

Proceedings Book of 7<sup>th</sup> International Congress on Sustainable Development and Space

7. Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma ve Uzay Araştırmaları Kongresi Tam Metinleri

كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

Editörler - المحررون - Editors

*Sami Baskın, Sid Ahmed Soufiane, Najem Dhafer*

04-08 Kasım/November 2025 - Antalya/Türkiye



ISBN: 978-625-92747-2-0

Yayımlanma Tarihi (Publishing Date): 30.11.2025

Yayınevi (Publishing House): Recent Academic Studies

*Proceedings Book of 7<sup>th</sup> International Congress on Sustainable Development and Space*

*7. Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma ve Uzay Araştırmaları Kongresi Tam Metinleri*

*كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال*

Editörler: Sami Baskın, Sid Ahmed Soufiane, Najem Dhafer

Kapak Resmi: Photo by Tamirlan Maratov on Unsplash

Arka Kapak Resmi: Photo by Christian Dubovan on Unsplash

#### KÜTÜPHANE BİLGİ KARTI

1. Basım, Elektronik Kitap (Çevrim içi / Web tabanlı)

210 x 297 mm

Kaynakça var, izin yok.

ISBN 978-625-92747-2-0

1. Kalkınma 2. Enerji 3. Özet Metinler

PDF yayın

Yayımlanma adresi: <https://saybildercongress.com/isd/>

**Recent Academic Studies**

Yeni Pazar Mh. Ali Okumuş Cad. Mevlana Sitesi A Blok – Çayeli / Rize

### **Kongre Onursal Başkanı - Honorary President**

Prof. Dr. İbrahim Özcoşar - Rector of Mardin Artuklu University, Türkiye

Prof. Dr. Najem Dhaher – Carthage University – Tunisia

### **Düzenleme Kurulu / Organizing Board**

#### **Düzenleme Kurulu Başkanı - Head of the Organizing Board**

Prof. Dr. Najem Dhaher – Carthage University – Tunisia

Prof. Dr. Sid Ahmed Soufiane – University of Annaba – Algeria

Prof. Dr. Yasser Ahmad – Assiut University – Egypt

### **Düzenleme Kurulu Üyeleri / Members of the Organizing Board**

Prof. Dr. Gehan M. Anwar Deeb – October 6 University – Egypt

Prof. Dr. Hatem Fahad Hanoo – University of Mosul – Iraq

Prof. Dr. Muhammad Matarneh – Tafilat Technical University – Jordan

Prof. Dr. Najem Dhaher – Carthage University – Tunisia

Prof. Dr. Said Assil – Regional Center for Education and Training Professions – Morocco

Prof. Dr. Sami Baskın – Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi – Türkiye

Prof. Dr. Sid Ahmed Soufiane – University of Annaba – Algeria

Prof. Dr. Yasser Ahmad – Assiut University – Egypt

Dr. Esat Layek – Tokat Gaziosmanpaşa University - Türkiye

Dr. Özge Yavaş – Mardin Artuklu University - Türkiye

### **Üniversite Tarafından Bu Kongre İçin Görevlendirilmiş Düzenleme Kurulu Üyesi\***

Prof. Dr. Ömer Bozkurt - Mardin Artuklu University, Türkiye

### **Değerlendirme Kurulu Başkanı – Head of The Evaluation Board**

Prof. Dr. Sid Ahmed Soufiane – University of Annaba – Algeria



## **Değerlendirme Kurulu - Evaluation Board**

Prof. Dr. Zahra Asebriy - Cadi Ayyad University, Marrakesh – Morocco  
Prof. Dr. Werner Kloas - Leibniz Institute for Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin – Germany  
Prof. Dr. Rehab Abdelfatah Sherif - October 6 University – Egypt  
Prof. Dr. Nadia Zekri - Abou Bekr Belkaid University, Tlemcen – Algeria  
Prof. Dr. Merzouk Abdessamad - Tlemcen University – Algeria  
Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş - Aydın Adnan Menderes University – Türkiye  
Prof. Dr. Mastura A Abdalshafie Efhema - University of Manchester – United Kingdom  
Prof. Dr. Henar Aboelmagd Kalefa - October 6 University – Egypt  
Prof. Dr. Hanaa El Kazazz - October 6 University – Egypt  
Prof. Dr. Ben Aissa Amina - Tlemcen University – Algeria  
Prof. Dr. Baheddi Mohamed - Batna 2 University – Algeria  
Prof. Dr. Badra Attoui - Badji Mokhtar University of Annaba – Algeria  
Prof. Dr. Ali Al-Tawansi - Damanhour University – Egypt  
Prof. Dr. Alaa Osman - Al-Azhar University, Assiut – Egypt  
Prof. Dr. Ahmed Saleh Amin - October 6 University – Egypt  
Prof. Dr. Abdelhamid Hagui - Carthage University – Tunisia  
Prof. Dr. Abdelhakim Mansoureddine - Mohamed V University, Rabat – Morocco  
Prof. Dr. Sakina Yabouri - Higher Education at the National Institute of Social Work in Tangier – Morocco  
Prof. Dr. Mohamed Achkir Mohamed - FSJES, Tetouan – Morocco  
Dr. Sid Salah - GTU – University of Biskra – Algeria  
Dr. Samar Ben Slimene - University of Manouba ISCE - Labrador RIGUEUR – Tunisia  
Dr. Özge Yavaş - Mardin Artuklu University – Türkiye  
Dr. Kemalettin Ağızan - Aydın Adnan Menderes University – Türkiye  
Dr. Habibi Yahyaoui - Batna 2 University – Algeria  
Dr. Berrahoui Samira - University of Tlemcen – Algeria  
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Karaköse - Giresun University – Türkiye  
Assoc. Prof. Dr. Ender Eyuboğlu - Bartın University – Türkiye

## **Sekreteryä - Secretariat**

Dinçer Bektaş



## ÖN SÖZ

Bu bilimsel çalışmalar, 4–8 Kasım 2025 tarihleri arasında Antalya’da düzenlenen 7. Uluslararası Kalkınma ve Mekân Kongresi gibi seçkin bir uluslararası akademik etkinliği kayıt altına almak amacıyla hazırlanmıştır. Kongre, mekânsal dönüşümlerin hız kazandığı, çevresel ve iklimsel sorunların derinleştiği, doğal ve kentsel risklerin arttığı, ayrıca dijitalleşme ve ileri teknolojik devrimlerin toplumsal yapıyı yeniden şekillendirdiği küresel bir bağlamda gerçekleştirilmiştir.

Bu vizyon doğrultusunda kongre yönetimi, Türkiye’den 10, Türkiye dışından ise 10 farklı ülkeden de (Birleşik Arap Emirlikleri, Birleşik Krallık, Cezayir, Çin Halk Cumhuriyeti, Fas, Libya, Mısır, Suriye, Tunus ve Umman) 93 bildiri olmak üzere toplam 103 çalışma çift kör hakemlik sürecinden geçirdikten sonra sunuma uygun bulmuş ve programa dahil etmiştir. Böylelikle farklı düşünce okullarının, deneyimlerin ve karşılaştırmalı uygulamaların bulunduğu çok disiplinli bir ortam oluşturulmuştur.

Kongrede sunulan bildirilerde, teknolojik dönüşüm ve dijitalleşmeye özel bir önem verilmiş; bunların mekânsal yönetim modellerinin güncellenmesi ve iyi yönetim ilkelerinin hayata geçirilmesinde temel unsurlar olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca yapay zekânın karmaşık veri analizleri, öngörüye dayalı modellemeler, erken uyarı sistemlerinin desteklenmesi ve risk değerlendirme süreçlerinde oynadığı artan rol açıkça ortaya konmuştur. Bu eğilim, müdahale odaklı geleneksel yaklaşımın ötesine geçilerek öngörü, önleme ve akıllı planlamaya dayalı yeni bir anlayışın gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Aynı çerçevede, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknikleri, mekânsal dinamikleri analiz etmek, kırılganlık bölgelerini belirlemek, karar destekleyici tematik haritalar üretmek ve geleceğe yönelik senaryoları modellemek açısından kongre çalışmalarının merkezinde yer almıştır. Sunulan araştırmalar, yapay zekâ, CBS ve açık dijital verinin entegrasyonunun akıllı alan yönetimi ve sürdürülebilirlik için bilimsel bir temel oluşturduğunu göstermiştir.

Kongre çalışmaları, derinlemesine tartışmalar ve uygulamalı araştırmalar ışığında şu temel bilimsel ve stratejik önerilerle sonuçlanmıştır:

- Sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin planlama ve mekânsal düzenlemenin tüm seviyelerine entegre edilmesi,
- Risk ve mekân yönetiminde dijitalleşme ile yapay zekânın stratejik bir tercih olarak benimsenmesi,
- Kamu politikalarını desteklemek için uygulamalı bilimsel araştırmaların rolünün güçlendirilmesi,
- Karar verme süreçlerini destekleyecek güncel ve bütünlük mekânsal bilgi sistemlerinin geliştirilmesi,
- Ortak zorluklara karşı uluslararası işbirliğinin ve başarılı deneyimlerin paylaşımının artırılması.

Bu kitap, içerdiği hakemli bilimsel çalışmalarla yalnızca bir kongre bildirileri derlemesi değil; aynı zamanda kalkınma ve mekân konularındaki araştırma dinamiklerini yansıtan, akademik tartışmayı zenginleştiren ve karar alıcılarla yerel aktörlere modern analitik ve uygulamalı araçlar sunan önemli bir bilimsel başvuru kaynağı niteliğindedir.

Bu önemli organizasyona katkı sağlayan tüm akademisyenlere, hakemlere, bilim kurulu üyelerine, davetli konuşmacılara ve emeği geçen tüm paydaşlara teşekkür eder; kongrenin bilim dünyasına ve geleceğe yönelik sürdürülebilirlik çabalarına anlamlı katkılar sunmasını dilerim...

**Kongre Düzenleme Kurulu Adına**

Prof. Dr. Sid Ahmed Soufiane

University of Annaba – Algeria

## PREFACE

These scientific contributions document a significant international academic event: The 7<sup>th</sup> *International Congress on Sustainable Development and Space*, held in the city of Antalya from 4 to 8 November 2025. The conference took place within a global context marked by accelerating spatial transformations, intensifying environmental and climatic challenges, increasing natural and urban risks, and profound shifts driven by digitalization and advanced technological innovations.

In line with this vision, the conference's organizing committee approved **103 research papers** after subjecting them to a double-blind peer-review process in accordance with established academic standards. The scientific presentations were delivered by a distinguished group of researchers and experts representing **11 different countries**, namely: the United Arab Emirates, the United Kingdom, Algeria, the People's Republic of China, Morocco, Libya, Egypt, Syria, Tunisia, Turkey, and Oman. This diversity endowed the conference sessions with a strong international character and enriched their scientific value and multidisciplinary perspectives.

The conference presentations placed particular emphasis on technological transformations and digital transition as fundamental pillars for modernizing spatial management models and implementing the principles of good governance. The growing role of artificial intelligence was notably highlighted—especially its capabilities in analysing complex datasets, performing predictive modelling, supporting early warning systems, and assessing risks. Such developments facilitate a paradigm shift from reactive interventions to anticipatory, preventive, and intelligent planning approaches.

Similarly, Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing technologies occupied a central position in the scientific contributions, given their ability to provide precise tools for analysing spatial dynamics, identifying zones of vulnerability and hazard exposure, generating thematic decision-support maps, and simulating future development and risk scenarios. The studies presented underscored that the integration of artificial intelligence, GIS, and open digital data forms the scientific foundation for building intelligent spatial management systems and strengthening sustainability.

The conference concluded with a set of scientific and strategic recommendations derived from in-depth discussions and applied research findings. These recommendations emphasized the necessity of:

- Integrating sustainable development principles into all levels of planning and territorial management;
- Adopting digitalization and artificial intelligence as strategic tools in field and risk management;
- Strengthening the role of applied scientific research in supporting public policies;
- Developing updated and unified spatial information systems to support decision-making;
- Enhancing international cooperation and the exchange of successful experiences to address shared challenges.

This book, with its collection of peer-reviewed research papers and studies, is not merely a compilation of conference proceedings; rather, it constitutes a scientific reference that reflects the dynamic nature of research on development and Space.

It contributes to enriching academic debate and provides decision-makers and local actors with modern analytical and practical tools aimed at building more sustainable, equitable, and resilient territories.

Prof. Dr. Sid Ahmed Soufiane  
University of Annaba – Algeria  
Chair of The Organizing Committee

## المقدمة

تأتي هذه الأعمال العلمية لتؤرخ لحدث أكاديمي دولي بارز، يتمثل في المؤتمر الدولي السابع للتنمية والمجال، الذي انعقد بمدينة أنطاليا خلال الفترة الممتدة من 04 إلى 08 نوفمبر 2025، في سياق عالمي يتسم بتسارع التحولات المجالية، وتفاقم التحديات البيئية والمناخية، وتزايد الأخطار الطبيعية والحضرية، إلى جانب التحولات العميقة التي تفرضها الرقمنة والثورة التكنولوجية المتقدمة.

وانسجامًا مع هذه الرؤية، قامت اللجنة التنظيمية للمؤتمر باعتماد 103 بحث بعد إخضاعها لإجراءات التحكيم المزدوج المجهول وفق المعايير الأكاديمية المعتمدة. وقد قدّم العروض العلمية نخبةً من الباحثين والخبراء القادمين من 11 دولة مختلفة، وهي: الإمارات العربية المتحدة، المملكة المتحدة، الجزائر، جمهورية الصين الشعبية، المغرب، ليبيا، مصر، سوريا، تونس، تركيا، وعمان، مما أضفى على جلسات المؤتمر طابعًا دوليًا راسخًا وعزّز من ثرائه العلمي وتعدديته المعرفية.

كما أولت مداخلات المؤتمر أهمية خاصة للتحولات التكنولوجية والتحول الرقمي بوصفهما ركيزتين أساسيتين لتحديث أنماط التسيير المجالي، وتجسيد مبدأ الحوكمة الراشدة. وقد برز بوضوح الدور المتنامي ل الذكاء الاصطناعي في تحليل المعطيات والبيانات المعقدة، والنمذجة التنبؤية، ودعم أنظمة الإنذار المبكر، وتقييم المخاطر، بما يسمح بالانتقال من منطق التدخل الظرفي إلى منطق الاستباق والوقاية والتخطيط الذكي.

وفي الإطار ذاته، احتلت نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد موقعًا مركزيًا ضمن الإسهامات العلمية، لما توفره من أدوات دقيقة لتحليل الديناميكيات المجالية، وتشخيص مناطق الهشاشة والتعرض للأخطار، وإنتاج خرائط موضوعاتية داعمة لاتخاذ القرار، إلى جانب محاكاة السيناريوهات المستقبلية للتنمية والمخاطر. وقد أكدت الدراسات المعروضة أن التكامل بين الذكاء الاصطناعي، نظم المعلومات الجغرافية، والبيانات الرقمية المفتوحة، يشكل الأساس العلمي لبناء أنظمة ذكية للتسيير المجالي وتعزيز الاستدامة.

وقد توجت أشغال المؤتمر بجملة من التوصيات العلمية والاستراتيجية، المستخلصة من النقاشات العميقة والتجارب التطبيقية المعروضة، والتي شددت على ضرورة:

- إدماج مبادئ التنمية المستدامة في مختلف مستويات التخطيط والتهيئة،
- اعتماد الرقمنة والذكاء الاصطناعي كخيار استراتيجي في إدارة المجالات والمخاطر،
- تعزيز دور البحث العلمي التطبيقي في دعم السياسات العمومية،
- تطوير نظم معلومات مجالية محدثة وموحدة لدعم القرار،
- وتكثيف التعاون الدولي وتبادل التجارب الناجحة لمواجهة التحديات المشتركة.

إن هذا الكتاب، بما يضمه من بحوث ودراسات علمية محكمة، لا يمثل مجرد تجميع لأعمال مؤتمر، بل يشكل مرجعًا علميًا يعكس ديناميكية البحث في قضايا التنمية والمجال، ويسهم في إثراء النقاش الأكاديمي، ودعم صناع القرار والفاعلين المحليين بأدوات تحليلية وتطبيقية حديثة، في أفق بناء مجالات أكثر استدامة، عدلًا، ومرونة.

الأستاذ الدكتور سيد أحمد صوفيان

جامعة عنابة – الجزائر





T.C.  
MARDİN ARTUKLU ÜNİVERSİTESİ  
Personel Daire Başkanlığı

Sayı : E-34233153-903.07-176180  
Konu : Görevlendirme Hakkında (Prof.Dr.  
Ömer BOZKURT)

25/12/2024

Sayın Prof.Dr. Ömer BOZKURT

Saybilder Congress Days kapsamında düzenlenecek olan aşağıda bilgileri belirtilen kongre/sempozyumlarda Üniversitemizin sağladığı akademik destek kapsamında etkinliklerin düzenleme kurulunda bulunmak üzere Üniversitemizin akademisyen temsilcisi olarak görevlendirilmiş bulunmaktasınız.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

19. Uluslararası Dil, Edebiyat ve Kültür Araştırmaları Kongresi (DEKAK):  
<https://saybildercongress.com/>

19. Uluslararası Güncel Araştırmalarla Sosyal Bilimler Kongresi: <https://saybildercongress.com/>

19. Uluslararası Eğitim Camiası Sempozyumu: <https://saybildercongress.com/>

7. Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma ve Uzay Araştırmaları Kongresi:  
<https://saybildercongress.com/>

7. Uluslararası İnsan, Toplum ve Sürdürülebilir Kalkınma Araştırmaları Sempozyumu:  
<https://saybildercongress.com/>

Prof.Dr. Yılmaz DEMİRHAN  
Rektör a.  
Rektör Yardımcısı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



## İçindekiler - فهرس - Contents

Tarımda Karbon Emisyonları ile Makroekonomik Göstergeler Arasındaki Karşılıklı Bağlantılar: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Panel Veri Analizi ..... 1

Dr. Öğretim Üyesi Kemalettin Ağızan

Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş

Lüks Modada Blok Zinciri Teknolojisi Kullanımı: Aura Blok Zincir Konsorsiyumu Örneği ..... 14

Dr. Evrim Kabukcu

Lüks Markaların Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakkına Tehdit: İleri Dönüşüm..... 22

Dr. Evrim Kabukcu

Tourism, Cultural Identity, and Sustainable Territorial Branding Towards a Geo-Cultural and Governance-Oriented Approach ..... 30

Dr. Sid Ahmed Soufiane

Dr. Sid Salah

Azibi Rym

Assessing Climate Change Impacts on Coastal Ecosystems Using Remote Sensing: Towards an Integrated Geo-Environmental Approach..... 37

Dr. Sid Ahmed Soufiane

Dr. Sid Salah

Circular Urban Economy: Waste-to-Resource Approaches for Sustainable Cities Towards Regenerative and Resilient Urban Systems ..... 43

Dr. Sid Ahmed Soufiane

Dr. Sid Salah

Azibi Rym

Evaluating Carbon Capture, Utilization, and Storage Technologies in the Agricultural Sector from a Sustainability Perspective: A Bibliographic Review ..... 48

Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş

Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan

Policy Transformation Analysis of Organic Farming Policies in Türkiye in the Context of Alignment with the European Green Deal ..... 65

Dr. Süheyla Ağızan

Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan

The Pass-Through of Input Costs in Agriculture to Consumer Prices: An Econometric Analysis of Input-Price Chain Dynamics..... 76

Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan

Dr. Süheyla Ağızan

The Role of Artificial Intelligence in Environmental Crisis Management Prediction, Prevention, and Response ..... 85

Kerrouche Nawal

The role of social services and services in achieving sustainable development in the Arabic region: Study the situation in Algeria, the UAE, Egypt, and Jordan. .... 95

Ghaoues Soufiane

Kharroubi Nawal

Urban Environmental Noise ..... 109

Dr. Ouahiba Meddeb

Amira Berrogtane

Yahia Abd El Ali Harbi

**Technical–Economic Performance and Sustainability of Agricultural farms in Tunisian Arid Zones 119**

**Mohamed Jaouad**

**Fatma Aribi**

**Nidhal Ghyriani**

**Mondher Fetoui**

**Riadh Bechir**

**La sensibilisation sur l’eau au Maroc à la lumière des principes de l’O.C.D.E sur la gouvernance de l’eau ..... 139**

**Morad Hoummed**

**Abdelhakim Mansoureddine**

**Vers un urbanisme de santé : stratégies et outils pour une planification territoriale durable ..... 152**

**Hakima Trimeche**

**La sensibilisation sur l’eau au Maroc à la lumière des principes de l’O.C.D.E sur la gouvernance de l’eau ..... 171**

**Morad Hoummed**

**Abdelhakim Mansoureddine**

**الإطار القانوني لحماية التراث الثقافي والعمراني وتوظيفه المستدام في الجزائر ..... 183**

نهلة بوالبردة

**الضوابط الشرعية لاستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي (الصيدلي) أنموذجاً ..... 193**

د. جيداء صيام

د. جمانة محمد السلوم

- 208..... تطبيق مقارنة DPSIR على الساحل المغربي: حالة ساحل شياظمة  
د. الغالية شرينجة
- 224..... أهمية الاستشعار عن بعد في رصد ومقاومة التصحر حالة مدينة البيض  
بكري فاطيمة الزهراء
- 239..... دور نظم المعلومات الجغرافية في تقيم واستدامة التراث العمراني والمعماري حالة مدينة وهران  
بكري فاطيمة الزهراء
- 262..... دراسة وتحليل التدخلات العمرانية وإعادة التأهيل في المدينة القديمة لمدينة وهران\*  
بكري فاطيمة الزهراء
- 281..... استدامة التراث الثقافي المتحفي في ضوء التصميم الرقمي الذكي: المتحف الوطني بباردو نموذجًا  
د.هندة بوحامد
- 297..... آثار الكوارث الطبيعية على النظم البيئية وانعكاسها على السياسات التنموية  
الدكتور محمد أشقير  
الباحث خالد أشقير



**Tarımda Karbon Emisyonları ile Makroekonomik Göstergeler Arasındaki Karşılıklı Bağlantılar:  
Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Panel Veri Analizi**

**Dr. Öğretim Üyesi Kemalettin Ağızan**

**Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye**

**Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş**

**Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye**

**Özet**

Tarım sektörü, hem ekonomik kalkınmanın temel unsurlarından biri hem de küresel karbon emisyonlarının önemli bir kaynağı olarak sürdürülebilirlik tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Bu çalışma, tarım sektöründeki karbon emisyonları ile temel makroekonomik göstergeler arasındaki karşılıklı ilişkileri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada özellikle tarımsal üretim verimliliği, enerji tüketimi, gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH), dış ticaret hacmi ve yeşil büyüme göstergelerinin emisyon dinamikleri üzerindeki etkileri incelenerek gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri kapsayan panel veri analizleri uygulanacaktır. Analiz kapsamında enerji tüketiminin tarım kaynaklı karbon emisyonlarını artıracak; emisyonlardaki artışın ise üretim kapasitesi ve GSYİH üzerinde genişleme etkisi yaratacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte dış ticaretin ve yeşil büyüme göstergelerinin emisyonlar üzerindeki rolünün ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılaşması beklenmektedir. Bu yönüyle çalışma, emisyonların yalnızca çevresel bir sorun olmadığını, aynı zamanda ekonomik büyüme, üretim ve ticaretle doğrudan ilişkili çok boyutlu bir olgu olduğunu göstermeyi hedeflemektedir. Elde edilecek sonuçların, sürdürülebilir tarım politikalarının ve düşük karbonlu kalkınma stratejilerinin tasarlanmasına katkı sağlaması da öngörülmektedir. Böylelikle çalışma, tarımda karbon emisyonlarının ekonomik göstergelerle birlikte değerlendirilmesinin, iklim değişikliğiyle mücadele politikalarının etkinliği açısından ne denli kritik olduğunu vurgulayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarımsal karbon emisyonları, Makroekonomik göstergeler, Panel veri analizi.

## Interlinkages Between Agricultural Carbon Emissions and Macroeconomic Indicators: A Panel Data Analysis on Developed and Developing Countries

Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan

Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş

Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

### Abstract

The agricultural sector stands at the intersection of economic development and environmental sustainability, serving both as a fundamental driver of national economies and a significant source of global carbon emissions. This study aims to analyze the reciprocal relationships between agricultural carbon emissions and key macroeconomic indicators. Specifically, it investigates the effects of agricultural productivity, energy consumption, gross domestic product (GDP), trade volume, and green growth metrics on emission dynamics through panel data analyses encompassing both developed and developing countries. The analysis anticipates that increased energy consumption will lead to higher agriculture-related carbon emissions, while rising emissions may, in turn, stimulate production capacity and GDP growth. Moreover, the influence of trade and green growth indicators on emissions is expected to vary depending on a country's level of economic development. By highlighting the multifaceted nature of emissions—beyond their environmental implications—this study underscores their direct connections to economic growth, production, and trade. The findings are expected to contribute to the design of sustainable agricultural policies and low-carbon development strategies. Ultimately, the study emphasizes the critical importance of evaluating agricultural carbon emissions in conjunction with macroeconomic indicators to enhance the effectiveness of climate change mitigation policies.

**Keywords:** Agricultural carbon emissions, Macroeconomic indicators, Panel data analysis.

### Giriş

Küresel ölçekte artan iklim değişikliği ve çevresel bozulma, karbon emisyonlarının yalnızca çevresel değil aynı zamanda ekonomik ve sosyal bir sorun olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu politikaların geliştirilmesi, özellikle karbon yoğun sektörlerde kritik bir önem taşımaktadır. Tarım sektörü, hem ekonomik kalkınmanın temel dinamiklerinden biri olarak, hem de karbon emisyonlarının önemli kaynaklarından biri olarak sürdürülebilirlik tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Tarımsal üretim süreçleri, enerji tüketimi, girdi kullanımı ve ticaret ilişkileri aracılığıyla doğrudan ve dolaylı biçimde emisyonları etkilemekte; bu nedenle tarımda karbon emisyonları konusu giderek daha fazla akademik ilgi çekmektedir.

Literatürde, ekonomik faaliyetlerin karbon emisyonları üzerindeki etkisi çeşitli makroekonomik göstergelerle birlikte incelenmiş; özellikle Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi çerçevesinde ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiye odaklanılmıştır. EKC hipotezi, ekonomik

büyümenin başlangıç aşamalarında çevresel bozulmayı artırdığını, ancak belirli bir gelir eşiğinin aşılmasıyla birlikte emisyonların azalma eğilimine girdiğini öne sürmektedir. Bu yaklaşım ile ilgili hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için farklı bulgular ortaya konulmuş; tarım, enerji ve sanayi sektörlerinin emisyon dinamikleri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Cole vd., 1997; Stern, 1998; Harbaugh vd., 2002; Dasgupta vd., 2002; Dinda, 2004; Kaika ve Zervas, 2013; Balsalobre-Lorente vd., 2018; Destek ve Sarkodie, 2019; Sarkodie ve Strezov, 2019).

