشكاليات التي تعاني منها وتقديم مقترحات تكفل لمتخذي القرار نجاحاً أكبر في وضع المعالجات اللازمة.

1 – 3 - منهج البحث وطريقته

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها، اعتمدت الدراسة عددا من المناهج البحثية حسب الظاهرة المدروسة منها: المنهج الوصفي؛ للحصول على أوصاف دقيقة للظاهرة والمنهج الاستقرائي التحليلي؛ لتحليل البيانات وفق عدد من المعايير الحضرية، ولاستعانة بالملاحظة العلمية، والصور الفضائية، والخرائط المتوفرة في برامج الحاسوب. وتتناول محاور الدراسة معرفة الفرق بين التمدن الحقيقي والترييف الحضري والعلاقة التاريخية بين الريف والمدينة، وكذا

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

التعرف على الوضع الحضري في الهوامش ومعرف أنماط ووظائف الضواحي، إضافة الى العمل على رصد مظاهر الترييف في أطراف المدن والآثار والمعالجات المقترحة.

2 - معرفة الفرق بين التمدن الحقيقي والترييف الحضري والعلاقة التاريخية بين الريف والمدينة

مفهوم ترييف المدن في أبسط تعريفاته هو انتقال أنماط الحياة الريفية من حيث تواضع أو غياب البنى التحتية، وظهور الاقتصاد غير الرسمي، في الأطراف الحضرية نتيجة الهجرة والنزوح من الريف، وتقليل الفجوة بين الريف والحضر مطلوب في إطار الخصوصية الجغرافية والتاريخية", إذ أن انتقال السكان من الريف إلى المدينة يؤدي إلى ترييف الحضر، وبالمقابل لا توجد عملية مقابلة لتحضر الريف"(**محمد,2005, ص7**). حيث يفرض الترييف الذي يكتسح المدينة المعاصرة سلوكيات، وخصوصيات وأنماط الحياة الريفية إذ يشاهد صورة الريف في الاسواق، والحظائر، داخل النسيج العمراني للمدينة المعاصرة. والتحضر بهذا المعنى هو انتقال السكان من المناطق الريفية إلى المدن. إضافة إلى أن زيادة نسبة السكان الحضريين في المجتمع، ونمو المدن من حيث الحجم والسكان والخدمات، يعد تحضراً. وتظهر آثاره الايجابية على شكل تطور اقتصادي وثقافي. فضلاً عن أن أبرز سلبياته ظهور اشكاليات عديدة منها التدهور البيئي والازدحام، ومشكلات مرتبطة بالإسكان من حيث كفايته، وكفاءته. والترييف في أبسط صوره ممارسة الأنشطة الريفية مثل الزراعة، وتربية المواشي، في أجزاء من عمران المدينة، وغالباً ما تكون في الأطراف. وعند تتبع العلاقة التاريخية بين الريف والمدينة إذ يعد الريف الموطن التقليدي للزراعة، وتربية الحيوانات، واستغلال الغابات والرعي، والانشطة المرتبطة بالحياة القروية.

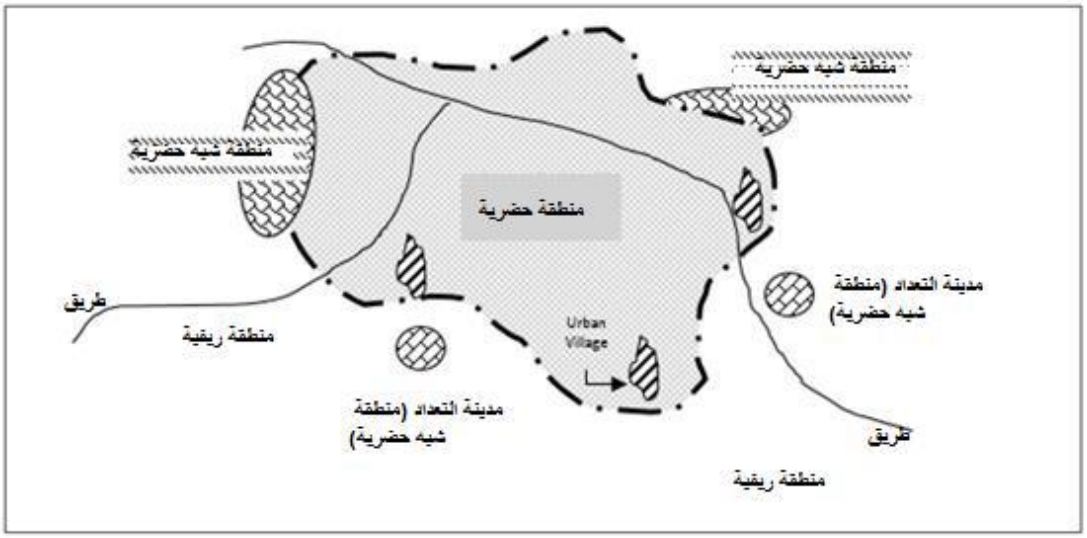
والمدن نشأت كمراكز حضرية يتجمع فيها عدد أكبر من السكان تمارس أنشطة مختلفة، وتعتمد غالباً على التجارة، والصناعة، وتقدم خدمات مختلفة وتعد مراكز للسلطة والأنشطة الثقافية. ويرتبط الريف بالمدينة عبر علاقات تبادلية تعتمد على التكامل، اذ يزود الريف المدينة بالمواد الغذائية، والمواد الخام, ويعتمد الريف على المدينة في توفير السلع المصنعة, والخدمات المختلفة، وتعد المدينة سوق لبيع منتجات الريف وهذه هي العلاقة التقليدية، غير أن التقدم في وسائل النقل الحديثة، والتطور التكنولوجي، قد سهل كثيراً للمدينة المعاصرة الحصول على الغذاء، والمنتجات المختلفة، من أصقاع العالم في أحيانا كثيرة، وفي الوقت المعاصر وبحكم التأثير والتأثر بين الريف والمدينة وحركة السكان بفعل الهجرة الدائمة، والمؤقتة من الريف إلى المدينة والهجرة المعاكسة من المدينة إلى الريف، فضلاً عن الحركة اليومية بين المدينة وظهيرها الريفي، فقد شهدت تحولات ديموغرافية، واجتماعية. غير أن التحضر السريع والتكنولوجيا الحديثة أذابت الفوارق ولو بشكل نسبي نتيجة تحولات في نمط الحياة الريفية من خلال ولوج مفاهيم الحضرية وأدواتها إلى الريف.

2 – 1 - أطراف المدن المسميات و أنماط التوسع العمراني

يقصد بالأطراف الحضرية تلك المنطقة الهامشية عند أطراف المدن، وتعرف بالمتصل الريف –حضري وتعرف أيضاً بالنطاق الانتقالي، والظل الحضري، والاطراف الريفية الحضرية. كما تعرف بالمناطق المحيطة بالمدينة، أوضواحي المدن (Banlieu بالفرنسية وSuburb بالإنجليزية) في مجملها هي عبارة عن امتدادات حضرية غازية لظهير قريب تداخلت فيها

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

استعمالات الأرض واستخداماتها بالأنشطة الريفية، والحضرية، تتميز بعدد من الخصائص أبرزها اتساع المساحة ورخص الأرض مقارنة بمركز المدينة.



الشكل (1) تصورللمناطق الحضرية وشبه الحضرية (المتصل الريف-حضري)

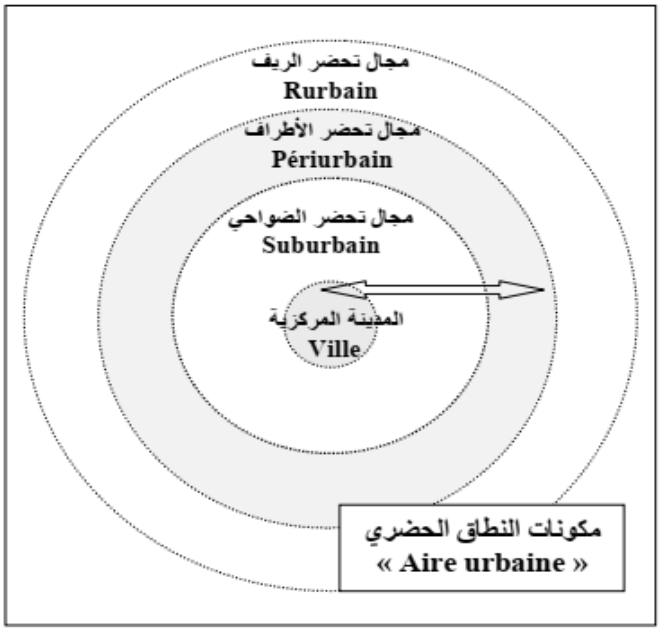
المصدر: عدل, بديار,(2023م)،.ص108

3 - التعرف على الوضع الحضري في الهوامش ومعرف أنماط ووظائف الضواحي

قد لا يحتاج الباحث الحصيف إلى البحث والتدقيق لتشخيص الوضع الحضري في هوامش المدينة العربية، بشكل عام والمدينة اليمنية على وجه الخصوص، إن نموذجي التحضر والترييف غالباً ما يتخللان بعضهما، الأول يؤكد مركزية المدينة وهيمنتها، وانتشار للقيم الحضرية واكتساحها للمجال الجغرافي، والثاني تستحيل معه المدينة كفضاء بغض النظر عن فقر أو غنى ذلك الظهير إذ يعد حاضنة لإنتاج العلاقات الريفية، وفي الأربع العقود الأخيرة شهدت العلاقة بين الريف والمدينة في الجمهورية اليمنية تحولات عميقة حيث تجلت خصائص العمران الريفي بأنماطه، واشكاله المختلف عمرانياً، وثقافياً، غالبية المدن، وبالمقابل شهد الريف مظاهر التحضر العمراني، وبعض الخدمات نتيجة عدد من العوامل يتدخل فيها الاجتماعي، والاقتصادي، والتخطيطي، والثقافي، وله آثار سلبية تتمثل في ارتفاع اسعار الأراضي والتدهور في الاراضي الزراعية، والزحف العمراني العشوائي، وآثار ايجابية تتمثل في خلق فرص عمل وتوفر سكن ملائم، نسبياً، توسع في البنى التحتية، والخدمات العامة. لكن المطلوب دائما وضع استراتيجيات حضرية تحقق استدامة موارد البيئة الحضرية، وتحد من الآثار السلبية من خلال التقييم الدائم المستمر لمقومات البيئة الحضرية، غير أن توسع المدينة على حساب ظهيرها الريفي، " بقدر ما هو سلبي على الريف بإمكانه أن يصبح عبئاً على المدينة في غياب استراتيجيات التخطيط الفعالة والجادة"(**بيبيون, 2012، ص12**) وغالبا ما يكون ذلك التوسع العمراني فوضوي وعشوائي، وينتج عنه توسعاً غير متجانس اضافة إلى تأثيره المباشر على المظهر العام للطبيعة الريفية، يظهر ذلك من خلال انتشار أنماط سكنية متباينة وغير متناسقة، الأمر الذي يؤشر إلى حجم ونوع المعاناة وحجم التدهور الذي ستعاني

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

منه المدينة خاصة في ظل تواضع الجهود التخطيطية وغياب التحكم والسيطرة للهيئات القائمة على التخطيط الحضري في تسـيير مجالها تكون النتيجة توسـع غير منظم. ويأخذ أشـكالا عديدة تتمثل في مدن سـكنية متعددة الأحجام ترتبط بالمدينة الكبرى، وينشأ بينها نوع من التكامل والتوزيع في الوظائف وينتج عنها تجمع حضري متعدد الاقطاب يرتبط بالمدينة المركزية وسلطة الادارة الحضرية.



الشكل (2) مكونات المجال الحضري

المصدر: بديار عادل،(2023)،.ص10

غالباً ما توصف الضواحي بأنها ليست موحدة من حيث الاسلوب والمظهر، ففي المؤتمر الدولي الرابع للعمارة المعاصرة عام 1933م، في أثينا وصفت الضواحي "بأنها حجرة الانتظار البائسة للمدينة"(**غدا واخرون، 2013، ص7**) اذ تعتمد على مجموعة من الخصائص تتباين فيما بينها وفق تجانس تلك الخصائص فمنها النمط التراكمي، والنمط بالقفز، والتوسع المحوري على جانبي خطوط النقل بأنماطه المختلفة، اذ يوصف النمط التراكمي بالتوسع بما يعرف بملء الفراغات التي تتخلل المدينة والتي تركت لعدد من الاسباب أبرزها تنفيذ المخططات وملكية الارض.

يعرف النمط القافز بانه تركز تجمعات سكنية بعيدة نسبيا عن معمور المدينة نشأ نتيجة مجموعة من العوامل منها سعر الأرض، اقامة بعض التجمعات نتيجة كوارث طبيعية تصيب اجزاء من عمران المدينة مثل الزلازل، والفيضانات، والانهيارات الصخرية، تفصل بينها وبين كتلة المدينة مناطق زراعي أو مهملة، وتبرز الضواحي كأحد أبرز الظواهر العمرانية خارج النطاق المعمور للمدينة، وغالباً ما تتموضع في أطراف الحدود البلدية للمدن بمسافات يسهل الوصول إليها، وتنقسم إلى - ضواحي عصرية ومدن جديدة ومدن تابعة...، تصنف الضواحي مكانياً بالضواحي القريبة من المدينة والمتوسطة والأخيرة تغلب عليها السمات الحضرية (ترييف المدن)، والبعيدة تطغى عليها سمات الريف، غير أن الضواحي في العموم تنقسم إلى ضواحي سكنية، وضواحي صناعية، وضواحي عمالية."(**نصر، 2022،ص4**). وترتبط بالمدينة الكبرى

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

وينشـأ بينها نوع من التكامل والتوزيع في الوظائف، حيث أن دراسـة أي ظاهرة عمرانية في مضـمونها التحليلي تسـتدعي الوقوف عند معانيها وتعاريفها النظرية وصولاً إلى تشخيصها وتقييمها. وفي كثير من الاحوال تخضع الضواحي في ديناميتها لمنطق المدينة وفي تخصيص أجزائها للمصالح الموجهة للتوسع الحضري الذي يتحكم في اقتصاداتها ووظائفها وتوسعها "الأمر الذي يجعل ارتباط الضـواحي بالمدينة يعبر عن تبعية مصـالح وليس عن تبعية مواقع"(**كويوز, 2020، ص5**). وتبعا لذلك بدأت الضواحي تعاني بدورها من مشكلات تصدر اليها من المدينة كون الضاحية تابعة وليست مستقلة، وغالباً ما تتحكم المدينة في مجالها الحضـري " باعتبارها كياناً جغرافياً يتميز بخصـائص معينة ويمارس وظائف متنوعة جعلت منها قطباً ينظم المجال الجغرافي"(**الدباغي، 2023، ص4**).

4 - رصد مظاهر الترييف في أطراف المدن والآثار والمعالجات المقترحة

منطقة الأطراف الريف –حضرية تختلط فيها استعمالات الأرض بشكل فوضوي إذ يغلب فيها حالة الزحف على الاراضي الزراعية, وتعد نطاق حضري ضمن مركب إقليمي متغير، نشأت نتيجة عدد من الأسباب والعوامل لعل أبرزها تواضع أداء إدارات الهيئات القائمة على التخطيط الحضـرية والضـغوط الاجتماعية الناجمة عن الازمات الاقتصـادية، وأثر ذلك في قلة المخططات وبرامج التطوير الحضـري، الأمر الذي ترتب عليه أزمات اجتماعية، ونقص حاد في الوحدات السـكنية، وارتفاع الإيجارات، للوحدات المتاحة، ولعل أبرز تلك الأسـباب اسـتمرار مسلسـل الهجرة، والنزوح الريفي والسكن المؤقت بسـبب الظروف الاجتماعية المختلفة، تتميز الأطراف الريف- حضـرية بتواضـع التخطيط، وتدهور النسـيج العمراني، والمعماري، وتكاثر العشـوائيات، والأحياء الهامشـية-مسـاكن الصـفيح، وهامشـية تلك الأطراف "مرتبطة أسـاسـاً ببعدها الجغرافي عن منطقة قلب المدينة ومركزها التجاري وتعني Central Business District وتعرف اختصـارا (C.B.D)، وقد يكون التهميش بمفهوم الإقصاء وضعف الاندماج وقد تكون الهامشية في هذه الاطراف الريف –حضرية هامشية بمعنى أنها غير قانونية، فضلاً عن هشاشة في ملكية الأرض، وصفة التجهيزات. وهي في العموم تتسم بالازدحام والتكدس الشديد للسـكان، وتتخلل تلك الأحياء تجمعات سـكانية ريفية على أنها حضـرية اعتماداً على أسـاس حجم ونوع الخدمات العامة وخدمات البنى التحتية وليس على أسـاس التغيير في طبيعة الأنشـطة الاقتصـادية "رغم ذلك تظل الخلفية الثقافية لأفرادها واضحة في السلوكيات الاجتماعية"(**عبدالقادر، 2017، ص27**).

غالباً لا يوجد حد فاصـل بين القرية والمدينة يمكن أن نحدد بمقتضـاه أين تنتهي المدينة وتبدأ القرية، رغم صـعوبة التصنيف وتدخل كيانات هاذين القطاعين أذ يصعب تصنيفها علمياً إلى حضري وريفي وازالة أو تقليل الفجوة بين الريف والحضر مطلوب في إطار الخصوصية الجغرافية والتاريخية. إن حركة السكان من الريف إلى المدن حتماً يؤدي إلى ترييف الحضر، غير أنه لا توجد عملية مقابلة لتحضر الريف رغم أن وسائل الاتصال وتأثير التكنولوجيا وعصر المعلوماتية قد أسـهمت في تقليل الفجوة بين ما هو ريف وحضـر, ومن الأهمية بمكان أن نعي اسـتحالة التنمية بلا تخطيط شـامل ومتوازن، اذ أن نجاح أي تطبيق من تطبيقات العمران الناجحة لأي مدينة يلزمه بالدرجة الأولى أن ينطلق هذا التطبيق من رؤية مسبقة لجميع عناصر التوزيع المكاني البشري في المدينة، لأن للمدن وظائف تؤديها لخدمة ساكنيها، وغياب هذه الرؤية القائمة على تلمس واسـتعراض جوانب القوة والضـعف في الجانبين الوظيفي والمكاني للمدينة حتماً يؤدي إلى نمو

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

المدينة بشكل غير متوازن، ويصنع اشكاليات عديدة لساكنها في صورة اضطراب نظري وتطبيقي لاستعمالات الأرض وتوزيعها الوظيفي، والمدن اليمنية بشكل عام نمت وفق التطور الموضوعي للمدن العتيقة، ونظراً لتعدد مراحل نموها وتعدد الطفرات الطبيعية، والاجتماعية، والاقتصادية، والثقافية أيضاً التي مرت بها فقد شكلت المدن صورة لهذا التنوع والتعدد، الذي إن لم يتم دراسته دراسة مكانية تراعي المعايير العلمية لتوزيع استعمالات الارض ونظرياته الحديثة، فإن ذلك سيحول دون فهم هذه الجوانب الهامة ومن ثم غياب التخطيط السليم، الأمر الذي ينعكس على المدن اليمنية وساكنها في شكل اضطرابات مزمنة تنمو مع نموها كما حدث ويحدث في كثير من مدن العالم .