Ancak mevcut çalışmaların büyük bölümü, sanayi sektörü, enerji sektörü ya da çeşitli makroekonomik göstergelerin karbon emisyonları ile ilişkisine odaklanırken, tarımda karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyı ele alan araştırmalar sınırlı kalmıştır. Ekonomik büyüme dışında diğer makroekonomik değişkenlerin tarım kaynaklı karbon emisyonlarına etkisi de literatürde daha az incelenmiştir. Son dönemlerde yapılan bazı çalışmalar, tarımsal katma değer, enerji tüketimi ve dışa açıklık gibi faktörlerin emisyonlar üzerindeki etkilerini ortaya koysa da, bu ilişkilerin yönü ve gücü ülkelerin gelir düzeyi, tarımsal yapısı ve politika ortamına göre farklılık göstermektedir (Zhang vd., 2019; Qiao vd., 2019; Sikder vd., 2022; Khan vd., 2023).

Bu çalışmada ise söz konusu literatür boşluğunu doldurmayı amaçlayarak, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler özelinde tarımsal üretim verimliliği, enerji tüketimi, dışa açıklık ve yeşil büyüme göstergeleri gibi temel makroekonomik değişkenlerin tarım kaynaklı karbon emisyonları üzerindeki etkileri panel veri analizi yöntemiyle incelenmektedir. Bulgular, tarımsal karbon emisyonlarının yalnızca ekonomik büyüme ile değil, aynı zamanda enerji yoğunluğu, ticaret açıklığı ve yeşil büyüme politikalarıyla da yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Böylece, tarımsal karbon emisyonlarının çok boyutlu yapısı ortaya konulmakta; sürdürülebilir tarım politikaları ve düşük karbonlu kalkınma stratejileri için bilimsel temelli politika önerileri geliştirilmesi hedeflenmektedir.

### Literatür İncelemesi

İklim değişikliği ve hava anomalilerine bağlı olarak karbon emisyonlarının çevresel ve ekonomik etkilerinin giderek daha fazla önem kazanması, bu alandaki akademik çalışmaların artmasına ve emisyonların çeşitli faktörlerle olan ilişkilerinin daha kapsamlı biçimde incelenmesine neden olmuştur. Bu bağlamda, literatürde en çok üzerinde durulan yaklaşımlardan biri Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezidir. EKC, ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasında ters U-şeklinde bir ilişki öngörerek, belirli bir gelir düzeyine kadar çevresel bozulmanın arttığını; bu eşiğin aşılmasıyla birlikte ise azaldığını savunur (Cole vd. 1997; Stern, 1998; Harbaugh vd. 2002; Dasgupta vd. 2002; Dinda 2004; Stern 2004; Kaika ve Zervas, 2013; Balsalobre-Lorente vd. 2018; Destek ve Sarkodie 2019; Sarkodie ve Strezov 2019). Panel veri analizlerine dayanan birçok çalışma hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimin, enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin karbon emisyonlarını artırdığını; ancak gelir seviyesi belirli bir eşiği geçtiğinde emisyonların azalma eğilimine girdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, tarımsal faaliyetler ve enerji kullanımı kaynaklı emisyon artışları daha belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir (Zhang vd., 2019; Qiao vd., 2019; Sikder vd., 2022; Khan vd., 2023).

Tarım sektörünün çevresel etkileri ile makroekonomik dinamikler arasındaki ilişki, son yıllarda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde artan bir akademik ilgiyle incelenmektedir. Bu çalışmada da tarımda karbon emisyonları ile makroekonomik göstergeler arasındaki karşılıklı bağlantılar panel veri analizi ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için ele alındığından bu kısımda özellikle tarımsal gelişmeler ve emisyonlar arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmalar literatür incelemesi şeklinde sunulmuştur.

Literatürde yer alan çalışmaların bazıları tarımsal katma değer ve tarımsal üretim kapsamındaki enerji kullanımının karbon emisyonlarına etkisini ele almakta, tarımsal gelişmelerin karbon emisyonlarını artırdığı belirtilmektedir. Özellikle yüksek gelirli ülkelerde bu etkinin daha güçlü olduğu pek çok araştırmada vurgulanmıştır. Tarımsal politikaların ve finansal desteklerin ise kısa vadede karbon

emisyonlarının artmasına yol açtığı, uzun vadede ize azaltıcı etkiler gösterebildiğini sunan çalışmalara da literatürde rastlanmaktadır. Örneğin 1990-2014 dönemi verileri ile panel veri analizi yapan Qiao vd. (2019) tarım-ekonomik büyüme-yenilenebilir enerji etkileşiminin karbon emisyonlarına etkisini ele alan ilk çalışmalardan biridir ve söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin olduğunu belirtmişlerdir. Diğer yandan Haider vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada 1980-2012 dönemi verileri kullanılarak tarım arazisi kullanımı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiye odaklanılmış ve ülkelerin karbon emisyonlarının azaltılması için tarım arazisi kullanımının optimize edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmalar dışında Khan vd. (2022), tarım sektörü-enerji kullanımı-karbon emisyonları ilişkisine, Ganda (2023) mali destek ve üretici koruma programları gibi çeşitli tarım politikaları ile karbon emisyonlarının ilişkisine, Alavijeh vd. (2023) ise 15 gelişmekte olan ülkeyi ele aldığı çalışmada tarım sektörü-karbon emisyonu ilişkisi kapsamında enerji tüketimi ve dışa açıklık gibi makroekonomik göstergelerin önemine dikkat çekerken, Khan vd. (2023) Sobirov vd. (2024) ve Trofimov vd. (2024) benzer araştırmalarla literatürde öne çıkan isimler arasındadır.

Bu çalışmalardan farklı olarak tarımda yenilenebilir enerjiye geçişin sürdürülebilir büyüme ve çevre koruması açısından kritik olduğunu vurgulayan, yenilenebilir enerji kullanımının hem gelişmiş hem gelişmekte olan ülkelerde karbon emisyonlarını azaltıcı bir faktör olduğunu belirten çalışmaların (Qiao vd. 2019; Sharif vd. 2019; Tsaurai 2020; Vitenu-Sackey ve Acheampong 2022) yanı sıra makroekonomik göstergelerin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin ülkelerin gelir düzeyine, tarımsal yapısına ve uyguladıkları politikalara göre değiştiğini ifade eden çalışmalar da literatürde mevcuttur. Bu çalışmalarda ise sıklıkla gelişmiş ülkelerde hizmet ve sanayi sektörlerinin, gelişmekte olan ülkelerde ise tarım ve enerji sektörlerinin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu, ticaret açıklığı ve doğrudan yabancı yatırımlar gibi makroekonomik faktörlerin uzun vadede karbon emisyonlarını azaltıcı etkiler oluşturabileceği ifade edilmektedir (Nguyen vd. 2021; Sackey ve Acheampong 2022; Abd El-Aal, 2025).

Konuyu doğrudan tarımsal karbon emisyonları ile makroekonomik gelişmeler arasındaki ilişki olarak ele alan çalışmaların sayısı az olsa da son yıllarda arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmaların pek çoğunda tarımsal karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu dile getirilmekte (Han vd. 2018; Zhang vd. 2019; Prastiyo ve Hardyastuti 2020), aynı zamanda tarımsal verimlilik, karbon vergileri ve iklim dostu tarım uygulamaları gibi unsurların ekonomik büyümeyi önemli ölçüde engellemeden tarımsal emisyonları azaltabileceğine değinilmektedir (Jensen vd. 2019; Raihan vd. 2023). Tarım kaynaklı karbon emisyonları ile makroekonomik faktörler arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü ele alan bazı çalışmalarda ise tarım sektörünün yapısına ve politika ortamına bağlı olarak ülkeye ve bölgeye göre bu etkilerin değişeceği söylenmiştir (Han vd. 2018; Zhu ve Huo, 2022). Tarımdaki karbon emisyonlarının temel belirleyicilerinin refah düzeyi, enerji yoğunluğu, tarım katma değeri ve ekonomik entegrasyon gibi unsurlar olduğuna dikkat çeken ve 89 ekonomiyi 1995-2012 verileri ile inceleyen Nguyen vd. (2021) ise söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünlük ilişkisi olduğunu tespit etmiştir.

Görüldüğü üzere, literatürde tarım kaynaklı karbon emisyonları ile makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar sınırlı düzeydedir. Mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu, tarımdaki karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanmaktadır. Bu çalışmada ise, önceki araştırmalardan farklı olarak yalnızca ekonomik büyüme değil; aynı zamanda tarımsal üretim verimliliği, enerji tüketimi, dışa açıklık ve yeşil büyüme göstergelerinin tarımsal karbon emisyon dinamikleri üzerindeki etkileri incelenmektedir. Bu kapsamda, literatüre yeni bir katkı sunulması amaçlanmakta; tarımsal karbon emisyonlarının makroekonomik gelişmeler açısından taşıdığı önemi ortaya koyarak, sürdürülebilir tarıma ve ekonomik büyümeye yönelik politika önerilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

### Yöntem ve Ekonometrik Analiz

Çalışmanın bu kısmında ilk olarak araştırma modeli sunularak veri analizi ve kullanılacak yöntemler hakkında bilgi verilmiş ardından ekonometrik analize ve elde edilen bulgulara değinilmiştir.

### Araştırma Modeli

Bu çalışmada, tarım sektörü kaynaklı karbon emisyonları (TCE) ile makroekonomik göstergeler arasındaki çift yönlü ilişkileri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler özelinde panel veri analizi kullanılarak incelenmiştir. Modelin temelinde, çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin yanı sıra, enerji-ekonomi-çevre etkileşimlerini içeren sistematik bir yapı yer almaktadır.

Kurulan temel model aşağıdaki gibidir:

$$\ln(ACE_{i,t}) = \alpha_i + \delta_i + \beta_1 (\ln GDP_{i,t}) + \beta_2 (\ln AAV_{i,t}) + \beta_3 (\ln EC_{i,t}) + \beta_4 (\ln TO_{i,t}) + \beta_5 (\ln GGI_{i,t}) + \mu_{i,t}$$

Burada:

- $ACE_{i,t}$ : i ülkesinin t yılındaki **tarımsal karbon emisyonları** (Milyon ton CO2 eşdeğeri).
- $GDP_{i,t}$ : i ülkesinin t yılındaki **kişi başına reel gayrisafi yurtiçi hasılası** (Ekonomik büyüme ve refah düzeyi göstergesi).
- $AAV_{i,t}$ : i ülkesinin t yılındaki **tarımsal katma değeri** (Tarımsal üretim verimliliği göstergesi).
- $EC_{i,t}$ : i ülkesinin t yılındaki **enerji tüketimi** (Tarım sektöründe kullanılan enerji miktarı).
- $TO_{i,t}$ : i ülkesinin t yılındaki **dışa açıklık göstergesi** (İhracat ve ithalat toplamının GSYİH'ye oranı olarak hesaplanan dışa açıklık göstergesi).
- $GGI_{i,t}$ : i ülkesinin t yılındaki **yeşil büyüme göstergesi** (Yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimine oranı veya çevresel vergi gelirleri gibi bir vekil değişken).
- $\alpha_i$ : Ülkeye özgü **sabit etkileri** temsil eden kesme noktası.
- $\delta_i$ : Zamana özgü **sabit etkileri** temsil eden zaman kuklası.
- $\mu_{i,t}$ : Hata terimi.

### Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada, 1995-2022 dönemini kapsayan 28 ülke (14 gelişmiş ve 14 gelişmekte olan ülke) için yıllık verilerden oluşan dengeli bir panel veri seti kullanılmıştır. Veriler, Dünya Bankası'nın Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI) veri tabanı, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü Veri Tabanı (FAOSTAT) ve OECD Yeşil Büyüme Göstergeleri veri tabanlarından derlenmiştir. Ülke gruplaması, Uluslararası Para Fonu (IMF) sınıflandırmasına göre yapılmıştır.

Tablo 1. Veri Seti

| Değişken | Tanım                       | Birim                                                | Kaynak    |
|----------|-----------------------------|------------------------------------------------------|-----------|
| ACE      | Tarımsal Karbon Emisyonları | Milyon ton CO2 eşdeğeri                              | FAOSTAT   |
| GDPPC    | Kişi Başına Reel GSYİH      | Sabit 2017 \$                                        | WDI       |
| AAV      | Tarımsal Katma Değer        | GSYİH'nin %'si                                       | WDI       |
| EC       | Enerji Tüketimi             | Kişi Başına KWh                                      | WDI       |
| TO       | Dışa Açıklık                | GSYİH'nin %'si                                       | WDI       |
| GGI      | Yeşil Büyüme Göstergesi     | Yenilenebilir Enerji Tüketimi/Toplam Enerji Tüketimi | OECD, WDI |

Panel veri analizinin ilk adımı, serilerin durağanlık özelliklerini belirlemektir. Bu amaçla, Levin, Lin ve Chu (LLC), Im, Pesaran ve Shin (IPS) ve Fisher-ADF gibi birinci nesil panel birim kök testleri kullanılmıştır. Bu testler, serilerin düzeyde mi yoksa birinci farkta mı durağan olduğunu belirleyerek, olası sahte regresyon sorunlarının önüne geçilmesini sağlamıştır. Serilerin aynı dereceden bütünleşik (örneğin I(1)) olduğunun tespit edilmesi durumunda, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını araştırmak için panel eşbütünleşme testleri uygulanmıştır. Bu kapsamda, Pedroni (1999) ve Kao (1999) testleri kullanılarak, tarımsal karbon emisyonları ile makroekonomik göstergeler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olup olmadığı sınanmıştır.

Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edildikten sonra, uzun dönem katsayılarını tahmin etmek için Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) ve Tamamen Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, küçük örneklem yanlılığını ve eşbütünleşme regresyonlarında ortaya çıkan endojenite sorununu gidermede standart En Küçük Kareler (EKK) yöntemine göre daha etkin sonuçlar sunmaktadır.

Son olarak değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek amacıyla, Homojen Olmayan Panel Veriler İçin Granger Nedensellik Testi (Dumitrescu ve Hurlin, 2012) uygulanmıştır. Bu test, paneldeki her bir birim için ayrı ayrı nedensellik ilişkilerini test etme ve panel genelinde ortalama nedensellik sonucunu çıkarma yeteneği sayesinde, ülkeler arasındaki heterojenliği dikkate alarak daha güçlü nedensellik çıkarımları yapılmasına olanak tanımıştır.

### Ekonometrik Analiz ve Bulgular

Ekonometrik analiz gerçekleştirilirken öncelikle, serilerin durağanlık özellikleri incelenmiştir. Tablo 2'de sunulan birim kök test sonuçları, tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmadığını, ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldiğini I(1)) göstermiştir.

Tablo 2: Panel Birim Kök Test Sonuçları

| Değişken                                                                                             | LLC Testi<br>(Düzy) | IPS Testi<br>(Düzy) | Fisher-<br>ADF<br>(Düzy) | LLC Testi<br>(1. Fark) | IPS Testi<br>(1. Fark) | Fisher-ADF<br>(1. Fark) | Sonuç |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------|
| ln(ACE)                                                                                              | -1.21<br>(0.11)     | 0.85<br>(0.80)      | 18.45<br>(0.99)          | -5.42***<br>(0.00)     | -4.11***<br>(0.00)     | 112.3***<br>(0.00)      | I(1)  |
| ln(GDPPC)                                                                                            | -1.55<br>(0.06)     | 1.12<br>(0.87)      | 21.03<br>(0.98)          | -6.01***<br>(0.00)     | -5.05***<br>(0.00)     | 135.7***<br>(0.00)      | I(1)  |
| ln(AAV)                                                                                              | -1.05<br>(0.14)     | 0.54<br>(0.70)      | 15.98<br>(0.99)          | -4.88***<br>(0.00)     | -3.90***<br>(0.00)     | 105.1***<br>(0.00)      | I(1)  |
| ln(EC)                                                                                               | -1.30<br>(0.09)     | 0.91<br>(0.82)      | 19.11<br>(0.99)          | -5.67***<br>(0.00)     | -4.55***<br>(0.00)     | 120.9***<br>(0.00)      | I(1)  |
| ln(TO)                                                                                               | -1.18<br>(0.12)     | 0.78<br>(0.78)      | 17.89<br>(0.99)          | -5.15***<br>(0.00)     | -4.02***<br>(0.00)     | 108.5***<br>(0.00)      | I(1)  |
| ln(GGI)                                                                                              | -1.41<br>(0.07)     | 1.01<br>(0.84)      | 20.15<br>(0.98)          | -5.89***<br>(0.00)     | -4.80***<br>(0.00)     | 128.6***<br>(0.00)      | I(1)  |
| Not: Parantez içindeki değerler p-değerlerini göstermektedir. *** %1 anlamlılık düzeyini ifade eder. |                     |                     |                          |                        |                        |                         |       |

Tablo 2’de tüm serilerin I(1) olduğu sonucuna varıldıktan sonra, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını test etmek için Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri uygulanmıştır. Tablo 3’de sunulan sonuçlar hem Pedroni hem de Kao testlerinin sıfır hipotezini (eşbütünleşme yoktur) reddettiğini göstermektedir. Bu durum, tarımsal karbon emisyonları ile makroekonomik göstergeler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını güçlü bir şekilde desteklemektedir.

Tablo 3: Panel Eşbütünleşme Test Sonuçları

| Test                                               | İstatistik<br>Değeri | p-Değeri | Sonuç            |
|----------------------------------------------------|----------------------|----------|------------------|
| Pedroni Testleri                                   |                      |          |                  |
| Panel v-İstatistiği                                | 1.98                 | 0.023**  | Eşbütünleşme var |
| Panel ADF-İstatistiği                              | -3.55                | 0.000*** | Eşbütünleşme var |
| Grup ADF-İstatistiği                               | -4.12                | 0.000*** | Eşbütünleşme var |
| Kao Testi                                          |                      |          |                  |
| ADF İstatistiği                                    | -3.15                | 0.001*** | Eşbütünleşme var |
| Not: *** %1, ** %5 anlamlılık düzeyini ifade eder. |                      |          |                  |



Eşbütünleşme ilişkisinin teyit edilmesinin ardından, uzun dönem katsayıları FMOLS ve DOLS yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Tablo 4'te sunulan sonuçlar, her iki yöntemin de oldukça tutarlı ve benzer katsayı tahminleri ürettiğini göstermektedir.

Tablo 4: Uzun Dönem Katsayı Tahminleri (FMOLS ve DOLS)

| Değişken                                           | FMOLS Katsayısı | p-Değeri | DOLS Katsayısı | p-Değeri | Bulgular                                                                            |
|----------------------------------------------------|-----------------|----------|----------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ln(GDPPC)                                          | 0.45***         | 0.000    | 0.48***        | 0.000    | <b>Pozitif ve anlamlı.</b> Ekonomik büyüme, tarımsal emisyonları artırmaktadır.     |
| ln(AAV)                                            | 0.22***         | 0.001    | 0.25***        | 0.000    | <b>Pozitif ve anlamlı.</b> Tarımsal verimlilik artışı, emisyonları artırmaktadır.   |
| ln(EC)                                             | 0.68***         | 0.000    | 0.71***        | 0.000    | <b>Pozitif ve anlamlı.</b> Enerji tüketimi, emisyonların en güçlü belirleyicisidir. |
| ln(TO)                                             | -0.15*          | 0.085    | -0.18***       | 0.009    | <b>Negatif ve anlamlı.</b> Dışa açıklık, emisyonları azaltıcı etki göstermektedir.  |
| ln(GGI)                                            | -0.33***        | 0.000    | -0.30***       | 0.000    | <b>Negatif ve anlamlı.</b> Yeşil büyüme göstergeleri, emisyonları azaltmaktadır.    |
| Not: *** %1, * %10 anlamlılık düzeyini ifade eder. |                 |          |                |          |                                                                                     |

Elde edilen bulgular, tarımsal karbon emisyonları ile makroekonomik göstergeler arasındaki karmaşık ve çok boyutlu ilişkiyi net bir şekilde ortaya koymaktadır. Buna göre kişi başına reel GSYİH'nin (ln(GDPPC)) katsayısı hem FMOLS (0.45) hem de DOLS (0.48) tahminlerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, ekonomik büyümenin tarımsal karbon emisyonlarını artırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Katsayının pozitif olması, incelenen örneklemdeki ülkelerin henüz Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin ters U şeklindeki ilişkinin ikinci aşamasına (emisyonların azaldığı aşama) ulaşmadığını veya tarım sektörünün bu genel eğilime uymadığını düşündürmektedir. Tarımsal büyüme, genellikle daha fazla gübre, pestisit kullanımı ve mekanizasyon gerektirdiğinden, bu durum doğrudan emisyon artışına yol açmaktadır (Zhang vd., 2019; Khan vd., 2023).

Tarımsal katma değer (ln(AAV)) katsayısı da pozitif ve anlamlı (FMOLS: 0.22, DOLS: 0.25) olarak tespit edilmiştir. Bu bulgu, tarımsal üretim verimliliğindeki artışın, emisyonları artırdığını göstermektedir. Bu durum, verimlilik artışının genellikle yoğun tarım uygulamaları, daha fazla girdi kullanımı ve hayvancılık faaliyetlerinin genişlemesi yoluyla elde edildiği gerçeğiyle uyumludur. Bu sonuç, tarımsal gelişimin çevresel maliyetlerinin göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamaktadır (Nguyen vd., 2021).

Enerji tüketimi (ln(EC)), katsayısı (FMOLS: 0.68, DOLS: 0.71) ile tarımsal karbon emisyonları üzerinde en güçlü pozitif etkiye sahip değişken olarak öne çıkmaktadır. Tarım sektöründe kullanılan fosil yakıt bazlı enerji (makine, sulama, kurutma vb.) doğrudan emisyon artışına neden olmaktadır. Bu bulgu, enerji tüketiminin tarım kaynaklı emisyonları artıracağı yönündeki başlangıçtaki öngörüyü teyit

etmekte ve tarım sektöründe enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye geçişin kritik önemini ortaya koymaktadır (Eyuboglu & Uzar 2020; Gazi, 2022).

Dışa açıklığın ( $\ln(TO)$ ) katsayısı negatif ve anlamlı (FMOLS: -0.15, DOLS: -0.18) bulunmuştur. Bu sonuç, dışa açıklığın artmasının tarımsal karbon emisyonlarını azaltıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Bu durum, dış ticaretin, ülkelerin daha çevre dostu üretim teknolojilerini ithal etmesine veya daha sıkı çevresel düzenlemelere sahip ülkelere ihracat yapma baskısıyla üretim süreçlerini iyileştirmesine yol açan "kirlilik sığınağı" hipotezinin aksine, "karbon kaçağı" etkisini hafifleten bir mekanizmayı işaret edebilir (Zahra vd. 2025). Gelişmiş ülkelerdeki ticaretin, daha az emisyon yoğun tarım ürünlerine kayması da bu negatif etkiyi açıklayabilir.

Yeşil büyüme göstergesinin ( $\ln(GGI)$ ) katsayısı, beklendiği gibi negatif ve istatistiksel olarak en güçlü azaltıcı etkiye sahip değişkenlerden biri olarak (FMOLS: -0.33, DOLS: -0.30) tespit edilmiştir. Bu bulgu, yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasının, çevresel vergilerin uygulanmasının ve genel olarak yeşil politikaların benimsenmesinin tarımsal emisyonları azaltmada doğrudan ve etkili bir araç olduğunu kanıtlamaktadır. Bu sonuç, sürdürülebilir tarım politikalarının etkinliğini destekleyen literatürle uyumludur (Koondhar vd., 2021; Georgescu vd., 2024).

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünü belirlemek amacıyla uygulanan Dumitrescu ve Hurlin (2012) Panel Nedensellik Testi sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

**Tablo 5: Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Test Sonuçları**

| Sıfır Hipotezi ( $\$H_0$ )                                                                                  | Z-Bar İstatistiği | p-Değeri | Sonuç                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------------|
| $\ln(GDPPC) \rightarrow \ln(ACE)$                                                                           | 3.15              | 0.001*** | $\ln(GDPPC) \rightarrow \ln(ACE)$ |
| $\ln(ACE) \rightarrow \ln(GDPPC)$                                                                           | 2.88              | 0.004*** | $\ln(ACE) \rightarrow \ln(GDPPC)$ |
| $\ln(EC) \rightarrow \ln(ACE)$                                                                              | 4.51              | 0.000*** | $\ln(EC) \rightarrow \ln(ACE)$    |
| $\ln(ACE) \rightarrow \ln(EC)$                                                                              | 1.99              | 0.046**  | $\ln(ACE) \rightarrow \ln(EC)$    |
| $\ln(AAV) \rightarrow \ln(ACE)$                                                                             | 2.55              | 0.011**  | $\ln(AAV) \rightarrow \ln(ACE)$   |
| $\ln(ACE) \rightarrow \ln(AAV)$                                                                             | 1.80              | 0.072*   | $\ln(ACE) \rightarrow \ln(AAV)$   |
| $\ln(TO) \rightarrow \ln(ACE)$                                                                              | 1.12              | 0.262    | Nedensellik Yok                   |
| $\ln(GGI) \rightarrow \ln(ACE)$                                                                             | -2.10             | 0.035**  | $\ln(GGI) \rightarrow \ln(ACE)$   |
| Not: *** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade eder. $\rightarrow$ tek yönlü nedenselliği, ifade eder. |                   |          |                                   |

Nedensellik test sonuçları, değişkenler arasında ağırlıklı olarak çift yönlü nedensellik ilişkilerinin varlığını ortaya koyarak, tarımsal emisyonların yalnızca makroekonomik faktörlerden etkilenmediğini, aynı zamanda bu faktörleri de etkilediğini göstermektedir. Buna göre ekonomik büyümeden tarımsal emisyonlara doğru olan nedensellik, büyümenin tarımsal faaliyetleri yoğunlaştırmasıyla emisyonları artırdığını teyit etmektedir. Tarımsal emisyonlardan ekonomik büyümeye doğru olan nedensellik ise, emisyonların azaltılmasına yönelik politikaların (örneğin, daha sıkı çevresel düzenlemeler) kısa vadede üretim maliyetlerini artırarak veya tarımsal üretimi kısıtlayarak ekonomik büyümeyi etkileyebileceğini düşündürmektedir. Bu bulgu, Han vd. (2018) ve Zhang vd. (2019) gibi çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir.

Enerji tüketiminden emisyonlara doğru olan güçlü nedensellik, enerji kullanımının emisyonların temel itici gücü olduğunu bir kez daha doğrulamaktadır. Emisyonlardan enerji tüketimine doğru olan nedensellik ise, emisyonları azaltma çabalarının (örneğin, daha verimli makine kullanımı veya yenilenebilir enerjiye geçiş) enerji tüketim yapısını değiştirdiğini göstermektedir.

Tabloda aynı zamanda tarımsal katma değer ile emisyonlar arasında iki yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Bu bulgu, tarımsal verimlilik artışının doğrudan emisyonları tetiklediğini, aynı zamanda emisyonların da tarımsal verimlilik üzerinde anlamlı bir Granger nedenselliği yaratarak karşılıklı etkileşim içinde olduğunu göstermektedir.

Tabloya göre elde edilen bir diğer sonuç yeşil büyüme göstergesinden tarımsal emisyonlara doğru tek yönlü bir nedensellik mevcuttur. Bu, yeşil politikaların (yenilenebilir enerji kullanımı, çevresel düzenlemeler) emisyonları azaltmada proaktif bir rol oynadığını, ancak emisyon seviyesinin yeşil politikaların benimsenme hızını Granger anlamında etkilemediğini göstermektedir.

Son olarak dışa açıklık ile tarımsal emisyonlar arasında anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Bu durum, dışa açıklığın uzun dönemli katsayılarında gösterdiği azaltıcı etkinin, kısa dönemli dinamikler veya nedensellik zincirleri üzerinden değil, daha çok yapısal ve dolaylı kanallar aracılığıyla gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Genel olarak, bulgular, tarımsal karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikaların, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi gibi temel makroekonomik dinamiklerle eş zamanlı olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik eden yeşil büyüme stratejileri, tarımsal emisyonları azaltmada en etkili ve doğrudan araçlar olarak öne çıkmaktadır.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, tarım sektöründen kaynaklanan karbon emisyonları ile makroekonomik göstergeler arasındaki ilişkileri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler özelinde panel veri analiziyle incelemiştir. Bulgular, tarımsal karbon emisyonlarının ekonomik büyüme, tarımsal katma değer ve enerji tüketimi gibi göstergelerle pozitif ve anlamlı ilişkiler sergilediğini ortaya koymuştur. Özellikle enerji tüketiminin emisyonlar üzerindeki en güçlü artırıcı etkiye sahip olması, tarım sektöründe enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye geçişin kritik önemini vurgulamaktadır.

Dışa açıklık ve yeşil büyüme göstergeleri ise emisyonları azaltıcı yönde etkiler göstermiştir. Bu bulgu, ticaretin çevre dostu teknolojilerin yayılmasına katkı sağladığını ve yeşil politikaların tarımsal emisyonların azaltılmasında etkin bir araç olduğunu göstermektedir. Ayrıca nedensellik analizleri, tarımsal emisyonlar ile makroekonomik göstergeler arasında çift yönlü ilişkilerin varlığını ortaya koyarak, emisyonların yalnızca ekonomik dinamiklerden etkilenmediğini, aynı zamanda bu dinamikleri de şekillendirdiğini göstermiştir.

Sonuçlar, tarım sektöründe karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikaların yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik açısından da kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Enerji verimliliğini artıran ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik eden stratejiler, tarımsal emisyonların azaltılmasında doğrudan ve etkili araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, tarımsal üretim verimliliği ve ekonomik büyüme politikalarının çevresel maliyetleri göz ardı edilmemeli; kısa vadede emisyonları artırıcı etkiler yaratabilen mali destek ve üretici koruma programları uzun vadeli sürdürülebilirlik perspektifiyle yeniden tasarlanmalıdır.

Bu bağlamda, çalışmanın literatüre katkısı, tarımsal karbon emisyonlarının yalnızca ekonomik büyüme ile değil, aynı zamanda enerji tüketimi, dışa açıklık ve yeşil büyüme göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesi ve bu ilişkilerin gelişmiş-gelişmekte olan ülke ayrımı üzerinden analiz edilmesidir.

Gelecek arařtırmaların, davranıřsal iktisat perspektiflerini, bölgesel politika farklılıklarını ve iklim dostu tarım uygulamalarını daha ayrıntılı biçimde ele alması, sürdürülebilir tarım ve düşük karbonlu kalkınma stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

#### Kaynakça

- Abd El-Aal, M.F. (2025). The relationship between CO2 emissions and macroeconomics indicators in low and high-income countries: Using artificial intelligence. *Environment, Development and Sustainability*, 27, 29493–29514. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04880-3>
- Alavijeh, N. K., Salehnia, N., Salehnia, N. & Koengkan, M. (2023). The effects of agricultural development on CO2 emissions: Empirical evidence from the most populous developing countries, *Environment, Development and Sustainability*, 25(10), 12011-12031, <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02567-1>
- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., & Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO<sub>2</sub> emissions? *Energy Policy*, 113, 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.050>
- Cole, M. A., Rayner, A. J., & Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: An empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 2(4), 401–416. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000211>
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168. <https://doi.org/10.1257/0895330027157>
- Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650(2), 2483–2489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dumitrescu, E. I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
- Eyuboglu, K. & Uzar, U. (2020). Examining the roles of renewable energy consumption and agriculture on CO<sub>2</sub> emission in lucky-seven countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 45031–45040. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10374-2>
- Ganda, F. (2023). The influence of agricultural policy on carbon emissions in selected OECD countries, *Heliyon*, 9(9), e19881, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19881>
- Gazi Md. A. I., Nahiduzzaman Ms., Shaturaev J., Dhar Bç K. & Halim Md. A. (2022). Dynamic nexus between macroeconomic factors and CO2 emissions: Evidence from oil-producing countries, *Frontiers in Environmental Science*, 10, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1005814>
- Georgescu, I. A., Oprea, S. V. & Bâra, A. (2024). Investigating the relationship between macroeconomic indicators, renewables and pollution across diverse regions in the globalization era, *Applied Energy*, 363, 123077, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123077>
- Haider, A., Bashir, A., & Husnain, M. I. (2020). Impact of agricultural land use and economic growth on nitrous oxide emissions: Evidence from developed and developing countries. *Science of the Total Environment*, 741, 140421, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140421>
- Han, H., Zhong, Z., Guo, Y., Xi, F., & Liu, S. (2018). Coupling and decoupling effects of agricultural carbon emissions in China and their driving factors. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 25280–25293. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2589-7>
- Harbaugh, W. T., Levinson, A., & Wilson, D. M. (2002). Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve. *The Review of Economics and Statistics*, 84(3), 541–551. <https://doi.org/10.1162/003465302320259538>

- Jensen, H., Domínguez, I., Fellmann, T., Lirette, P., Hristov, J., & Philippidis, G. (2019). Economic impacts of a low carbon economy on global agriculture: The bumpy road to Paris. *Sustainability*, 11(8), 2349. <https://doi.org/10.3390/su11082349>
- Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The environmental Kuznets curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO<sub>2</sub> emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392–1402. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1–44. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2)
- Khan, R., Alabsi, A. A. N., & Muda, I. (2023). Comparing the effects of agricultural intensification on CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption in developing and developed countries. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1065634. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1065634>
- Khan, R., Zhuang, W., Najumddin, O., Butt, R. S., Ahmad, I., & Al-Faryan, M. A. S. (2022). The impact of agricultural intensification on carbon dioxide emissions and energy consumption: A comparative study of developing and developed nations. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1036300. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1036300>
- Koondhar, M. A., Aziz, N., Tan, Z., Yang, S., Abbasi, K. R. & Kong, R. (2021). Green growth of cereal food production under the constraints of agricultural carbon emissions: New insights from ARDL and VECM models. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101452. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101452>
- Nguyen C. P, Le T-H, Schinckus C, Su T. D. (2021). Determinants of agricultural emissions: panel data evidence from a global sample. *Environment and Development Economics*. 26(2), 109-130. <https://doi.org/10.1017/S1355770X20000315>
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653–670. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1653>
- Prastiyo, S. E., Irham, Hardyastuti, S., & others. (2020). How agriculture, manufacture, and urbanization induced carbon emission? The case of Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 42092–42103. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10148-w>
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H., & Dong, K. (2019). The greenhouse effect of the agriculture–economic growth–renewable energy nexus: Evidence from G20 countries. *Science of the Total Environment*, 671(25), 722–731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.336>
- Raihan, A., Voumik, L., Mohajan, B., Rahman, M., & Zaman, M. (2023). Economy–energy–environment nexus: The potential of agricultural value-added toward achieving China’s dream of carbon neutrality. *Carbon Research*, 2(43), <https://doi.org/10.1007/s44246-023-00077-x>
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on environmental Kuznets curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 649 (1), 128–145. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276>
- Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, 133, 685–695. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.052>
- Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., KwameYeboah, F., Wood, J., Zhao, Y., & Dou, X. (2022). The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO<sub>2</sub> emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 837(1), 155795. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155795>
- Sobirov, Y., Makhmudov, S., Saibniyazov, M., Tukhtamurodov, A., Saidmamatov, O., & Marty, P. (2024). Investigating the impact of multiple factors on CO<sub>2</sub> emissions: Insights from quantile analysis. *Sustainability*, 16(6), 2243. <https://doi.org/10.3390/su16062243>

- Stern, D. I. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve? *Environment and Development Economics*, 3(2), 173–196. <https://doi:10.1017/S1355770X98000102>
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Trofimov, I. D. (2024). Agriculture-induced environmental Kuznets curve: Evidence from panel data. *SN Business & Economics*. 4(50), <https://doi.org/10.1007/s43546-024-00644-3>
- Tsaurai, K. (2020). Exploring the macroeconomic determinants of carbon emissions in transitional economies: A panel data analysis approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(6), 536-544. <https://doi.org/10.32479/ijeep.9362>
- Vitenu-Sackey, P., & Acheampong, T. (2022). Impact of economic policy uncertainty, energy intensity, technological innovation and R&D on CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from a panel of 18 developed economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 87426–87445. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21729-2>
- Zahra, S., Selvanathan, E. A., Gupta, R. & Jayasinghe, M. S. (2025). Green growth transition and carbon neutrality nexus: A comparative study on the top carbon emitters, *Journal of Environmental Management*, 375, 124228, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124228>
- Zhang, L., Pang, J., Chen, X., & Lu, Z. (2019). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: Evidence from the agricultural sector of China's main grain-producing areas. *Science of the Total Environment*, 665, 1017–1025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.162>
- Zhu, Y., & Huo, C. (2022). The impact of agricultural production efficiency on agricultural carbon emissions in China. *Energies*, 15(12), 4464. <https://doi.org/10.3390/en15124464>



## Lüks Modada Blok Zinciri Teknolojisi Kullanımı: Aura Blok Zincir Konsorsiyumu Örneği

Dr. Evrim Kabukcu

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

### Özet

Günümüzün hızla dijitalleşen dünyası, hayatın her alanında olduğu gibi moda endüstrisinde de oldukça önemli değişikliklere yol açmaktadır. Özellikle, blok zincir teknolojisinin veri güvenliği, şeffaflık ve izlenebilirlik gibi konularda sağladığı önemli çözümler lüks moda markalarının dikkatini çekmektedir. Blok zinciri teknolojisi, ürünlerin tedarik zinciri boyunca izlenebilmesini sağlayarak, tüketicilere ürünlerin orijini ve üretim süreçleri hakkında güvenilir bilgi sunarak şeffaflığı sağlamaktadır. Blok zinciri, her adımda hammaddenin kaynağı, üreticisi, işleme tarihi ve diğer önemli bilgileri kaydederek bir dizi blok oluşturmaktadır. Bu bilgiler, akıllı sözleşmeler veya diğer veri doğrulama mekanizmaları ile bağlantılı olabilmektedir. Böylece, tedarik zinciri boyunca her adımda hammaddenin sürdürülebilirliği ve doğruluğu güvence altına alınabilmektedir. Lüks moda markaları, rekabetçi pazarda orijinalliklerinin korunmasının marka ve ürün değerinin kritik bir bileşeni olduğunu öngörerek geleceği garanti altına almak amacı ile blok zincire yatırım yapmaktadır. Çevrimiçi satışların gün geçtikçe arttığı günümüz koşullarında, taklit ürünlerin kalitesindeki yüksek artış sebebiyle tüketicilerin lüks etiketlere sahip ürünlerin gerçekten orijinal olup olmadığı konusundaki endişelerin gün geçtikçe arttığını gösteren araştırma sonuçları yayınlanmaktadır. Bu bağlamda; blok zincir kopyalanamayan ya da değiştirilemeyen fiziksel bir ürünün sanal bir temsili olan 'dijital ikiz' kullanarak şeffaf ve değişmez bir çevrimiçi defterde otantik ürünleri tanımlayarak bu endişeleri ortadan kaldırmayı önermektedir. Bu çalışma kapsamında; 2021 yılında lüks moda sektörünün küresel liderleri tarafından lüks sektörde dünya çapında blok zinciri çözümlerinin benimsenmesini ilerletmeyi amaçlayan bir iş birliği girişimi olan *Aura Blok Zincir Konsorsiyumu*'nun lüks modaya sağladığı katkılar irdelenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Lüks, Moda, Blok Zinciri Teknolojisi, Konsorsiyum



## The Use of Blockchain Technology in Luxury Fashion: The Case of Aura Blockchain Consortium

Dr. Evrim Kabukcu

Manisa Celal Bayar University, Manisa, Turkey

### Abstract

Today's rapidly digitalizing world is leading to significant changes in the fashion industry, as in every aspect of life. In particular, the significant solutions provided by blockchain technology in areas such as data security, transparency, and traceability are attracting the attention of luxury fashion brands. Blockchain technology ensures transparency by enabling product tracking throughout the supply chain, providing consumers with reliable information about product origin and production processes. Blockchain creates a series of blocks by recording the source, manufacturer, processing date, and other important information at each step of the supply chain. This information can be linked to smart contracts or other data verification mechanisms. Thus, the sustainability and authenticity of raw materials can be ensured at every step along the supply chain. Luxury fashion brands are investing in blockchain to secure the future, recognizing that preserving their authenticity is a critical component of brand and product value in a competitive market. In today's world of increasing online sales, research has been published indicating that consumers are increasingly concerned about the authenticity of luxury-labeled products due to the high quality of counterfeit goods. In this context, blockchain proposes to alleviate these concerns by identifying authentic products in a transparent and immutable online ledger using a "digital twin", a virtual representation of a physical product that cannot be copied or altered. This study examines the contributions of the Aura Blockchain Consortium, a collaborative initiative launched by global leaders in the luxury fashion industry in 2021 to advance the adoption of blockchain solutions worldwide.

**Keywords:** Luxury, Fashion, Blockchain Technology, Consortium

### Giriş

Geleneksel olarak ayrıcalık ve mirasla tanımlanan lüks sektörü (World Luxury Sector, 2025), tüketicilerin sürdürülebilirlik, şeffaflık ve özgünlük talebiyle şekillenen bir dönüşümden geçmektedir. Blok zinciri teknolojisi; izlenebilirlik, sahteciliğe karşı önlemler ve dijital kişiselleştirme sunarak bir çözüm sunmaktadır. Tüketicilerin %72'si daha çevre dostu ürünler satın alırken, %87'si tedarik zincirinde şeffaflık arayışında olduğundan lüks markaların rekabet gücünü koruyabilmek için inovasyonu benimsemesi gerekmektedir. Lüks taklitçiliği, 4,5 trilyon dolarlık sahtecilik ticaretine hakimdir ve satışların %40'ı çevrimiçi olarak gerçekleşmektedir. Blok zinciri; QR kodları, NFC çipleri ve dijital defterler aracılığıyla ürünlere benzersiz ve doğrulanabilir dijital kimlikler yerleştirerek bir çözüm sunmaktadır. Önemli sektör girişimleri olarak;

1. LVMH, Prada ve Richemont tarafından desteklenen markaların ürünleri doğrulamasını ve sürdürülebilirlik iddialarını doğrulamasını sağlayan *Aura Blockchain Konsorsiyumu*;
2. Müşterilerin hammaddenin nihai satın almaya kadar ürün geçmişini takip etmelerini sağlayan *Scantrust ve Dijital Ürün Pasaportları (DPP'ler)*;
3. Fikri mülkiyet koruması için blok zincir kullanan ve tasarımları tasarım aşamasından üretime kadar güvence altına alan *Richemont* verilebilir.

Storm Partners'ın raporuna göre; Modern lüks tüketicileri kişiselleştirilmiş ve kusursuz marka etkileşimleri beklemektedir. %71'i kişiye özel deneyimler talep ederken, %63'ü markaları başarısız oldukları için olumsuz değerlendirmektedir. Blok zinciri, tüketici gizliliğini korurken *hiper kişiselleştirmeyi* kolaylaştırmaktadır. Güvenli dijital profiller, tercihleri ve satın alımları izleyerek markaların özel davetler, kişiye özel öneriler, kişiselleştirilmiş sadakat ödülleri sunmasını sağlamaktadır. Blok zincir destekli doğrudan tüketiciye (D2C) modelleri; şeffaflık ve kusursuz işlemler sağlayarak daha güçlü ilişkiler kurmaktadır.

### 1. Lüks Modada Blok Zinciri Teknolojisi

Bilişim ve iletişim teknolojilerindeki son devrimler arasında en umut verici olanı blok zinciri teknolojisidir (Jain ve arkadaşları, 2021). Blok zinciri teknolojisi, 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından geliştirilmiştir. Blok zinciri, blok adı verilen veri kayıtlarını bir zincir halinde birleştiren bir veri yapısıdır (Cole ve ark., 2019). Blok zincirini şirketlerde uygulamak, organizasyon yapısını yeniden tasarlamak ve nasıl çalışacağına özel olarak karar vermek anlamına gelmektedir. Blok zinciri, kendi başına bir şey olarak görülemez; aktörlerin, bunun kendi başına yapılmadığının, bir ekosistem mantığına dahil edilmesi gerektiğinin farkında olmaları gerekmektedir (Bellini, 2019). Blok zincirinin moda endüstrisinde yeni bir yönetim yaklaşımının şekillenmesinde belirleyici bir öneme sahip olabileceği görülmektedir. Bu nedenle, moda ve lüks markalar, üretim hatlarında teknolojileri önemli ölçüde kullandıktan sonra, imajlarını yeniden yaratmak ve yeni tüketici deneyimleri sunmak için de bu teknolojileri uygulamaya başlamıştır.

Genel olarak; moda endüstrisi, israf ve çevreye verdiği zararlar bilinmektedir. Blok zinciri teknolojisi, temel değeri güveni arttırmak olduğu için moda endüstrisi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir. Merkezi olmayan kayıt defteri, tedarik zinciri boyunca yer alan tüm tedarikçiler arasında tutarlı bir denetim izi oluşturan tek bir birleşik veri kaynağı görevi görmektedir (Cole ve ark., 2019). Bu teknolojinin lüks moda tedarik zincirine entegrasyonu, şeffaf ve sürdürülebilir bir işlem zinciri oluşturma olanağı sağlamaktadır. Blok zinciri teknolojisi, ürünlerin tedarik zinciri boyunca izlenmesini sağlayarak, tüketicilere ürünlerin menşei ve üretim süreçleri hakkında güvenilir bilgi sunarak şeffaflığı sağlamaktadır. Blok zinciri, her adımda hammaddenin kaynağı, üreticisi, işleme tarihi ve diğer önemli bilgileri kaydederek bir dizi blok oluşturmaktadır. Bu bilgiler, akıllı sözleşmeler veya diğer veri doğrulama mekanizmaları ile bağlantılı olabilmektedir. Böylece, tedarik zinciri boyunca her adımda hammaddenin sürdürülebilirliği ve doğruluğu güvence altına alınabilmektedir.

### 2. Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu

Nisan 2021'de Prada Grubu, LVMH Grubu ve Richemont tarafından kurulan Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu, lüks tüketim sektörüne özel ihtiyaçlarına göre uyarlanmış bir blok zinciri altyapısı sağlamak üzere tasarlanmış iş birliği odaklı bir girişim olarak moda endüstrisindeki en önemli örnektir. Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu, müşteri deneyimini iyileştirmek ve lüks için erdemli bir gelecek inşa etmek amacıyla teknolojilere yatırım yapan, kâr amacı gütmeyen bir lüks markalar birliğidir. Blok zinciri çözümlerini ve ilgili teknolojileri tüm lüks markalar için kolay ve erişilebilir hale getirmek için çalışmaktadır. Bu bağlamda; tüm müşteriler ve paydaşlar için şeffaflık ve güven oluşturmaya yardımcı olacak araçlar sunmaya çalışmakta ve lüks ürünlerin satın alma, sahip olma, satma, yeniden satma ve geri dönüştürme deneyimini iyileştirmeye çalışmaktadır.

## Our members

### STEERING MEMBERS

LVMH

OTB

PRADA Group

RICHEMONT

### ASSOCIATE MEMBERS

AMOUAGE

BRABUS

BVLGARI

Cartier

Chopard

CLASE AZUL

CZAPEK

DIOR

GIVENCHY

Hennessy

HERISTORIA

HUBLOT

JIL SANDER

LALIQUE

Loefer

LOUIS VUITTON

Maison Margiela

MARNI

Mercedes-Benz

MIU MIU

PRADA

NOBLE PANACEA

PRADA

Patek Philippe

SAVIO FIRMINO

TODS

ZEGNA

Additional brands will be revealed in due course

Figür 1. Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu Üyeleri

Konsorsiyum, tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin orijinliliğini, menşeyini ve sürdürülebilirliğini doğrulamalarını sağlayan Dijital Ürün Pasaportları (DPP'ler) oluşturmak için araçlar sunmaktadır. Aura'nın blok zinciri her ürünün yaşam döngüsünün değiştirilemez bir şekilde kaydedilmesini sağlayarak marka güvenilirliğini ve itibarını arttırmaktadır. Aura, tescilli verileri korurken altyapıyı paylaşarak, etik uygulamaları teşvik ederken sektör genelinde inovasyonu da desteklemektedir.

Aura, blok zincir üzerinde çalışan ve erişmek isteyen tüm lüks markalara küresel olarak açık olan özel bir platformdur. Blok kullanımının temel amacı, müşterilerin satın almak istediği ürünlerin daha fazla şeffaflığını ve izlenebilirliğini sağlamaktır. Ayrıntılı olarak, Aura; ConsenSys ve Microsoft teknolojisi

tarafından korunan çok düğümlü özel bir blok zincirden yararlanmaktadır. Aura, tüm bilgileri güvenli ve değiştirilemez bir şekilde kaydetmekte; ayrıca, tüketiciye belirli bir ürünün satın alımını onaylayan bir sertifika oluşturulmasını da sağlamaktadır. Bu nedenle Aura, blok zinciri teknolojisinden yararlanarak son tüketiciye;

1. Ürünlerin orijinallliği
2. Sorumlu bir hammadde tedarik sisteminin oluşturulması
3. Ürünlerin sürdürülebilirliği hakkında bilgi ve güvence vermektedir.

Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu, markalara hem kamusal hem de özel blok zinciri çözümlerini keşfetme fırsatı sunarak, markaların müşterileriyle güven oluşturabilecekleri ve onları yeni deneyimlere dahil edebilecekleri bir alan yaratmaktadır. Bunun yanı sıra; dijital ürün pasaportları (DPP) ve dijital koleksiyonlar aracılığıyla lüksü yeniden yorumlayan bir yolculukla blok zinciri yolculuğu sunmaktadır.



**Figür 2.** Prada'nın Timecapsule Koleksiyonu için dijital ikizler biçiminde NFT'leri yayınlama ve dağıtma yetenekleri

Aura DPP, markalara AB düzenlemeleri ve yerel direktifler arasında gezinmeleri için kapsamlı bir çerçeve sunmakta ve yaklaşımlarını kendi benzersiz isteklerine ve hikaye anlatımlarına göre uyarlama esnekliği sağlamaktadır. Önemli bir değer katma amacıyla olarak önerilen çözüm, lüks sektörü için standartları belirlemekte ve özel veya genel blok zinciri seçenekleriyle benzersiz Web3 yardımcı programlarını ve işlevlerini ortaya çıkarmaktadır.



**Figür 3.** Givenchy'nin BSTROY x Givenchy Koleksiyonu için dijital ikizler biçiminde NFT'leri yayınlama ve dağıtma yetenekleri

Dijital koleksiyon ürünleri, sadakat programlarında yenilikçi bir evrimi temsil etmekte ve müşterilerle etkileşim kurmak için yeni bir yol sunmaktadır. Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu'nun dijital koleksiyon çözümü sayesinde markalar, istedikleri token'ı istedikleri zaman basabilmekte, teslim edebilmekte, hediye edebilmekte ve satabilmektedir.

Konsorsiyum; Aura SaaS ve Aura Özel Blok Zinciri ile entegre, kullanıcı dostu bir izlenebilirlik platformu sunmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi, müşteri hizmetleri, üretim, sürdürülebilirlik girişimleri ve lojistik dahil olmak üzere günlük iş operasyonlarına blok zinciri teknolojisini sorunsuz bir şekilde entegre etmenin yolunu arayan markalar için tasarlanmıştır.

Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu'nun misyonu, lüks ürün yaşam döngüsünün tamamını takip ederken verileri güvence altına almak ve korumak, hammadde izlenebilirliğini, tedarik zinciri şeffaflığını, doğrudan tüketiciyle etkileşimi ve onarım hizmetleri gibi gelişmiş hizmetleri mümkün kılmaktır. Anahtar teslim çözümler, üye markalara fiziksel ve dijital unsurları sorunsuz bir şekilde entegre eden dijital sertifikalar verme olanağı sunmaktadır. Fiziksel ve dijital unsurların bu kusursuz birleşimi; ürün, dijital temsili ve uzun ömürlülüğü arasında kopmaz bir bağ sağlamaktadır.

Blok zinciri tabanlı SaaS çözümü, üye markaların katılımını kolaylaştırarak müşteri odaklı bir yaklaşım ve dijital inovasyon sağlamaktadır. Aura SaaS, tedarik zincirinde kesintisiz yukarı ve aşağı akış izlenebilirliği ile doğrudan tüketici deneyimleri sunmaktadır.

Özel blok zinciri SaaS çözümü, ürün yolculuğunun her adımını titizlikle takip etmeyi sağlayan bir araçtır. Yetki Kanıtı (*Proof of Authority*) konsensüs mekanizmasıyla, ağ düğümleri üye markalar arasındaki işlemleri

doğrularak güven ve bütünlüğünü garanti etmektedir. Bu özel blok zinciri katmanı, verileri korumak için bir kale görevi görmektedir. Özel blok zinciri, konsorsiyumdaki yetkili katılımcılar için özel olarak tasarlanmış dağıtık bir kayıt sistemidir. Ethereum'dan türetilmiştir ve ürünleri titizlikle takip etmek, orijinalliklerini ve kökenlerini korumak için Ethereum kod tabanı standardından yararlanmaktadır. Ürün yaşam döngüsü, akıllı sözleşmeler aracılığıyla sorunsuz bir şekilde yönetilmektedir. Bu da orijinallik, şeffaflık ve sahtecilik gibi zorluklarla mücadele için sağlam bir çerçeve sağlamaktadır.

Sezgisel kontrol paneli ve kapsamlı API, mevcut iş akışlarına sorunsuz entegrasyonu kolaylaştırmaktadır. Akıllı Sözleşme Oluşturucusu, ürün yaşam döngüsünü endüstriyel hale getirerek markaların orijinallığı ve şeffaflığı onaylamasını sağlamaktadır. Ürün sayfası, ürünün benzersiz karması ve menşe belirtecini tam izlenebilirliği de dahil olmak üzere son kullanıcılara ayrıntılı bilgiler sağlayan özelleştirilebilir bir deneyim sunmaktadır. Teknoloji sağlayıcıları ve sağlayıcılarıyla kurulan stratejik ortaklıklar sayesinde, UHF, RFID ve NFC gibi en son teknolojiler aracılığıyla izlenebilirliğe anında erişim ve sorunsuz entegrasyon sağlamaktadır. Bu standardizasyon, operasyonları kolaylaştırmakla kalmamakta; aynı zamanda iş ortağı markaların büyümelerini ve başarılarını hızlandırmalarını da sağlamaktadır. Özel blok zinciri çözümüne ek olarak, yenilikçi *çoklu madencilik* çözümü aracılığıyla halka açık blok zinciri alanını keşfetmek isteyen üye markalara da destek sağlamaktadır.