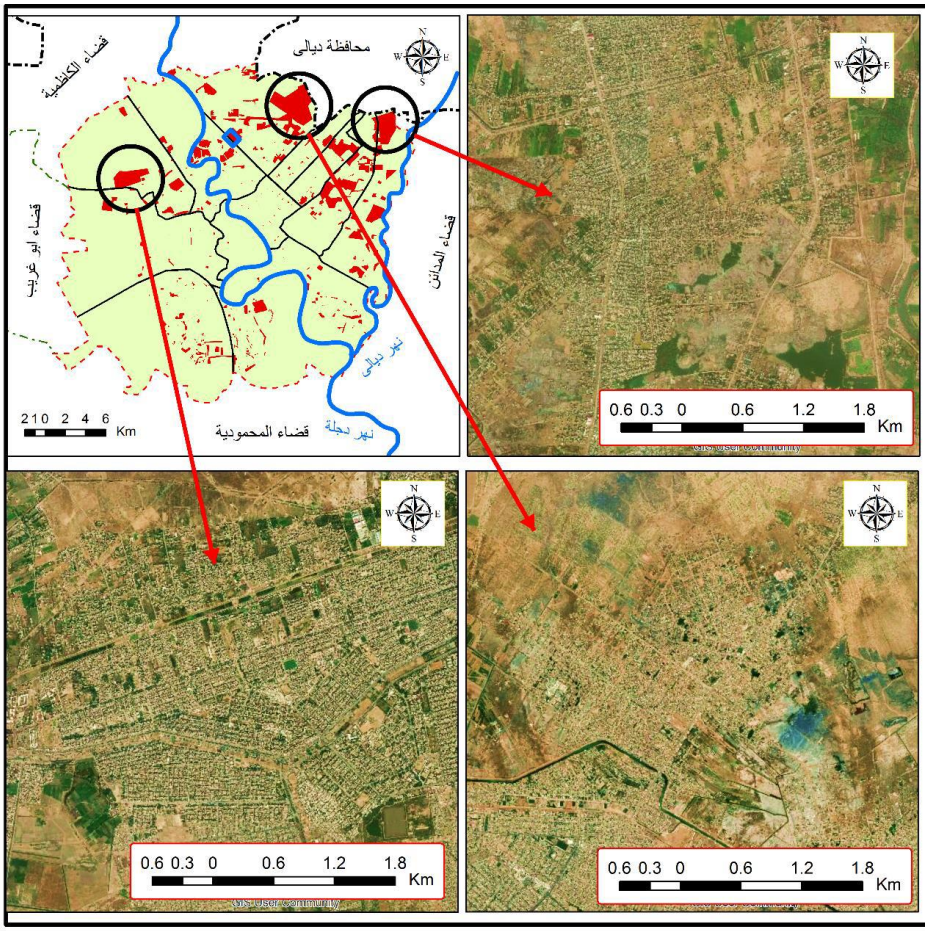
4 - 1 - مظاهر التوسع العمراني الحضري (الزحف العشوائي) :

المناطق العشوائية لا تعني فقط تلك الاحياء التي تتميز بتدهور المظهر الخارجي بل هي نوع من العمران لا يلبي المتطلبات الاساسية لسكانها ويرمز البناء العشوائي إلى المساكن المخالفة للتخطيط الحضري وغالباً يوصف هذا النمط بأنه بناء غير قانوني و"غير مرخص له لا تراعى فيه معايير البناء التي تخضع لقواني التعمير"(**قسوم والصادق، 2014، ص349**).

" وتعرف المناطق العشوائية "بالمناطق السكنية غير الصالحة أو الملائمة لسكن الإنسان بظروفه الحالية"(**كامل، 2004، ص3**).

يرى الباحث أدريس مقبول أن "المشكلات اليومية التي أضحت سمة بارزة للمدينة العربية هي محصلة فوضى عارمة"، ويتميز هذا النمط بما يعرف بالسكن الفوضوي، وهو عكس النمو المخطط ويتمثل في أحزمة البأس في أطراف المدن، وغالباً ما ينشأ في منطقة تصادم بين المجال الريفي ونظيره الحضري، اذ أن الأول يفقد توازنه نتيجة ضغط الأخير. ومن أبرز عومل نشأتها وتطورها نجد الهجرة من الريف، غير أن التريف لم يحدث عن طريق الهجرة الوافدة فحسب بل جاء أيضاً نتيجة ترهل المدينة العشوائي خاصة في الهوامش لتجد المدينة نفسها في صدام مباشر مع المجال الريفي"(**مقبول،2016، ص 58**)، اذ يؤدي النمو العشوائي إلى ارتفاع الكثافة السكانية والاسكانية وينتج عنه تشوه في العمران والعمارة من الداخل والخارج ويبرز تأثير التريف في أطراف المدن في "تشويه الصورة البصرية بسبب غياب القيم الجمالية في تصميم المباني وهندسة الطرق ومجاوراته"(**ليلى، 2017، ص44**)، ان مفهوم الاسكان أعم وأشمل من كونه بنايات بل منظومة حضرية واجتماعية متكاملة لها هوية خاصة وطراز مميز وطابع منبثق من قيم المجتمع وموروثه الحضاري رغم كل العيوب والسلبيات لهذا النمط من البناء. غير أن هناك بعض الباحثين أمثال "فير تيرنر" يرى أن مساكن الاطراف تمثل نصراً كبيراً بالجهود الذاتية لذوي الدخل المحدود –المنخفض وهي تدل على طاقة وقدرة كبيرة للأفراد على حل مشاكلهم بدون مساعدة الحكومة" ففي القاهرة والدار البيضاء وأمانة العاصمة صنعاء وأمانة بغداد خريطة (1) وغيرها من المدن العربية الكبيرة والمتوسطة على السواء نشأت بسبب تيارات الهجرة المتتالية من الريف وقد قابله سياسات واجراءات متواضعة من قبل الادارات الحضرية مما نتج عنها مناطق واحياء عشوائية في هوامش المدن وأضحى التكدس السكاني صفة ملازمة لهذه الاطراف الأمر الذي أفقد سكانها التمتع بالخصوصية والحد الادنى من الحياة الكريمة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

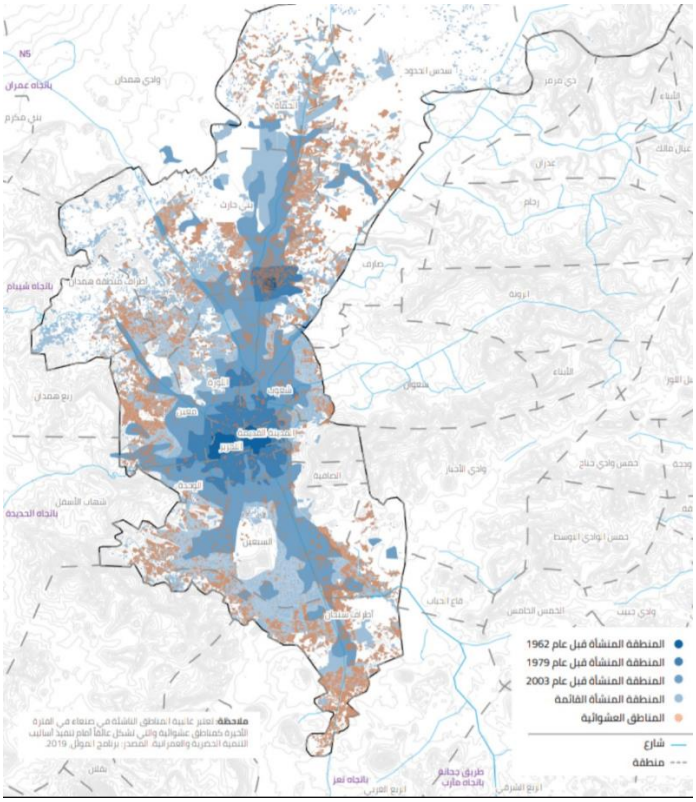


خريطة (1) الاطراف الريف-حضرية في مدينة بغداد العشوائيات ومدن الصفيح

المصدر: سلطان الجبوري، 2022

لا يوجد حاليا أي مؤشر يقود إلى تراجع اللحظة يقود إلى تراجع العشوائيات حيث أن 55% من جملة سكان آسيا وما بين 40-50% من سكان أمريكا اللاتينية ومن 60-70% من سكان أفريقيا. وفي الوطن العربي قدرت النسبة بين 50-70%، "يعيش 28% من سكان الحضر في الوطن العربي في العشوائيات"(**المغربل،2022، ص22**)، أما الجمهورية اليمنية ليست "المشكلة الاسكانية في المناطق الحضرية في قلة عدد الوحدات السكنية بل في الملائمة"(**Al-Abed.2015,13**). أذ بدأ البناء العشوائي في الظهور بشكل خجول خلال الفترة الممتدة من الاربعينيات إلى السبعينيات من القرن العشرين وفي عام 1978م أوصت دراسة برجر (**Berger Knaps, 1978**) بتحديث المخطط العام -الخطة الهيكلية (Master Plan) والعمل على الحد من انتشار البناء العشوائي، وهو مالم يتحقق بل على العكس فقد زادت حدته بعد اعلان قيام الوحدة اليمنية عام1990م لاسيما في كبريات المدن وفي طليعتها أمانة العاصمة صنعاء (خريطة رقم 2، وصورة رقم 1).

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604



خريطة (2) الزحف العشوائي في أمانة العاصمة صنعاء

المصدر: صنعاء، ملف التنميط الحضري،2019,

نتيجة تواضع التخطيط الحضري زاد انتشار المناطق العشوائية في المدن الرئيسة ففي العاصمة التجارية عدن بلغت نسبة المساكن العشوائية 25% عام 2005م "لعدد من الأسباب لعل أبرزها انعدام التمويل الاستثماري ومحدوديته في التخطيط العمراني وفي انشاء البنى التحتية"(حسن،2014، ص16), وفي مدينة اب بلغ عدد المناطق العشوائية 23% من اجمالي عدد المناطق السكنية في المدينة (**إسحاق ، 2006 ص319**)، وفي مدينة ذمار بلغت نسبة المساكن العشوائية التي بنيت في المدة 1994م-2004م 33.33%، (**الجرفي، 2018، ص140**)، وغالبا ما كان هذا النمط من التوسع يمتد في اماكن خطرة طبيعاً على أشكال مختلفة أبرزها نمط الامتداد على المرتفعات الجبلية ويشاهد ذلك دون عناء في أمانة العاصمة صنعاء على سفوح جبل نقم وعيبان. صورة (1)، وكذلك على التلال المحيطة الأخرى، وكذا يشاهد في مدينة عدن في سفوح جبل شمسان، وكذلك هو الحال في مدينة تعز الشكل رقم (3). وكذلك بمدينة اب، ومدينة المكلا.

إن هذه المظاهر العشوائية تسبب تشوهاً جمالياً لتلك المرتفعات ناهيك عن أنه في اوقات كثير يكون عائقا لمجاري السيل وما يترتب على ذلك من مخاطر متعددة الاتجاهات، كما أن توسع المدن السريع وغير المتوازن في ظل تواضع أداء ادارة الهيئات القائمة على التخطيط الحضري والاقليمي على السواء أدى إلى بروز ظاهرة الزحف العمراني في أطراف المدن على حساب القرى والمحلات الريفية. ففي "أمانة العاصمة صنعاء بلغ عدد القرى الواقعة ضمن النسيج العمراني الحضري والمتصل الريف-حضري 140 قرية ." (**غزوان، 2021، ص26**)، خريطة (3)

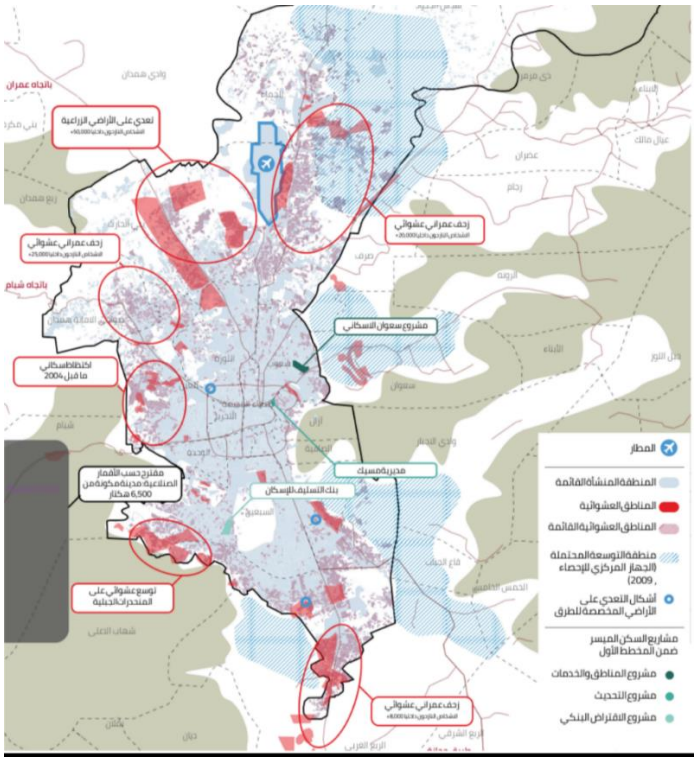
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

صورة (1) منظر عام للبناء في الأطراف الهامشية-العشوائيات- فج عطان أمانة العاصمة صنعاء

المصدر: صنعاء، ملف التنميط الحضري، 2019 ص 32

الشكل (3): صورة فضائية تظهر منظر عام للأطراف الحضرية تظهر فيها العشوائيات في مدينة تعز سفوح جبل صبر حول قلعة القاهرة 2025 ، المصدر: SAS Planet. (2025). Satellite imagery from Google Maps

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604



خريطة (3) أشكال الزحف العمر اني في أمانة العاصمة صنعاء للفترة 1962 – 2019

المصدر: صنعاء، ملف التنميط الحضري، 2019 ص 31

من جهة أخرى شـــهدت مدينة ذمار ومدينة معبر ومدينة يريم في منخفض ذمار يريم توســـعاً أفقياً على حســـاب القرى والمحلات العمرانية الريفية في هوامش تلك المدن. الشكل رقم (4)

الشكل (4): صورة فضائية لمنظر عام للأطراف الحضرية يظهر المتصل الريف –حضري في مدينة ذمار2025م ،

المصدر: SAS Planet. (2025). Satellite imagery from Google Maps

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

4 – 2 - آثار التوسع العمراني في أطراف المدن

4 -2 -1- الآثار البيئية والاجتماعية

ينتج عن الضغط الكبير على الموارد الطبيعية تدهور الأنظمة البيئية وتريف المدن وخدش مظهرها الجمالي نتيجة قلة الوعي المجتمعي بأهمية الموارد، الأمر الذي ينتج عنه ضعف كفاءة اليد العاملة وقلتها، وارتفاع في معدلات البطالة، والفقر، وهي في مجملها أسباب منطقية لتدهور القيم والتقاليد، والتي بدورها تسهم في بروز عدد من الاشكاليات الاجتماعية، وما يترتب عليها من اشكاليات بيئية تتمثل في انتشار المخلفات والنفايات نظراً لتعذر ولوج شاحنات جمع النفايات إلى أحياء عديدة من تلك المناطق نتيجة ضيق الشوارع والطرقات, مما يجعلها بيئة حاضنة لانتشار الفيروسات وما يترتب على ذلك من مضاعفات على صحة السكان. متمثلة في انتشار الأمراض وانخفاض المستوى الصحي. فضلا عن الآثار الاجتماعية مثل تعدد الزوجات والتي ينتج عنها ارتفاع عدد أفراد الاسر، وظاهرة الزواج المبكر وعمالة الأطفال، ومظاهر العنف والجريمة، والسرقة، وانتشار ظاهر التسول، وتفاقم مشكلة التفكك الاجتماعي، وصولاً إلى انتقال الصفات الريفية داخل الحياة الحضرية وهو ما أدى إلى تريفها وانتشار صفة الريفية بها.

4 – 2 – 2 - الآثار العمرانية والمعمارية

رغم أن المدينة اليمنية غنية بالتراث التاريخي النادر لفن البناء، وحيث أننا نعيش عصر أصبح فيه التغيير هو الثابت الوحيد، فإن المدينة اليمنية لا يمكن لها أن تعيش في معزل عما يجري من تحولات وهي في أمس الحاجة إلى خلق بيئة حضرية تتفاعل فيها الهياكل العمرانية مع الوسط الاجتماعي والاقتصادي، وصولاً إلى بيئة تتلاءم مع العيش الانساني الطبيعي. غير أن عدد من الاشكاليات التي تعترضها منها اشكاليات قانونية تتمثل: في التعدي على ملكية الدولة والمؤسسات والافراد، وإشكاليات تخطيطية متمثلة في عدم احترام التخطيط الحضري وإشكاليات إدارية وأمنية إضافة الي الزحف العمراني والصناعي على حساب الاراضي الزراعية وتقلص المساحات الخضراء والمغروسة وتفاقم مشاكل المواصلات. وغالبا ما ينتج عن هذا الوضع اكتظاظاً عمرانياً وضعف في الخدمات العامة وخدمات البنى التحتية فضلا عن غياب شبكات مياه الشرب العامة والصرف الصحي وفقدان المساحات الخضراء والمفتوحة والفراغات العامة، وكذا تسود الطرق غير المعبدة (الترابية). كما يسود في عمارة المتصل الريف –حضري استخدام مواد بناء رديئة وغير مستدامة ويغيب الطراز العمراني والطابع المعماري السائد في مركز المدينة الأمر الذي ينجم عنه اكتظاظ داخل المباني وارتفاع معدل التزاحم اذ تستغل المساحات الخلفية والاسطح بطرق غير قانونية الأمر الذي ينتج عنه انعدام معايير السلامة من خلال عدم التقيد بقواعد ومعايير البناء وعزوف المستثمرين في تطويرها، بالإضافة إلى صعوبة ادماجها لاحقا في مخططات التنمية وصولاً إلى تريف المدن.