Aura Çoklu Token Minter (MTM), markaların halka açık blok zincirinde, herhangi bir cüzdana ve herhangi bir yardımcı programla herhangi bir token basmasını sağlamaktadır. MTM, Web2 ve Web3 arasında köprü kurarak markaların herhangi bir EVM uyumlu blok zincirinde *NFT'ler*, *SBT'ler* ve *özel akıllı sözleşmeler* oluşturmalarına olanak tanımaktadır.

## Sonuç ve Öneri

Blok zinciri, tüketicilerin menşei konusunda daha fazla bilinçlendiği ve giysilerinin nereden geldiği ve kimin ürettiği konusunda daha fazla talepte bulunduğu bir dönemde, tedarik zincirinde uçtan uca şeffaflık sağlamak için popüler bir çözüm haline geldi. Moda endüstrisi, tüketicilerinin değerleri ve talepleriyle uyum sağlamak için sürekli olarak gelişmektedir. Blok zinciri teknolojisi, tüketicilere ürünlerini nereden geldiğini ve kimin ürettiğini göstermek için şeffaf bileşenleri aracılığıyla moda endüstrisini dönüştürme yeteneğine sahiptir. Bu teknolojinin entegrasyonu, markaların verimliliği ve şeffaflığı artırmaya yardımcı olabilmekte ve bu da tüketicilere markalarına sadık kalmaları için başka bir neden daha verebilmektedir.

Bu çalışmadan sonra gerçekleştirilecek araştırmalarda; Konsorsiyum'un üyeleri kategorize edilerek ilgi markaların uygulamaları daha detaylı olarak ele alınabilir.

#### Kaynakça

Aura Blok Zinciri Konsorsiyumu. A Revolution

in the Luxury Industry. <https://auraconsortium.com/solutions> (Erişim Tarihi: 02.12.2025).

Bellini, M. (2019). *La blockchain per le imprese*. Tecniche Nuove Spa.

Cole, R., Stevenson, M., & Aitken, J. (2019). Blockchain technology: implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(4), pp.469-483

Jain, D., Dash, M. K., Kumar, A., & Luthra, S. (2021). How is blockchain used in marketing: A review and research agenda. *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(2), 100044. 1–12

Storm Partners Report. Heritage in code Blockchain's Role in Shaping Luxury's Future.

[https://www.linkedin.com/posts/stormpartners\\_storm-partners-lightningbox-luxury-report-activity-7302700328439746560](https://www.linkedin.com/posts/stormpartners_storm-partners-lightningbox-luxury-report-activity-7302700328439746560)

[NXxG?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_desktop&rcm=ACoAABjg9OQBuc4cBuXaivfUgvYkMA Cc0-pghEE](https://www.linkedin.com/posts/stormpartners_storm-partners-lightningbox-luxury-report-activity-7302700328439746560) (Erişim Tarihi: 03.12.2025).

World Luxury Chamber. (2025). Luxury's Digital Future: Why Blockchain is the Key to Innovation-Insights From the STORM Partners Report. <https://worldluxurychamber.com/luxurys-digital-future-why-blockchain-is-the-key-to-innovation-insights-from-the-storm-partners-report/> (Erişim Tarihi: 03.12.2025).



## Lüks Markaların Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakkına Tehdit: İleri Dönüşüm

Dr. Evrim Kabukcu

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

### Özet

Günümüzde moda endüstrisi temelli yaşanan çevre ile ilgili sorunlar ve iklim krizlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre bilinci ivmelenmesi, moda işletmelerinin faaliyetlerini çevre bilinci endeksli olarak yürütmeye itmiş ve moda sektörü için *sürdürülebilirlik hedeflerine* ulaşabilmek önemli bir mesele haline gelmiştir. Özellikle moda endüstrisinin hemen her katmanında yaygınlaşmakta olan ileri dönüşüm (*upcycling*) kavramı; kullanılmış ya da atıl moda ürünlerinin aslından farklı olarak yeni bir değer ifade eden farklılaştırılmış bir ürüne dönüştürülmesi yoluyla yeniden kullanılması yoluyla bir artık değerlendirme tekniğidir. Moda tüketicileri, ileri dönüşüm tekniği ile geliştirilen ürünleri edinerek genellikle yüksek fiyatlı moda markalı ürünlere sahip olma olanağı yanı sıra çevre konusunda bilinçli ve sorumlu bir tavır sergilemiş olmaktadır. Buna karşılık; moda sektöründe artış gösteren ileri dönüşüm uygulamaları, çevre sorumluluğu ve iklim şuurunun da sektörel olarak artışını sağlayan bir olgu olarak görünse de diğer yandan; ileri dönüşüm uygulamaları fikri ve sınai mülkiyet hakkı ihlallerine neden olmakta ve marka hakkına tecavüz tartışmalarına sebebiyet verebilmektedir. Bu çalışmanın amacı; küresel çaptaki yargı makamları tarafından lüks moda endüstrisinde sıklıkla görülmekte olan ileri dönüşüm uygulamalarının fikri ve sınai mülkiyet hukukuna uygunluğu ve marka hakkına tecavüz oluşturmaları açısından verilen kararları incelemek ve böylece somut uyuşmazlık örneklerini incelemektir. Bu bağlamda; henüz Türkiye’de ileri dönüşüm sebebiyle olası marka ihlalleri için doğrudan ve detaylı verilmiş kararlar bulunmadığı için yabancı mahkeme kararları irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lüks, Moda, Marka, İleri Dönüşüm, Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakkı

## A Threat to the Intellectual and Industrial Property Rights of Luxury Brands: Upcycling

Dr. Evrim Kabukcu

Manisa Celal Bayar University, Manisa, Turkey

### Abstract

Today, the acceleration of environmental awareness that emerged as a result of the environmental problems and climate crises experienced in the fashion industry has pushed fashion businesses to conduct their activities with environmental awareness in mind, and achieving sustainability goals has become a crucial issue for the fashion industry. The concept of upcycling, which is particularly widespread in almost every segment of the fashion industry, is a waste recycling technique that reuses used or discarded fashion products by transforming them into a differentiated product that expresses a new value, different from its original form. By acquiring products developed with upcycling techniques, fashion consumers not only have the opportunity to own high-priced fashion branded products, but also demonstrate a conscious and responsible attitude towards the environment. On the other hand, while the increasing upcycling practices in the fashion sector seem to contribute to a sectoral increase in environmental responsibility and climate awareness, they also cause violations of intellectual and industrial property rights and can lead to disputes regarding trademark infringement. The aim of this study is to examine decisions made by global judicial authorities regarding the compliance of upcycling practices, frequently seen in the luxury fashion industry, with intellectual and industrial property law and their potential trademark infringement, thereby examining concrete examples of disputes. In this context, since direct and detailed decisions on potential trademark infringement due to upcycling are not yet available in Turkey, foreign court decisions were examined.

**Keywords:** Luxury, Fashion, Brand, Upcycling, Intellectual and Industrial Property Rights

### Giriş

Giyim ve tekstil sektörü, dünyanın en kirletici endüstrilerinden biridir. Üretilen ve tüketilen moda ürünlerinin sayısı yirmi birinci yüzyılda önemli ölçüde artmıştır. Moda ürünlerinin aşırı üretimi ve aşırı tüketimi nedeniyle, bu endüstrinin yıllık küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %10'undan sorumlu olduğu tahmin edilmektedir (Ellen MacArthur Vakfı, 2017; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği, 2018). Moda sektöründe sürdürülebilirlik dönüşümlerini sağlamak için yasal işlemlere ihtiyaç duyulduğu yadsınamaz.

İleri dönüşüm, ikinci el ürünleri malzemelerini bozmadan yeni ürünlere dönüştürme süreci olarak tanımlanabilir. İleri dönüşüm, yalnızca atıkları değil, aynı zamanda yeni hammadde ihtiyacını da azalttığı için önemli çevresel faydalar sağlayabilmektedir. İleri dönüşüm süreci, atık veya çöp olarak sınıflandırılacak ürünlere yeni ve çoğu durumda daha yüksek bir değer katmaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri olarak işaret edilen moda endüstrisi, üretimi durdurulan giysilerin düğmelerini küpelere, eski çantaları ise ayakkabılara dönüştürerek bir değerlendirme yolu olarak ileri dönüşümü benimsemiştir.

Son yıllarda, tüketicilerin çevreye olan ilgisinin artmasıyla sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi üzerindeki olumlu etkisi sayesinde ileri dönüşüm popülerlik kazanmıştır. Bunun sonucunda, bireyler, zanaatkarlar ve küçük şirketler, bu uygulamayı faaliyetlerinin merkezi bir parçası ve atıkları azaltmanın bir yolu olarak coşkuyla benimsemişlerdir. Büyük şirketler ise çevresel etkilerini azaltmak için ürünlerini ileri dönüştürmeye başlamıştır. Ancak zaman içinde ileri dönüşüm uygulamalarının yaygınlaşması, bağımsız ileri dönüşümcülere karşı, ürünlerinin fikri mülkiyet (FM) haklarını ihlal ettiği iddiasıyla çeşitli yasal davaların açılmasına yol açmıştır.

### 1. Moda Endüstrisinde Sürdürülebilirlik ve İleri Dönüşüm

Moda endüstrisi dünya çapında istihdam sağlayan, son derece rekabetçi bir pazarda faaliyet gösteren önemli bir ekonomik gücü temsil eden ve dünyanın *en kirletici* endüstrilerinden biridir. Küresel moda endüstrisi gibi önemli miktarda *karbon emisyonu* ve *mikro plastik* üretmektedir. Modadaki çevresel sorunlar gibi *sürdürülebilir tasarım yöntemleri* üzerine yapılan çalışmalar giderek daha fazla sorunlu hale gelmektedir. Yu ve Chun (2020)'un çalışmalarında, sürdürülebilir moda pazarında rekabet edebilmek için stratejik ileri dönüşümlü moda tasarımları önermek üzere 100 ileri dönüşümlü moda markası üzerinde bir vaka çalışması yürütmüştür. Literatür taraması, ileri dönüşümlü malzemeler olarak *3 tip tekstil atığının* üretildiğini göstermiştir: üretim sonrası, tüketim öncesi ve tüketim sonrası. Atıklar 3 tip teknikle birlikte kategorize edilmiştir: *yeniden tasarım, yeniden yapılandırma ve el işçiliği*. Bu araştırma, lüks ileri dönüşümlü moda ürünleri yapmak, sürdürülebilir grunge görünüm oluşturmak, ölü stokları yeniden değerlendirmek, eski kıyafetleri geri kazanmak, atıkları el sanatlarına dönüştürmek, hasarlı ürünler için çözümler sunmak ve sıfır atık küçük kumaş atığı yapmak gibi özelliklere sahip 7 tip ileri dönüşümlü moda tasarımı türetmiştir: Çalışma sonuçları, ileri dönüşümlü moda tasarımındaki temel itici güçlerin *malzemelerin yeniden tasarlanabilirliği ve teknikle ilgili maliyetler* olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, uygun tasarım özelliklerini benimsemenin tasarımcılar için faydalı bir strateji olabileceğini göstermektedir. Yeni teknolojiler, mevcut sorunları çözebilecek ve tasarımcıları yeni bir döngüsel değer sistemiyle ürün tasarlamaya teşvik edecektir.

Uygunsuz aşırı tüketim farkındalığının artması ve tüketicilerin düşük çevresel etkiye sahip ürünlere olan ilgisinin artmasıyla birlikte, *vintage* ve *"Kendin Yap"* trendleri yaygınlaşmıştır. Bu iki kavram bir araya geldiğinde, mevcut ürünleri başka bir ürüne dönüştürerek onlara yeni bir hayat vermeyi içeren *"ileri dönüşüm"* adı verilen yeni bir moda fenomeni ortaya çıkmıştır. Lüks ürünlerin ileri dönüşümü, lüksü herkesin cebine ulaştırdığı için cazip hale gelmiş; ve böylece çok sayıda ileri dönüşüm tasarımcısı bu trendi benimseyerek *Dior, Hermès, Chanel, Louis Vuitton veya Yves Saint-Laurent'in vintage lüks ürünlerinden yaptıkları tasarımları* sosyal medyada yayınlamıştır.

### 2. Fikri Mülkiyet Hukuku ve Moda

Fikri mülkiyet hukukunu geliştirme ve yorumlama biçimimiz, moda sektörünün sürdürülebilirliğe geçişinde, *koruma düzeyi ve kapsamıyla* ilgili iki nedenden dolayı önemli bir rol oynamaktadır: İlk olarak, birçok yargı bölgesindeki fikri mülkiyet yasaları, moda tasarımlarını yeterince korumamış ve bu da onları *sürdürülemez hızlı moda taklitlerine karşı savunmasız* hale getirmiştir (Härkönen, 2021). Bu durum, özellikle Amerika Birleşik Devletleri gibi faydacı makalelere genellikle telif hakkı (veya tasarım) koruması sağlamayan yargı bölgelerinde geçerlidir (Buccafusco & Fromer, 2017). İkinci olarak, *kumaş baskıları ve logolar* gibi daha kolay korunan moda ürünlerinin parçaları, hak sahiplerinin ürünlerinin döngüsel ve sürdürülebilir yeniden kullanımına (örneğin ileri dönüşüm) itiraz edebilmeleri anlamında *aşırı korunuyor* gibi görünmektedir (Mezei & Härkönen, 2023). Fikri mülkiyet hukukunun modanın sürdürülebilir gelişimi üzerindeki etkisi *iki*

*ucu keskin bir kılıçtır:* Bu bağlamda; modanın ne yetersiz; ne de aşırı korunması sorunları çözememektedir (Iprinfo Verkkolehti, 2025).

Fikri mülkiyet hakları, moda sektörünü *döngüselliğe ve sürdürülebilirliğe* yönlendirme konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Örneğin, moda şirketleri sürdürülebilir yenilikleri korumak ve çevre dostu tekstiller için patent almak için fikri mülkiyet haklarını kullanabilirler. Diğer yandan ticari markalar, sürdürülebilir uygulamaları işaret etmek için kullanılabilir (Calboli & Corrado, 2025). Härkönen (2021), Telif hakkı ve tasarım koruması konusunda moda tasarımlarına ilişkin bu münhasır hakların, hızlı moda olgusunu caydırarak sektörde sürdürülebilir kalkınmayı teşvik edebileceğini savunmaktadır. Moda sektörü, yenilikçi moda şirketlerinin yaratıcılığına ve başarılı markalaşmasına dayanmaktadır. Ancak hızlı modada yaratıcılık çok azdır veya hiç yoktur. Özgün tasarımlar yerine; hızlı moda giysileri çoğunlukla düşük kaliteli taklitler ve orijinal moda tasarımlarının taklitleri veya herhangi bir fikri mülkiyet korumasına tabi olmayan sıradan giysilerdir (Härkönen, 2018). Bu nedenle, hızlı moda ürünleri genellikle fikri mülkiyet korumasının korumayı amaçladığı niteliklerden yoksundur. Bu bağlamda hızlı moda ve "lüks- gerçek moda", fikri mülkiyet tartışmalarında karıştırılmamalıdır. Hızlı moda; hız, tek kullanımlık ve taklitle ilgilidir; oysa yaratıcılık ve kültürel önem gerçek modanın merkezinde yer alır ve telif hakkının amacı da budur.

Moda endüstrisinin kendini yeniden keşfetme eğiliminde olduğu bir dönemde, hak sahibinin sınai mülkiyet hakları ile tasarımcıların ticaret ve sanayi özgürlüğü arasında her iki tarafın çıkarlarını dengelemek gerekmektedir. Hak sahipleri için ileri dönüşüm, marka itibarının ihlali anlamına gelmektedir. Fransız Fikri Mülkiyet Kanunu'nun L.713-3. Maddesi, tanınmış bir markaya, özellikle halk tarafından iyi bilinen markalara fayda sağlayan özel bir koruma sağlamaktadır. Bu madde, tanınmış markayla aynı veya benzer bir işaretin, tanınmış markanın tescilli olduğu mal veya hizmetlerle aynı, benzer veya farklı mal veya hizmetler için kullanılmasını yasaklamaktadır. İleri dönüşüm durumunda, işaret aynıdır; çünkü ileri dönüşümün temel amacı, lüks markayı tasarımlar bağlamında kullanmaktır.

Davacıların fiili ihlali, markanın aldığı hasarları ispatlamaları gerekmektedir. Bu bağlamda lüks markalara verilen hasarlar (Thiérrache, 2023):

1. *Seyreltme hasarı*, markanın tescilli olduğu ürünleri tanımlama yeteneğinin zayıflaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Hak sahibi davacıların bunu kanıtlayabilmesi pek olası değildir. Çünkü zarar, markanın farklı ürünler için kullanılmasından kaynaklanır; ancak lüks ileri dönüşüm davalarının çoğunda durum böyle değildir; çünkü markalar, sıklıkla eklenen -aynı olmasa da en azından benzer- ürünler için kullanılmaktadır.
2. *Kararma hasarı*, olarak adlandırılan durum, aynı markanın kullanıldığı ürünlerin "hedef kitle tarafından markanın çekiciliğini azaltacak şekilde algılanması" durumunda ortaya çıkmaktadır. Lüks detayları takı veya hazır giyim üretmek için kullanan ileri dönüşümcüler söz konusu olduğunda hak sahipleri, markalarının karalandığını kanıtlamak için ileri dönüştürülmüş ürünlerin kalitesizliğine güvenmektedir.
3. Parazitlik önyargısı, üçüncü tarafın markanın kullanımından elde ettiği faydayla ilgilidir. Lüks ileri dönüşüm sektöründe, ileri dönüşümcüler, uygun bir fiyata erişilebilen markaların itibarının güçlü cazibesinden müşteriler etkilendiği için, saygın markaların kullanımından avantaj elde etmektedir. Bu tür ihlallerden birinin, hak sahibi talep sahipleri tarafından kanıtlanması halinde, lüks ileri dönüşüm bir ihlal eylemi teşkil etmektedir.

### 3. Lüks Markaların İleri Dönüşümle İlgili Açmış Olduğu Davalar ve Kararlar

İleri dönüşüm konusu, 2020 yılında, Danimarka Denizcilik ve Ticaret Yüksek Mahkemesi'nde *Rich-Ycled Scandinavia IVS (Rich-Ycled)* ve *Louis Vuitton Malletier SAS (Louis Vuitton)* şirketleri arasında görülen bir davada (6 Ocak 2020 tarihli BS-43965/2018-SHR) ortaya çıkmıştır (Kromann Reumert) *Rich-Ycled*, moda endüstrisinden gelen malzemelerin ayakkabı üretmek için ileri dönüştürülmesinde uzmanlaşmış bir şirkettir. Rich-Ycled için ileri dönüşüm, malzemeyi atmak yerine ona *yeni bir hayat vermeyi* amaçlamaktadır. İleri dönüştürülmüş bir ürün yapmak için öncelikle malzemenin söz konusu markanın orijinal ürünü olduğuna dair belgeler olduğundan emin olarak markalı malzemeleri toplamaktadır. Ardından orijinal ürünün malzeme ve tasarım unsurları göz önünde bulundurularak yeni ürün planlanmaktadır. Bu süreçte, mümkün olduğunca çok malzemeyi koruyarak ürün dikkatlice parçalara ayrılmaktadır. Kurtarılmış malzemeleri kullanarak benzersiz tasarım unsurları içeren yeni bir ürün tasarlanmakta ve yüksek kaliteyle üretilmektedir. Bu kapsamda; Rich-Ycled, Louis Vuitton kanvaslarından yapılmış ayakkabılar ve diğer şeylerin yanı sıra *"Ben değilim"* ibaresiyle Louis Vuitton'un ticari markasını taşıyan tişörtler pazarlamış ve satmıştır. Dava sırasında Rich-Ycled, ayakkabıları üretmek için *eski Louis Vuitton ürünlerinden elde edilen kanvasları kullandıklarını* ileri sürmüştür. Ancak, tartışmalı ayakkabılar incelendiğinde, Rich-Ycled tarafından kullanılan Louis Vuitton ürünlerinin *orijinal olmadığı* ortaya çıkmıştır. Ürünler orijinal olmadığı için Denizcilik ve Ticaret Yüksek Mahkemesi, Rich-Ycled'in orijinal Louis Vuitton ürünlerini ileri dönüştürme hakkına sahip olup olmadığı da dahil olmak üzere ileri dönüşüm konusu hakkında herhangi bir karar vermemiştir. Bunun karşılığında; RYC & Rich-Ycled tarafından Louis Vuitton'a Karşı Açılan Davada Louis Vuitton marka malzemelerinin kullanıldığı ayakkabıları üretme, pazarlama ve satma hakkı olduğunu iddia etmiştir.



Figür 1. Rich-Ycled, Ocak 2020

Rich-Ycled ve Louis Vuitton arasındaki davada, Denizcilik ve Ticaret Yüksek Mahkemesi, Rich-Ycled'in Louis Vuitton'un ticari markasına *"Ben değilim"* ifadesinin iliştilmiş olmasına rağmen, Louis Vuitton'un ticari markasını tişörtlerde kullanma hakkına sahip olmadığına karar vermiştir. Bu dava ileri dönüşümle ilgili olmasa da ileri dönüştürülmüş ürünlerin pazarlanmasında aynı tür ifadelerin kullanılacağı durumlar düşünülebilir. *"Meşru gerekçe"* şartı küresel olarak değerlendirilmesi gerektiğinden, bu örnekteki *"Ben değilim"* ifadesinin değerlendirmede tek başına kullanılması mümkün değildir. Bu durumda sektörün dağıtım uygulamaları ve tüketicilerin bu uygulamalara ilişkin bilgisi gibi faktörler de değerlendirmede önemli olacaktır.

ABD'de ileri dönüşümle ilgili açılan ilk ilgili davalardan biri, Louis Vuitton (LV) ve Sandra Ling Designs, Inc. (SLD) arasında 2021 yılında açılan davadır (Justia U.S. Law, 2021). Bu davada LV, orijinal kullanılmış LV ürünlerinden yapılmış *giyim eşyaları, çantalar ve aksesuarların* yetkisiz üretimi ve satışı nedeniyle ticari marka ihlali ve seyreltme iddiasında bulunmuştur. Anlaşmazlık, SLD'nin eski LV çantalarına ve küpeler, bilezikler ve anahtarlıklar gibi eski LV ürünlerinden elde edilen kumaşlarla yapılmış aksesuarlara püskül ve taşlar ekleyerek yaptığı ileri dönüştürülmüş çantalara odaklanmıştır. LV şikayetinde, bu ürünlerin yalnızca belirgin ve yasa dışı bir şekilde LV markalarını taşımakla kalmayıp aynı zamanda temelden değiştirildiğini ve artık LV'nin kalite standartlarını karşılamadığını, bunun hem tüketicilerde kafa karışıklığına yol açabileceğini hem de LV'nin itibarını olumsuz etkileyebileceğini savunmuştur. SLD ise ileri dönüştürülmüş ürünlerin her birinde LV ile bağlantılı olmadığını belirten bir ifade yer aldığı için müşterilerin kafasının karışmasının pek olası olmadığını savunarak iddialara yanıt vermiştir. Sonuç olarak, taraflar gizli bir uzlaşmaya varmıştır, ancak SLD aleyhine 603.000 dolar tazminat ve kalıcı bir ihtiyati tedbir kararı çıkarılmış ve şirket ayrıca Louis Vuitton'a karşı tüm karşı davaları düşürmeyi kabul etmiştir.



**Figür 2.**Sandra Ling Designs

Aynı yıl Chanel, eski Chanel kıyafetlerinden yeniden kullanılmış orijinal Chanel düğmeleri de dahil olmak üzere lüks markaların parçalarından ileri dönüştürülmüş takılarıyla tanınan küçük bir şirket olan Shiver + Duke'a karşı da benzer bir dava açmıştır (JustiaU.S.Law, 2021). LV'nin SLD'ye karşı açtığı davaya benzer şekilde, Chanel ileri dönüştürülmüş ürünlerin müşterilerin orijinal Chanel takılarıyla karıştırılma olasılığını artırabileceğini iddia etmiştir. Chanel ayrıca, Shiver + Duke'un düğme kullanımının orijinal Chanel ürünlerinin kullanımından önemli ölçüde farklı olduğunu ve dolayısıyla şirketin ilk satış savunmasına güvenemeyeceğini iddia etmiştir. Taraflar burada da 2022'de gizli bir anlaşmaya varmıştır. Dahası, Shiver + Duke web sitesi artık ileri dönüştürülmüş mücevherleri sergilemiyor ve açılış sayfasında "Yeniden Kullanılmış/ileri Dönüştürülmüş Koleksiyon" ile ilgili büyük bir "Bağlılık Yok" uyarısı yer almaktadır. Bu uyarıda, Shiver + Duke hiçbir şekilde Chanel, Dior, Louis Vuitton veya Gucci ile bağlantılı olmadığını vurgulamaktadır.

### Sonuç ve Öneri



İleri dönüşüm, özellikle lüks markalar olmak üzere marka sahipleri için zorluklar yaratmaktadır. Ancak moda endüstrisi kapsamında ele alınan dava örneklerinden yola çıkarak şu sorular gündeme gelmektedir: marka hukuku ve genel olarak fikri mülkiyet hukuku, döngüsel ekonomiyi ve sürdürülebilirliği desteklemek için ileri dönüşümü teşvik etmek yerine, ihlal olarak yasaklamalı mı yoksa ileri dönüştürülmüş ürünlerde kullanılan unsurlara bağlı fikri mülkiyet haklarının tükendiği gerekçesiyle izin mi verilmelidir?

Bu çalışmadan sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda farklı moda markalarının ileri dönüşüm konulu dava örnekleri ele alınabilir ya da örnekler arasında kıyaslamalar gerçekleştirilebilir.

#### Kaynakça

- Avrupa Birliği (2022). EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles [https://environment.ec.europa.eu/publications/textiles-strategy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/textiles-strategy_en) (Erişim Tarihi:2.12.2025)
- Ballardini, R. & Pihlajarinne, T. (2020). Paving the way for the Environment – Channeling ‘Strong’ Sustainability into the European IP System. 42(4) E.I.P.R. 239-250.
- Beldiman, D., Teilmann-Lock, S. & Tischner, A. (2024). Designing for the European Green Deal – A supplementary protection regime for circular designs in the EU in D. Beldiman (ed) *Design Law. Global Law & Practice*. Edward Elgar.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği (2018). United Nations Helps Fashion Industry to Shift to Low Carbon, <https://unfccc.int/news/un-helps-fashion-industry-shift-to-low-carbon> (Erişim Tarihi:2.12.2025)
- Buccafusco, C. & Fromer, J. C. (2017). Fashion’s Function in Intellectual Property Law, 93 Notre Dame L. Rev. 51.
- Calboli, I. & Corrado, M. (2025). Intellectual Property, Sustainability and the Circular Economy – Friends of Foes in the Fashion Industry? in Eleonora Rosati and Irene Calboli (eds) *The Handbook of Fashion Law*. Oxford University Press.
- Derclaye, E. (2022). The status of three-dimensional functional works post-Cofemel. An empirical analysis of the Member States’ case law which had an artistic merit requirement.
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). A New Textiles Economy. Redesigning Fashion’s Future.
- Härkönen, H. (2021). Fashion and Copyright: Protection as a Tool to Foster Sustainable Development. Doctoral thesis, University of Lapland Faculty of Law.
- Härkönen, H. (2018). Muoti tekijänoikeudellisena teoksena: näkökulmia käyttötaiteen teoskynnykseen ja kopiointiin Suomessa. 99(6) Defensor Legis (6/2018) 908–922.
- Härkönen, H. (2025). A Narrative Approach to the Standard of Originality in EU Copyright Law: The Story of a Dress. 56 IIC, 289 – 319.
- Iprinfo Verkkolehti. (2025). Fashion, Sustainability and Intellectual Property – Protection as a Double-Edged Sword. <https://iprinfo.fi/artikkeli/fashion-sustainability-and-intellectual-property-protection-as-a-double-edged-sword/> (Erişim Tarihi:1.12.2025)
- Izyumenko, E. (2024). Intellectual Property in the Age of the Environmental Crisis: How Trademarks and Copyright Challenge the Human Right to a Healthy Environment. 55 IIC 864–900.



Justia U.S. Law. (2021). Louis Vuitton Malletier S.A.S. v. Sandra Ling Designs, Inc. et al, No. 4:2021cv00352 - Document 34 (S.D. Tex. 2021). <https://law.justia.com/cases/federal/district-courts/texas/txsdce/4:2021cv00352/1813439/34/> (Eriřim Tarihi:2.12.2025)

Justia U.S. Law. (2021). Chanel, Inc. v. Shiver and Duke LLC et al, No. 1:2021cv01277 - Document 34(S.D.N.Y.2022)<https://law.justia.com/cases/federal/district-courts/new-york/nysdce/1:2021cv01277/554187/34/>(Eriřim Tarihi:3.12.2025)

Kromann Reumert. <https://kromannreumert.com/en/knowledge/articles/upcycling-from-a-trademark-and-marketing-law-perspective> (Eriřim Tarihi:2.12.2025)

Mezei, P. & Härkönen, H. (2023). Monopolising trash: a critical analysis of upcycling under Finnish and EU copyright law. 18 JIPLP 5, 360–366.

Mezei, P. (2024). Online platforms and upcycling – are platforms entitled to take down upcycled products? <https://iprinfo.fi/artikkeli/online-platforms-and-upcycling-are-platforms-entitled-to-take-down-upcycled-products>(Eriřim Tarihi:3.12.2025)

Rehbinder, M. (2024). Yleisesitys muoti- ja designalan keskeisestä juridiikasta. 122(7–8) Lakimies 1210–1215.

RYC Rich-Ycled. Upcycling. <https://ryc.shoes/handcrafted/upcycling/> (Eriřim Tarihi:2.12.2025)

RYC Rich-Ycled (Ocak, 2020). Verdict in case against Louis Vuitton. <https://ryc.shoes/about-us/about-our-brand/> (Eriřim Tarihi:3.12.2025)

Senftleben, M. (2024). Fashion Upcycling as Protected Free Speech in Trademark Law. 31(2) U. MIA Int'l & Comp. L. Rev. 349–387.

Senftleben, M. (2025). Fashion Waste, Trade Mark Protection, and the Circular Economy – Towards a New Public Domain for Sustainable Reuse in Eleonora Rosati and Irene Calboli (eds) The Handbook of Fashion Law. Oxford University Press.

Thiérache, C. (2023). [CHRONICLE] Upcycling and famous brands : rights and limits for the luxury sector. <https://luxus-plus.com/en/chronicle-upcycling-and-famous-brands-rights-and-limits-for-the-luxury-sector/>(Eriřim Tarihi:2.12.2025)

Yu, H., & Chun, J. (2020). A Study on Upcycle Fashion Design Based on the Characteristics of Materials and Techniques. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 44(5), 984- 1003.

**Tourism, Cultural Identity, and Sustainable Territorial Branding Towards a Geo-Cultural and Governance-Oriented Approach**

**Dr. Sid Ahmed Soufiane**

**University of Badji Mokhtar – Annaba, Algeria**

**Dr. Sid Salah**

**GTU – University of Biskra, Algeria**

**Azibi Rym**

**Faculty of Sciences of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia**

**Abstract**

Tourism has evolved beyond its traditional role as an economic activity to become a powerful medium for the expression, transmission, and transformation of cultural identity. In an era characterised by globalisation, spatial standardisation, and the homogenisation of urban landscapes, territories increasingly seek differentiation through the mobilisation of their cultural capital, historical heritage, and environmental specificities. This evolution has led to the emergence of sustainable territorial branding as a strategic framework that integrates cultural, social, economic, and ecological dimensions into destination positioning.

This study examines how cultural identity can function as a foundational resource for building resilient and sustainable tourism brands. It adopts a multidisciplinary and geo-cultural approach combining human geography, place marketing, and territorial governance. Methodologically, the research integrates Geographic Information Systems (GIS) for spatial analysis, qualitative content analysis of tourism branding strategies, and field-based surveys conducted in selected Mediterranean coastal territories. Particular attention is given to local identity markers, including vernacular architecture, gastronomy, traditional crafts, festivals, landscapes, and intangible cultural heritage.

The findings indicate that territories capable of embedding authentic cultural narratives and locally grounded representations into their tourism strategies generate stronger emotional engagement among visitors, reinforce territorial distinctiveness, and achieve higher levels of socio-economic sustainability. However, the study also reveals significant tensions linked to cultural commodification, real-estate pressure, urban overdevelopment, and seasonal tourism concentration, which may lead to identity dilution and environmental degradation.

The paper argues for a geo-cultural territorial branding model grounded in participatory governance and community-based tourism. Such a model balances economic valorisation with cultural preservation and landscape integrity, enhances territorial resilience, and aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs 8, 11, and 12). Ultimately, sustainable territorial branding emerges as a strategic pathway for transforming cultural identity into a dynamic resource for responsible tourism and long-term territorial development.

**Keywords:** Cultural identity; Sustainable tourism; Territorial branding; Heritage; GIS; Local development; Mediterranean cities; Cultural governance; Place marketing; Resilience

## Introduction

Tourism occupies an increasingly complex and multifaceted position within contemporary territorial dynamics. No longer confined to its traditional role as a driver of economic growth and employment creation, tourism has evolved into a powerful cultural, symbolic, and spatial process through which territories construct, negotiate, and project their identities at multiple scales. Through narratives, images, and representations disseminated via tourism practices, destinations actively shape how they are perceived by external audiences while simultaneously influencing internal processes of place attachment and collective self-identification.

In a global context characterised by intensified competition between destinations and the progressive standardisation of urban and touristic landscapes, cultural identity has emerged as a critical resource for territorial differentiation. The proliferation of similar architectural forms, leisure infrastructures, and tourism products has reduced the capacity of places to distinguish themselves through purely functional or aesthetic attributes. As a result, intangible elements—such as heritage narratives, local traditions, social practices, and symbolic meanings attached to place—have become central to destination positioning and branding strategies. Cultural identity thus operates not only as a marker of uniqueness, but also as a strategic asset capable of generating emotional engagement, authenticity, and symbolic value in increasingly competitive tourism markets.

However, the growing mobilisation of culture as a tourism resource raises fundamental questions concerning authenticity, sustainability, and governance. While the valorisation of cultural identity can reinforce destination attractiveness and strengthen social cohesion, its instrumentalisation for tourism purposes may also trigger processes of commodification, simplification, and selective representation. Cultural expressions risk being detached from their original social contexts and transformed into consumable images, leading to identity dilution and the erosion of cultural meaning. Moreover, tourism-driven development often produces spatial fragmentation, with investment concentrated in highly visible areas while peripheral neighbourhoods and everyday cultural spaces remain marginalised.

These tensions underscore the necessity of integrated and critically informed approaches capable of reconciling tourism development with cultural continuity and environmental protection. Such approaches must move beyond short-term marketing logics and incorporate principles of sustainability, participatory governance, and spatial coherence. By embedding cultural identity within a broader territorial vision that respects landscape integrity, social equity, and long-term resilience, tourism can be reoriented from a potentially extractive activity towards a constructive force in territorial development.

Against this background, this paper seeks to explore how cultural identity can be strategically mobilised within a sustainable territorial branding framework that simultaneously enhances tourism competitiveness and supports long-term territorial resilience. By adopting a geo-cultural and governance-oriented perspective, the study aims to contribute to a deeper understanding of tourism as a tool for both economic valorisation and cultural continuity in contemporary territories.

## Conceptual and Theoretical Framework

### 1 Cultural Identity and Territory

Cultural identity can be understood as a socially constructed and historically embedded system of meanings, practices, symbols, and representations through which communities articulate their relationship to space and collectively define a sense of belonging. Rather than being fixed or essentialised, cultural identity is dynamic and continually reshaped through social interactions,

historical trajectories, and processes of cultural transmission. It operates as a framework of interpretation that enables communities to assign meaning to places, practices, and landscapes, thereby anchoring social life within a specific territorial context.

This identity encompasses both **tangible** and **intangible** dimensions that interact to produce distinctive territorial expressions. Tangible elements include built heritage such as architecture, monuments, urban morphology, and cultural landscapes, which materialise historical layers and collective memory in physical form. Intangible dimensions—such as traditions, rituals, languages, gastronomy, craftsmanship, oral histories, and local know-how—constitute the living and experiential components of identity. These intangible elements are particularly significant in that they convey values, norms, and symbolic meanings that cannot be reduced to material artefacts alone, yet play a crucial role in shaping territorial uniqueness.

From a geographical perspective, cultural identity is inseparable from space. Territories are not merely neutral or functional containers in which social processes unfold, but **lived spaces** produced through everyday practices, power relations, and symbolic representations. Spatial forms and cultural meanings are co-constitutive : places influence social identities, while identities, in turn, shape the perception, use, and transformation of space. This relational understanding of territory highlights the role of narratives, representations, and imaginaries in constructing the symbolic geography of places.

Within this framework, tourism emerges as a particularly powerful vector for the communication, reinterpretation, and transformation of cultural identities. Through tourism discourses, images, and experiences, local identities are selectively narrated and projected to external audiences, often undergoing processes of simplification, recontextualisation, or re-signification. Tourism can thus act as both an amplifier of cultural visibility and a catalyst for identity change. While it may contribute to the revitalisation and recognition of local heritage, it can also reshape identities according to market-driven logics, raising critical questions about authenticity, representation, and cultural continuity.

Understanding cultural identity as a spatially embedded and socially mediated process is therefore essential for analysing its role in tourism development and territorial branding. Such an understanding provides the conceptual foundation for approaches that seek to mobilise identity not as a static commodity, but as a living and evolving resource capable of supporting sustainable and culturally grounded territorial development.

## 2. Territorial Branding and Place Marketing

Territorial branding refers to the strategic process through which places construct, communicate, and manage their image to enhance attractiveness, competitiveness, and recognition. Unlike conventional marketing, sustainable territorial branding emphasises long-term value creation, stakeholder participation, and alignment with local realities.

When grounded in cultural identity, territorial branding transcends promotional discourse and becomes a tool for territorial governance, capable of coordinating actors, reinforcing local pride, and structuring development strategies.

## 3. Sustainability, Governance, and Tourism

Sustainable tourism is increasingly framed within a governance-oriented paradigm that integrates economic efficiency, social equity, cultural preservation, and environmental responsibility. Governance mechanisms—participatory planning, community involvement, and institutional coordination—play a crucial role in mediating tourism impacts and ensuring that cultural resources are managed as common goods rather than consumable commodities.

## Methodology

This study adopts a **mixed qualitative and spatial methodology** structured around three complementary components :

**Spatial analysis (GIS):** Mapping cultural assets, tourism infrastructure, and land-use dynamics to identify spatial patterns of tourism development and cultural concentration.

**Content analysis:** Examination of destination branding materials (websites, brochures, social media) to assess the representation of cultural identity and local narratives.

**Field surveys and interviews:** Collection of qualitative data from local stakeholders (residents, artisans, tourism professionals, local authorities) in Mediterranean coastal territories.

This triangulated approach allows for a comprehensive understanding of the relationships between identity, branding strategies, and territorial dynamics.

## Results

The results show that destinations that successfully integrate cultural identity into their branding strategies tend to exhibit stronger territorial coherence and higher visitor engagement. Key success factors include:

- the valorisation of everyday culture rather than folklorised representations;
- the integration of landscape and cultural heritage into tourism narratives;
- the involvement of local communities in branding and tourism governance.

Conversely, territories characterised by speculative urbanisation and mass tourism development display weakened identity markers, spatial fragmentation, and growing social tensions.

## Discussion

The findings highlight the ambivalent role of tourism in identity construction. While tourism can reinforce cultural visibility and economic vitality, it can also lead to symbolic simplification and loss of meaning when identity is reduced to a marketable product. This tension underscores the importance of governance frameworks capable of regulating tourism growth and preserving cultural authenticity.

A geo-cultural branding approach, supported by GIS-based spatial analysis, enables the identification of thresholds beyond which tourism development threatens territorial integrity. It also facilitates more balanced spatial planning and diversification of tourism flows.

## Towards a Geo-Cultural Model of Sustainable Territorial Branding

The proposed model is based on four interconnected pillars:

1. **Cultural authenticity:** grounding branding strategies in locally recognised identity markers;
2. **Spatial coherence:** integrating heritage, landscape, and tourism infrastructure within a coherent territorial vision;
3. **Participatory governance:** ensuring community involvement in decision-making;
4. **Resilience and sustainability:** aligning tourism development with long-term environmental and social objectives.

This model positions cultural identity as a living, evolving resource rather than a static commodity.

## Context and Rationale

Mediterranean coastal cities constitute emblematic territories where tourism development, cultural heritage, and identity construction intersect in particularly intense ways. These regions are

characterised by a high concentration of historical layers, diverse cultural influences, and sensitive coastal landscapes. At the same time, they face strong pressures related to mass tourism, urban expansion, real-estate speculation, and seasonal economic dependency.

This case study focuses on selected Mediterranean coastal territories, with particular reference to Annaba (Algeria) and Tunisian coastal cities, which illustrate contrasting yet complementary trajectories of cultural valorisation and territorial branding. These territories share a rich historical heritage, a strong relationship with the sea, and a growing strategic interest in tourism as a driver of local development.

### **Spatial Analysis of Cultural and Tourism Assets**

Using Geographic Information Systems (GIS), cultural heritage sites (historic monuments, archaeological areas, traditional urban fabrics), tourism infrastructure (hotels, resorts, cultural facilities), and landscape features (coastal zones, beaches, wetlands) were mapped and analysed. Spatial patterns reveal a strong concentration of tourism activities along the coastline, often disconnected from inland cultural assets and everyday urban life.

In Annaba, for instance, the dominance of seaside tourism has tended to overshadow the city's rich historical identity, including its colonial architecture, religious heritage, and cultural practices. Similarly, in several Tunisian coastal cities, tourism branding has traditionally prioritised sun-and-sea imagery, marginalising local narratives and intangible heritage.

### **Cultural Identity as a Branding Resource**

Field observations and qualitative surveys highlight that cultural identity remains underutilised in formal branding strategies, despite its strong presence in local practices. Elements such as gastronomy, crafts, music, festivals, and vernacular architecture are often mobilised informally by local communities but insufficiently integrated into official tourism communication.

Where identity-based initiatives have emerged—such as heritage festivals, cultural routes, or community-led tourism projects—they have generated stronger emotional attachment among visitors, diversified tourism demand, and contributed to the revalorisation of local knowledge and practices. These initiatives demonstrate that cultural authenticity enhances destination attractiveness while reinforcing local pride and social cohesion.

### **Governance Challenges and Sustainability Issues**

The case study also reveals structural challenges related to governance fragmentation and weak coordination between tourism, urban planning, and cultural policies. In many instances, branding strategies are designed in a top-down manner, with limited participation from local communities and cultural actors. This governance gap increases the risk of cultural commodification, identity dilution, and socio-spatial exclusion.

Moreover, the concentration of tourism flows in coastal zones intensifies environmental pressure and reinforces spatial inequalities within the territory. These findings underline the need for a geo-cultural branding approach that integrates spatial planning, cultural governance, and community participation.

### **Lessons from the Mediterranean Experience**

The Mediterranean case study confirms that sustainable territorial branding cannot be reduced to marketing aesthetics. It must be grounded in territorial reality, cultural meaning, and long-term governance frameworks. Cultural identity, when treated as a living and evolving resource rather than a static product, can become a powerful lever for sustainable tourism and territorial resilience.

### **Conclusions and Policy Implications**



This study demonstrates that sustainable territorial branding constitutes a robust and integrative framework for reconciling tourism development with the preservation of cultural identity and the enhancement of territorial resilience. Rather than treating branding as a purely promotional exercise, the findings highlight its potential as a strategic governance tool capable of articulating economic objectives with cultural continuity, spatial coherence, and long-term sustainability. When grounded in authentic cultural identity and supported by spatially informed planning, territorial branding enables destinations to move beyond short-term competitiveness towards more balanced and resilient development trajectories.

By integrating cultural identity, geo-spatial analysis, and participatory governance mechanisms, territories can reposition tourism as a lever for inclusive and sustainable development. Cultural identity, understood as a living and evolving resource, provides meaning, legitimacy, and distinctiveness to branding strategies, while spatial analysis—particularly through GIS—ensures that tourism development respects territorial capacities, landscape integrity, and functional coherence. Participatory governance further strengthens this model by involving local communities, cultural actors, and stakeholders in decision-making processes, thereby fostering social ownership, reducing conflict, and enhancing the adaptive capacity of territories.

The policy implications of this approach are significant. First, there is a clear need for stronger and more coherent regulatory frameworks capable of guiding tourism development in line with cultural and environmental constraints, particularly in fragile or heritage-rich territories. Second, the findings underscore the importance of systematically integrating geospatial tools into tourism planning and management, allowing decision-makers to anticipate spatial imbalances, monitor cumulative impacts, and design evidence-based interventions. Third, cultural identity must be formally recognised not merely as a symbolic attribute, but as a strategic territorial asset requiring protection, investment, and long-term stewardship.

Ultimately, sustainable territorial branding emerges as a pathway towards responsible and reflexive tourism, one that respects cultural continuity, safeguards territorial integrity, and supports enduring socio-economic vitality. By aligning branding strategies with principles of sustainability, resilience, and inclusive governance, territories can harness tourism not as a force of homogenisation, but as a catalyst for cultural affirmation, spatial balance, and long-term territorial well-being.

## References

- Ashworth, G. J., & Kavaratzis, M. (2010). *Towards effective place brand management*. Edward Elgar.
- Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of theory and research for the sociology of education* (pp. 241–258). Greenwood.
- Cohen, E. (1988). Authenticity and commoditization in tourism. *Annals of Tourism Research*, 15(3), 371–386.
- Dredge, D., & Jenkins, J. (2011). *Stories of practice: Tourism policy and planning*. Ashgate.
- Govers, R., & Go, F. M. (2009). *Place branding: Glocal, virtual and physical identities*. Palgrave Macmillan.
- Hall, C. M. (2011). Policy learning and policy failure in sustainable tourism governance. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4–5), 649–671.
- Harvey, D. (1989). *The condition of postmodernity*. Blackwell.
- ICOMOS. (2019). *Cultural heritage and sustainable tourism*. UNESCO.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Cambridge University Press.



- Kavaratzis, M., & Hatch, M. J. (2013). The dynamics of place brands. *Marketing Theory*, 13(1), 69–86.
- Lew, A. A. (2017). Tourism planning and governance. *Tourism Geographies*, 19(4), 579–587.
- OECD. (2020). Culture and local development. OECD Publishing.
- Pike, A. (2015). *Origination: The geographies of brands and branding*. Wiley.
- Richards, G. (2018). Cultural tourism: A review. *Tourism Management*, 68, 12–21.
- UNESCO. (2013). Creative economy report. UNESCO Publishing.
- UNWTO. (2022). Tourism and culture synergies. UNWTO.

## Assessing Climate Change Impacts on Coastal Ecosystems Using Remote Sensing: Towards an Integrated Geo-Environmental Approach

Dr. Sid Ahmed Soufiane

University of Badji Mokhtar – Annaba, Algeria

Dr. Sid Salah

GTU – University of Biskra, Algeria

### Abstract

Coastal ecosystems—including wetlands, mangroves, lagoons, estuaries, and tidal flats—represent some of the most biologically productive and socio-ecologically valuable environments worldwide. At the same time, they are among the most fragile systems, increasingly exposed to the cumulative and accelerating impacts of climate change. Sea level rise, coastal erosion, saltwater intrusion, temperature anomalies, changes in precipitation regimes, and the growing frequency of extreme weather events are profoundly altering ecological processes, biodiversity patterns, and the socio-economic stability of coastal regions.

This paper proposes a comprehensive and integrated geo-environmental framework based on remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) to assess, monitor, and model the spatio-temporal impacts of climate change on coastal ecosystems. Multi-source satellite imagery (Landsat, Sentinel-2, MODIS, and LiDAR) is combined with climatic datasets (air temperature, precipitation, wind speed, and sea surface temperature) to analyse long-term ecosystem dynamics over more than three decades. Change detection techniques, spectral index analysis (NDVI, NDWI, NDSI), and machine-learning classification algorithms are employed to quantify land-cover transformations, vegetation health, hydrological variability, and sedimentary processes.

The results reveal significant and spatially differentiated transformations in low-lying coastal zones, including vegetation regression, shoreline retreat, wetland fragmentation, and altered sediment dynamics. Strong spatial correlations are identified between rising temperatures, sea-level variability, and habitat degradation. Predictive modelling under Representative Concentration Pathways (RCP 4.5 and RCP 8.5) highlights potential future hotspots of ecological risk, indicating an intensification of vulnerability under high-emission scenarios.

Building on these findings, the study develops a Geo-Decision Support System (Geo-DSS) integrating indicators of exposure, sensitivity, and adaptive capacity. This system provides a strategic tool for resilience-based coastal management, ecosystem-based adaptation, and policy design aligned with Sustainable Development Goals (SDGs 13 and 14). The research ultimately underscores the crucial role of RS and GIS as strategic observatories for early warning, continuous monitoring, and adaptive planning in climate-affected coastal regions.

**Keywords:** Climate change; Coastal ecosystems; Remote sensing; GIS; Sea level rise; NDVI; Mangroves; Coastal erosion; Environmental monitoring; Resilience

## Introduction

Coastal ecosystems occupy a narrow yet critically important interface between terrestrial and marine environments. They provide a wide range of ecosystem services, including biodiversity conservation, shoreline protection, nutrient cycling, carbon sequestration, and support for fisheries and coastal livelihoods. Despite their ecological and socio-economic importance, these systems are increasingly threatened by global environmental change.

Climate change has emerged as a dominant driver reshaping coastal landscapes worldwide. Rising sea levels accelerate shoreline retreat and inundation processes, while increasing temperatures affect primary productivity, species distribution, and ecosystem metabolism. Altered precipitation patterns and extreme events—such as storm surges, floods, and heatwaves—further exacerbate ecosystem stress and reduce resilience.

Traditional field-based monitoring approaches, although essential, are often limited in spatial coverage and temporal continuity. In contrast, remote sensing and GIS technologies offer unparalleled opportunities for synoptic, multi-temporal, and multi-scale observation of coastal environments. This study aims to advance an integrated geo-environmental approach that combines RS, GIS, and climate data to assess climate-induced transformations in coastal ecosystems and to support sustainable and adaptive coastal management.

## Conceptual and Theoretical Framework

### 1. Climate Change, Vulnerability, and Coastal Systems

Coastal vulnerability is widely conceptualised as the outcome of a dynamic interaction between **exposure**, **sensitivity**, and **adaptive capacity**, forming a comprehensive framework for analysing the impacts of climate change on coastal systems. This tripartite conceptualisation recognises that vulnerability does not result solely from the presence of climatic hazards, but rather from the way these hazards intersect with the intrinsic characteristics of ecosystems and the capacity of societies to respond and adapt.

Climate change substantially amplifies **exposure** by intensifying both chronic and acute stressors affecting coastal zones. Gradual processes such as sea-level rise increase the frequency and magnitude of coastal inundation, shoreline retreat, and saltwater intrusion, while extreme climatic events—including storm surges, cyclones, heatwaves, and flooding—generate episodic disturbances with immediate and often irreversible ecological consequences. The spatial extent and recurrence of these hazards determine the degree to which coastal ecosystems are repeatedly subjected to climatic stress.

**Sensitivity** refers to the inherent susceptibility of coastal habitats to environmental change and is closely linked to their biophysical and ecological characteristics. Wetlands, mangroves, salt marshes, and estuaries are particularly sensitive due to their dependence on narrow hydrological and salinity thresholds. Minor alterations in temperature, water levels, or sediment supply can trigger disproportionate ecological responses, such as vegetation dieback, habitat fragmentation, and loss of ecosystem functionality. Sensitivity is further heightened by pre-existing anthropogenic pressures, including urbanisation, land reclamation, and pollution, which reduce ecosystem stability and buffering capacity.

**Adaptive capacity** represents the ability of coastal systems—both ecological and socio-institutional—to absorb disturbances, adjust to changing conditions, and maintain essential functions. From an ecological perspective, adaptive capacity is associated with resilience attributes such as biodiversity, functional redundancy, and connectivity, which enable ecosystems to recover from stress. From a governance perspective, adaptive capacity depends on institutional effectiveness, policy coherence,

access to knowledge and technology, and the integration of scientific evidence into decision-making processes. Robust governance structures, informed by spatial data and long-term monitoring, enhance the ability to anticipate risks and implement proactive adaptation strategies.

Together, exposure, sensitivity, and adaptive capacity form an interdependent system that shapes the overall vulnerability of coastal environments. Understanding these interactions is essential for developing integrated vulnerability assessments and designing targeted adaptation measures. In this context, spatially explicit approaches based on remote sensing and GIS play a critical role in operationalising the vulnerability framework, enabling the identification of high-risk zones and supporting resilience-oriented coastal management under accelerating climate change.

## **2. Remote Sensing as a Tool for Environmental Monitoring**

Remote sensing provides a robust and objective means of quantifying ecosystem condition and detecting environmental change across spatial and temporal scales that are difficult to achieve through conventional field-based approaches alone. By capturing spectral, spatial, and temporal information, satellite and airborne sensors enable continuous monitoring of coastal ecosystems, offering consistent and repeatable indicators of ecological dynamics and degradation processes.

Vegetation-based spectral indices, particularly the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), serve as fundamental indicators of photosynthetic activity, vegetation vigour, and biomass dynamics. In coastal environments, variations in NDVI values reflect changes in plant health associated with climatic stressors such as temperature anomalies, prolonged inundation, salinity intrusion, and water availability. Declining NDVI trends often signal early stages of vegetation stress and habitat degradation in mangroves, salt marshes, and coastal wetlands, preceding visible structural changes. When analysed over multi-temporal datasets, NDVI trajectories provide valuable insights into long-term ecosystem trends and recovery potential following disturbance events.