4 – 2 – 3 - الآثار الاقتصادية

يفترض أن المدن محرك للتنمية الاقتصادية غير أن الأمر يختلف في مدننا بصفة عامة وفي الأطراف الحضرية على وجه الخصوص في المتصل الريف –حضري اذ يضعف الاستثمار بسبب تواضع البنية التحتية والمرافق وتندر الانشطة

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

الاقتصادية والصناعية والتجارية والسياحية ونتيجة لضعف شبكة النقل والتقنيات الحديثة يتراجع الاستغلال الامثل للموارد الطبيعية.

5 - نتائج الدراسة

من أبرز نتائج الهجرة غير المبرمجة من الريف إلى المدن:

- ارتفاع عدد سكان المدن الأمر الذي يترتب عليه عدم قدرة المدينة بالإيفاء بمتطلبات السكان.
- برز تأثير الترييف في أطراف المدن اليمنية في غياب القيم الجمالية في تصميم المباني وهندسة الطرق وغياب المساحات الخضراء والمتنزهات وأضحى غياب الطراز والطابع المعماري اليمني المميز هو الثابت الوحيد في هذه المناطق، والذي يعد الاكتظاظ والتكدس أبرز مظاهره.
- ظهور تمدن هجين في أطراف المدن اليمنية حيث لا تخضع تلك المناطق لدينامية المدينة والمصالح الموجهة للتوسع الحضري الطبيعي، اذ أن التشوهات تؤثر على البشر وانتشارها في حيز واحد كفيل بالتأثير السلبي على السكان.
- انعكست ظاهرة العشوائيات والأحياء الهامشية على البعد الاجتماعي من خلال انتقال الصفات الريفية داخل الحياة الحضرية.
- نشوء مجتمعات غير متجانسة نتيجة اختلاف خلفياتها الثقافية والاقتصادية، وما يترتب عليه من تآكل الخصوصيات الثقافية نتيجة اندماج الأنماط الريفية مع الحضرية وما يترتب عليه من فقدان بعض التقاليد والعادات الحميدة.
- مسألة الاحتياجات السكانية والاسكانية الملائمة والانسانية وفق مؤشرات النمو الحضري سوف تتعاظم بالنظر إلى معدلات التحضر القائمة والمتوقعة وستنعكس آثارها الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في أطراف المدن اليمنية وما يترتب عنه من تدهور سيستمر خلال السنوات القادمة.

الخاتمة

خلصت الدراسة إلى ضرورة سن تشريعات واصدار قوانين وتفعيلها عبر الادارات الحضرية للتعامل مع مناطق الأطراف العشوائية والهامشية-أحزمت الفقر والبؤس- باعتبارها لم تعد ظاهرة استثنائية في بعدها المكاني، وأضحى التعامل معها ومعالجتها ضرورة ملحة، من خلال تطبيق براج التجديد الحضري جنباً إلى جنب مع ضرورة الاهتمام بالتنمية البشرية. من خلال ايجاد صيغة من التوازن بين متطلبات البيئة العمرانية والتنمية الحضرية المستدامة ورفع معدلات التنمية الريفية للحد من الهجرة الوافدة بصفتها أبرز أسباب نشأة المناطق العشوائية والأحياء الهامشية. ويلزم على الهيئات القائمة على التخطيط الحضري تطبيق قانون التخطيط الحضري ومعالجة مشاكل الاسكان.

وبالتالي فإننا ندرج بعض التوصيات التي نتجت عن الدراسة:

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- من الاهمية بمكان أن نعي استحالة التنمية أو استدامتها دون الشروع في تخطيط شامل ومتوازن والتحول في الارياف المتصلة بالمدن بحيث يجعلها تكتسب ملامح المدينة في المظهر والبنية التحتية وفي نمط العيش.
- وضع برامج اقتصادية واجتماعية للفئات الأكثر هشاشة في مناطق الأطراف والأحياء الهامشية والمناطق العشوائية والحد من تمددها عبر سن تشريعات واصدار قوانين وتنفيذها عبر عدد من الادوات
- تحسين التخطيط الحضري والتخطيط الاقليمي بشكل متزامن ومتوازي من خلال وضع هيكلية تأخذ في الاعتبار النمو السكاني بأشكاله المختلفة والتوسعات المستقبلية.
- معالجة جذور المشكلة من خلال تغيير أنماط المعيشة في الريف وتنميتها اقتصاديا واجتماعيا وثقافيا والتحول في العمران والخدمات وردم الفجوة أو تقليلها في أسوء الحالات وصولا إلى تحقيق التوازن التنموي.
- توجيه الاستثمارات في المتصل الريف -حضري من خلال بناء مساكن لذوي الدخل المنخفض وفق مخططات معدة مسبقاً، وتطبيق برامج التأهيل والارتقاء وبرامج التطوير الحضري لمناطق الأطراف-العشوائيات ومدن الصفيح والأحياء الهامشية. لتتوفر فيها مستويات جودة الحياة في حدها الادنى في أقل تقدير.

المراجع:

- إسحاق، هاشم علي عبدالرحمن، كفاءة المساكن وتشكيلها المعماري والعمراني الملائم للبيئة السكنية المستدامة باليمن، الباحث الجامعي، جامعة إب، العدد (10)، 2006، ص319.
- الجرفي، عبدالله أحمد ناصر، البناء العشوائي وعلاقته بالتخطيط الحضري في المدن اليمنية، مجلة الآداب، جامعة ذمار العدد (6)،2018ص140.
- الدباغي،عبدالغني، دينامية الجماعات الضاحوية بالمغرب وسؤال التنمية الترابية، الناشر المركز الديمقراطي العربي، برلين،المانيا. 2023ص4
- المغربل، نهال، (،البرنامج التدريبي التفاعلي الإلكتروني عن بعد "للتخطيط الحضري"، المعهد العربي للتخطيط، الكويت. 2022ص22.
- باية، بوزغاية، توسع المجال الحضري ومشروعات التنمية المستدامة "مدينة بسكرة أنموذجاً"،[اطروحة دكتوراه غير منشورة] ، جامعة محمد خضير-بسكرة-الجزائر، 2016، ص396.
- بيبيون، وليد، ظاهرة التلاحم الحضري وانعكاساتها المجالية حالة مدينتي باتنة، وتازولت،[رسالة ماجستير غير منشورة] ، جامعة الحاج لخضر-باتنة،2012 ص12.
- حسن، أمين علي محمد،مدينة عدن... دراسة ديموجرافية تحليلية، مركز عدن للبحوث الاستراتيجية والإحصاء. 2016ص16
- سلطان سعيد فاضل مطلك الجبوري, مشكلة السكن العشوائي أسباب نشوئها والمشاكل الناجمة عنه, مجلة الجامعة العراقية، العدد(55ج1) 2022، العراق

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- صنعاء، ملف التنميط الحضري،UN,HABITAT for a better urban future ,2019,75
- عدل، بديار,(2023م)، ظاهرة التوسع العمراني في المناطق شبه الحضرية، [أطروحة دكتوراه غير منشورة]جامعة محمد خيضر-بسكرة، الجزائر.ص108
- عبدالقادر، سيد، لعميري سليم، النمو الحضري وعلاقته بمشاكل النقل] رسالة ماجستير غير منشورة] ، جامعة الشهيد حمة الخضير، الجزائر. 2017ص27
- غدا، علاء عبدالرزاق، رولا أحمد ميا، الضواحي السكنية، حل تخطيطي لمواجهة النمو السكاني، أم مشكلة حضرية جديدسة، مجلة جامعة دمشق، للعلوم الهندسية، 29، (2). 2013، ص7.
- غزوان، على أحمد، التخطيط العمران والتنمية الحضرية في بأمانة العاصمة صنعاء، الهيئة العامة للكتاب والنشر والتوزيع. صنعاء. 2021ص26.
- قسوم، جمال الدين، والصادق قرقيفة، ظاهرة السكن المخالف في مدينة عنابة الجزائر، المجلة الجغرافية العربية، الجزء الأول، العدد (63)، 2014ص349.
- كامل، شريف عبدالمنعم، التجمعات المتدهورة داخل المناطق الحضرية المخططة في مدينة القاهرة، [رسالة ماجستير غير منشورة]، جامعة القاهرة.2004 ص3.
- كويوز, محمد(واخرون)، آثار التوسع العمراني في ضواحي مدن العالم الثالث، المجلة الاكاديمية للأبحاث والنشر العلمي، العدد (17)، المغرب. 2020 ص5
- ليلى علاء الدين جميل احمد، آليات وحلول تصميمة لتطوير مسكن المناطق العشوائية،] رسالة ماجستير غير منشورة]،جامعة حلوان. القاهرة، 2017ص44.
- محمد، أمل سعد صالح، تقليل الفجورة الريف حضرية عن طريق التنمية المتكاملة، أبحاث المؤتمر الاقليمي العربي، القاهرة.2005 ص7
- مقبول، أدريس، المدينة العربية الحديثة، مجلة عمران، العدد (16)، المغرب. 2016ص58
- نصر، محمد أيت، (دينامية المجال الحضري، مسلك الجغرافيا. الدرس الخامس، كلية العلوم الانسانية والاجتماعية، جامعة بن الطفيل، المملكة المغربية. 2022 ص4.
- Al-Abd,A (2015), Urban Housing supply and Affordability in Yemen, Journal of Architecture and Planning Vot.27(1), pp. 17-28, Riyadh (2015) -1436.2213ص
- Berger, L0is.international inc. Kampsax international A/s (1978) Dhamar Technical Appendices and costs, volume E-L Ministry of public Works and Municipalities.

مجلة التخطيط العمراني والمجالي
Journal of Urban and Territorial Planning
العدد25، 2025
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

تدبير ندرة الموارد المائية بحوض البحر الأبيض المتوسط في ظل التغيرات المناخية –نموذج المغرب-

Managing Water Scarcity in the Mediterranean Basin in the Light of Climate Change - The Moroccan Model

لمياء البزاري

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة ابن طفيل القنيطرة – المغرب.

Lamiae.elbezzari@uit.ac.ma

الملخص

يعتبر المغرب أحد دول الضفة الجنوبية لحوض البحر الأبيض المتوسط التي أصبحت تعاني بشدة من ندرة الموارد المائية بفعل التغيرات المناخية التي نتج عنها ارتفاع في درجات الحرارة وتراجع في كمية التساقطات إضافة إلى الضغط المكثف للأنشطة البشرية على الموارد المائية خصوصا في النشاط الفلاحي. في ظل هذه الظرفية الحرجة ولضمان الأمن المائي، قام المغرب بتدابير استعجالية كتحلية مياه البحر ومعالجة المياه المستعملة، كما أنه في السنتين الأخيرتين أعطيت انطلاقة عملية الربط المائي بين الأحواض المائية التي تعرف وفرة في الماء (حوض سبو) في اتجاه أحواض الندرة (حوض أبو رقراق). هذه التجربة ستعمم مستقبلا بين الأحواض المائية الأخرى لتامين حاجيات الساكنة من الماء التي تعرف تزايدا مستمرا. في هذه المداخلة سنحاول إعطاء فكرة عن واقع حال الموارد المائية بالمغرب في ظل التغيرات المناخية مع جرد لأهم التدابير التي قام بها المغرب كبلد شبه جاف من أجل تدبير ندرة الموارد المائية والتقليل من استهلاك الماء من اجل استدامة هذا المورد للأجيال المستقبلية. وأخيرا سنقوم بدراسة نموذج محطة تحلية مياه البحر اشتوكة آيت باها بأكادير كأول محطة وطنية موجهة لاستعمالات فلاحية واستعمالات بشرية مبرزين أهم أهدافها وانعكاساتها الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: حوض البحر الأبيض المتوسط، الموارد المائية، التغيرات المناخية.

Abstract

Morocco is one of the countries on the southern shore of the Mediterranean basin that has become severely suffering from water scarcity due to climate change that has resulted in rising temperatures and declining rainfall, in addition to the intense pressure of human activities on water resources, especially in agricultural activity. In light of this critical situation and to ensure water security, Morocco has taken urgent measures such as desalination of seawater and treatment of wastewater. In addition, in the last two years, the process of linking water basins with abundant water (Sebou Basin) towards scarce basins (Abou Regreg Basin) has been launched. This experience will be generalized in the future among other water basins to secure the population's water needs, which are constantly increasing. In this intervention, we will try to give an idea of the reality of water resources in Morocco in light of climate change, with an inventory of the most important measures taken by Morocco as a semi-arid country to manage the scarcity of water resources and reduce

water consumption in order to sustain this resource for future generations. Finally, we will study the model of the seawater desalination plant in Chtouka Ait Baha in Agadir, the first national plant directed towards agricultural and human uses, highlighting its most important objectives and its social, economic and environmental repercussions.

Keywords: Mediterranean Basin, Water Resources, Climate Change.

مقدمة

يعتبر التغير المناخي والخصاص المائي من أكبر التحديات البيئية التي تواجه العالم اليوم ولا يختلف الأمر في حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث يتأثر بشكل كبير بهاتين الظاهرتين. يتميز المناخ المتوسطي عموما بعدم الانتظام على مستوى كمية التساقطات السنوية و الفصلية بل وحتى الشهرية، ويعرف هذا المناخ من وقت لأخر تسجيل فترات جفاف تختلف حدتها حسب المدة التي تستغرقها. وبالتالي فالجفاف يعتبر معطى بنيوي في المناخ المتوسطي، حيث تختلف نسبة الأمطار والرطوبة النسبية من سنة لأخرى.

يعاني المغرب على غرار باقي دول حوض البحر الأبيض المتوسط من تأثيرات التغيرات المناخية التي تؤدي إلى ارتفاع في درجات الحرارة وتراجع في كميات التساقطات وتزايد في حدة الجفاف وتواليه مما ينعكس سلبا على الموارد المائية التي أصبحت تعاني من الندرة والنضوب.

في ظل هذه الوضعية، أولى المغرب اهتماما كبيرا لتدبير الموارد المائية حيث أولى اهتماما كبيرا لسياسة بناء السدود التي تعتبر من أهم الاستراتيجيات التي مكنت البلاد من تحقيق الأمن المائي والغذائي وتحسين دخل الفلاحين وظروف التشغيل. إلا أن هذه الإستراتيجية لم تعد تعط أكلها في السنوات الأخيرة وأصبحت ندرة الموارد المائية تزداد حدة في السنوات الأخيرة بسبب توالي سنوات الجفاف، والتغيرات التي يشهدها المناخ والارتفاع الكبير للطلب على الماء. فتوالي ست سنوات من الجفاف اتر بشكل عميق على الاحتياطات المائية وجعل الوضعية أكثر تعقيدا وهشاشة.

في ظل هذه الظرفية ظهرت حتمية اعتماد مقاربة جديدة وشاملة لتدبير ندرة الموارد المائية، كمعالجة المياه المستعملة والربط البيني بين الأحواض المائية التي تعرف وفرة في المياه والأحواض المائية التي تعرف الخصاص والندرة و أيضا تعزيز محطات تحلية مياه البحر التي تعتبر في الوقت الراهن إحدى الحلول الناجعة التي يمكن أن تساعد المغرب في التصدي للتحديات المستقبلية.

1. و اقع حال الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية

1.1. الموارد المائية تباين في التوزيع زمنيا ومجاليا

يقع المغرب ما بين خطي عرض°21 و °36 شمال خط الاستواء وهو الموقع الذي يجعله عرضة لتأثيرات مرتفع الأصور الذي يتمركز قرب جزر الأصور في العروض شبه مدارية ما بين 20 ° و 45° شمالا، ويغطي مساحة شاسعة فوق المحيط الأطلنتي الشمالي، ويمتد من السواحل الغربية للبرتغال شمالا، إلى السواحل الموريتانية جنوبا، تم جزيرة برمودا غربا.

حيث تقترن حالات الجفاف بالمغرب بوجود ضغط جوي مرتفع، يمنع التاثيرات الآتية من المحيط من دخول البلاد، كما يواجه تدفق كتل جوية من الشرق نحو البلاد (**الديوري، 2000**).

يتوفر المجال المغربي على مؤهلات مائية مهمة، إذ توفر التساقطات عبر مجموع التراب الوطني 140 مليار متر مكعب من الموارد المائية، منها 118 مليار متر مكعب تتعرض للتبخر أو تجد طريقها عبر المجاري المائية نحو البحر، لتتبقى حوالي 22 مليار متر مكعب/سنة (18 مليار متر مكعب من المياه السطحية و 4 مليار متر مكعب من المياه الجوفية)

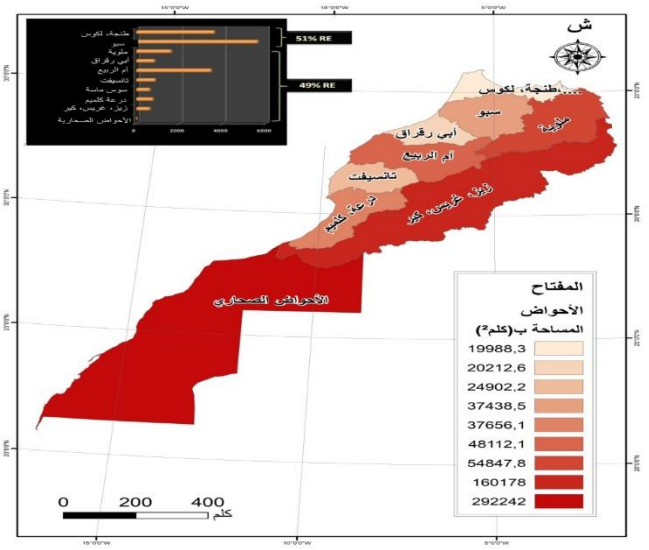
تتسم هذه التساقطات المطرية في المغرب بعدم انتظامها زمنيا ومجاليا. فمن الناحية الزمنية تتميز التساقطات بعدم الانتظام السنوي و البيسنوي، على المستوى السنوي هناك شهور تتميز بوفرة التساقطات (من أكتوبر إلى ابريل)، في حين هناك شهور أخرى تقل فيها التساقطات (من يونيو إلى غشت).

وتتوزع التساقطات حسب دراسات القطاع الوصي على الماء على النحو التالي:

- أكثر من 800ملم في المناطق الرطبة في الشمال،
- بين 400 و600 ملم في المنطقة الوسطى،
- بين 200 و400 ملم في المنطقة الشرقية وسوس،
- اقل من 50ملم في أحواض الساقية الحمراء ووادي الذهب.

أما على المستوى البيسنوي وكما سبقت الإشارة تتميز التساقطات المطرية بعدم الانتظام من سنة إلى أخرى، فالسنوات التي تتميز بوفرة التساقطات تكون حصيلة الموارد المائية جيدة (تعبئة السدود، تنشيط الجريان السطحي، تجدد الفرشة المائية الباطنية)، في المقابل هناك سنوات تقل فيها التساقطات المطرية مما يؤدي إلى تراجع حصيلة الموارد المائية (تراجع حقينة السدود، ضعف صبيب الأودية، تراجع الفرشة المائية الباطنية).

أما من الناحية المجالية، وبالنظر إلى الموقع الجغرافي يستقبل حوضي سبو واللكوس اللذين يمثلان ما يقارب 7٪ من مساحة المغرب حوالي 51٪ من موارد التساقطات المطرية، في حين يتوزع النصف الثاني على 93٪ من مساحة البلاد (خريطة 1).



خريطة 1: توزيع الموارد المائية حسب الأحواض المائية بالمغرب

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

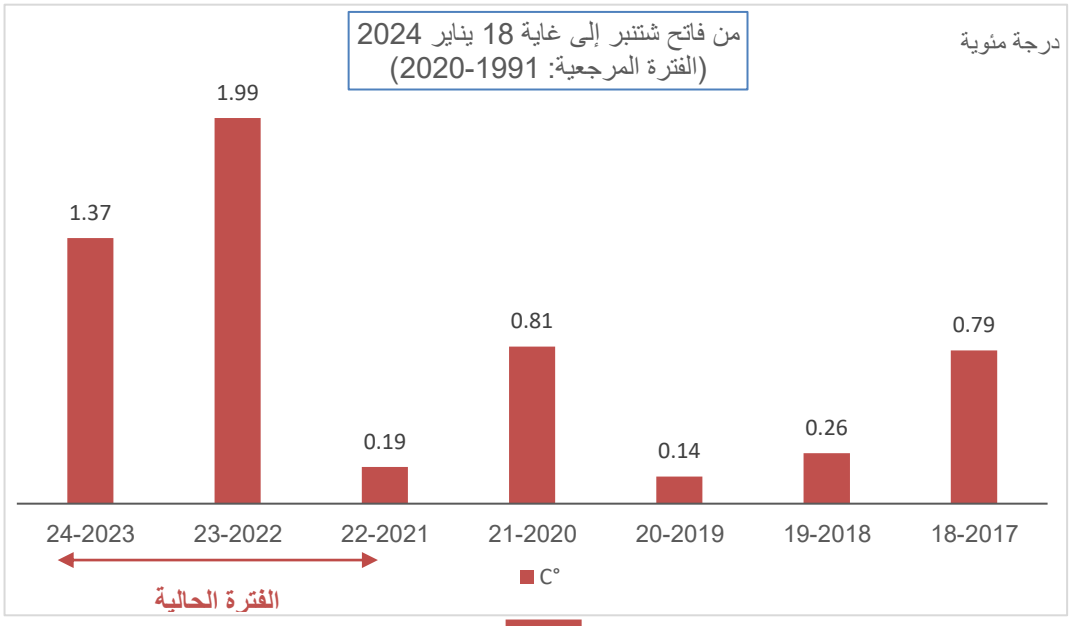
2.1. انعكاسات التغيرات المناخية على الموارد المائية

1.2.1. ارتفاع درجات الحرارة

إن ارتفاع درجات الحرارة زاد حدة وتوتراً في السنوات الأخيرة، وهو ما يعزوه المختصون إلى التغيرات المناخية التي يعرفها العالم. حيث يؤكد خبراء المناخ، في هذا الصدد، أنه ما بين 1971 و2019 ارتفع متوسط درجات الحرارة السنوية العالمية بـ 1.17° درجة، وانخفضت التساقطات المطرية بأكثر من 40 % (شكل 1)، ولا يستثنى المغرب من هذه الوضعية، فالاستنتاجات المناخية خلال العقود الأخيرة تبين خضوع المغرب لظاهرة الاحترار التي نتج عنها تحولات بيومناخية هامة، تتجلى أساسا في تراجع مجالات سيادة المناخ الرطب لصالح مجالات سيادة المناخ الشبه الجاف والجاف.

اعتبرت سنة 2022 السنة الأكثر حرارة في تاريخ المغرب. حيث شهدت ظواهر مناخية قصوى لم يعرفها المغرب منذ أزيد من 40 سنة، إذ فاق متوسط الحرارة لهذه السنة المعدل المناخي العادي لفترة 1981-2010 بحوالي 1.63 درجة مئوية مع تسجيل عجز سنوي في التساقطات المطرية ناهز 27٪.

وتعتبر السنوات الأربع الأخيرة 2019-2022 الأكثر جفافا منذ أكثر من 60 سنة بعجز يقدر بناقص 32٪. كما شهدت سنة 2022 موجات حرارة شديدة واندلاع العديد من الحرائق لاسيما في المناطق الشمالية من المغرب أتت على 23.000 هكتار من المساحة الغابوية.



معدل تبخر حجم المياه في اليوم = 1,5 مليون م³/اليوم

شكل 1: مبيان متغير درجة الحرارة المتوسطة بالمقارنة مع المعدل على الصعيد الوطني

2.2.1. تراجع التساقطات المطرية والثلجية

شهدت التساقطات الثلجية تراجعا كبيرا في الأطلسين المتوسط والكبير اللذين يعتبران بمثابة الخزان الطبيعي للمياه بالمغرب، حيث تراجعت المساحة المغطاة بالثلوج من 45 .000 كيلومتر مربع في سنة 2018 إلى 3000 كيلومتر مربع سنة 2022. وقد نتج عن هذا التراجع انخفاض كبير في الموارد المائية في حوضي أم الربيع وسبو، على وجه الخصوص، وحوضي تانسيفت وملوية، بدرجة أقل.

هذا التراجع في حجم التساقطات انعكس سلبا على موارد المياه السطحية التي أصبحت تعرف تراجعا كبيرا على مستوى جميع الأحواض المائية (جدول 1).

جدول 1: وضعية الأحواض المائية بالمغرب سنة 2023

	الحجم العادي (مليون مترمكعب)	الحجم الحالي (مليون مترمكعب)	نسبة الملء
اللكوس	1722	953.7	٪55.4
سبو	5554	2743.2	٪49.4
ملوية	798	181.7	٪22.8
ابورقراق الشاوية	1082	277.97	٪25.2
ام الربيع	4955	515.99	٪10.4
تانسيفت	227.3	138.8	٪61.1
سوس ماسة	731	136.7	٪18.7
كيرزيزغريس	313	72.2	٪23.1
درعة واد نون	740	207.6	٪28
المجموع	16122	5222.9	٪32.4

المصدر: القطاع المكلف بالماء 2023

3.2.1. توالي سنوات الجفاف

خلال العشرين سنة الأخيرة شهد المغرب بشكل متواتر موجات جفاف اختلفت مدتها وشدتها، حيث سجلت أزيد من 12 فترة جفاف كبرى، همت مجموع المجال المغربي. حاليا ومنذ سنة 2018 إلى 2024، وقد اتسمت بتسجيل أعلى نسب العجز المائي. وبذلك تكون هذه الفترة من أشد الفترات جفافا خلال الألفية الثالثة، حيث سجل المغرب أدنى إجمالي الواردات المائية مما أدى إلى عجز غير مسبوق في المخزون المائي فتراجعت الواردات المائية من22 مليار متر مكعب خلال الفترة ما بين 1945 و1980 إلى15.3 مليار متر مكعب.

4.2.1. ضعف حقينة السدود

تراجعت الواردات المائية للسدود المغربية بشكل كبير بسبب توالي سنوات الجفاف. فقد بلغت نسبة ملء السدود في بداية سنة 2024 إلى حوالي 23.14% في الوقت الذي وصلت فيه خلال نفس الفترة من السنة 2023 إلى 30% ويعزى ذلك إلى النقص الكبير في كمية التساقطات وارتفاع درجة الحرارة وأيضا ارتفاع التبخر.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

5.2.1. تراجع حصة الفرد من الماء

لقد عمقت هذه الأسباب مجتمعة أزمة الماء بالمغرب، فبعد إن قدرت حصة الفرد المتاحة من الماء ب 2560 متر مكعب للفرد سنة 1960، أصبحت لا تزيد عن 606 متر مكعب لكل فرد سنويا في سنة 2023، وهو مستوى أقل من عتبة الخصاص المحددة في 1000 متر مكعب للفرد سنويا وهو ما يشكل تراجعا بنسبة 74.6٪ (جدول 2).

جدول 2: تراجع حصة الفرد من الماء بالمغرب بالمتر مكعب للفرد في السنة

السنة	1960	2000	2019	2023	2030	2050
حصة الفرد من الماء	2560	1000	700	606	500	300

المصدر: تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي2023

2. التدابير المتخذة لتدبير ندرة الموارد المائية

شكلت سياسة بناء السدود تحت قيادة الملك الراحل الحسن الثاني ثورة حقيقية في مجال الأمن المائي والغذائي. حيث فطن رحمه الله إلى الدور الاستراتيجي للسدود خلال ستينيات وسبعينيات القرن المنصرم كحل ناجح من اجل تجاوز سنوات الجفاف التي تجتاح المغرب نظرا لطبيعة مناخه المتقلب، ومن اجل حسن تدبير الموارد المائية التي تتميز بمحدوديتها وعدم انتظامها في أفق ارتفاع الحاجيات الاقتصادية من الماء وتطور عدد السكان.

كما سبق الذكر، أحدثت سياسة السدود ثورة في تدبير الموارد المائية عبر تعبئة 1 مليار متر مكعب من الماء في مختلف جهات البلاد. وقد كانت السياسة وضعت نصب أعينها هدف سقي مليون هكتار من الأراضي الزراعية في أفق سنة 2000، الشيء الذي تحقق سريعا وأعطى ثماره في العديد من القطاعات الاقتصادية خصوصا القطاع الفلاحي الذي يشكل العمود الفقري للاقتصاد المغربي.

بالموازاة مع إنشاء السدود فكر المغرب في بدائل أخرى كالموارد المائية غير التقليدية، حيث اتخذت العديد من الإجراءات توجت بإنشاء مجموعة من محطات معالجة المياه العادمة، ومحطات تحلية مياه البحر، تم بعد ذلك عملية الربط المائي بين أحواض الوفرة وأحواض الندرة لضمان توزيع عادل ومستدام للماء. أصبحت لدى المغرب إذن رؤية إستراتيجية واستباقية من اجل تدبير الإجهاد المائي. تتجلى هذه الرؤية في تسريع إنجاز مشاريع مبرمجة في إطار السياسة الوطنية للماء من اجل ضمان التزويد المستمر بالماء وتعزيز الأمن الغذائي.

1.2. بناء السدود في المناطق التي تعرف تساقطات مطرية مهمة

من التدابير الاستعجالية التي اتخذها المغرب لمواجهة ازمة الماء هي استكمال برنامج بناء السدود مع اعطاء الاسبقية لمشاريع السدود المبرمجة في المناطق التي تعرف تساقطات مطرية مهمة.

2.2. تطوير محطات تحلية مياه البحر

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

يراهن المغرب في سياسته المائية بشكل كبير على تحلية مياه البحر باعتبارها الحل الأنسب في ظل تراجع الموارد المائية التقليدية. انطلقت هذه العملية في المناطق الجنوبية سنة 1975بمدينة طرفاية تم مدينة بوجدور سنة1977ومدينة العيون سنة 1995، وذلك للحاجة الماسة للموارد المائية من أجل مواكبة التطور الاقتصادي والاجتماعي الذي تشهده المنطقة. ثم بعد ذلك بدأت مجموعة من المدن الساحلية تنحو نحو عملية التحلية كمحطة اشتوكة آيت باها بأكادير كأول محطة موجهة للسقي والشرب فمحطة الدار البيضاء الكبرى.

يتوفر المغرب حاليا على 14 محطة تعمل في تحلية مياه البحر بقدرة 192 مليون متر مكعب سنويا. و6 محطات في طور الانجاز بقدرة إنتاجية ستناهز 135 مليون متر مكعب، إضافة إلى برمجة 16 محطة أخرى بقدرة إنتاجية ستصل إلى 1490مليون متر مكعب في السنة (أسفي، الجرف الأصفر...) وذلك في معظم الأحواض المائية في المغرب باستثناء حوض سبو وكير غريس زيز التي لم تعرف أي مشروع تحويل مياه من محطة ساحلية.

3.2. معالجة المياه العادمة

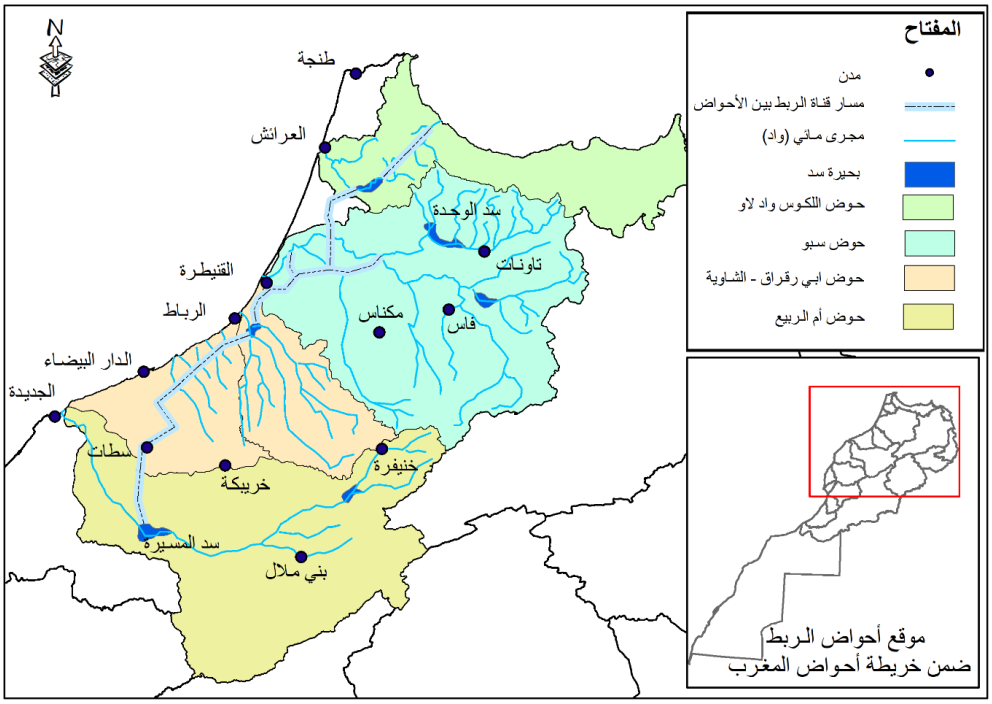
تروم عملية معالجة المياه العادمة إلى تحويل مياه المستعملة إلى مياه يمكن استعمالها لأغراض أخرى كالسقي .... تبنى المغرب عملية المعالجة منذ مدة طويلة يتوفر المغرب حاليا 126 محطة لمعالجة المياه و 33 محطة في طور الانجاز. وقد تبنى المغرب هذه الإستراتيجية منذ سنة 2005 للتقليص من تلوث البيئة من جهة، ومن جهة أخرى من أجل استغلال هذه المياه المعالجة في سقي المساحات الخضراء بدل المياه الصالحة للشرب. يتم استعمال المياه العادمة حاليا بكل من الرباط والصخيرات والتمارة والشريط الساحلي المضيق الفنيدق في سقي المساحات الخضراء. كما يتوفر المغرب على عدة مشاريع في طور الانجاز لتغطية أكبر مساحة ممكنة من المجال المغربي.

4.2. الربط بين الأحواض المائية

يعتبر مشروع الربط المائي بين الأحواض المائية الأول وطنيا وإفريقيا بمثابة خارطة طريق للسياسة المائية المستقبلية في ظل الخصاص المائي الذي تعيشه البلاد.

يهدف برنامج الربط المائي البيني بين الأحواض تسهيل نقل المياه من مناطق الوفرة نحو مناطق الخصاص والندرة بشكل أسرع وأكثر كفاءة. هذا الربط يعزز التوازن في تأمين الماء ويساهم في تلبية احتياجات الساكنة بشكل أكثر فعالية وأيضا في دعم المشاريع الاقتصادية للمناطق المستفيدة. تم تفعيل الشطر الاستعجالي الأول بين حوض سبو وأبو رقراق عن طريق ربط سد المنع بسد سيدي محمد بن عبد الله، وحاليا تتم دراسة الشطر الثاني من هذا المشروع الذي سيعمل على تحويل فائض الماء من حوضي واد لاو و اللكوس إلى حوض أم الربيع مرورا بسبو وأبو رقراق (خريطة 2).

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604



خريطة 2: توطين قنوات الربط المائي بين الأحواض شمال المغرب.

ستحقق عملية الربط بين الأحواض المائية توازن في توزيع الموارد المائية على المستوى الوطني، وستمكن من الاستفادة من مليار متر مكعب من الماء كانت تضيع في البحر.

رغم أهمية المكتسبات التي تحققت والتي بوأت المغرب مكانة متميزة في حكامة الموارد المائية على الصعيد الدولي إلا أن القطاع لا زال يشكو من بعض النواقص. وتبقى تحلية مياه البحر هي الإمكانية الوحيدة لمواجهة التطورات البيئية المستقبلية والتي يجب الاشتغال عليها بجدية رغم كلفتها المرتفعة وانعكاساتها البيئية السلبية على الأوساط البحرية.