Hydrological and moisture-related indices, including the Normalised Difference Water Index (NDWI), enable the delineation of surface water extent and the assessment of changes in coastal hydrological regimes. NDWI is particularly effective in detecting shifts in wetland inundation patterns, tidal influence, and lagoon dynamics, which are highly sensitive to sea-level rise and altered precipitation regimes. Complementarily, the Normalised Difference Salinity Index (NDSI) serves as a proxy for salinity-related stress, capturing spectral responses associated with salt accumulation and soil moisture changes. Elevated NDSI values often correspond to increased saltwater intrusion and osmotic stress, which negatively affect vegetation productivity and species composition in low-lying coastal zones.

LiDAR (Light Detection and Ranging) data significantly enhance the analytical capacity of remote sensing in coastal vulnerability assessment by providing high-resolution three-dimensional information on surface elevation and terrain morphology. LiDAR-derived Digital Elevation Models (DEMs) allow for precise mapping of micro-topographic variations, which are critical in low-elevation coastal zones where minor changes in elevation can substantially influence inundation frequency and extent. This level of topographic precision supports detailed modelling of sea-level rise scenarios, storm surge impacts, and flood pathways, thereby improving the identification of areas most vulnerable to future inundation.

Collectively, the integration of spectral indices and LiDAR-based topographic data strengthens the capacity of remote sensing to function not only as a monitoring tool, but as a predictive and diagnostic instrument. By linking remotely sensed indicators to underlying climatic drivers, this approach enables early detection of ecological stress, supports vulnerability assessment, and informs adaptive coastal management strategies in the context of accelerating climate change.

## **3. Geo-Environmental Integration and Systems Thinking**

The integration of remote sensing (RS), geographic information systems (GIS), and climatic data constitutes a powerful analytical framework for capturing the inherent complexity of coastal systems and understanding their responses to climate-induced pressures. Rather than analysing environmental variables in isolation, this integrative approach adopts a systems-based perspective in which coastal ecosystems are viewed as dynamic, non-linear entities shaped by continuous interactions between climatic forcing, geomorphological processes, and ecological feedback mechanisms.

By combining multi-temporal satellite observations with spatially referenced climatic datasets, spatially explicit modelling enables the disentanglement of causal relationships between climate drivers—such as sea level rise, temperature anomalies, changing precipitation patterns, and extreme events—and observed ecosystem responses, including vegetation decline, shoreline retreat, habitat fragmentation, and altered sediment dynamics. GIS-based spatial analysis provides the structural framework for integrating heterogeneous data sources, allowing climate variables, biophysical indicators, and topographic constraints to be analysed within a common spatial reference system.

This spatially explicit modelling capacity significantly enhances predictive analysis by enabling the simulation of future ecosystem trajectories under different climate scenarios. Scenario-based planning, supported by Representative Concentration Pathways (e.g., RCP 4.5 and RCP 8.5), allows researchers and decision-makers to explore alternative futures, identify potential tipping points, and map zones of emerging ecological risk. Such foresight is essential for anticipating long-term impacts rather than merely responding to past or present conditions.

Moreover, the integration of RS, GIS, and climate data supports the transition from descriptive environmental monitoring towards decision-oriented modelling. By linking observed changes to underlying climatic drivers, this approach facilitates evidence-based planning, prioritisation of conservation and restoration actions, and the design of adaptive management strategies. In this sense, integrated geo-environmental modelling not only advances scientific understanding of coastal change, but also provides an operational foundation for resilience-based coastal governance in the context of accelerating climate change.

## Materials and Methods

### Data Sources

- **Satellite imagery:** Landsat TM/ETM+/OLI, Sentinel-2 MSI, MODIS
- **Elevation data:** LiDAR-derived Digital Elevation Models (DEMs)
- **Climatic variables:** air temperature, precipitation, wind speed, sea surface temperature
- **Temporal coverage:** approximately 1990–2023

### Image Processing and Analysis

Pre-processing steps included atmospheric correction, geometric rectification, and radiometric normalisation. Multi-temporal change detection was applied to identify land-cover transitions. Spectral indices were computed to assess vegetation health, hydrological variability, and salinity effects. Machine-learning algorithms (Random Forest, Support Vector Machine) were used for land-cover classification and accuracy assessment.

### Predictive Modelling

Climate projections under RCP 4.5 and RCP 8.5 were integrated into spatial models to simulate future ecosystem trajectories and identify areas of increasing ecological risk.

## Results

### 1. Spatio-Temporal Ecosystem Changes

The analysis reveals marked changes in coastal ecosystems, particularly in low-lying wetlands and mangrove areas. Vegetation decline and habitat fragmentation are evident, alongside shoreline retreat and sediment redistribution.

## 2. Climate–Ecosystem Relationships

Statistical and spatial correlation analyses indicate strong links between temperature increase, sea-level variability, and ecosystem degradation, confirming the role of climate change as a primary driver of observed transformations.

## 3. Discussion

The results clearly demonstrate that the impacts of climate change on coastal ecosystems are not isolated or linear, but rather cumulative and synergistic in nature. Multiple climate-related stressors—such as sea level rise, increasing air and sea surface temperatures, altered precipitation regimes, and the growing frequency and intensity of extreme weather events—interact across spatial and temporal scales, producing compounded effects that exceed the impact of each driver when considered independently. This interaction amplifies ecosystem vulnerability, accelerates degradation processes, and reduces the resilience of coastal habitats.

Remote sensing-derived indicators play a pivotal role in revealing these complex dynamics. Vegetation-based indices such as the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) capture progressive declines in biomass, canopy density, and photosynthetic activity, particularly in mangroves, salt marshes, and coastal wetlands. These trends often reflect combined stresses from thermal anomalies, increased salinity due to saltwater intrusion, and prolonged inundation linked to sea level rise. Similarly, hydrological indices such as the Normalised Difference Water Index (NDWI) provide insights into changing surface water extent and moisture conditions, highlighting disruptions in coastal hydrological regimes that directly affect ecosystem functioning.

Importantly, the spatio-temporal sensitivity of remote sensing data allows for the identification of early warning signals of ecological stress well before irreversible degradation occurs. Gradual shifts in spectral signatures, increased fragmentation of vegetated areas, and subtle shoreline displacements serve as precursors to more severe ecosystem collapse. These early indicators are particularly valuable for supporting proactive and adaptive management strategies, enabling decision-makers to prioritise intervention areas, implement restoration measures, and adjust land-use planning before critical thresholds are crossed.

When situated within the broader scientific literature on coastal vulnerability and climate adaptation, the findings of this study reinforce the growing consensus that effective coastal management must move beyond reactive responses to individual hazards. Instead, it requires integrated, systems-based approaches that account for the interconnectedness of climatic, ecological, and geomorphological processes. The observed spatial correlations between climatic trends and ecosystem degradation are consistent with previous studies emphasising the role of climate change as a primary driver of coastal habitat loss and functional decline.

Moreover, the results support contemporary adaptation frameworks that advocate ecosystem-based adaptation and resilience-oriented planning. By combining remote sensing indicators with vulnerability assessment models, the study contributes to a more nuanced understanding of how exposure, sensitivity, and adaptive capacity interact under changing climatic conditions. In this context, remote sensing and GIS emerge not merely as monitoring tools, but as strategic components of climate adaptation, offering robust, scalable, and transferable methodologies for guiding sustainable coastal governance in the face of accelerating environmental change.

## 4. Geo-Decision Support System for Coastal Resilience

The proposed Geo-DSS integrates indicators of exposure, sensitivity, and adaptive capacity to support decision-making. It enables prioritisation of conservation areas, design of restoration strategies, and evaluation of adaptation scenarios.

### Conclusions and Policy Implications

This study demonstrates that integrated RS–GIS approaches are indispensable for understanding and managing climate change impacts on coastal ecosystems. By linking environmental monitoring with predictive modelling and decision support, the proposed framework contributes to resilient coastal governance and sustainable development.

### References

- Alongi, D. M. (2015). The impact of climate change on mangrove forests. *Current Climate Change Reports*, 1(1), 30–39. <https://doi.org/10.1007/s40641-015-0002-x>
- Burke, L., Reyta, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). *Reefs at risk revisited*. World Resources Institute.
- Cazenave, A., & Llovel, W. (2010). Contemporary sea level rise. *Annual Review of Marine Science*, 2, 145–173. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081105>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Cambridge University Press.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI). *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Pettorelli, N. (2013). *The normalized difference vegetation index (NDVI)*. Oxford University Press.
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE*, 6(8), e23777.



**Circular Urban Economy: Waste-to-Resource Approaches for Sustainable Cities Towards Regenerative and Resilient Urban Systems**

**Dr. Sid Ahmed Soufiane**

**University of Badji Mokhtar – Annaba, Algeria**

**Dr. Sid Salah**

**GTU – University of Biskra, Algeria**

**Azibi Rym**

**Faculty of Sciences of Tunis, University of Tunis El Manar, Tunisia**

**Abstract**

The accelerating pace of urbanisation in the twenty-first century has profoundly intensified resource consumption, waste generation, and environmental degradation in cities, exposing the structural limits of the traditional linear economic model based on extraction, consumption, and disposal. In response to these challenges, the circular urban economy (CUE) has emerged as a transformative paradigm that redefines waste as a resource and promotes regenerative urban systems through closed-loop material and energy cycles. Within this framework, waste-to-resource strategies represent a critical lever for achieving sustainable, low-carbon, and resilient urban transitions.

This paper explores the conceptual foundations, technological pathways, and governance mechanisms underpinning circularity in urban metabolism, with particular emphasis on the conversion of waste streams into valuable resources. The study adopts a systemic and geo-spatial analytical approach, combining urban metabolism analysis, Geographic Information Systems (GIS), and Life Cycle Assessment (LCA) to examine material and energy flows across urban ecosystems. Empirical insights are drawn from selected Mediterranean cities, where rapid urban growth, socio-economic pressures, and infrastructural constraints coexist.

The findings indicate that the implementation of integrated waste-to-resource strategies—encompassing bioconversion of organic waste, material recycling, waste-to-energy processes, and industrial symbiosis—can significantly reduce landfill dependency, lower greenhouse gas emissions, and generate new opportunities for green entrepreneurship and circular employment. Spatial analysis further reveals the emergence of urban hubs of circular innovation, particularly in construction materials recovery, organic waste composting, and plastic recycling. However, the transition remains hindered by institutional fragmentation, regulatory gaps, and limited public awareness.

To overcome these barriers, the paper proposes a multi-actor governance model that integrates municipalities, private sector actors, and local communities into territorially embedded circular ecosystems. It also highlights the strategic role of digital tools—such as GIS, Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI)—in optimising waste management, monitoring material recovery, and supporting evidence-based urban decision-making. Ultimately, the study demonstrates that a successful circular urban economy requires not only technological innovation but also profound

cultural, institutional, and spatial transformations aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs 11, 12, and 13).

**Keywords:** Circular economy; Urban sustainability; Waste-to-resource; GIS; Urban metabolism; Recycling; Waste management; Energy recovery; Industrial symbiosis; Resilience

## Introduction

Cities have become the dominant spatial form of human settlement, concentrating population, economic activity, and resource consumption at unprecedented scales. While urbanisation has driven economic growth and innovation, it has also intensified pressures on natural resources and ecosystems. Urban areas account for a disproportionate share of global material extraction, energy use, and waste generation, making them both major contributors to environmental degradation and key arenas for sustainability transitions.

The prevailing linear economic model—characterised by take–make–dispose logics—has proven increasingly incompatible with planetary boundaries and urban resilience objectives. In this context, the concept of a circular urban economy represents a paradigm shift that reimagines cities as regenerative systems capable of closing material loops, minimising waste, and restoring ecological balance. Waste-to-resource approaches lie at the heart of this transformation, offering concrete pathways for converting urban waste streams into valuable inputs for production, energy generation, and ecosystem services.

This paper aims to critically examine the role of waste-to-resource strategies within the broader framework of circular urban economy, focusing on their spatial, technological, and governance dimensions.

## Theoretical Framework : Circular Urban Economy and Urban Metabolism

### 1. From Linear to Circular Urban Systems

The circular economy challenges the linear logic of urban development by promoting resource efficiency, reuse, and regeneration. In urban contexts, circularity implies the redesign of production and consumption systems to ensure that materials remain in use for as long as possible and that waste is reintegrated into economic cycles.

### 2. Urban Metabolism as an Analytical Lens

Urban metabolism conceptualises cities as socio-ecological systems characterised by continuous flows of materials, energy, water, and waste. Analysing these flows provides critical insights into inefficiencies, environmental impacts, and opportunities for circular interventions. Waste-to-resource strategies directly intervene in urban metabolism by redirecting waste streams from disposal pathways towards productive uses.

### 3. Waste-to-Resource Pathways in Urban Contexts

#### 3.1 Bioconversion and Organic Waste Valorisation

Organic waste constitutes a significant proportion of urban waste streams. Through composting, anaerobic digestion, and bio-refining processes, organic waste can be transformed into compost, biogas, and bio-fertilisers, contributing to soil regeneration, renewable energy production, and reduced landfill emissions.

#### 3.2 Material Recycling and the Built Environment

Construction and demolition waste represents a major urban material flow. Circular approaches emphasise material recovery, reuse, and recycling to reduce resource extraction and embodied carbon in the construction sector. Spatial clustering of recycling facilities enhances economies of scale and logistical efficiency.

### 3.3 Waste-to-Energy and Energy Recovery

Waste-to-energy technologies provide opportunities to recover energy from non-recyclable waste fractions. While controversial, these processes can contribute to energy diversification when integrated within a hierarchy prioritising reduction and recycling.

### 3.4 Industrial Symbiosis

Industrial symbiosis enables the exchange of waste, by-products, and energy between firms, transforming waste streams into inputs for neighbouring industries. At the urban scale, such synergies contribute to the emergence of circular industrial ecosystems.

### Methodology

The study adopts a **systemic and spatial methodology**, integrating:

- Urban metabolism modelling to quantify material and energy flows;
- GIS-based spatial analysis to map waste generation, processing facilities, and circular hubs;
- Life Cycle Assessment (LCA) to evaluate environmental impacts of waste-to-resource pathways.

Case studies from Mediterranean cities provide empirical grounding, highlighting the relevance of circular strategies in resource-constrained urban environments.

## 5. Results and Discussion Mediterranean Case Studies: Circular Urban Economy in Practice

### 1. Context and Rationale

Mediterranean cities face acute challenges related to rapid urbanisation, resource scarcity, and limited waste management infrastructure. High population density, seasonal tourism pressure, and informal urban expansion generate complex waste streams that strain conventional linear systems of collection and disposal. At the same time, these cities possess strong potential for circular transformation due to their compact urban form, active informal recycling sectors, and proximity between waste generation and potential recovery sites.

This section focuses on Annaba (Algeria), Biskra (Algeria), and Tunis (Tunisia) as representative Mediterranean urban contexts where waste-to-resource strategies are both necessary and feasible.

### 2. Annaba (Algeria): Organic Waste Valorisation and Construction Materials

In Annaba, municipal solid waste is dominated by organic fractions linked to household consumption and agri-food activities. GIS-based mapping of waste generation highlights strong spatial concentration in dense residential neighbourhoods and market areas. Pilot composting initiatives demonstrate the potential to transform organic waste into soil amendments for peri-urban agriculture, reducing landfill pressure and closing local nutrient loops.

Additionally, construction and demolition waste represents a significant yet underutilised resource. Informal recovery practices already exist, but lack institutional support. A circular approach integrating material recovery facilities within urban planning could significantly reduce raw material extraction and associated emissions.

### 3. Biskra (Algeria): Waste-to-Energy and Desert Urban Contexts

Biskra's arid environment and high energy demand create favourable conditions for integrating waste-to-energy strategies within a circular framework. Organic waste digestion combined with solar energy systems offers hybrid solutions adapted to desert cities. Spatial analysis identifies peripheral industrial zones as suitable hubs for circular infrastructure, minimising conflicts with residential areas.

#### **4. Tunis (Tunisia): Recycling, Industrial Symbiosis, and Governance**

Tunis presents more advanced institutional structures and recycling networks. GIS analysis reveals clusters of plastic, paper, and metal recycling activities near industrial areas. Emerging forms of industrial symbiosis enable waste exchange between firms, although governance fragmentation limits scaling-up.

Community-based initiatives and start-ups play a growing role in awareness-raising and circular innovation, illustrating the importance of social capital in circular transitions.

#### **5. Cross-Case Synthesis**

Across the three cities, common patterns emerge:

- organic waste represents the most accessible entry point for circularity;
- spatial proximity between waste sources and recovery facilities is critical;
- governance capacity and institutional coordination largely determine success;
- informal practices constitute a latent resource that can be formalised.

#### **Discussion: Spatial and Governance Dimensions of Circularity**

The Mediterranean case studies confirm that circular urban economy transitions are deeply territorial processes. Waste-to-resource strategies must be spatially embedded, socially accepted, and institutionally coordinated. GIS-based decision support systems play a key role in identifying optimal locations for circular hubs, minimising transport costs, and reducing environmental externalities.

Moreover, the transition requires cultural change, moving from waste disposal mentalities towards resource stewardship. Education, citizen participation, and transparency are essential to ensure long-term viability.

#### **Conclusions and Policy Implications**

The analysis demonstrates that Mediterranean cities can significantly enhance sustainability and resilience by adopting circular urban economy strategies centred on waste-to-resource pathways. Policy recommendations include:

- integrating circular economy objectives into urban master plans;
- supporting local circular entrepreneurship and green jobs;
- strengthening municipal governance and inter-sectoral coordination;
- leveraging digital tools (GIS, IoT) for monitoring and optimisation.

Circular urban economy thus emerges as a transformative framework capable of reconfiguring cities into regenerative systems aligned with global sustainability agendas.

#### **References**

Batty, M. (2013). *The new science of cities*. MIT Press.

- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. HarperCollins.
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2017). *Practical handbook of material flow analysis*. CRC Press.
- Cossu, R., & Williams, I. D. (2015). Urban mining: Concepts, terminology, challenges. *Waste Management*, 45, 1–3.
- EEA. (2020). *Circular economy and the environment*. European Environment Agency.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy*. EMF.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Cambridge University Press.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Marin, J., & De Meulder, B. (2018). Circularity as a project. *Sustainability*, 10(3), 699.
- Pauliuk, S., & Müller, D. B. (2014). The role of in-use stocks in the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 18(5), 617–628.
- Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 135, 246–264.
- UN-Habitat. (2020). *World cities report*. UN-Habitat.
- UNEP. (2021). *Global waste management outlook*. UNEP.
- Zink, T., & Geyer, R. (2017). Circular economy rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 593–602.

## Evaluating Carbon Capture, Utilization, and Storage Technologies in the Agricultural Sector from a Sustainability Perspective: A Bibliographic Review

**Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş**

Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

**Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan**

Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

### Abstract

As one of the primary contributors to global greenhouse gas emissions, the agricultural sector also holds strategic significance as a potential domain for climate change mitigation. The growing global population, increasing demands for food security, and the imperative for sustainable production have rendered the development and implementation of emission-reducing technologies in agriculture increasingly critical.

Within this context, the present study adopts a bibliographic approach to examine the applicability of carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies in agriculture and their potential contributions to sustainable development. Prominent technological practices identified in the literature include biochar production, soil carbon sequestration methods, biogas and biomethane systems, and photosynthesis-based innovative solutions. These technologies not only contribute to carbon neutrality but also offer multifaceted benefits such as improved soil health, enhanced agricultural productivity, renewable energy generation, and support for rural development. However, existing academic studies appear limited in addressing key dimensions such as socio-economic impacts, cost-effectiveness analyses, farmer adoption behavior, and policy support mechanisms. This highlights the necessity of investigating not only the technical feasibility of CCUS technologies in agriculture but also their economic viability and social acceptability in a comprehensive manner. By systematically synthesizing the current body of literature, this bibliographic review aims to provide researchers and policymakers with a holistic and forward-looking framework for assessing CCUS technologies in the agricultural context.

**Keywords:** Sustainable Agriculture, Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Technologies, Bibliographic Literature Review.

**Tarım Sektöründe Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama Teknolojilerinin Sürdürülebilirlik Perspektifinden Değerlendirilmesi: Bibliyografik Bir İnceleme**

**Prof. Dr. Mehmet Bölükbaş**

**Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye**

**Dr. Öğr. Üyesi Kemalettin Ağızan**

**Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye**

**Özet**

Küresel sera gazı emisyonlarının başlıca kaynaklarından biri olan tarım sektörü, iklim değişikliğiyle mücadelede potansiyel bir çözüm alanı olarak da stratejik önem taşımaktadır. Artan dünya nüfusu, gıda güvenliği gereksinimleri ve sürdürülebilir üretim hedefleri ise tarımsal faaliyetlerde emisyon azaltıcı teknolojilerin geliştirilmesini ve uygulanmasını giderek daha kritik hale getirmiştir.

Bu kapsamda çalışma, karbon yakalama, kullanma ve depolama (KYKD) teknolojilerinin tarım sektörü bağlamındaki uygulanabilirliğini ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı potansiyelini bibliyografik bir yaklaşımla ele almaktadır. Literatürde öne çıkan teknolojik uygulamalar arasında biyokömür üretimi, toprakta karbon sekestrasyonu yöntemleri, biyogaz ve biyometan sistemleri ile fotosenteze dayalı yenilikçi çözümler yer almaktadır. Söz konusu teknolojilerin yalnızca karbon nötrlüğüne katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda toprak sağlığının iyileştirilmesi, tarımsal verimliliğin artırılması, yenilenebilir enerji üretimi ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi gibi çok boyutlu faydalar sunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, mevcut akademik çalışmaların sosyo-ekonomik etkiler, maliyet-etkinlik analizleri, çiftçi davranışları ve politika destek mekanizmaları gibi kritik boyutlarda sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Bu durum, KYKD teknolojilerinin tarım sektöründe yaygınlaştırılabilmesi için yalnızca teknik fizibilitenin değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik ve toplumsal kabul edilebilirlik gibi unsurların da kapsamlı biçimde araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bibliyografik inceleme, mevcut literatürü sistematik biçimde derleyerek hem araştırmacılar hem de politika yapıcılar için tarımda KYKD teknolojilerine ilişkin bütüncül ve ileriye dönük bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir Tarım, Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (KYKD) Teknolojileri, Bibliyografik Literatür İncelemesi.

**Introduction**

Global climate change has positioned the agricultural sector as both one of the most affected domains and one of the areas with the highest potential to generate solutions. Rising world population, growing food security requirements, and the pursuit of sustainable production goals have made the reduction of greenhouse gas emissions in agricultural activities a strategic priority. In this context, carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies—through biochar production, soil carbon sequestration, biogas and biomethane systems, as well as photosynthesis-based innovative solutions—offer both environmental and economic benefits. These technologies not only contribute to carbon neutrality but also provide multidimensional advantages such as improving soil health, generating renewable energy, and supporting rural development.



Nevertheless, while the existing literature strongly demonstrates the technical feasibility of CCUS technologies, significant gaps remain in critical dimensions such as economic sustainability, farmer adaptation, and policy integration. Most studies have concentrated on environmental impacts, whereas socio-economic factors—including investment costs, incentive mechanisms, and farmer behavior—have not been sufficiently examined. This indicates that the widespread adoption of CCUS technologies in agriculture requires not only technical optimization but also long-term policy support and the incorporation of behavioral economics perspectives. By employing a bibliographic review method, this study aims to systematically synthesize the current body of knowledge and provide a comprehensive assessment of CCUS technologies in agriculture from a sustainability perspective.

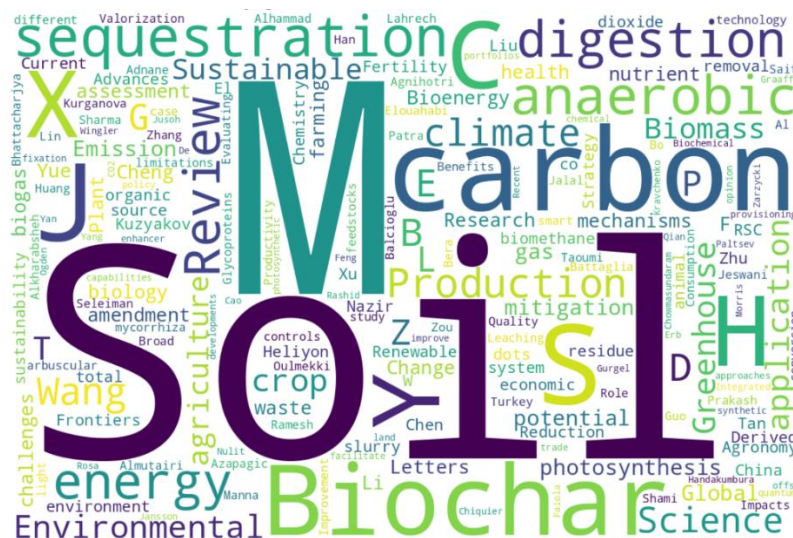
### Method: Bibliographic Review

This study was conducted using a systematic bibliographic review method in order to evaluate Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) technologies in the agricultural sector from a sustainability perspective. A bibliographic review is a fundamental research approach that enables a comprehensive analysis of the existing body of knowledge, prevailing trends, research gaps, and contested issues within a specific field.

To identify the relevant literature, internationally recognized academic databases (Web of Science, Scopus, Google Scholar) were employed. Keyword combinations were designed to cover the core concepts of the study (CCUS, agriculture, sustainability, biochar, carbon sequestration, biogas). The search terms included: “Carbon Capture Utilization Storage” and “Agriculture” and “Sustainability”, “CCUS” and “Agricultural Sector” and “Review”, “Biochar” and “Carbon Sequestration” and “Agriculture”, and “Biogas” or “Biomethane” And “Agricultural Waste” and “Carbon Mitigation”.

The review was limited to peer-reviewed journal articles, conference proceedings, and high-impact book chapters published within the last decade (2015–2025). In the initial screening, articles were examined by title and abstract, and those not directly related to the topic were excluded. The remaining studies were read in full and assessed for their relevance to the objectives of the bibliographic review.

**Figure 1. CCUS Bibliographic Review – Word Cloud**



The selected articles were analyzed and classified into four thematic categories: Technological Feasibility, Environmental Impact, Economic Sustainability, and Social Acceptance and Policy. The findings grouped under these categories were synthesized through a thematic synthesis method. This approach enabled a comparative examination of results across different studies, thereby identifying

common trends, contradictions, and knowledge gaps in the literature. Through this systematic framework, the study ensured the provision of a comprehensive and forward-looking assessment of CCUS technologies in line with its objectives.