3.- محطات تحلية مياه البحر: التحديات والانعكاسات البيئية

يثير موضوع تحلية مياه البحر، كما جاء في تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، العديد من المخاوف بشأن تأثيرها البيئي. وحسب نفس التقرير فقد «سَلَّطَت العديد من الدراسات والتقارير الضوء على البصمة البيئية لتحلية مياه البحر التي يمكن أن يكون لها وقع مؤثر، لا سيما عندما يتعلق الأمر بتصريف المياه شديدة الملوحة التي تُفرزها محطات التحلية في الأوساط البحرية والمائية دون أية معالجة مسبقة» **(تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، 2022)**.

ونظرا للأهمية البالغة والإقبال المتزايد على مشاريع تحلية مياه البحر كحل بديل لندرة الموارد المائية في العالم، وفي غياب دراسات علمية ميدانية ومخبرية دقيقة كفيلة بمقاربة الآثار البيئية المحتملة لهذه المحطات، أصدرت الأمم المتحدة من خلال برنامجها البيئيUNEP سنة 2008» دليل الموارد والإرشادات لتقييم الأثر البيئيRGMEIA» ، وهو بمثابة دليل يهدف

« " to assist project designers, regulators and decision makers to anticipate and address all relevant public health, socio-economic and environmental concerns that may arise when undertaking a desalination project, for obtaining maximum beneficial use of the desalinated water in terms of quality, safety and environmental protection." (**Rgmeia, 2008**).

وبصرف النظر عن الشروط والمعايير الاجتماعية والاقتصادية التي خصص لها الدليل حيزا هاما بهدف ضمان اندماج المشروع ومساهمته في التنمية الاجتماعية والاقتصادية محليا) خلق فرص الشغل، تنمية قطاعات كالسياحة، وتربية الأحياء الخ) ، سنعمل في هذه الدراسة على التركيز على التأثيرات البيئية المحتملة لعمليات التحلية، أخذا بعين الاعتبار كون هذه الانعكاسات لم تظهر بعد بشكل ملحوظ وتبقي أكثر منها احتمالات تنبيهية:

It must be pointed out that there are stillsome gaps of knowledge and uncertainties regardingthe actual impacts of desalinationprojects, as monitoring results of operatingplants are only available to a limited extent. Also,a wide variety of project- and site-specificimpacts may occur.(**Rgmeia, 2008, P 50**).

1.3. تقييم المخاطر البيئية

ينتج عن عملية التحلية بشكل عام ماء مالح من نفس فصيلة الماء الداخل، لأي ماء البحر أو البئر، لكن بتركيز أعلى قليلا. لذا فلا يوجد تلوث للبيئة من هذه الناحية، إذ لا توجد عناصر جديدة لكن، صناعة التحلية مثلها مثل أي صناعة لها مخلفات ناتجة عن الاحتراق غير الكامل أو المخلفات الناتجة عن تنظيف مكونات وحدة التحلية من الرواسب والتآكل، ومن الكيماويات المضافة.

عموما، يمكن تصنيف الانعكاسات المحتملة لمحطات التحلية إلى شقين: المؤثرات (stressors) والمستقبلات (receptors) (جدول 3).

جدول 3: مؤثرات ومستقبلات المخاطر البيئية لمحطات التحلية

المؤثرات أو مصادر الضغط		المستقبلات
أشغال البناء والتهيئة		معالم المشهد ومنظره العام
بنايات المحطة والتجهيز والتسييج		جودة الهواء والتربة
قنوات جلب المياه وتصريف المخلفات		الشاطئ والاجراف
نظام التحلية ومخلفاته		جودة المياه الجوفية والسطحية والهيدرولوجيا
نظام تصريف المخلفات		بنية وجودة مياه البحر
اليات ومرافق التخزين		نبات ووحيش المجال الساحلي والقاري المجاور
الطاقة المستخدمة		

المصدر: الباحثون اعتمادا على تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2008

1.1.3. جودة مياه البحر والهيدرولوجيا

تعمل المنشآت المشيدة وهياكل المحطة على التأثير على جريان المياه السطحية وتصريف مياه السيول على سبيل المثال، عن طريق تغيير أو إعاقة التدفق. يمكن أن يتم جرف التربة الرخوة والمواد، بما في ذلك الملوثات السائلة أو الصلبة،

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

بواسطة الجريان إذا لم يتم تدبيرها بشكل صحيح، ويمكن أن يؤدي تلوث مياه الجريان إلى تأثير قصير المدى على جودة المياه السطحية في اتجاه مجرى موقع المشروع. وفي حال وضعها فوق سطح الأرض، يمكن أن تعمل هياكل السحب والمصب وخطوط الأنابيب كحاجز أمواج اصطناعي يعمل على تغيير دينامية ووسع وعلو الأمواج والتيارات البحرية، فهو بذلك يخل بتوازن عمليات الترسيب وعناصر التعرية البحرية الأخرى.

علاوة على ذلك، قد يعترض حاجز أمواج بارز أيضا الرمال التي يتم نقلها على طول الشاطئ مع التيارات الموازية للساحل. يساهم هذا الاضطراب كذلك في تعليق الرواسب وبالتالي في زيادة التعكر مؤقتا بالقرب من موقع البناء . كما تتأثر جودة المياه مع زيادة الملوثات المختلفة المترسبة ومع انخفاض مستويات الأكسجين الناتج عن إعادة تعليق الرواسب اللاهوائية.(Anaerobic sediment)

استعمال ثنائي كبريتات الصوديوم، كعامل اختزال لتصريف محاليل تخزين الأغشية قد يؤثر على جودة المياه، كما يقلص نمو الكائنات الحية بسبب امتصاصه للأكسجين.

كما يؤدي غسل التربة والمواد الرخوة، بما في ذلك الملوثات السائلة أو الصلبة، في البحر عن طريق الجريان السطحي من موقع البناء إذا لم تتم إدارتها بشكل صحيح، إلى تلوث مياه البحر وما لذلك من انعكاسات على الحياة النباتية والبحرية.

تبعا لذلك، تتأثر الحياة البحرية بشكل عام، وخاصة الكائنات الحية التي تتغذى على الترشيحات أو خياشيم الأسماك من أعمدة الرواسب، كما تتأثر عملية التمثيل الضوئي بسبب زيادة التعكر.

2.1.3. جودة الهواء والمناخ

عادة ما يتم إنتاج الطاقة المستخدمة لتحلية مياه البحر من مصادر الطاقة الأحفورية، وبالتالي، فإن أحد العواقب البيئية الرئيسية المرتبطة بالطلب على الطاقة في عمليات تحلية المياه هو إطلاق ملوثات الهواء في الغلاف الجوي ، بما في ذلك غازات الاحتباس الحراري (CO2)، وغازات المطر الحمضية (NOx ، SOx) ، أو الجسيمات الدقيقة (PM10 ، PM2.5).

إضافة إلى ذلك، قد تحدث تأثيرات محلية كبيرة على جودة الهواء بسبب أي من الملوثات الأخرى إذا تعارضت الانبعاثات مع معايير جودة الهواء أو ساهمت بشكل كبير في انبعاثات الهواء الأخرى الحالية أو المتوقعة (التأثيرات التراكمية)، أو تعرض السكان المحليون لمستويات متزايدة من الملوثات بما فيها انتشار الروائح الكريهة.

3.1.3. الكائنات البحرية

قد يؤدي بناء هياكل السحب والمصبات ومد خطوط الأنابيب خاصة على مستوى قاع البحر إلى تدمير الموائل القاعية1. ويعد التأثير الميكانيكي قاتلا للكائنات القاعية في موقع البناء المباشر. وقد أشارت الدراسات التي أجريت على

[1] الموائل القاعية هي المناطق الموجودة في قاع المسطحات المائية مثل البحار والمحيطات والأنهار. تشمل هذه الموائل مجموعة متنوعة من البيئات التي يعيش فيها العديد من الكائنات الحية مثل الشعاب المرجانية، الأعشاب البحرية، والكائنات القاعية التي تعيش في الطين والرمل.

المجتمعات البيولوجية في الموائل ذات القاع الرخو القريبة من الشاطئ إلى أن هذه المجتمعات غالبا ما تستغرق من سنة إلى ثلاث سنوات للتعافي من الاضطرابات.

أما التأثير الكيميائي للمخلفات فهو يهدد بالدرجة الأولى يرقات الأسماك التي تلعب دورًا أساسيًا في السلاسل الغذائية المائية كمفترس وفريسة على حد سواء. ويمكن أن يؤدي تعرضها لتركيزات عالية من تيارات النفايات إلى تعطيل أنماط نموها الطبيعية، مما يؤدي إلى انخفاض معدلات بقائها على قيد الحياة. إضافة إلى ذلك، فأثناء المعالجة الأولية لمياه التغذية تستعمل، إضافة إلى المضخات، غرابيل للتصفية يمكن للكائنات البحرية مثل الأسماك أن تصطدم بها وتجرح نفسها، وقد يؤدي الأمر إلى ظاهرة النفوق (**Lecompte,2014**)

4.1.3. التربة والغطاء النباتي

إذا تم بناء وحدة التحلية على موقع غير مهيء سابقا، فسيكون له تأثيرات معينة على التربة. تشمل تأثيرات أنشطة البناء على التربة الختم السطحي الناجم عن المباني والأسفلت وانضغاط التربة بواسطة آلات البناء، مما قد يقلل من تبادل الهواء والماء والمغذيات، ويقلل من نفاذية التربة. كما أن هذه التربة تظل معرضة للتسربات العرضية للمواد الكيميائية أو الزيوت أو الوقود ، أو تسرب هذه المواد من صهاريج التخزين ، أو فقدان مواد التشحيم أو الوقود بواسطة الآلات وما إلى ذلك .

بالنسبة للغطاء النباتي، فقد يكون من الضروري أحيانا إزالته أو تجفيف الأراضي الرطبة الساحلية في موقع البناء عندما يتم فتح الموقع للتهيئة. يعتمد التأثير على مساحة الأرض المطلوبة والغطاء النباتي الحالي للموقع، والذي يمكن أن يكون في حالة طبيعية أو قد يظهر بالفعل مستويات من التدهور، مثل انخفاض الغطاء النباتي أو تنوع الأنواع.

إزالة الغطاء النباتي هو بمثابة خسارة دائمة لجميع المناطق المغطاة بالأسطح المنيعة. أحيانا يتم استبدال الغطاء النباتي الطبيعي بالعشب أو أسرة الزهور أو غيرها من تدابير البستنة. كما قد يؤدي إزالة الغطاء النباتي الطبيعي أيضا إلى تفشي الأعشاب الضارة من المناطق المجاورة. تشمل الأصناف الحيوانية التي يحتمل أن تتأثر بإزالة الغطاء النباتي البرمائيات مثل الضفادع والزواحف (مثل السلاحف والثعابين والسحالي) والثدييات (مثل القوارض الصغيرة والخفافيش) والطيور (مثل تربية الطيور البحرية والراحة) .

5.1.3. التأثير المباشر لمحلول الملح المركز Brine

يشكل المحلول الملحي الناتج عن عمليات التحلية مشكلة بيئية كبيرة. وهي عبارة عن مياه مالحة عالية التركيز. تصل نسبته ما يقرب من 90% من إجمالي النفايات الناتجة عن محطة تحلية المياه. أما الـ 10% المتبقية تشمل المركبات الثانوية الأخرى مثل مياه الصرف الناتجة عن المعالجة المسبقة وتنظيف المعدات.

يحمل هذا المحلول السائل معظم المحتوى الملحي لمياه التغذية في شكل مركز بالإضافة إلى بعض المواد الكيميائية المستعملة قبل المعالجة (مثل مضادات الملوحة المتبقية ومواد التخثر والتخثر والندف) والملوثات الميكروبية. يمكن أن يشكل المحلول الملحي مخاطر بيئية بسبب ملوحته ودرجة حرارته ومركباته الكيميائية.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

وتزيد ملوحة المحلول الملحي بمقدار 1.6 إلى 2 مرة عن ملوحة مياه البحر. أما من حيث درجة الحرارة، فإن المحلول الملحي الذي تنتجه التقنيات الغشائية يكون في درجة الحرارة المحيطة لمياه البحر (22 درجة مئوية)، بينما تكون درجة الحرارة التي تنتجها التقنيات الحرارية أعلى من 22 درجة مئوية بمقدار 1.37 إلى 1.82 مرة(**INRH,2023**) .

2.3. دراسة حالة محطة التحلية اشتوكة بجهة سوس ماسة

1.2.3. خصائص وسياق المحطة

أدى توالي سنوات الجفاف والضغط المستمر على الفرشة المائية إلى تفاقم وضعية الموارد المائية بجهة سوس ماسة، خاصة باعتبارها من الجهات الفلاحية الكبرى بالمغرب (الأولى في إنتاج الحوامض والبواكر) . وتتراوح مساهمتها بين 17 و19 % من الناتج الداخلي الفلاحي وطنيا. وقد أدى الاستغلال الفلاحي المفرط للموارد المائية إلى تراجع كبير في الفرشة المائية، التي انتقلت خلال العقود الأخيرة من عمق لا يتجاوز 20 مترا إلى معدل يتراوح 160 مترا حاليا (**بلقاسمي، 2023، ص 599**)، علما ان 80% من الإنتاج موجه إلى التصدير. أضف إلى ذلك ما يستزفه القطاع السياحي من هذه الموارد كون المنطقة تأتي كجهة سياحية بالمغرب، مع الإشارة إلى أهمية محطة معالجة المياه العادمة التي تم إنشاؤها منذ سنوات بمنطقة أورير الموجهة للسقي خاصة عشب ملاعب الكولف بالمحطة السياحية تاغزوت.

بالنسبة للسدود، والتي تصل إلى ثمان سدا على اختلاف حجمها، فقد تراجعت نسبة ملئها في السنوات الأخيرة، أي منذ 2021 حتى 2023، ما بين 10% إلى 30 % من قدرة السدود مقارنةً بالسنوات الجيدة التي سبقت الجفاف الحالي(**وزارة التجهيز، 2024**).

هذه الوضعية فرضت التفكير في حلول بديلة ومستدامة منها أساسا إنشاء محطات التحلية، التي تدخل ضمن البرنامج الوطني للتزود بالماء الصالح للشرب ومياه السقي 2020-2027.

يهدف مشروع محطة تحلية مياه البحر باشتوكة إلى حماية الفرشة المائية في المنطقة من التملح الناتج عن التوغل البحري، وتأمين الري من خلال تحلية مياه البحر بدلاً من استنزاف المياه الجوفية. كما يسعى إلى الحفاظ على النشاط الزراعي في المنطقة وتزويد أكادير الكبرى بالمياه العذبة. في هذا الإطار، تم توقيع شراكة بين القطاعين العام والخاص لبناء هذه المحطة، بهدف سقي 15,000 هكتار من البواكر لفائدة 1,500 فلاح، وتزويد منطقة أكادير الكبرى بالمياه الصالحة للشرب. المشروع تبلغ تكلفته 4.48 مليار درهم(حوالي 430 مليون دولار) . ويشمل المشروع إضافة الى المحطة بنية تحتية تتضمن مأخذين في البحر، قنوات لجلب المياه المالحة، صهاريج لتخزين المياه، محطات للضخ، وشبكة توزيع تمتد على 480 كيلومتر(صورة 1).

تبلغ السعة الأولية للمحطة 275,000 متر مكعب يوميًا، منها 125,000 متر مكعب للري والباقي للشرب، مع قدرة توسع تصل إلى 400,000 متر مكعب يوميًا. تستخدم المحطة تقنية التناضح العكسي وتعمل بطاقة كهربائية تصل إلى 68 ميغاواط.

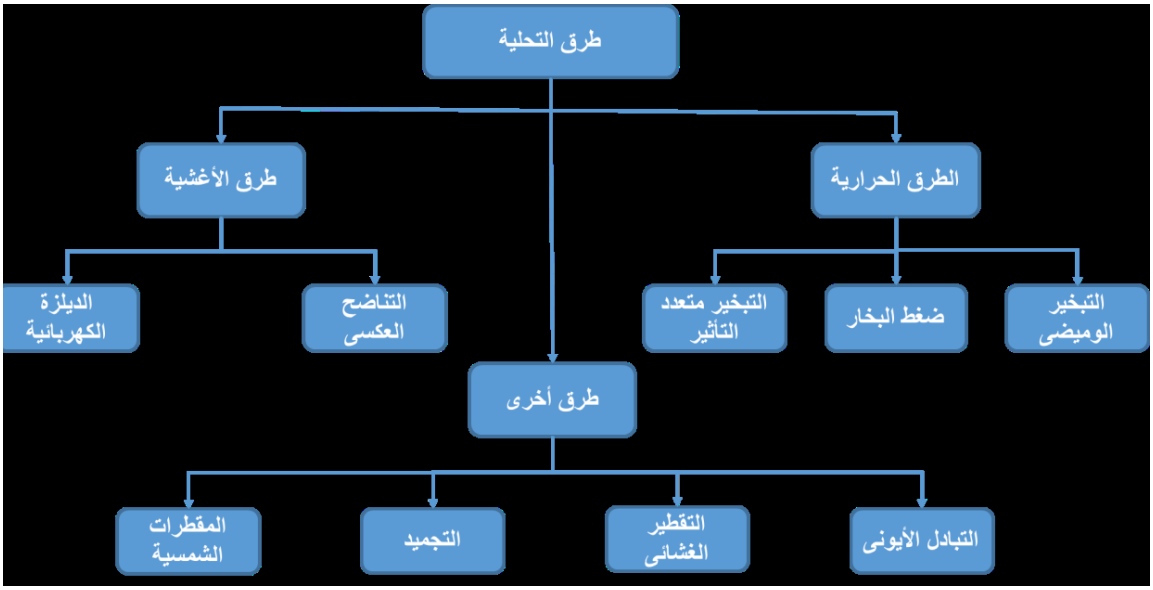
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

صورة 1: محطة تحلية مياه البحر اشتوكة

المصدر: الباحثون اعتمادا على google earth

2.2.3. اختيار تقنية التناضح العكسي

معنى تحلية الماء، أو إعذاب الماء، أو إزالة الملوحة هي تحويل الماء المالح إلى ماء عذب لذا أحيانا تسمى هذه العملية عملية تحويل (conversion pricess) وأحيانا تسمى عملية فصل الملح من الماء المالح(**IKTDC, 2024, P24**) . عموما، هناك طريقتين أساسيتين لتحلية مياه البحر (شكل 2).



شكل 2: خطاطة تصنيف طرق تحلية مياه البحر حسب التكنولوجيا المستخدمة

المصدر: IKTDC, 2024, P27

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

يتم استخدام كل نوع من تكنولوجيات التحلية حسب عدة عوامل منها كلفة الماء وسعره عند الإنتاج، وكذلك حسب طبيعة ونسبة الملوحة في الماء المالح وأخيرا حسب طبيعة وجودة الماء المطلوب إنتاجه، أن كان موجها مثلا للري أو للشرب. بالنسبة للمغرب، شأنه شأن معظم دول البحر الأبيض المتوسط، فهو يعتمد تقنية التناضح العكسي باعتبار كلفتها المنخفضة مقارنة بعمليات التحلية الحرارية. وقد بلغت نسبة المياه المحلاة بهذه التقنية 70 % في منطقة البحر الأبيض المتوسط حسب برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP لسنة 2008.

تعتمد تقنية التناضح العكسي على وجود قوة دافعة للماء أو الملح للانتقال عبر غشاء شبه نفاذ يسمح بمرور أحد المكونات مع ترك العنصر الآخر(الماء فقط أو الأملاح فقط) .

يستخدم الضغط كقوة دافعة لعملية فصل الماء عن الملح من خلال الغشاء بحيث يمر الماء العذب من خلال الغشاء، تاركاً خلفه الأملاح المحلول الملحي.

3.2.3. الانعكاسات البيئية للمحطة

أولى الملاحظات المرتبطة بالآثار البيئية المحتملة للمحطة تتعلق بموقع هذه الأخيرة داخل المنتزه الوطني سوس ماسة[2] المحدث أصلا كمحمية كبيرة تكتسي أهمية بالغة في الحفاظ على الأنواع النادرة والمهددة بالانقراض وحمايتها. والجدير بالذكر التأكيد على منع أي نشاط صناعي كيفما كان نوعه داخل مجال المنتزه.

بالرغم من ذلك، فإلى حد الساعة، تبقى التأثيرات البيئة البحرية، مثل الزيادات في الملوحة، والتغيرات في درجة حرارة سطح الماء وبعض الآثار السمية البيئية، نسبية وطفيفة تقتصر على المناطق القريبة من تصريف المحطة. تختفي هذه التأثيرات بمجرد الابتعاد عن نقاط التصريف. وهذا وفقا لدراسة حديثة حول الأثار البيئية لمحطة تحلية مياه البحر لاشتوكة، قام بها باحثون من مختلف التخصصات تابعين للمعهد الوطني للبحث في الصيد البحري INRA تم نشر مضامينها سنة 2023.

أما الآثار الأخرى، مثل التكلفة واستهلاك الطاقة لبعض عمليات التحلية وتأثيراتها البيئية غير المباشرة، فتتعلق أساسًا ببصمتها الكربونية. إلا أن هذه المشكلة تقل حدتها في المغرب، حيث يتمتع بتنوع مناخي يتيح له ربط التحلية بمصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية في الجنوب، وطاقة الرياح في الجبال، والطاقة المائية بفضل السدود العديدة المبنية.

بالمقابل، أبدى السكان، خلال زياراتنا الميدانية، قلقهم إزاء تأثر كمية الأسماك التي يتم صيدها عادة في المنطقة وتراجعها، إلا أن ذلك قد لا يرتبط مباشرة بمحطة التحلية أخذا بعين الاعتبار مرور سفن الصيد في أعالي البحار أحيانا قرب هذه السواحل.

عموما، يبقى من الصعب الجزم حاليا بوجود انعكاسات بيئية واضحة لمحطة تحلية مياه البحر بالنظر إلى أن مثل هذه الانعكاسات قد يصعب قياسها بالتدقيق خلال المدى القصير، خاصة أن المنظومات البيئية، على التداخل المركب

[2] يضم المنتزه ما يزيد عن 300 نوع نباتي منها 13 محليا، ويؤوي وحيشا ينتمي لأكثر من 30 جنسا، مثل غزال دوركاس، وظباء المَهَا أو الثعالب والقطط البرية. ويزخر المنتزه كذلك بالطيور المهاجرة التي تحط للاستراحة بمنطقته الرطبة، كما أن أكثر من 250 نوعا من أنواع الطيور تجد لها فيها مستقرا مناسبا أهمها طائر أبو منجل

والمعقد لعناصرها، يستحيل تقييم وضعها أو وضعيتها بناء على دراسات جزئية منفصلة وغير مترابطة كما هو الشأن حاليا.

4.2.3. الانعكاسات الاجتماعية والاقتصادية للمحطة: نتائج الدراسة الميدانية

على نهج المشاريع الكبرى، فمشروع محطة اشتوكة للتحلية سبقته دراسة حول الأثر الاجتماعي، الاقتصادي والبيئي Etude d'impact. لم يتسن لنا الاطلاع على هذه الدراسة كما لم نتمكن من الحصول على المعلومات التقنية الخاصة بالمحطة على اعتبار أنها معطيات "سرية"، وكان هدفنا من ذلك التأكد من مطابقة هذه المحطة للمعايير الدولية حسب الدليل الذي أعده برنامج الأمم المتحدة للبيئة سنة 2008. وقد اكتفينا بالمقابلات التي أجريناها مع مكونات المجتمع المدني بالمنطقة، خاصة قرية الدويرة، حيث تقع المحطة، وجماعة إنشادن.

وقد خلصنا من خلال هذه المقابلات إلى ما يلي:

- لم يتم إشراك الساكنة، بمن فيها المسؤولون الجماعيون وممثلي جمعيات المجتمع المدني في مرحلة إعداد التصميم والتصور الأوليين للمشروع وكذا دفتر التحملات.
- لم تستفد المنطقة من الربط بمحطة التحلية، والاقتصار على مياه الآبار المحلية، رغم الوضعية الحادة للفرشة المائية بالمنطقة. وقد تلقى السكان وعودا بإنشاء محطة تحلية محلية مستقبلا.
- المشروع لم يواكبه تجهيز المنطقة بمرافق اجتماعية) صحية، تعليمية ...) في إطار اندماج المشروع ضمن محيطه كمكون جديد ضمن عناصر التنمية بالمجال الترابي، بالنظر إلى حجم وقيمة المساحة التي تم نزع ملكيتها لفائدة المحطة.
- استفاد مجموعة من شباب المنطقة من فرص التشغيل، لكن الساكنة انتقدت استقدام الأطر المتوسطة والعليا خارج الجماعة بالرغم من توفر كفاءات محلية.
- بالرغم من انطلاق مشروع التحلية أزيد من سنتين، لازالت المنطقة تعرف انقطاعات متكررة ومستمرة للماء الصالح للشرب تدوم لأيام أحيانا، وكان بالإمكان، ربط جميع دواوير المنطقة بشبكة التحلية لتفادي هذه الانقطاعات التي تؤثر سلبا على النشاط الاقتصادي والحياة اليومية للساكنة.

الخاتمة

لقد أصبحنا اليوم كلنا واعين بان تدبير الموارد المائية من أهم القضايا التي تحدد التنمية المستدامة والاستقرار الاجتماعي والاقتصادي للمغرب. إلا إن التغيرات المناخية التي يشهدها المغرب على غرار باقي دول حوض البحر الأبيض المتوسط أثرت بشكل كبير على المناخ الذي أصبح أكثر جفاف بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وقلة التساقطات المطرية مما نتج عنه ندرة وخصاص كبير في الموارد المائية. اضطرت من خلاله الدولة إلى اتخاذ إجراءات استباقية من اجل من اجل ضمان الامن المائي وتعزيز الامن الغذائي للسكان.

وتبقى تحلية مياه البحر من الحلول الناجعة لتدبير الموارد المائية بالمغرب، خاصة على اعتبار الواجهة البحرية للمغرب التي تراوح 3500 كلم. كما أن اختيار تقنية التناضح العكسي للتحلية يبقى من الأساليب الناجعة على المستوى الطاقي، إلا أن افتقار المحطات الحالية لآليات إعادة تدوير المخلفات، وبالخصوص المحلول الملحي الناتج عن العملية Saumure، يحد من فعاليتها ويبقي خطر هذه المادة واردا على الكائنات والمنظومة البحرية بصفة عامة.

أما بخصوص الأثر الاجتماعي والاقتصادي، فتبين من خلال الدراسة الميدانية أن محطة تحلية البحر لاشتوكة، لم تتمكن من الاندماج ضمن محيطها، ولم تتلق ارتياح الساكنة بسبب غياب المقاربة التشاركية أثناء مرحلة التصور والتصميم، كما أن عدم استفادة الساكنة المحلية من الربط بشبكة هذه المحطة المتواجدة بمجالهم الترابي، يخلق حالة من الإحساس بالإقصاء خاصة أن المنطقة لم تستفد من أية برامج أو مبادرات كفيلة بالتنمية المحلية.

المراجع

- الديوري عزالدين 2000 : قرن من ملاحظات الأرصاد الجوية. مطبوعات أكاديمية المملكة المغربية. السياسة المائية والأمن الغذائي للمغرب في أفق بداية القرن 21. الدورة الخريفية لسنة 2000، ص159.
- ايت حمو سفيان 2020: الجفاف وإشكالية تدبير الموارد المائية بالمغرب. منشورات أشغال الدورة الوطنية العاشرة لمنتدى التنمية والثقافة لاغزران كتاب جماعي حول الموارد المائية بالمغرب بين الندرة والوفرة في زمن التغيرات المناخية والرهانات التنموية. ص301-315.
- مركز أنماء المملكة للتدريب والتطوير IKTDC 2024، تشغيل وصيانة محطات تنقية المياه، www.inmakingdom.com تمت زيارة الموقع بتاريخ 01 نونبر 2024.
- المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، 2022، التقرير السنوي.
- تقرير وزارة التجهيز والماء, 2024: وضعية الموارد المائية ببلادنا ,الإجراءات المتخذة والبرنامج الاستعجالي لضمان الماء
- El Belkasmi, H., Boutti, R. (2023). Evaluation du Business Model de la station de dessalement d'eau de mer d'Agadir, Maroc. International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, 4(6-2), 596-616. https://doi.org/10.5281/zenodo.10436979
- INRA (2023), « Revue bibliographique et étude de cas sur le dessalement d'eau de mer et son impact sur le milieu marin », Étude_Dessalement-INRH-2023.pdf
- Vivien, L., (2014). Le dessalement de l'eau de mer : quels impacts sur l'environnement ? publié sur le site Ecotoxicologie.fr, consulté le 04/11/2024.
- United Nations Environment Programme (2008), Resource and guidance manual for environmental impact assessments (RGMEIA), pp 168

مجلة التخطيط العمراني والمجالي
Journal of Urban and Territorial Planning
العدد25، 2025
ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

صندوق المناخ الأخضر كآلية للتعاون الدولي ضد آثار التغيرات المناخية: الفعالية والتحديات

The Green Climate Fund as a Mechanism for International Cooperation Against the Impacts of Climate Change: Effectiveness and Challenges

عبد الله نعيشة

جامعة محمد الخامس بالرباط – المغرب

abdellah_naaicha@um5.ac.ma

الملخص

إن الكوارث الطبيعية المرتبطة بالتغيرات المناخية من أبرز الكوارث التي تتسبب فيها الأنشطة البشرية على مستوى كل العالم، فمن المعروف أن الدول الصناعية الكبرى هي المسؤولة بشكل مباشر عن ارتفاع درجة حرارة الأرض من خلال الانبعاثات الغازية التي تسببها الأنشطة الصناعية التي تشكل العمود الفقري لتقدمها الحضاري، في حين أن معظم الدول التي تعاني من تبعات الاحتباس الحراري ومن الكوارث الطبيعية المرتبطة بها (الجفاف، التصحر، الغمر المائي..) هي البلدان الفقيرة والصغيرة والتي لا تساهم بنسبة معتبرة في ارتفاع حرارة الأرض.

لمواجهة هذه التأثيرات تبلورت دعوات تطالب الدول الصناعية بتقديم مساعدات للدول الفقيرة والمتأثرة بشكل مباشر بها خلال مؤتمرات الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية، مما دفع الدول الأطراف في هذه الاتفاقية إلى التوافق على تأسيس صندوق المناخ الأخضر Green Climate Fund خلال مؤتمر كانكون سنة 2010. ويهدف هذا الصندوق إلى مساعدة الدول النامية والأكثر تضررا من التغيرات المناخية على مجابهة الآثار الناتجة عنها والتكيف معها كنوع من جبر الضرر.

انطلاقا مما سبق نرى أن إشكالية هذه الدراسة ستكون منكبة على محاولة فهم مدى فعالية هذا النوع من الآليات في معالجة الأضرار الناتجة عن التغيرات المناخية، والوقوف على أهم التحديات التي تعيق تنفيذ هذه الآلية لمهامها بشكل أفضل، فما هي التحديات التي تواجه صندوق المناخ الأخضر في مكافحة آثار التغيرات المناخية بفعالية كافية؟

تنطلق الدراسة من فرضية أساسية تفيد أنه ومن خلال اعتماد الصندوق على إرادة الدول الكبيرة في تمويله، ومن خلال استقراء الفارق الكبير بين احتياجاته المالية والإمكانات المرصودة له، فإنّ أداء هذه الآلية لوظيفتها سيعتريها الكثير من القصور، وربما سينتهي به المطاف إلى الفشل التام.

الكلمات المفتاحية: تمويل المناخ، صندوق المناخ الأخضر، التعاون الدولي

Abstract:

Natural disasters linked to climate change are among the most prominent disasters caused by human activities worldwide. It is well known that major industrialized countries are directly

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

responsible for the rise in the global temperature through gas emissions from industrial activities which are central to their progress and development. In contrast, most countries that suffer from the impact of global warming and related natural disasters (drought, desertification, water logging, etc.) are poor countries that do not contribute significantly to the global temperature increase.

To confront such effects, during COP 16 held in Cancun, many parties voiced out that developed countries provide support to the developed countries, which resulted in a decision to establish the Green Climate Fund as an operating entity of the Financial Mechanism of the Convention to support developing countries that are most affected by climate change.

Therefore, the issue of this study will focus on attempting to understand the effectiveness of this type of mechanism in addressing the damages resulting from climate change, and identifying the most important challenges that hinder the optimal implementation of this mechanism. What are the challenges facing the Green Climate Fund in combating the effects of climate change effectively?

The study is based on a basic hypothesis that, given the fund's reliance on the will of developing countries for its financing and the significant gap between the financial needs and the allocated resources, its performance in fulfilling its role will face considerable shortcomings, and it may ultimately end in complete failure.

Keywords: Climate Finance, Green Climate Fund, International Cooperation

المقدمة

تدبير الكوارث الطبيعية حال حدوثها في بلد أو بلدان معينة يكون في العادة من مسؤولية الدولة/ الدول المتضررة، في حين يقتصر دور باقي البلدان على تقديم المساعدات اللازمة والتي تخضع للعديد من الاعتبارات كالقرب الجغرافي، متانة الارتباطات الهوياتية أو الدينية، وكذلك قوة العلاقات الدبلوماسية مع البلد المتضرر، لكن هذه القاعدة المرتبطة بمسؤولية تدبير الكوارث الطبيعية تعرف بعض الاستثناءات ارتباطا بطبيعتها وبأسبابها، وكذلك حدود تأثيرها على الدول البعيدة عنها جغرافيا.

وتعتبر الكوارث الطبيعية المرتبطة بالتغيرات المناخية من أبرز الكوارث التي يفترض أنّ المتسبب الأساسي فيها هو الأنشطة البشرية على مستوى كل العالم، ولطبيعة الظاهرة هذه فإن المسؤولية عن نتائجها يفترض أن تكون مسؤولية جماعية، ولكن الواقع يعكس حقيقة أن التأثيرات المباشرة لها تعرف تفاوتا بين الدول والمناطق الجغرافية مما يخلق نوعا من اللاعدالة و اللاتوازن في تحمل نتائج التغيرات المناخية. ففي الوقت الذي تطور فيه الدول المتقدمة صناعاتها وتقدم نوعا من الرفاه الاجتماعي والاقتصادي لمواطنيها دون الأخذ بعين الاعتبار ما تطلقه من غازات ضارة بالبيئة، فإن الدول النامية والفقيرة والجزرية تتعرض للتبعات القاسية للاحتباس الحراري كالجفاف والتصحر والغمر المائي..... المؤدية إلى نتائج وخيمة على مجتمعاتها، والتي أصبحت عاملا مسرعا لتفاقم أزماتها الاقتصادية والاجتماعية والأمنية. (**كريستيان بارنيتي، 2014، ص 24**)

لقد أدى استفحال ظاهرة التغير المناخي إلى ظهور تيارات فكرية تتخذ من الدفاع عن البيئة ومحاولة إيجاد السبل المناسبة لمكافحة التغيرات المناخية قاعدة أساسية لعملها، وتحددت في سبع تيارات إيكولوجية أساسية (**خالد شهبار، 2024، ص 15**) لكل منها منطلقاته وطروحاته في التعاطي مع هذه الظاهرة .يعتبر التيار الإصلاحي أهم هذه التيارات والذي يتخذ من "النمو الأخضر "و "التنمية المستدامة "مداخل أساسية لمعالجة مشكلة التغيرات المناخية، إذ يعتقد أن البشرية تستطيع وقف التدهور البيئي المستمر والتحكم في الاحتباس الحراري باعتماد هاتين الآليتين مما سيحقق لها نوعا من التوازن بين متطلبات النمو الاقتصادي وتحسين مستوى العيش والتحكم في الأضرار البيئية الناتجة عن هذه الانشطة الاقتصادية المضرة (**Luc Ferry ، 2021، p:34**)، ويروم هذا التوجه بذلك إصلاح الآثار الجانبية غير المرغوب فيها للنظام الرأسمالي ليصبح أكثر استدامة(**خالد شهبار، 2024، ص 10**) دون المغامرة بمعاكسته والبحث عن نظام بديل له كما تتبنى بعض التيارات الأخرى المصنفة في خانة الراديكالية.