### 1. CCUS Technologies and Agricultural Applications

In the agricultural sector, Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) technologies have diverse areas of application in terms of both environmental sustainability and production efficiency. The main technological approaches highlighted in the literature include:

- Biochar production
- Soil carbon sequestration
- Biogas and biomethane systems
- Photosynthesis-based innovative solutions

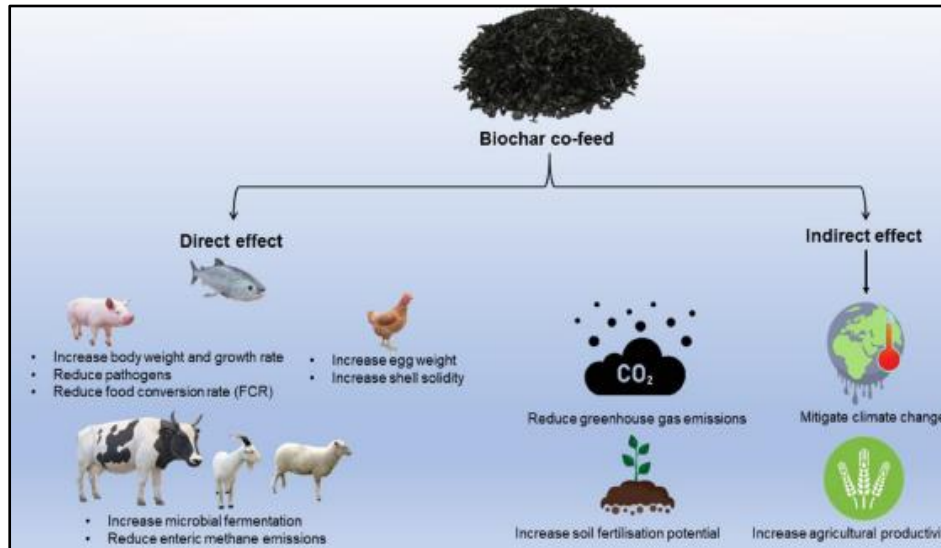
In this section of the study, these technological approaches are examined in light of recent findings in the literature and comprehensively evaluated with respect to their prevalence in agricultural practices, functional characteristics, and sustainability-oriented impacts.

#### 1.1. Biochar Production

Biochar is a carbon-rich material obtained by heating various organic wastes—primarily agricultural residues—in an oxygen-free or low-oxygen environment at high temperatures. Formed through the long-term storage of carbon captured from the atmosphere, this process, also known as pyrolysis, separates the carbon in organic matter from its volatile components, resulting in a coal-like substance rich in carbon. Considered an effective method in combating climate change, biochar provides sustainable solutions for energy storage and conversion, while simultaneously enhancing soil fertility by improving nutrient cycling and moisture retention (Bo et al., 2023; Waheed et al., 2025). Biochar produced from lignin-rich feedstocks at high temperatures reduces methane and nitrous oxide emissions in acidic soils and supports long-term carbon sequestration. Conversely, manure-based biochar produced at lower temperatures can increase crop yields in low-productivity soils. Moreover, biochar helps mitigate environmental pollution by binding heavy metals and excess nutrients, while transforming waste into valuable agricultural inputs and supporting the circular bioeconomy (Yng et al., 2021; Bo et al., 2023).

Biochar plays a significant role in improving the chemical, physical, and microbiological properties of soil. Chemically, it positively influences pH, nutrient availability, cation exchange capacity, and functional groups; physically, it enhances bulk density, porosity, and water-holding capacity. In addition, biochar supports microbial life, thereby improving nutrient retention and productivity, while reducing greenhouse gas emissions during composting processes and enhancing overall soil quality. From this perspective, biochar stands out among CCUS technologies with both environmental and productive advantages (Osman et al., 2022). Beyond carbon capture and soil improvement, biochar also offers effective solutions in areas such as animal feed, composting, and water and soil treatment. The figure below illustrates the direct and indirect impacts of biochar use in livestock production.

**Figure 2.** Direct and Indirect Effects of Biochar Use in Livestock Production



**Source:** Osman et al. (2022).

As shown in the figure, the addition of biochar to animal feed provides direct physiological and microbial improvements across various species (pigs, fish, poultry, cattle, sheep, goats). These effects include increases in body weight and growth rate, reductions in pathogen load, decreases in feed conversion ratios, improvements in egg quality, and reductions in enteric methane emissions. Indirectly, enhanced manure quality contributes to lower greenhouse gas emissions, increased agricultural productivity, and support for climate change mitigation. These multifaceted impacts demonstrate that biochar represents a potential tool for sustainable livestock production and environmental improvement.

The literature also highlights numerous studies emphasizing the potential of biochar to reduce greenhouse gas emissions. For example, Xu et al. (2018) reported that soil improvement with biochar in China holds promise for reducing agricultural emissions, with significant decreases in carbon footprint observed in rice and maize production. Mohan et al. (2018), viewing the conversion of agricultural waste into biochar as a sustainable alternative to biomass burning, found that rice husk and maize stalk biochar produced via slow pyrolysis improved soil fertility during a 107-day-controlled incubation without fertilizer, enhancing water retention, organic carbon, and cation exchange capacity while reducing CO<sub>2</sub> emissions. Meanwhile, Song et al. (2022) emphasized that most agricultural carbon emissions stem from non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases and argued for the integration of biochar into global carbon trading systems, noting that its contribution to carbon neutrality varies depending on application conditions. In contrast, Mosa et al. (2023) suggested that integrating carbon released during organic matter decomposition into soil via biochar could stabilize carbon in a durable form, though field applications may yield limited effects. Bo et al. (2023) stressed the need for further research to identify factors limiting biochar's effectiveness in climate change mitigation, while noting that targeted applications in low-productivity sandy soils could deliver climate-friendly benefits.

In conclusion, biochar production, when applied to soil, enables the long-term storage of carbon, improves soil fertility, enhances water retention capacity, and stimulates microbial activity. As a result, greenhouse gas emissions can be reduced and crop yields increased. From a sustainability perspective, the utilization of agricultural waste for biochar production facilitates waste management, reduces reliance on chemical fertilizers, and mitigates environmental damage. Thus, biochar production and its

application in soils not only ensure long-term carbon sequestration but also emerge as a multifaceted technology that enhances agricultural productivity, reduces environmental impacts, and supports the circular economy.

### 1.2. Soil Carbon Sequestration

Soil carbon sequestration holds strategic importance in combating climate change, as it aims to store atmospheric carbon dioxide long-term through soil systems. As the largest terrestrial carbon reservoir on Earth, soil plays a critical role in reducing carbon emissions. In this context, carbon sequestration occurs through biological and physical processes such as plant residues, root exudates, microbial activity, and the formation of soil aggregates. When evaluated within the scope of CCUS technologies, soil carbon sequestration offers a significant application area for agricultural production systems. Studies in the literature clearly demonstrate the effectiveness of this process and its relationship with sustainable development goals.

Research in the field has revealed that soil, with approximately 2,344 gigatons of organic carbon content, constitutes the largest terrestrial carbon reservoir (Stockmann et al., 2013). This highlights the global potential of soil carbon sequestration and the need for comprehensive consideration of effective methods to reduce atmospheric carbon. Moreover, carbon sequestration in agricultural lands is frequently emphasized as a major mitigation strategy aligned with the 2°C target of the Paris Climate Agreement, playing a critical role in the global carbon cycle (Zomer et al., 2017). Studies have also addressed the role of root exudates in soil carbon sequestration within forest and grassland ecosystems in reducing atmospheric carbon emissions (Panchal et al., 2022), as well as the importance of soil organic carbon sequestration for soil fertility and ecosystem health (Nazir et al., 2024).

Numerous studies highlighting the role of soil carbon in the global carbon cycle have shown that factors such as depth, clay content, mineralogical composition, water-holding capacity, nutrient reserves, topographic position, and existing carbon stocks directly affect the carbon sink capacity of soils (Lal, 2018). Recent research has also examined the impacts of climatic conditions, biotic factors, and soil properties on carbon storage capacity (Rodrigues et al., 2023). In addition, studies addressing soil carbon sequestration in the context of climate change and land management are widely represented in the literature. Many of these emphasize that sustainable soil management plays a key role in combating climate change, with related technologies contributing to the storage of both organic and inorganic carbon in soils (Blanco-Canqui & Lal, 2004; Paustian et al., 2019; Agnihotri et al., 2021; Nazir et al., 2024). Nevertheless, despite this body of research, the long-term effects of soil carbon sequestration, its microbial and physical mechanisms, measurement and verification methods, and regional variations remain insufficiently clarified, indicating the need for deeper and multidisciplinary investigations in this field.

### 1.3. Biogas and Biomethane Systems

The production of biogas and biomethane through the anaerobic digestion of animal and plant waste is considered an important application both for reducing carbon emissions and for rural energy generation. The purpose of utilizing biogas and biomethane systems is to coordinate circular economy principles and waste management in order to achieve environmental and economic benefits.

In terms of mechanism, the process is based on the decomposition of organic waste by microorganisms in an oxygen-free environment to produce biogas. This process, also referred to as an anaerobic system, yields electricity, heat, and fuel, while the remaining digestate can be used as organic fertilizer (Neri et al., 2023; Adnane, 2024; Ngabala & Emmanuel, 2024). Most studies in the literature indicate that biogas and biomethane systems can reduce carbon emissions more effectively than direct storage or burning of waste (Balcioglu, 2022; Tisocco, 2024; Feng & Rosa, 2024). In particular, the use of animal waste in biogas production is thought to prevent the release of potent greenhouse gases such as

methane and nitrous oxide into the atmosphere (Møller, 2022; Lovanh, 2023; Nleya, 2025), thereby reducing the carbon footprint (Timonen et al., 2019; Mignogna et al., 2023; Feng & Rosa, 2024).

As can be seen, biogas and biomethane systems, like other technological approaches, contribute not only to environmental sustainability but also to rural development, the reduction of energy poverty, and the support of local economic vitality. By meeting basic energy needs such as electricity, heating, and cooking, these systems reduce dependence on traditional fuels, while the digestate by-products decrease the use of chemical fertilizers and promote sustainability in agricultural production. However, achieving higher efficiency requires appropriate feedstock selection, process optimization, and technological infrastructure, while strengthening incentive mechanisms and addressing knowledge gaps are also necessary for economic sustainability.

In conclusion, biogas and biomethane systems represent an important CCUS technology that can be integrated into agricultural production processes and enable the utilization of organic waste. Their widespread adoption, in line with circular economy principles, is regarded as a multifaceted and strategic solution for both combating climate change and ensuring energy security. Beyond their environmental benefits, these systems also support rural development, stimulate local economic activity, and encourage sustainable agricultural practices.

#### 1.4. Photosynthesis-Based Innovative Solutions

Photosynthesis-based innovative CCUS technologies in the agricultural sector aim both to capture carbon and to enhance productivity, targeting the biological storage of atmospheric carbon emissions by increasing the natural photosynthetic capacity of plants. Defined as photosynthesis-focused strategies in agricultural applications, these systems encompass both biological and engineering-based approaches and are regarded as pioneering tools for improving agricultural productivity and sustainability.

Research in the field emphasizes the critical importance of optimizing the photosynthetic mechanism through genetic and biochemical pathways to unlock the potential of agricultural production (Ort et al., 2015; Croce et al., 2024; Khan et al., 2024a). In this context, genetic and synthetic biology approaches—such as transferring carbon-concentrating mechanisms into plants, bypassing photorespiration, and developing synthetic carbon fixation strategies—have attracted considerable attention (Erb & Zarzycki, 2016; Khan et al., 2024a). Furthermore, the use of carbon quantum dots and nanomaterials, which stand out for their low toxicity and high biocompatibility, to accelerate photosynthesis represents nanotechnology-based innovative solutions (Liu et al., 2019; Chowmasundaram, 2023).

Photosynthesis-based CCUS technologies also offer significant advantages in terms of agricultural impacts and outcomes. For instance, genetic/biosystem design, which involves genetic engineering and the addition of biological components for photosynthesis and carbon storage, has been shown to deliver substantial yield increases (Yang et al., 2021). Plant design methods for carbon farming can produce varieties with enhanced root development, photosynthesis, and microbial interactions, thereby contributing to sustainability (Jansson et al., 2021). Beyond these, applications of biomass-derived carbon dots applied to plants via foliar spraying (Cheng et al., 2023), as well as artificial photosynthesis systems that electrochemically convert carbon emissions into acetate for plant production, have demonstrated up to four-fold increases in efficiency in the conversion of sunlight into food (Hann et al., 2022).

CCUS technologies applied in the agricultural sector—biochar production, soil carbon sequestration, biogas and biomethane systems, and photosynthesis-based innovative solutions—not only contribute to the biological reduction of atmospheric carbon but also provide multidimensional benefits such as preserving soil health, enhancing production efficiency, integrating renewable energy, and promoting



rural development. By combining biological processes with engineering-based approaches, these multidisciplinary technologies create a broad sphere of influence ranging from restructuring soil ecosystems to integrating circular economy principles into agriculture, thereby serving as a strategic instrument of transformation in the development of future climate-friendly agricultural models.

## 2. Approaching CCUS Technologies From a Sustainability Perspective

The integration of CCUS technologies into agricultural production processes is not limited to reducing carbon emissions; it also provides holistic contributions to the environmental, economic, and social dimensions of sustainable development. Applications such as biochar production are known to improve soil structure, increase water-holding capacity, and significantly enhance crop productivity, particularly in nutrient-poor or degraded soils—developments regarded as critical for environmental sustainability. Moreover, approaches such as biochar application and soil carbon sequestration enable the long-term storage of carbon in soils, thereby contributing to the reduction of atmospheric greenhouse gas emissions and assigning strategic roles to the agricultural sector in climate change mitigation. In addition, the adsorption capacity of biochar for heavy metals and excess nutrients prevents water pollution and supports environmental sustainability by preserving soil quality (Alkharabsheh, 2021; Elkhilifi, 2023; Bera, 2024; Waheed, 2025).

Beyond environmental sustainability, a sustainability-oriented perspective on CCUS technologies reveals various contributions in economic and social dimensions. In particular, applications such as biogas and biochar systems transform agricultural and animal waste into energy and organic fertilizer, thereby providing farmers with additional income and employment opportunities and contributing to rural development (Liang et al., 2023; Waheed, 2025). Furthermore, the use of biogas systems in rural areas for renewable energy supply helps reduce energy poverty and integrates waste management with circular economy principles (Chiquier et al., 2025). In addition to these economic and social sustainability contributions, improvements in soil health and increases in agricultural productivity are frequently emphasized in the literature as supporting food security, thereby strengthening the resilience of agricultural systems against climate change (Bera, 2024; Khan et al., 2024b; Shyam, 2025).

In conclusion, approaching CCUS technologies from a sustainability perspective demonstrates that their contributions extend beyond environmental impacts to include economic efficiency and social development. Multifaceted benefits such as improving soil health, generating renewable energy, supporting food security, and increasing rural employment position these technologies as strategic instruments that holistically support the environmental, economic, and social components of sustainable agriculture.

## 4. Gaps and Critiques in The Literature

Within the scope of the bibliographic review, the analyzed studies address different dimensions of CCUS technologies in the agricultural sector. Table 1 summarizes the main characteristics, objectives, methods, findings, and contributions of these studies, thereby providing a comprehensive overview of the existing body of knowledge.

**Table 1: Comparative Analysis of Selected Literature on CCUS Technologies**

|   | Authors and Year of Study   | Objective and Method                                                                                                                         | Key Findings and Contribution to the Literature                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <b>Jokubė et al. (2025)</b> | To evaluate the economic feasibility of biochar for carbon stock in agricultural soils. (Economic Modeling)                                  | Found that despite the environmental benefits of biochar, its economic sustainability depends on carbon credit mechanisms and incentives. Focused on the economic barriers to the widespread adoption of biochar.                                                             |
| 2 | <b>Waheed et al. (2025)</b> | To examine the effects of biochar as a climate-smart agricultural practice on sustainable crop production. (Comprehensive Literature Review) | Highlighted that biochar plays an important role in combating climate change by improving soil quality and reducing greenhouse gas emissions. Systematized the multidimensional benefits of biochar within the framework of "climate-smart agriculture."                      |
| 3 | <b>Adnane et al. (2024)</b> | To review the processes and potential of biogas production from agricultural waste. (Systematic Review)                                      | Indicated that biogas systems contribute to the circular economy by improving waste management and generating renewable energy. Summarized the technical and environmental benefits of biogas production.                                                                     |
| 4 | <b>Saxena et al. (2024)</b> | To explore innovative CCUS approaches for environmental management. (Review Article)                                                         | Stated that CCUS is a critical technique for reducing CO <sub>2</sub> emissions from industrial sources and emphasized the importance of innovative applications in sectors such as agriculture. Defined the role of CCUS within broader environmental management strategies. |
| 5 | <b>Bo et al. (2023)</b>     | To review the roles of biochar in mitigating climate change and improving soil quality. (Systematic Review)                                  | Confirmed the long-term carbon storage potential of biochar and its positive effects on soil fertility. Supported the environmental and agricultural benefits of biochar with scientific evidence.                                                                            |
| 6 | <b>Lovanh (2023)</b>        | To investigate the reduction of greenhouse gas emissions from pig manure through anaerobic digestion. (Experimental Study)                   | Demonstrated that anaerobic digestion provides high efficiency in controlling methane emissions. Empirically showed the effectiveness of biogas technology in specific livestock waste contexts.                                                                              |
| 7 | <b>Mosa et al. (2023)</b>   | To evaluate the challenges and perspectives of biochar in terms of environmental sustainability. (Review Article)                            | Concluded that despite the environmental benefits of biochar, its effectiveness in field applications may be limited and further research is needed. Drew attention to the technical and practical challenges hindering the widespread adoption of biochar.                   |



|    |                            |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <b>Neri et al. (2023)</b>  | To examine the role of biogas and biomethane in the circular economy. (Literature Review)                        | Emphasized that biogas systems form the foundation of the circular economy by converting waste into energy and fertilizer. Highlighted the economic and waste management dimensions of biogas.                                                                                                     |
| 9  | <b>Balcioglu (2022)</b>    | To conduct a life cycle assessment (LCA) of biogas production from agricultural waste. (Life Cycle Analysis)     | Quantitatively demonstrated that biogas production significantly reduces carbon emissions compared to direct waste disposal. Scientifically validated the environmental benefits of biogas through methodological analysis.                                                                        |
| 10 | <b>Smith et al. (2023)</b> | To explore ways of improving plant photosynthesis for enhanced food security. (Review Article)                   | Stated that increasing photosynthetic efficiency offers greater biomass production and thus higher carbon capture potential. Emphasized the importance of photosynthesis as the natural and biological dimension of CCUS.                                                                          |
| 11 | <b>Møller (2022)</b>       | To examine strategies for reducing greenhouse gas emissions from manure management. (Review Article)             | Found that anaerobic digestion (biogas) is the most effective method for controlling methane and nitrous oxide emissions. Identified the critical role of biogas in reducing livestock-related emissions.                                                                                          |
| 12 | <b>Osman et al. (2023)</b> | To investigate the soil improvement potential of biochar. (Systematic Review)                                    | Found that biochar positively affects key soil properties such as pH, cation exchange capacity, and water-holding capacity. Categorized the impacts of biochar on soil chemistry and physics.                                                                                                      |
| 13 | <b>Osman et al. (2022)</b> | To analyze the direct and indirect effects of biochar use in livestock production. (Literature Review)           | Determined that adding biochar to animal feed reduces enteric methane emissions and improves manure quality. Highlighted the CCUS potential of biochar in livestock systems.                                                                                                                       |
| 14 | <b>Song et al. (2022)</b>  | To examine the challenges and opportunities of integrating biochar into carbon trading systems. (Review Article) | Noted that biochar's contribution to carbon neutrality varies depending on application conditions and emphasized the critical importance of integration into global carbon markets. Provided a roadmap for carbon market integration by focusing on the economic and policy dimensions of biochar. |
| 15 | <b>Lau et al. (2021)</b>   | To investigate the role of CCUS in the energy transition. (Policy and Modeling)                                  | Emphasized that CCUS is one of the least energy- and capital-intensive strategies for preventing climate change and plays a key role in the energy transition. Highlighted the importance of CCUS in macroeconomic and energy policy contexts.                                                     |

|    |                                 |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | <b>Ding et al. (2016)</b>       | To analyze the effects of biochar properties on soil fertility. (Literature Review)                                                         | Demonstrated that biochar improves chemical, physical, and microbiological properties of soil, thereby strengthening nutrient cycling. Provided a detailed explanation of biochar's effects on soil mechanisms.                       |
| 17 | <b>Basso &amp; Antle (2020)</b> | To examine the role of digital agriculture in designing sustainable farming systems. (Conceptual and Applied Review)                        | Found that precision agriculture practices optimize input use, reduce indirect emissions (N <sub>2</sub> O), and support carbon capture. Highlighted the importance of integrating digital technologies into CCUS processes.          |
| 18 | <b>Paustian et al. (2019)</b>   | To identify research and policy needs for soil carbon sequestration as a climate mitigation strategy. (Policy Analysis)                     | Emphasized that sustainable soil management plays a key role in combating climate change and that policy stability is essential. Provided concrete recommendations for developing soil carbon policies.                               |
| 19 | <b>Lal (2018)</b>               | To provide a holistic perspective on factors affecting soil organic carbon sequestration in agricultural ecosystems. (Comprehensive Review) | Highlighted that soil properties (clay content, depth) and management practices play critical roles in carbon retention. Offered an in-depth, holistic framework for soil carbon sequestration mechanisms.                            |
| 20 | <b>Paolini et al. (2018)</b>    | To review the environmental impacts of biogas. (Comprehensive Review)                                                                       | Stated that biogas provides environmental benefits through fossil fuel substitution and waste management, but operational efficiency of facilities is critical. Presented a balanced view of the benefits and risks of biogas.        |
| 21 | <b>Xu et al. (2018)</b>         | To assess the potential of biochar to reduce greenhouse gas emissions from rice paddies in China. (Experimental Study – Field Application)  | Demonstrated that biochar application significantly reduces the carbon footprint in rice and maize production. Empirically validated the emission reduction effectiveness of biochar in specific agricultural systems (rice paddies). |
| 22 | <b>Mohan et al. (2018)</b>      | To investigate biochar production from agricultural waste and its soil improvement potential. (Experimental Study – Laboratory)             | Found that rice husk and maize stalk biochars improve soil fertility, water retention, and organic carbon. Compared the biochar potential of different agricultural wastes.                                                           |
| 23 | <b>Zomer et al. (2017)</b>      | To estimate the global sequestration potential of increasing soil organic carbon in agricultural                                            | Calculated that soil carbon sequestration in agricultural lands is a major mitigation strategy for achieving the Paris Agreement targets. Quantitatively revealed the global potential of soil carbon sequestration.                  |

|    |                                |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                | lands. (Modeling and Data Analysis)                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                         |
| 24 | <b>Stockmann et al. (2013)</b> | To examine the known, unknown, and uncertain aspects of soil organic carbon sequestration. (Conceptual Review) | Stated that soil is the largest terrestrial carbon reservoir and that sequestration depends on complex biological and physical processes. Identified knowledge gaps and research priorities in the field of soil carbon sequestration.  |
| 25 | <b>Mata et al. (2010)</b>      | To review the potential of microalgae for biodiesel production and other applications. (Systematic Review)     | Noted that microalgae capture CO <sub>2</sub> with high photosynthetic efficiency and convert the captured carbon into valuable products. Detailed the potential of algae-based bioreactors within the "Utilization" dimension of CCUS. |

As summarized in Table 1, the literature demonstrates a strong consensus regarding the technical feasibility of CCUS technologies in the agricultural sector. In particular, biochar and biogas/biomethane systems stand out by offering dual benefits in terms of both emission reduction and improvements in agricultural productivity. The reviewed studies have empirically confirmed that biochar enhances soil quality (pH, water-holding capacity) [13] and reduces methane emissions [23, 21]. However, the variability of these benefits depending on application conditions (feedstock type, pyrolysis temperature, soil type) [7, 14] constitutes a major optimization challenge to fully realizing the technical potential. In the field of soil carbon sequestration, while the magnitude of global potential [23] and the importance of management practices (e.g., reduced tillage) [18] are acknowledged, the reliable and cost-effective measurement of long-term carbon retention [19] remains an unresolved methodological issue.

The most critical gap in the literature lies in the dimensions of economic sustainability and policy integration. While the majority of studies focus on technical and environmental benefits, economic indicators such as return on investment (ROI) and operational costs from the farmer's perspective are often neglected. A limited number of economic modeling studies, such as Jokubė et al. (2025), clearly demonstrate that the economic feasibility of biochar depends on carbon credit mechanisms and incentives. Biogas/biomethane systems, although contributing significantly to the circular economy through waste management and energy generation [8, 9], face major barriers to widespread adoption due to high initial investment costs and the lack of economic feasibility for small-scale farms. As highlighted by policy-oriented studies such as Lau et al. (2021) and Saxena et al. (2024), this situation underscores the need for long-term and stable policy support mechanisms to ensure that CCUS plays a key role in energy transition and environmental management. Although the literature acknowledges that the success of these technologies ultimately depends on farmer adaptation, there is a lack of studies examining socio-economic factors such as farmer perceptions, risk tolerance, knowledge gaps, and training needs. The adoption of a new technology is not merely a technical decision but also a cultural and economic one. The absence of research in this area represents a significant limitation in understanding why incentive mechanisms designed by policymakers are not embraced by the target audience.

In conclusion, the reviewed literature strongly demonstrates that the agricultural sector holds significant potential in combating climate change through CCUS technologies. However, fully realizing this potential requires moving beyond technical optimization to establish policy frameworks that

ensure economic sustainability and to deepen behavioral economics research examining farmer adaptation. This bibliographic review clearly indicates that future studies must focus on filling these socio-economic and policy gaps.

### Conclusion and Policy Recommendations

The applicability of Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) technologies in the agricultural sector emerges as a strategic opportunity in the fight against climate change. Biochar production, soil carbon sequestration, biogas and biomethane systems, and photosynthesis-based innovative solutions not only deliver environmental benefits but also provide multidimensional contributions in areas such as production efficiency, energy access, and rural development. These technologies are regarded as transformative instruments that holistically support the environmental, economic, and social components of sustainable agriculture.

Nevertheless, while the existing literature strongly demonstrates the technical feasibility of CCUS technologies, it remains limited in terms of socio-economic impacts, cost-effectiveness levels, and policy support mechanisms. Factors such as farmer behavior, return on investment, and knowledge gaps constitute significant barriers to the widespread adoption of these technologies. This indicates that for CCUS technologies to be effectively implemented in the agricultural sector, considerations must extend beyond technical optimization to include economic sustainability and social acceptability.

This bibliographic review systematically compiles current academic studies to provide both researchers and policymakers with a holistic and forward-looking framework for evaluating CCUS technologies in agriculture. Future research adopting interdisciplinary approaches to address socio-economic and policy gaps will generate significant momentum in the climate-friendly transformation of agriculture. In particular, strengthening behavioral economics perspectives, incentive mechanisms, and long-term policy support will accelerate the integration of CCUS technologies into sustainable farming systems and position the agricultural sector as a strategic actor in achieving global climate goals.