ويبدو أن هناك تماهٍ كبير بين هذا التيار الإصلاحي وما ذهبت إليه الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية حول تغير المناخ (https://unfccc.int/sites/default/files/convarabic.pdf)، التي تم تبنيها سنة 1992 في مؤتمر ريو دي جانيرو في البرازيل و أعقبتها مؤتمرات دولية سنوية بلغت 29 مؤتمرا آخرها المنعقد في مدينة باكو في أذربيجان في نوفمبر سنة ،2024 وقد ركزت هذه المؤتمرات على إيجاد حلول تجنب العالم الوصول إلى حافة الكارثة المناخية مع عدم الإضرار بالاقتصاد العالمي وفق مبادئ الوقاية والحق في التنمية والمسؤوليات المشتركة ولكن المتباينة (**الحسين شكراني ، 2021، ص 242**)، وباعتبار الاتفاقية الأممية اتفاقية إطار فإن هذه الأداة توفر المجال لبلورة برامج عمل وقواعد قانونية وتأسيس آليات دولية متوافق عليها لمسايرة حجم المخاطر البيئية المحدقة (**نجيب كبران ، 2018، ص 36**)، ويعتبر صندوق المناخ الأخضر Green Climate Fund إحدى هذه الآليات الدولية المنبثقة عن هذه الاتفاقية الإطارية.

في أعقاب فشل تطبيق بروتوكول كيوتو الذي توصلت إليه الدول الأطراف في الاتفاقية الأممية الإطارية سنة 1997 بدأ التفكير في اللجوء إلى خيارات أخرى، أكثر مرونة في التعامل مع ظاهرة التغير المناخي وأهمها كان البحث عن سبل لدعم النمو الأخضر والتنمية المستدامة من خلال ابتكار آليات تمويل المناخ التي تهدف إلى التخفيف من مسببات التغير المناخي والمساعدة على التكيف مع تأثيراته بما لا يضر بالنمو الاقتصادي العالمي (**كريستيان بارنيتي، 2014 ، ص 25**)، ونتيجة لذلك تم التوافق على تأسيس صندوق المناخ الأخضر خلال مؤتمر كانكون بالمكسيك في سنة 2010، والذي سيعتمد رسميا لاحقا في مؤتمر باريس سنة 2015 بهدف العمل على المساهمة في التخفيف من أسباب الانبعاثات الغازية الضارة بالبيئة، ومساعدة المجتمعات الهشة والنامية على التكيف مع التغيرات المناخية ونتائجها مع الالتزام بتخصيص له جزء من الاعتمادات المالية في إطار عملية تمويل المناخ العالمية.

انطلاقا مما سبق فأن إشكالية هذه الدراسة ستكون منكبة على محاولة فهم مدى فعالية هذا النوع من الآليات في الحد من أخطار الكوارث الطبيعية الناتجة عن التغيرات المناخية باعتبارها إجراء مكملا لباقي الإجراءات التي يلزم على كل الدول القيام بها من أجل إبقاء درجة حرارة الأرض عند المستوى المطلوب، وكذلك الوقوف على أهم التحديات التي تعيق تنفيذ هذه الآلية لمهامها بشكل أفضل، فما هي التحديات التي تواجه صندوق المناخ الأخضر في مكافحة آثار التغيرات المناخية بفعالية كافية؟

1. تطور فكرة تمويل المناخ ودور الصندوق المناخ الأخضر:

ساهمت التحولات والنقاشات الدولية في تعزيز أهمية تمويل المناخ، عبر آليات دولية مختلفة تروم إلى ابتكار برامج للتكيف والتخفيف، وساهمت مؤتمرات الأمم المتحدة للدول الأطراف في الاتفاقية الإطارية حول تغير المناخ من خلال إنشاء صندوق المناخ الأخضر في تعزيز هذه الآلية التي أسندت لها مهمات متعددة وبنيت عليه رهانات وآمال كبيرة للمساهمة في مكافحة التغيرات المناخية.

1.1. السياق التاريخي لتطور فكرة تمويل المناخ

أدى تعاظم المشكلات المناخية منذ منتصف القرن العشرين، وطُفوها على ساحة المشاكل التي تهدد الإنسان بشكل عام، بغض النظر على تواجده الجغرافي، مما أعطى انطباعا أن هذه المشكلات ذات بعد كوني، كل هذا أدى إلى تكون رأي عام عالمي يتزعمه النشطاء المهتمون بالبيئة، والذي كان يدفع في اتجاه البحث عن السبل الممكنة لمواجهه هذا التحدي الطارئ.

بالنظر إلى طبيعة التعقد المميز لحقل العلاقات الدولية فان خطر التغيرات المناخية أدى إلى تطور شمل مختلف القضايا الدولية، وانعكس على مقاربة مفهوم الأمن والسلم الدوليين؛ الذي اتسم في فترة الحرب الباردة بالحفاظ على استقرار الأنظمة السياسية والحفاظ على التوازن بين المعسكرين الشرقي والغربي. وبعد نهاية نظام القطبية الثنائية تقاطع مفهوم الأمن بمفاهيم جديدة كالدمقراطية وحقوق الإنسان... مما حتم على الباحثين في العلاقات الدولية البحث عن تغيير آليات مقاربة الأمن أو تغيير طرق معالجه المفهوم، وذلك بالتأكيد على الترابط بين المخاطر المحلية والدولية أثناء معالجه وتدبير الأزمات الدولية (**الحسين شكر اني، 2021، ص 241**)، ولعل أهمها أزمة التغيرات المناخية.

هذه الحركية على المسرح الدولي أدت إلى انعقاد مجموعة من المؤتمرات الدولية توجت بالمصادقة على العديد من الاتفاقيات الداعية إلى مكافحه الاحتباس الحراري والحفاظ على درجة حرارة الأرض عند حدود درجتين مئويتين، ولعل أبرز هذه الاتفاقيات، اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لعام 1992 (https://unfccc.int/sites/default/files/convarabic.pdf)، وشكلت الأخيرة منطلقا لاجتماعات قمة الدول الأطراف التي تعقد إلى غاية اليوم بشكل سنوي. ومن أهم نتائج قمم الدول الأطراف التوصل إلى بروتوكول كيوتو لعام 1997، وعقدت عليه آمال كبيرة في الدفع بالدول المسببة للانبعاثات الغازية الصناعية إلى خفضها بمعدل 5% مقارنه بالسنة المرجعية 1990. كما ساهمت محدودية هذا البروتوكول في تحقيق هذا الهدف وانسحاب مجموعة من الدول منه خاصة روسيا كندا نيوزيلندا واليابان (**الحسين شكر اني، 2021، ص 246**)، في تبلور فكرة التمويل المناخي على الصعيد العملي، وإن كان الحديث عنها يعود لمؤتمر الدول الأطراف ببرلين سنة 1995.

إن فشل الاتفاقيات الدولية والبروتوكولات الملحقة بها في ردع الدول وإجبارها على الالتزام بخفض انبعاثات الغازات الدفيئة، مما ينذر بالمزيد من التدهور المناخي، أدّى إلى التفكير في تطوير آليات تسمح بالتكيف والتخفيف دون المراهنة بشكل أساسي على التزام الحكومات بتعهداتها الدولية لما تفرضه عليها إكراهاتها الاقتصادية بالدرجة الأولى، وبرز تمويل المناخ كأهم هذه الآليات المبتكرة ، ويقصد به تخصيص موارد مالية من القطاع العام والخاص للتعاطي مع التغير المناخي، سواء في الانتقال الطاقي عبر استخدام الطاقات ذات الانبعاثات الكربونية الضارة بالبيئة إلى اعتماد طاقات

نظيفة، أو في دعم الدول النامية بالأساس، والتي تكون عرضه أكثر للتأثيرات السلبية للتغيرات المناخية، مما يعزز صمودها في مواجهه التغيرات الحالية أو المتوقعة مستقبلا (**عمر العريني ، 2023، ص 15**).

لقد كان مؤتمر الدول الأطراف لعام 2009 في مدينة كوبنهاجن الانطلاقة الفعلية لبداية أجرأت أفكار التمويل المناخي من خلال الحديث عن التعهد بتوفير 100 مليار دولار سنويا بحلول سنه 2020 من أجل تمويل المناخ، رغم أن الأمر كان عبارة عن وعود فضفاضة (**الحسين شكراني ، 2021، ص 248**) من الدول الصناعية الكبرى للدول النامية، إلا انه كان دافعا قويا للتركيز على قضية التمويل المناخي في المؤتمرات اللاحقة خاصة مؤتمر كانكون لسنة 2010 الذي تم الاتفاق خلاله على إنشاء صندوق المناخ الأخضر كآلية مهمة في تمويل مشاريع تساعد الدول المتضررة من التغيرات المناخية، هذا الصندوق الذي سيكون أحد أهم مخرجات مؤتمر باريس في سنه 2015 الشهير والذي أنيطت به مجموعة من المهام الأساسية في تمويل المناخ.

2.1. الرهانات الأساسية لصندوق المناخ الأخضر

يعتبر صندوق المناخ الأخضر أحد أهم الآليات التي تم الاتفاق على إنشائها بشكل رسمي من طرف الدول الأطراف في اتفاقيه الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية، ويراد لهذا الصندوق أن يقوم بأدوار طلائعية في مكافحه التغيرات المناخية من خلال تمويل المشاريع التي تهدف إلى التكيف والتخفيف من آثارها، وبالعودة إلى استقراء خطة عمل الصندوق في برنامجه الأول المسمى الرؤية الاستراتيجية 2020 /2023 (https://www.greenclimate.fund/annual-report-2023) يمكننا استخلاص أن الرهانات على هذه المؤسسة كبيرة وأن أهدافها تتميز بالشمولية ورؤية واسعة من أجل المساعدة على التكيف والتخفيف من آثار التغيرات المناخية، وذلك من خلال العمل في المجالات ذات الأولوية القصوى.

هذه المجالات تتحدد أساسا في دعم المشاريع التي تساعد الدول على مواجهة التأثيرات السلبية للتغيرات المناخية كالفيضانات والجفاف والتصحر..... وذلك من خلال إنتاج وابتكار مجموعة من الطرق للمساعدة في الحفاظ على الموارد المائية وتحسين الأساليب الزراعية والتي تتميز بالاستدامة والاعتماد على التكنولوجيا الحديثة والنظيفة، وتكون قادرة على التكيف مع الواقع المناخي المتغير خاصة في الشق المتعلق بندرة الموارد المالية وتغير انتظام التساقطات المطرية، إضافة إلى تطوير البنية التحتية المناخية القادرة على الاستجابة بشكل أكثر فعالية للتأثيرات المتطرفة للتغيرات المناخية، ويظهر بشكل جلي أن الدول النامية والجزرية التي تعاني من آثار التغيرات المناخية هي التي تستحق الاستفادة من هذه الخدمات باعتبارها مساعدة على التكيف مع التقلبات المناخية التي تتعرض لها هذه الدول بشكل أكبر من باقي دول العالم. كما أنيطت بالصندوق مهمة دعم المشاريع النظيفة والصديقة للبيئة التي تلعب دورا أساسيا في خفض الانبعاث الغازية والتركيز على التحول إلى استخدام الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية والريحية، إضافة إلى تطوير النقل المستدام وتشجيع الزراعات ذات انبعاثات غازية منخفضة والمساعدة على تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في أفق تحقيق الحياد الكربوني تماشيا مع أهداف الاتفاقيات باريس للمناخ الهادفة إلى الحد من زيادة درجه حرارة الأرض عند 1.5 درجه مئوية. وتجدر الإشارة إلى أن تركيز الصندوق في إنجاز هذه المهمة يكون في الدول المتقدمة باعتبارها المتوفرة على صناعات أكثر والمسببة للانبعاثات الغازية بحصة كبيرة للدفع في اتجاه التخفيف من حدة التغيرات المناخية من خلال المساهمة في تقليل مسبباته الرئيسية.

علاوة على هذه المهام ذات الطابع البعدي فإن الصندوق يضطلع أيضا بدور مهم في الاستعداد والتخطيط، ويتأتى ذلك من خلال تطوير سياسات وخطط استجابة سريعة للكوارث الطبيعي والتغيرات المناخية المتطرفة، وتشمل هذه المهمة التركيز على تطوير البحث العلمي وتحليل المخاطر المناخية مما يوفر الأساس العلمي الإحصائي لدراسة هذه المخاطر بشكل استباقي وتوفير خطط ملائمة ومرتكزة على المعرفة للتعامل معها مستقبلا. إضافة إلى ذلك فالصندوق يعمل على دعم الدول النامية والدول الجزرية بشكل أساسي من الناحية العلمية والتقنية على تطوير تقاريرها المناخية وإدخال الاعتبارات المناخية في السياسات العمومية المحلية بشكل يوفر لها الفرص المناسبة للتعامل بشكل أدق مع التغيرات المناخية مستقبلا.

كل هذه المهمات التي يعمل صندوق المناخ الأخضر على تحقيقها تتطلب مواردا مالية مهمة، فلذلك يُراهَن عليه أيضا لتحفيز الشراكات مع القطاع الخاص، فزيادة على التمويلات التي يتلقاها من الدول والمنظمات الدولية، والتي تكون غالبا عبارة عن مساعدات وهبات، فإنه يسعى إلى تحقيق شراكات مع القطاع الخاص لتمويل المشاريع ذات الأثر البيئي الايجابي والحصول على دعم المؤسسات المالية الخاصة في توفير القروض والمصادر المالية اللازمة للمشاريع المناخية كما يرجى منه خلق نماذج مالية مبتكرة لها القدرة على جذب التمويل من القطاع الخاص وزيادة الاستثمار في المشاريع المناخية من طرف المؤسسات والشركات المالية الكبيرة.

إن دراسة الأدوار المنوطة بصندوق المناخ الأخضر تبين ما مدى أهمية الرهانات الأساسية المنتظرة من هذه الآلية، ورغم تميزها كما أشرنا سابقا بنوع من الشمولية والتنوع، حيث تستهدف مساعدة الدول الأكثر عرضة للتضرر من التغيرات المناخية على مواجهتها على المستوى القبلي من خلال توفير الأرضية المساعدة لها على التكيف مع آثار التغيرات المناخية باعتبارها حتمية في الحاضر، بل وتتجاوز ذلك إلى المساعدة بشكل استباقي من خلال خلق أرضية وبنية تحتية أساسية ومتينة لمواجهة هذه الآثار مستقبلا، إضافة إلى عمل الصندوق على التخفيف من التغيرات المناخية بالمساهمة في تطوير الصناعات والفلاحة وغيرها من الأنشطة الاقتصادية والتي تقلل من الانبعاثات الغازية سعيا إلى الحفاظ على درجة حرارة الأرض وتجنب ارتفاعها.

رغم كل هذا يبدو أن فكرة الصندوق لن تستطيع وحدها التغلب على ظاهرة التغيرات المناخية، ويرجع ذلك إلى إغفال أن أسباب الظاهرة متعددة ومعقدة وجوهرها اقتصادي وهو ما يحتاج إلى إرادة سياسية دولية جدية لمعالجة المشكلة بشكل جذري، وخلاصة الأمر فصندوق المناخ الأخضر كفكرة يمكن اعتباره آلية تعمل على تسكين الألم أكثر من معالجته، إذا افترضنا أنه يستطيع وله من الموارد المالية والتقنية والبشرية ما يؤهله للقيام بأدواره المحددة سلفا والتغلب على الإكراهات والتحديات التي ستواجهه.

2. إكراهات تحصيل الموارد وتنفيذ البرامج

من خلال ما تطرقنا إليه في الجزء الأول من هذه الدراسة يظهر أن صندوق المناخ الأخضر تنتظره مهام كبيرة وصعبة، لذلك فإنه يحتاج إلى تظافر الجهود بين الجميع لتحصيل الموارد الأساسية والكافية لتنفيذ برامجه، إضافة إلى البحث عن الخطط المناسبة لتنفيذها، ومن هنا يمكننا التساؤل عن أهم الإكراهات التي تواجه هذه المؤسسة في الحصول على التمويلات الكافية من جهة وفي تنفيذ ما تسطره من برامج لتتحقق على أرض الواقع.

1.2. صعوبات تمويل صندوق المناخ الأخضر

يواجه تمويل المناخ الباهظ من ناحية التكاليف المالية (**الأمم المتحدة، 2023**)، بشكل عام، عدة عقبات تحول دون سيره بالشكل المطلوب، ولهذا التعثر أسباب متعددة ومتداخلة منها ما هو مرتبط بالجهات الممولة وخاصة الدول الصناعية الكبرى، ومنها ما هو مرتبط بالأساس بالدول النامية -ذات كثافة سكانية عالية- التي يفترض أن تحصل على قدر كبير من هذه التمويلات لما تواجهه من مخاطر بيئية محدقة، فحسب الأمم المتحدة فإن نصف سكان العالم يتواجدون في منطقة خطر مناخية وهم أكثر عرضة للموت بنسبة 15 مرة أكثر بسبب التغيرات المناخية (**الأمم المتحدة، 2023**).

يتجلى الإكراه الكبير الذي يواجه عملية تمويل المناخ في اعتماده بشكل كلي على إرادة ورغبة الدول الكبرى، وما يتوافق مع مصالحها الاقتصادية والأمنية بالدرجة الأولى، وهناك إخفاق كبير إلى حد الآن في الوفاء بالتزاماتها المالية اتجاه دول الجنوب والدول المتضررة من التغيرات المناخية بشكل عام، ففي ظل غياب آلية إلزامية تجبر الدول على الوفاء بتعهداتها فإن عملية التمويل المناخي تبقى آلية مترهلة وتفتقد إلى التحكم المالي في مواردها، ومرد هذا الترهل هو الحسابات السياسية والجيوسياسية للدول الممولة دون إغفال أن العديد من الأنظمة السياسية في هذه الدول الكبرى ترفض حتى فكرة أن التغيرات المناخية ذات منشأ بشري وما يترتب على ذلك من رفض التصديق والالتزام بالاتفاقيات الدولية وبالتالي الالتزام بعملية التمويل المناخي، ولعل أبرز الأمثلة على ذلك إدارة الرئيس الأمريكي دونالد ترامب الذي انسحب من اتفاقية باريس مباشرة بعد تنصيبه في سنة2017 (**موقع الجزيرة، 2017**) وتعهده بالانسحاب مرة أخرى بعد فوزه بولاية أخرى في انتخابات نوفمبر 2024، فعدم التزام بلد كبير وله في التأثير السياسي العالمي وزن كبير كالولايات المتحدة الأمريكية، بالتأكيد سيدفع الكثير من البلدان إلى أن تحذو حذوه أو على الأقل التخفف من الالتزامات المالية اتجاه عملية تمويل المناخ، كما أن الدول النامية ليس لها من القوة الدبلوماسية والسياسية ما يجعلها تضغط بشكل كبير ومؤثر على الدول المتقدمة للدفع وتمويل المشاريع المناخية.

وبالعودة إلى التقارير الدولية حول صندوق المناخ الأخضر يظهر أنه جمع ما يقارب 12.8 مليار دولار فقط في الفترة من سنة 2020 إلى سنة 2023 للعمل على تحسين قدرة حوالي مليار شخص في 128 دولة حول العالم (**الأمم المتحدة، 2023**)، ويبدو هذا الرقم هزيلا أمام التحدي الكبير الذي يطرحه المناخ والعمل الكبير الذي يرجى من الصندوق إنجازه، كما تطرح معضلة أخرى مرتبطة بنوع التمويلات، إذ لا زالت تسيطر عليها القروض ذات فوائد عالية نسبيا من المؤسسات الدولية في مقابل ضعف المنح التي ربما ستيسر عملية تحصيل وإنفاق هذه الأموال حيث بلغت نسبة القروض حوالي 48.6% في العام 2020 من مجمل التمويلات على سبيل المثال (**عمر العريني، 2023، ص 23**)، وبناء على ذلك يتبين حجم صعوبة التمويل الميسر كما أن المؤسسات المالية الدولية الممولة سواء من خلال القروض أو المنح تضع العديد من الاشتراطات الصارمة لتمويلاتها والتي تتسبب في تقييد عمل الصندوق في غالب الأحيان، وقد تحرم هذه الاشتراطات بعض المجتمعات أو المناطق من الاستفادة من المشاريع التي يسهر عليها الصندوق، وربما تصبح أدوات سياسية للتدخل في شؤون الدول المتضررة من المتغيرات المناخية وابتزازها مقابل الحصول على خدمات الصندوق.

إن عمل صندوق المناخ الأخضر يعتبر مهما وكبيرا في سبيل إبطاء ومعالجة مشكلة التغيرات المناخية ولو بشكل جزئي وتقني أكثر من المعالجة الشاملة ولكن حتى هذا العمل يبدو انه يحتاج إلى تمويلات مالية كبيرة كجزء من عملية تمويل المناخ بشكل عام إلا أن ما حققه إلى حد الآن في جمع التمويلات يبدو ضعيفا ولا يرقى إلى حجم الانتظارات، وطبعا يأتي

ذلك من طبيعة الصندوق وطبيعة الموارد التي يحصل عليها وهذا ربما ما جعل هذه المؤسسة تطلق برنامج رؤية للمستقبل تحت اسم 30 by 50 (**مبادرة صندوق المناخ الأخضر، 2023**) وهي رؤية تستهدف تمكين الصندوق من الحصول وإدارة 50 مليار دولار بحلول سنة 2030، لكن ومن خلال ما تطرقنا إليه من صعوبات التمويل التي تواجه الصندوق والأزمات السياسية والصراعات على المستوى الدولي، فإنه وفي تقديرنا الخاص، سيكون من الصعب على الصندوق الوصول إلى هذا الرقم المالي في ظرف أقل من ست سنوات في حين حصل على أقل منه خلال عمله لتسع سنوات منذ إنشائه في سنة 2015، وفي انتظار حلحلت مشاكل الحصول على التمويل فإن الصندوق يواجه العديد من الصعوبات أيضا في تمويل مشاريعه وتنفيذها على أرض الواقع، بسبب إكراهات أخرى مرتبطة بالأساس بالإرادة السياسية للدول الكبرى و بالوضعية المهترئة للعديد من القطاعات بالدول النامية المستهدفة بالأساس من مشاريع الصندوق.

2.2. إكراهات تنفيذ صندوق المناخ الأخضر لبرامجه

بغض النظر عن الصعوبات في جمع التمويلات الكافية لتنفيذ البرامج المناخية للصندوق، ورغم عظمة هذه الصعوبات باعتبارها المدخل الأساسي لتحركه في اتجاه المساعدة على التخفيف من التغيرات المناخية، وكذلك التكيف مع آثارها السلبية الجارفة أحيانا، فإن الصندوق يواجه عقبات وتحديات أخرى على مستوى تنفيذ سياساته وتتراوح هذه العقبات بين ما هو تقني مرتبط بالصندوق نفسه، أو بالدول والمناطق المستهدفة، وبين ما هو سياسي وأمني بالدرجة الأولى يرتبط بإرادة الدول الكبرى والتوازنات الجيوسياسية العالمية، ويتأثر بطبيعة البيئة الأمنية للدول النامية المستهدفة ببرامج التكيف مع التغيرات المناخية.

من خلال التقرير السنوي الذي أصدره الصندوق في سنة 2023 (https://www.greenclimate.fund/annual-report-2023) يمكننا ملاحظة أن هناك انتقادا واضحا للإجراءات البيروقراطية التي يتطلبها الحصول على التمويل من الصندوق، والتي تستوجب على الأطراف المستفيدة تقديم خطة عمل شاملة تفصل في الكيفية التي ستدار بها المشاريع إداريا وماليا، ويستتبع ذلك بتقديم تقارير دورية مفصلة عن سير المشاريع، وهذه الإجراءات وإن كانت مفيدة ومهمة في سبيل تحقيق نوع من الحكامة المالية والإدارية لعمل الصندوق، فإنها قد تصطدم في الجانب الآخر بضعف الخبرات والبنية التحتية للدول والمؤسسات المستفيدة، خاصة وأن معظم الدول المتأثرة بالتغيرات المناخية دول نامية، وتشكل هذه الاشتراطات البيروقراطية عائقا كبيرا أمامها، مما سيحرمها وبالتالي حرمان ملايين الأشخاص من الاستفادة من مشاريع التكيف مع الآثار السلبية للتغيرات المناخية، وهذا يفرض على الصندوق تبسيط الإجراءات أكثر وجعلها في متناول الأطراف المستفيدة مما سيفرض عليه كذلك التوفيق بين التبسيط وتحقيق الحكامة وهو أمر معقد وصعب للغاية. ولأن مهام الصندوق تشمل أيضا بناء وتطوير القدرات المؤسساتية للدول النامية لأن محدودية هذه المؤسسات تؤثر بشكل كبير في الحصول وفي تتبع التمويلات، فإن الصندوق يحتاج بدل المزيد من المجهودات في هذا المضمار، والعمل على الارتقاء بقدرات المؤسسات الوطنية للدول النامية، رغم أن نتائج هذا العمل تحتاج لوقت أطول لتبدأ في الظهور خاصة في تمويل وتنفيذ برامج ومشاريع مناخية كبيرة.

إن مشاريع صندوق المناخ الأخضر سواء في التكيف أو التخفيف تحتاج استخدام تقنيات مبتكرة وفعالة، ويعاني الصندوق من هذا الجانب أيضا، إذ أن البحث والتطوير في بعض التقنيات لا يزال في مراحل مبكرة ،وهو ما يجعل

النتائج المرجوة من الاستثمار في البحث والابتكار تظهر على المدى الطويل، كما أن نقل التكنولوجيا النظيفة والخضراء وتقنية الذكاء الاصطناعي وغيرها من دول الشمال المتقدم إلى دول الجنوب والنامية عامة والضحية الأساسية للتغيرات المناخية تعوقها الجوانب السياسية والمالية كثيرا، مما يفرض على الصندوق تحديات أخرى في توفير هذه التقنيات للمناطق المحتاجة لها بشدة، بالإضافة إلى ضرورة استثمار المال والوقت لتدريب الأطر التي ستشغلها من أجل استخدامها بأساليب صحيحة والتي ستعطي نتائج إيجابية، فكما هو معلوم فقدرات الدول النامية من الناحية التكنولوجية تظل محدودة للغاية بالمقارنة مع المتطلبات التي تحتاجها بعض برامج التكيف مع التغيرات المناخية.

لقد أصبح التغير المناخي يلعب دورا كبيرا في تأجيج الصراعات على الموارد المشتركة مثل الموارد المائية والمناطق الزراعية وغيرها في العديد من مناطق العالم وخاصة في افريقيا (**نسرين الصباحي، 2023 ، ص 86**) ، وتعتبر هذه المناطق ذات الأولوية في الاستفادة من مشاريع التكيف التي يقوم بتنفيذها صندوق المناخ الأخضر، لكن التحدي الأكبر يكمن في صعوبات تنفيذ هذه المشاريع لأن البيئة الأمنية لا تكون مساعدة بتاتا للعمل داخلها، فغالب المشاريع تحتاج موارد بشرية محلية وأجنبية، ولكن لا أحد يمكنه المغامرة بما في ذلك صندوق المناخ الأخضر للعمل في مناطق النزاعات والاضطرابات الأمنية، لما تحمله من مخاطر على الأفراد والمعدات وغيرها، إضافة إلى أن هذه المناطق تشهد تضررا مستمرا للبنية التحتية الأساسية بفعل الحروب بين الأطراف المختلفة، وعليه فإن صندوق المناخ الأخضر يواجه تحديا كبيرا في تنزيل برامجه في بعض المناطق الهشة أمنيا وسياسيا، والتي تكون في أمس الحاجة إليها لما ستقدمه من حلول لمعاناة السكان المحليين وفي المقابل قد تلعب دورا أساسيا وكبيرا في حل الصراعات، وهذا يحتم على الصندوق اللجوء إلى الأساليب السياسية والدبلوماسية ليستطيع العمل في هذه المناطق، ويشكل ذلك تحدّيا كبيرا لا يمكن ضمان عواقبه بالنظر إلى طبيعة النزاعات التي تسيطر عليها التنظيمات غير الرسمية والمنفلتة من سيطرة الحكومات المركزية في غالب الأحيان.

تعتبر الاستدامة على المدى الطويل من أهم أهداف صندوق المناخ الأخضر، مما يعني أن مشاريعه يجب أن توضع وفق خطة تسعى إلى تحقيق هذا الهدف، لكن تحقيق الاستدامة بدوره تعترضه صعوبات جمة، إذ أنها تحتاج بيئة أمنية مستقرة على المدى الطويل، وهو ما قد لا يتحقق في المناطق النامية المعرضة للتأثيرات المناخية القاسية، كما أنها تتطلب دعما ماليا مستداما يمكنه المحافظة على المشاريع لوقت طويل، وهو أمر يصعب تحقيقه في ظل ما يعانيه الصندوق من إكراهات على مستوى التمويل، إضافة لتحديات التغيرات المناخية المتسارعة والكوارث الطبيعية المفاجئة، والتي قد تتسبب في تضرر بعض المشاريع أو تفرض الاستجابة لها بشكل أسرع من المعتاد، مما يتطلب المزيد من المرونة في تنفيذ المشاريع. ويمكننا الجزم أن الصعوبات في تنفيذ المشاريع المستدامة ستخلق للصندوق عدة مشاكل قد تدفع به إلى توقيف أو الانسحاب من بعض المشاريع أو عدم الدخول فيها من الأساس وهو أمر غير محمود على اعتبار أن هذه المناطق في حاجة ماسة إلى هذه المشاريع وغيابها سيفاقم الأزمات والتحديات الإنسانية.

خاتمة

إن اعتبارنا عملية تمويل المناخ بمثابة كمسكن لآلام البيئة نتيجة للتغيرات المناخية الناتجة بدورها عن الاحترار العالمي بفعل الأنشطة الاقتصادية البشرية، لا يعني بالضرورة أن العملية برمتها أو أن عمل صندوق المناخ الأخضر لا جدوى منه، على العكس تماما، حيث وفي ظل سيطرة النظام الرأسمالي على العالم، والذي لا يهتم إلا بالإنتاج والاستهلاك

وإغداق الأموال الطائلة على الشركات الكبرى، فإن الحل المثالي والذي قد يسمح به هذا النظام هو التخفيف قدر الإمكان من زيادة الأنشطة التي تنفث المزيد من الغازات في الكون، كما أنه الحل الأمثل لتوزيع الثروة بين المجتمعات من خلال مساعدة الدول النامية والفقيرة منها على التكيف مع التغيرات المناخية المتطرفة، ولكن يجب العمل على تجويد عمل الصندوق في الفترات القادمة بما يتيح له نوع من الامكانية للقيام بعمله على وجه أفضل.

العقد الأول من حياة الصندوق أوشك على النهاية حقق خلالها بعض التقدم في تنفيذ مشاريع مناخية كثيرة ومهمة، واعترضته معوقات كثيرة أيضا، لذلك نظن أن الفترة القادمة يجب أن تكون فترة حل هذه المعوقات والبحث عن الطرق الفعالة للتغلب على الإكراهات، وعليه فإن الصندوق ملزم بالعمل على جلب المزيد من الأموال، وسيتأتى له ذلك من خلال ممارسة المزيد من الضغوط على الدول الصناعية الكبرى، والانفتاح وإشراك المزيد من المؤسسات المدنية المهتمة بالتغيرات المناخية والعاملة في مجال البيئة لما سيكون لها من أدوار كبيرة في ممارسة هذه الضغوط خاصة على السياسيين و حكومات هذه البلدان، ويلزمه أيضا الانفتاح على الدول النامية والمتضررة من التغيرات المناخية، لتمارس بدورها الضغوطات الدبلوماسية اللازمة على الدول الصناعية لدفع المزيد من الأموال في إطار رد "الدين الإيكولوجي" وتقاسم الأرباح المادية التي حصّلتها من صناعاتها التي تسببت في تدهور المناخ في هذا الكون، ورغم الصعوبات التي ستواجه هذه الدول والصندوق وكل المتدخلين في عملية جلب التمويلات للتعنت الذي تتسم به مواقف الدول الكبرى، لكنه يبقى هذا الخيار الأنسب إلى حد الآن للتغلب على تحديات تمويل المناخ.

علاوة على ذلك فإن الصندوق ملزم بإجراء المزيد من الإصلاحات وابتكار طرق عمل جديدة، تركز على تطوير آليات عمله خاصة في الجانب الإداري، والذي يعرقل عملية تمويل المشاريع وتنفيذها كما أشرنا سابقا، فتبسيط الإجراءات الإدارية ومساعدة الدول النامية على تطوير قدراتها البشرية يجب أن يكون ذا أولوية في عمل الصندوق خلال الفترة القادمة، لأننا نعتقد أن الرأسمال البشري أهم وأسبق على التقني والمالي، فالعمل على هذا الجانب سيتيح المزيد من الفرص لتنفيذ المشاريع المناخية بحكامة جيدة ووتيرة أسرع، وستكون لها فعالية عالية وستحقق الاستدامة المطلوبة التي يمكن اعتبارها العمود الفقري في كل المشاريع التي تروم معالجة التأثيرات السلبية للتغيرات المناخية.

إن مشكلة التغيرات المناخية معضلة عالمية، تأثيراتها تطال كل البلدان وكل المجتمعات، والتكهن بتأثيراتها المستقبلية يبقى في حكم الصعب وربما المستحيل، لذلك البشرية مدعوة اليوم إلى التعاون ضد هذا التهديد الوجودي، وملزمة بالالتفاف حول كل المبادرات والمؤسسات التي تقدم ولو القليل في سبيل معالجة أو إبطاء أو التخفيف من وطأة المشكلة، في انتظار أن تتبلور حلول جدية تأخذ بعين الاعتبار حجم التهديد وتكون جذرية في معالجة المشكلة قبل فوات الآوان.

المراجع:

أولا - الكتب:

- الحسين شكراني، بنية العلاقات الدولية وديناميتها، المطبعة والوراقة الوطنية، مراكش، الطبعة الثالثة 2021.
- خالد شهبار، التيارات الإيكولوجية الراهنة: تمرين في التصنيف والنمذجة، دار القلم للطباعة والنشر، الرباط، الطبعة الأولى نونبر 2024.

- كريستيان بارنيتي، مدار الفوضى: تغير المناخ والجغرافيا الجديدة للعنف، ترجمة سعد الدين خرفان، منشورات عالم المعرفة، الكويت، أبريل 2014.
- نجيب كبران، الأسس القانونية لمصادر القانون الدولي البيئي، المؤلف الجماعي الإنسان والبيئة: مقاربات دينامية لدرء مخاطر التغيرات المناخية، إشراف وتنسيق: الحسين شكراني وعبد الرحيم خالص، فضاء آدم للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى 2018.
- نسرين الصباحي، التغير المناخي وأثره على الصراعات في شرق افريقيا، العربي للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الأولى، 2023.
- Luc Ferry, les sept écologies : pour une alternative au catastrophisme antimoderne. Paris, éditions de L'Observatoire/ Humensis.

ثانيا - المقالات:

- عمر العريني، فجوة التمويل المناخي، مجلة سياسات مناخية، العدد الأول ، نوفمبر 2023.

ثالثا - المو اقع الالكترونية:

- اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية، الأمم المتحدة:

https://unfccc.int/sites/default/files/convarabic.pdf

- الأمم المتحدة، 2023:

https://www.un.org/uk/node/121434#:~:text=%D8%AA%D8%B9%D8%AA%D9%85%D8%AF%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%AF%D8%A7%D9%84%D8%A9%20%D8%A3%D9%8A%D8%B6%D9%8B%D8%A7%20%D8%B9%D9%84%D9%89%20%D9%82%D9%8A%D8%A7%D9%85,%D8%B7%D8%B1%D9%8A%D9%82%D9%8B%D8%A7%20%D9%86%D8%AD%D9%88%20%D8%AA%D8%AD%D9%82%D9%8A%D9%82%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%AF%D8%A7%D9%84%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%86%D8%A7%D8%AE%D9%8A%D8%A9.

- التقرير السنوي لصندوق المناخ الأخضر لسنة 2023:

https://www.greenclimate.fund/annual-report-2023

- مبادرة صندوق المناخ الأخضر 30 by 50 لسنة 2023،:

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

https://www.greenclimate.fund/news/executive-director-unveils-50by30-blueprint-reform-targeting-usd-50-billion-2030

- موقع الجزيرة، 2017: محمد المنشاوي، انسحب منه ترامب وعاد إليه بايدن.. معضلة واشنطن مع اتفاق باريس للمناخ، الجزيرة:

https://www.aljazeera.net/politics/2021/1/23/%D8%A7%D9%86%D8%B3%D8%AD%D8%A8-%D9%85%D9%86%D9%87-%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D9%85%D8%A8-%D9%88%D8%B9%D8%A7%D8%AF-%D8%A5%D9%84%D9%8A%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D9%8A%D8%AF%D9%86-%D9%85%D8%B9%D8%B6%D9%84%D8%A9

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604