### References

- Adnane, I., Taoumi, H., Elouahabi, A., Lahrech, K., & Oulmekki, A. (2024). Valorization of crop residues and animal wastes: Anaerobic co-digestion technology. *Heliyon*, 10(5), e26440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26440>
- Agnihotri, R., Sharma, M., Prakash, A., Ramesh, A., Bhattacharjya, S., Patra, A., Manna, M., Kurganova, I., & Kuzyakov, Y. (2021). Glycoproteins of arbuscular mycorrhiza for soil carbon sequestration: Review of mechanisms and controls.. *The Science of the total environment*, 806(2), 150571. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150571>
- Alkharabsheh, H., Seleiman, M., Battaglia, M., Shami, A., Jalal, R., Alhammad, B., Almutairi, K., & Al-Saif, A. (2021). Biochar and its broad impacts in soil quality and fertility, nutrient leaching and crop productivity: A review. *Agronomy*, 11(5), 993. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050993>
- Balcioglu, G., Jeswani, H. K., & Azapagic, A. (2022). Evaluating the environmental and economic sustainability of energy from anaerobic digestion of different feedstocks in Turkey. *Sustainable Production and Consumption*, 32, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.011>
- Basso, B., & Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3, 254–256. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-0>
- Bera, B. (2024). Biomass-derived biochar and its role in carbon sequestration and soil health improvement. *Plant Science Review*. <https://doi.org/10.51470/psr.2024.05.01.01>
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2004). Mechanisms of Carbon Sequestration in Soil Aggregates. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(6), 481 - 504. <https://doi.org/10.1080/07352680490886842>
- Bo, X., Zhang, Z., Wang, J., Guo, S., Li, Z., Lin, H., Huang, Y., Han, Z., Kuzyakov, Y., & Zou, J. (2023). Benefits and limitations of biochar for climate-smart agriculture: a review and case study from China. *Biochar*, 5, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00279-x>

- Cheng, B., Yang, Z., Chen, F., Yue, L., Cao, X., Li, J., Qian, H., Yan, X., Wang, C., & Wang, Z. (2023). Biomass-derived carbon dots with light conversion and nutrient provisioning capabilities facilitate plant photosynthesis.. *Science of The Total Environment*, 901, 165973. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165973>
- Chiquier, S., Gurgel, A., Morris, J., Chen, Y., & Paltsev, S. (2025). Integrated assessment of carbon dioxide removal portfolios: land, energy, and economic trade-offs for climate policy. *Environmental Research Letters*, 20. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ada4c0>
- Chowmasundaram, Y., Tan, T., Nulit, R., Jusoh, M., & Rashid, S. (2023). Recent developments, applications and challenges for carbon quantum dots as a photosynthesis enhancer in agriculture. *RSC Advances*, 13, 25093 - 25117. <https://doi.org/10.1039/d3ra01217d>
- Croce, R., Carmo-Silva, E., Cho, Y., Ermakova, M., Harbinson, J., Lawson, T., McCormick, A., Niyogi, K., Ort, D., Patel-Tupper, D., Pesaresi, P., Raines, C., Weber, A., & Zhu, X. (2024). Perspectives on improving photosynthesis to increase crop yield. *The Plant Cell*, 36(10), 3944 - 3973. <https://doi.org/10.1093/plcell/koae132>
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X. & Zheng, B. (2016). Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy For Sustainable Development*, 36(2), 36. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0372-z>
- Elkhilifi, Z., Iftikhar, J., Sarraf, M., Ali, B., Saleem, M., Ibranshabib, I., Bispo, M., Meili, L., Ercişli, S., Kayabasi, E., Ansari, N., Hegedűsová, A., & Chen, Z. (2023). Potential role of biochar on capturing soil nutrients, carbon sequestration and managing environmental challenges: A review. *Sustainability*, 15(3) <https://doi.org/10.3390/su15032527>
- Erb, T., & Zarzycki, J. (2016). Biochemical and synthetic biology approaches to improve photosynthetic CO<sub>2</sub>-fixation. *Current opinion in Chemical Biology*, 34, 72-79 . <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.06.026>
- Feng, Y., & Rosa, L. (2024). Global biomethane and carbon dioxide removal potential through anaerobic digestion of waste biomass. *Environmental Research Letters*, 19. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad1e81>
- Hann, E., Overa, S., Harland-Dunaway, M., Narvaez, A., Le, D., Orozco-Cárdenas, M., Jiao, F., & Jinkerson, R. (2022). A hybrid inorganic–biological artificial photosynthesis system for energy-efficient food production. *Nature Food*, 3, 461 - 471. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00530-x>
- Jansson, C., Faiola, C., Wingler, A., Zhu, X., Kravchenko, A., De Graaff, M., Ogden, A., Handakumbura, P., Werner, C., & Beckles, D. (2021). Crops for carbon farming. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.636709>
- Jokubė, M., Hyrynen, M., Pihlainen, S., & Hyytiäinen, K. (2025). Economic feasibility of biochar for carbon stock enhancement in Finnish agricultural soils. *Carbon Management*, 16(1), 2465328. <https://doi.org/10.1080/17583004.2025.2465328>
- Khan, N., Choi, S., Lee, C., Qu, M., & Jeon, J. (2024a). Photosynthesis: Genetic strategies adopted to gain higher efficiency. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16). <https://doi.org/10.3390/ijms25168933>
- Khan, S., Irshad, S., Mehmood, K., Hasnain, Z., Nawaz, M., Rais, A., Gul, S., Wahid, M., Hashem, A., Allah, E., & Ibrar, D. (2024b). Biochar production and characteristics, its impacts on soil health, crop production, and yield enhancement: A review. *Plants*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/plants13020166>
- Lal, R. (2018). Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Global Change Biology*, 24(8), 3285 - 3301. <https://doi.org/10.1111/gcb.14054>
- Lau, H. C., Ramakrishna, S., Zhang, K., & Radhamani, A. V. (2021). The role of carbon capture and storage in the energy transition. *Energy & Fuels*, 35(9), 7364-7386. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c00032>



- Liang, X., Wang, C., Wang, H., Qiu, X., Ji, H., Ju, H., & Wang, J. (2023). Synergistic effect on soil health from combined application of biogas slurry and biochar. *Chemosphere*, 343, 140228 . <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140228>
- Liu, Y., Yue, L., Wang, Z., & Xing, B. (2019). Processes and mechanisms of photosynthesis augmented by engineered nanomaterials. *Environmental Chemistry*. 16(6) <https://doi.org/10.1071/en19046>
- Lovanh, N., Loughrin, J., Ruiz-Aguilar, G., & Sistani, K. (2023). Methane production from a rendering waste covered anaerobic digester: Greenhouse gas reduction and energy production. *Energies*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/en16237844>
- Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 217–232. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020>
- Mignogna, D., Ceci, P., Cafaro, C., Corazzi, G., & Avino, P. (2023). Production of biogas and biomethane as renewable energy sources: A review. *Applied Sciences*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/app131810219>
- Mohan, D., Abhishek, K., Sarswat, A., Patel, M., Singh, P., & Pittman, C. (2018). Biochar production and applications in soil fertility and carbon sequestration – a sustainable solution to crop-residue burning in India. *RSC Advances*, 8, 508-520. <https://doi.org/10.1039/c7ra10353k>
- Møller, H., Sørensen, P., Olesen, J., Petersen, S., Nyord, T., & Sommer, S. (2022). Agricultural biogas production—climate and environmental impacts. *Sustainability*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031849>
- Mosa, A., Mansour, M., Soliman, E., El-Ghamry, A., Alfay, E., & Kenawy, A. (2023). Biochar as a soil amendment for restraining greenhouse gases emission and improving soil carbon sink: Current situation and ways forward. *Sustainability*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021206>
- Nazir, M., Li, G., Nazir, M., Zulfiqar, F., Siddique, K., Iqbal, B., & Du, D. (2024). Harnessing soil carbon sequestration to address climate change challenges in agriculture. *Soil and Tillage Research*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105959>
- Neri, A., Bernardi, B., Zimbalatti, G., & Benalia, S. (2023). An overview of anaerobic digestion of agricultural by-products and food waste for biomethane production. *Energies*, 16(19), 6851. <https://doi.org/10.3390/en16196851>
- Ngabala, F., & Emmanuel, J. (2024). Potential substrates for biogas production through anaerobic digestion-an alternative energy source. *Heliyon*, 10(23). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40632>
- Nleya, Y., Young, B., Nooraee, E., & Baroutian, S. (2025). Anaerobic digestion of dairy cow and goat manure: Comparative assessment of biodegradability and greenhouse gas mitigation. *Fuel*, 381(B), <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.133458>
- Ort, D., Merchant, S., Alric, J., Barkan, A., Blankenship, R., Bock, R., Croce, R., Hanson, M., Hibberd, J., Long, S., Moore, T., Moroney, J., Niyogi, K., Parry, M., Peralta-Yahya, P., Prince, R., Redding, K., Spalding, M., Van Wijk, K., Vermaas, W., Von Caemmerer, S., Weber, A., Yeates, T., Yuan, J., & Zhu, X. (2015). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(28), 8529 - 8536. <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>
- Osman, A., Fawzy, S., Farghali, M., El-Azazy, M., Elgarahy, A., Fahim, R., Maksoud, M., Ajlan, A., Yousry, M., Saleem, Y., & Rooney, D. (2022). Biochar for agronomy, animal farming, anaerobic digestion, composting, water treatment, soil remediation, construction, energy storage, and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2385 - 2485. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01424-x>
- Osman, A. I., et al. (2023). Machine learning and computational chemistry to improve biochar fertilizers: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(6), 3159-3244. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01631-0>



- Panchal, P., Preece, C., Peñuelas, J., & Giri, J. (2022). Soil carbon sequestration by root exudates.. *Trends in plant science*, 27(8). <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.04.009>
- Paolini, V., et al. (2018). Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53(10), 899–906. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1459076>
- Paustian, K., Larson, E., Kent, J., Marx, E., & Swan, A. (2019). Soil C sequestration as a biological negative emission strategy. *Frontiers in Climate*, 1, <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00008>
- Rodrigues, C., Brito, L., & Nunes, L. (2023). Soil carbon sequestration in the context of climate change mitigation: A review. *Soil Systems*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/soilsystems7030064>
- Saxena, A., et al., (2024). Innovative pathways in carbon capture: Advancements and strategic approaches for effective carbon capture, utilization, and storage. *Sustainability*, 16(22), 10132. <https://doi.org/10.3390/su162210132>
- Shyam, S., Ahmed, S., Joshi, S., & Sarma, H. (2025). Biochar as a soil amendment: Implications for soil health, carbon sequestration, and climate resilience. *Discover Soil*, 2, <https://doi.org/10.1007/s44378-025-00041-8>
- Song, B., Almatrafi, E., Tan, X., Luo, S., Xiong, W., Zhou, C., Qin, M., Liu, Y., Cheng, M., Zeng, G., & Gong, J. (2022). Biochar-based agricultural soil management: An application-dependent strategy for contributing to carbon neutrality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 164, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112529>
- Smith, E. N., van Aalst, M., Tosens, T., Niinemets, Ü., Stich, B., Morosinotto, T., ... & Weber, A. P. (2023). Improving photosynthetic efficiency toward food security: Strategies, advances, and perspectives. *Molecular Plant*, 16(10), 1547-1563. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2023.08.017>
- Stockmann, U., Adams, M., Crawford, J., Field, D., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A., De Rémy De Courcelles, V., Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P., Chenu, C., Jastrow, J., Lal, R., Lehmann, J., O'donnell, A., Parton, W., Whitehead, D., & Zimmermann, M. (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 80-99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>
- Timonen, K., Sinkko, T., Luostarinen, S., Tampio, E., & Joensuu, K. (2019). LCA of anaerobic digestion: Emission allocation for energy and digestate. *Journal of Cleaner Production*, 235 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.085>
- Tisocco, S., Beausang, C., Zhan, X., & Crosson, P. (2024). Integration of anaerobic co-digestion of grass silage and cattle slurry within a livestock farming system in Ireland: Quantification of greenhouse gas emission reduction and nutrient flow. *Resources, Conservation and Recycling*, 206, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107650>
- Waheed, A., Xu, H., Qiao, X., Aili, A., Yiremaikebayi, Y., Dou, H., & Muhammad, M. (2025). Biochar in sustainable agriculture and Climate Mitigation: Mechanisms, challenges, and applications in the circular bioeconomy. *Biomass and Bioenergy*, 193, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107531>
- Xu, X., Cheng, K., Wu, H., Sun, J., Yue, Q., & Pan, G. (2018). Greenhouse gas mitigation potential in crop production with biochar soil amendment—a carbon footprint assessment for cross-site field experiments from China. *GCB Bioenergy*, 11(4) 592 – 605 <https://doi.org/10.1111/gcbb.12561>
- Yang, Q., Mašek, O., Zhao, L., Nan, H., Yu, S., Yin, J., Li, Z., & Cao, X. (2021). Country-level potential of carbon sequestration and environmental benefits by utilizing crop residues for biochar implementation. *Applied Energy*. 282(B), <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116275>
- Yang, X., Liu, D., Lu, H., Weston, D., Chen, J., Muchero, W., Martín, S., Liu, Y., Hassan, M., Yuan, G., Kalluri, U., Tschapinski, T., Mitchell, J., Wulschleger, S., & Tuskan, G. (2021). biological parts for plant biodesign to enhance land-based carbon dioxide removal. *BioDesign Research*, 2021. <https://doi.org/10.34133/2021/9798714>

Zomer, R. J., Bossio, D. A., Sommer, R. & Verchot, L. (2017). Global sequestration potential of increased organic carbon in cropland soils. *Scientific Reports*, 7, 15554 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>

## Policy Transformation Analysis of Organic Farming Policies in Türkiye in the Context of Alignment with the European Green Deal

Dr. Süheyla Ağızan

Selcuk University, Konya, Türkiye

Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan

Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

### Abstract

The research evaluated how well Türkiye's organic farming policies match the requirements of the European Union's Farm to Fork Strategy under the European Green Deal framework. The research conducts a systematic evaluation of current policy barriers in Türkiye to assess the Green Deal's environmental sustainability and food security and agricultural carbon reduction targets. The research develops a 'Policy Compliance Index' which combines environmental and legal and economic assessment criteria from the Farm to Fork strategy for the first time. The index allows researchers to perform quantitative assessments of Turkish organic farming policies relative to EU standards and strategies. The research used qualitative content analysis to assess Ministry of Agriculture and Forestry documents and European Commission reports and FAO and IFOAM publications through thematic coding to identify compliance levels and implementation tools and outcome indicators. The research team established index weights through a combination of EU strategy document criteria and peer-reviewed literature indicators and expert feedback and conducted sensitivity and robustness tests. The research developed three separate sub-indices which evaluated institutional readiness and budgeting and human resources and farmer adoption patterns and market governance through certified input supply and market access and digital infrastructure and traceability systems. The research includes SWOT and GAP analyses which show policy weaknesses and suggest ways to enhance them. The research provides particular recommendations for EU standard alignment through EU standard alignment and institutional coordination and data-based performance assessment systems which demonstrate organic farming's transformative power.

**Keywords:** Green Deal, Farm to Fork, Organic Farming, Policy Alignment Index

## Introduction

The growing impact of global climate change and fast depletion of natural resources and environmental deterioration and food security instability require new agricultural policy approaches. Organic farming methods which use nature-friendly practices and emit low carbon and protect biodiversity and focus on human health have become essential for achieving sustainable development targets (Magnano, Falasconi & Giordano, 2024). The European Union (EU) established its most detailed policy framework to direct this transformation through the European Green Deal which it published in 2019. The Agreement functions as a strategic blueprint which unites economic growth with environmental protection to establish a carbon-neutral European territory during the year 2050. The agricultural sector serves as the foundation for this vision which the Farm to Fork strategy established through its holistic sustainability framework (Boix-Fayos & de Vente, 2023).

The Farm to Fork strategy views the food system beyond its production functions to recognize its complete structure which emerges from environmental and social and economic elements. The strategy contains essential targets which include pesticide reduction by half and chemical fertilizer reduction by one-fifth and antibiotic restriction and organic farming expansion to reach 25% of EU agricultural land by 2030 (Muska & Pilvere, 2025). Organic farming serves as a dual-purpose policy which addresses environmental concerns and functions as an economic transformation tool to achieve market equality and rural development and public health protection. Multiple institutional barriers and economic challenges exist throughout the European Union which prevent the achievement of these targets according to research findings. The organic production target faces potential failure because market dynamics do not provide sufficient support which could result in decreased farmer earnings and market instability and supply-demand imbalances (Moschitz et al., 2021).

The European Green Deal requires particular measures which need to follow the Common Agricultural Policy (CAP) framework to achieve successful implementation. The CAP reform for 2023–2027 established a new support system which provides farmers with performance-based incentives to reduce carbon emissions and organic production subsidies (Cuadros-Casanova et al., 2023). Boix-Fayos and de Vente (2023) show that environmental policy success needs fundamental changes to social and economic systems instead of depending on technical fixes. The assessment indicates sustainable agriculture requires social change to achieve its objectives because it needs economic equity and improved working standards and enduring local growth.

Organic farming policies in Turkey hold strategic value because they align with EU membership goals. The Organic Farming Law which Turkey passed in 2010 established an institutional framework for organic farming after Turkey started its organic farming legislative work in 1994. The 'Organic Farming Strategic Plan' established new support systems and certification programs following 2013. Research studies have not yet fully evaluated how Turkish organic farming regulations match the environmental standards and governance requirements of the European Green Deal and Farm to Fork strategy (Ataseven, 2022). Organic farming covers only 2.5% of Turkey's agricultural land according to 2023 statistics which falls short of the EU's 2030 organic farming target. The legislative progress in Turkey needs to be supported by better implementation capabilities and improved traceability systems and digital certification systems.

The Green Deal and Farm to Fork strategy require three essential components for their implementation which include policy coherence and monitoring systems and digital transformation initiatives. Montanarella and Panagos (2021) established soil health as the fundamental requirement for sustainable farming systems while showing organic farming methods help Europe achieve its goal to decrease pesticide use by half (Montanarella & Panagos, 2021). Organic production levels across EU member states differ because their institutions operate at different strengths and their markets exist

at different stages of development and their communities demonstrate varying levels of environmental awareness (Wrzaszcz, 2023). The authors of Magnano et al. (2024) support the need to evaluate organic production through multiple indicators which include environmental performance and labor conditions and social sustainability aspects. Research indicates that sustainable agriculture policy success depends on evaluating environmental results together with social performance indicators and governance system performance.

The Turkish government faces multiple barriers when implementing organic farming policies because certification expenses remain high and markets remain restricted and there is insufficient information infrastructure. The certification process expenses for organic producers remain high according to Kızılaslan and Albayrak (2020) while state-backed support programs fail to provide sufficient relief for these costs. The economic benefits farmers receive from organic farming practices determine their decision to adopt organic methods more than environmental considerations indicate Turkey faces difficulties in achieving sustainable organic farming practices. The research shows Turkey faces obstacles to establish sustainable organic farming because farmers choose economic benefits over environmental protection when making decisions.

The international research community has created index-based systems which measure policy effectiveness against their established targets. The OECD developed the Agri-Environmental Policy Performance Index (2021) to help worldwide policy evaluations through its combination of environmental information with regulatory tools. The model fails to account for the institutional and economic variations which exist particularly in non-EU countries. A Policy Alignment Index needs to be developed specifically for Turkey and other candidate countries because it must consider their unique circumstances and their ability to implement policies. The research develops quantitative assessment methods to measure Turkish organic farming policies against EU Farm to Fork standards.

The EU organic farming policies face opposition from biotechnological advancements according to Purnhagen and colleagues (2021) which could reduce production efficiency in the long run. The regulatory challenges Turkey will face during its EU harmonization process become apparent through this debate. The Farm to Fork strategy enables rural development support through digitalization and knowledge sharing and innovation ecosystem development according to Goulas and Papachatzis (2024). Turkey needs to enhance its institutional strength and monitoring systems and digital certification systems to achieve EU organic farming policy compliance.

The research develops a complete assessment system for European Green Deal organic farming policies through the creation of a Farm to Fork-based Policy Alignment Index for Turkey. The research combines qualitative and quantitative methods to develop a complete assessment framework which includes thematic policy document analysis and expert-weighted evaluation and sensitivity analysis. The research develops new analytical methods for agricultural research while creating EU compliance policies for Turkey.

Organic farming policies serve two essential functions because they protect the environment and create a complete system that develops economic power and social equity and institutional management capabilities. The European Green Deal's sustainable food system mission needs Turkey to assess its advancement because this information remains essential for researchers and policymakers. The research provides an evaluation method which helps Turkey measure its alignment with EU standards in organic farming practices. The research develops an assessment framework to determine how well Turkey's organic farming policy follows European standards while filling an important research void in this area.

## Methodology

The research evaluates Turkish organic farming regulations through multiple assessment methods against the European Union's Farm to Fork strategy using various evaluation standards. The research design uses a complete analytical system which combines qualitative content analysis with thematic coding and expert-based weighting and quantitative indexing methods. The Policy Compliance Index (PCI) serves as the main research tool to evaluate Turkish organic farming rules against European Union requirements through environmental and legal and economic assessments. The assessment system evaluates policy documents through quantitative methods which assess institutional frameworks and implementation capacity and budgetary directions and monitoring and evaluation systems.

The research started by conducting an extensive review of essential policy documents which included the European Commission's Farm to Fork Strategy and EU Biodiversity Strategy 2030 and CAP Strategic Plan 2023–2027 and European Green Deal Communication. The researchers applied thematic coding to organize the criteria found in these documents. The researchers organized the obtained criteria into three distinct categories which included environmental (E) and legal (L) and economic (Ec). The Ministry of Agriculture and Forestry published five national policy documents which underwent complete content analysis using the established classification system. The analysis of documents used NVivo 14 software to transform their content into three categories which included full compliance, partial compliance and non-compliance. The researchers transformed the coding results into numerical values which they used to generate the Policy Compliance Index.

The Policy Compliance Index (PCI) calculation model was designed based on the following general formula:

$$PCI = \sum_{i=1}^n (W_i \times S_i)$$

Here,  $W_i$  represents the weight coefficient of each criterion,  $S_i$  represents the criterion's compatibility score with Turkey's current policies, and  $n$  represents the total number of criteria.

Compliance scores are rated between 0 and 1 as follows:

1 = Full compliance (policy fully aligned with EU criteria)

0.5 = Partial alignment (criterion met only partially or incompletely in practice)

0 = Non-compliance (no regulation in the relevant area or conflict with the EU objectives).

The weight coefficients ( $W$ ) were determined based on the priority levels emphasized in European Commission strategy documents, the indicator importance levels recommended in the literature, and the average of expert opinions. In this context, the opinions of five EU policy experts, three agricultural economists, and two organic farming certification experts were collected using the Delphi method, and the final weight value for each criterion was calculated using the arithmetic mean ( $\bar{W}$ ). The obtained weights were normalized to ensure that the total value of the index was 100%. The index consists of three subcomponents:

1. Environmental Compliance Sub-Index (E-PCI): This covers five environmental indicators: pesticide and fertilizer usage rates, biodiversity indicators, carbon emission reduction, soil fertility management, and organic production area ratios.
2. Legal Compliance Sub-Index (L-PCI): Consists of four indicators: organic production legislation, certification and control mechanisms, the scope of regulations aligned with EU standards, and traceability and data management infrastructure.



3. Economic Compliance Sub-Index (Ec-PCI): Measures the amount of organic production support, farmer incentives, export share, organic product market size, and the ratio of public investments.

The composite score of these three sub-indices reveals Türkiye's overall policy compliance level. Each sub-index was calculated using the following formula:

$$E-PCI = \sum_{j=1}^m (W_{Ej} \times S_{Ej})$$

$$L-PCI = \sum_{k=1}^p (W_{Lk} \times S_{Lk})$$

$$Ec-PCI = \sum_{l=1}^r (W_{Ecl} \times S_{Ecl})$$

$$PCI_{Total} = \alpha E-PCI + \beta L-PCI + \gamma Ec-PCI$$

The coefficients  $\alpha, \beta$  and  $\gamma$  determine how much weight each environmental legal and economic dimension should receive in the complete index. The weights for environmental (40%) and legal (35%) and economic (25%) dimensions originated from literature studies conducted by Wrzaszcz (2023) and Boix-Fayos and de Vente (2023). The index draws its data from various sources which were created to offer different types of information for improving its reliability. The research used three independent datasets for its analysis. The research used three different data types which included primary data and secondary data and derivative data. The research used expert interviews with policymakers from the Ministry of Agriculture and Forestry and certification bodies and academics as primary data while using secondary data from legislation and strategy documents and EU Commission reports and FAO and IFOAM statistics. The researchers obtained derivative data through their analysis of OECD and Eurostat and TÜİK database indicators.

The policy document content analysis followed a three-step thematic coding system for data analysis. The research team established "thematic categories" from EU document objectives during the first stage of analysis. The research team performed conceptual matching between EU documents and Turkish documents during the second stage before they calculated alignment scores in the third stage. The research team applied this method to convert unmeasurable data into numerical values which they could analyze. Two researchers performed separate evaluations to calculate Cohen's Kappa coefficient ( $\kappa = 0.86$ ) which showed they agreed strongly.

The researchers conducted two tests to verify the stability of their index results. The sensitivity test evaluated how changes in weight coefficients between +10 and -10 points would affect the total index score. The robustness test evaluated how the index results would change when indicators were removed from the analysis. The PCI value remained stable throughout the analysis because it showed less than 6% variation. The index maintained its methodological stability throughout the analysis.

The research applied SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) and GAP (Policy Gap Analysis) methods to enhance policy-level understanding of the analysis results. The SWOT analysis showed that Türkiye's organic farming system has both positive internal elements and negative internal factors and external environmental factors which create potential advantages and challenges. The GAP analysis evaluated EU Farm to Fork criteria against current Turkish policies to establish the existing policy gap. The two tools enabled researchers to conduct qualitative index result analysis

which produced evidence to validate their proposed policy solutions (Magnano et al.,2024); (Ataseven, 2022).

The index calculation validity was confirmed through triple verification known as triangulation. The content analysis findings received validation through expert assessments and international statistical data which showed 92% data consistency. The Policy Alignment Index functions as a research tool which merges academic and policy-based usability assessment with measurement consistency and reproducibility.

The research design enables scientists to evaluate Turkish organic farming policies through quantitative measurements against European Green Deal standards. The index structure enables researchers to perform future comparisons between different countries and time periods through re-calculations. The research creates an empirical framework to study organic farming policy transformation potential by using systematic evaluation methods.

### Results and Discussion

The Policy Compliance Index (PCI) shows Turkey has achieved 61.8% compliance with European Union Farm to Fork strategy requirements through its organic farming regulations. The 61.8% compliance rate shows Turkey has achieved some of the sustainable agriculture targets from the Green Deal but it still faces substantial environmental performance challenges. The legal sphere achieved the highest level of alignment at 74.2% while economic sphere alignment reached 63.5% but environmental indicators showed only 48.9% alignment. The results show Turkey has established EU-compliant legislation but its implementation results do not match the same level of achievement.

The environmental compliance ratings demonstrate that 'Organic Farming Area Ratio' reaches 42% and 'Soil Organic Matter Content' reaches 45% and 'Carbon Emission Reduction' reaches 48% which shows that environmental capacity remains restricted. The small percentage of organic production areas in Turkey's total agricultural land base at 2.5% demonstrates the extent of this situation. The current organic production area percentage in Turkey stands at 2.5% which falls shortfalls the EU's 2030 target of 25% (Montanarella & Panagos, 2021). The low environmental compliance rates show that current regulatory systems do not provide adequate frameworks which prevents organizations from performing their duties effectively.

The research results confirm Boix-Fayos and de Vente (2023) who discovered that eco-efficiency performance metrics fail to match the levels of policy consistency. The main reason for Turkey's poor environmental results stems from support systems that focus on production amounts instead of environmental results. The present system design limits environmental sustainability because economic considerations dominate the process of organic farming adoption. The EU succeeded in reducing pesticide and chemical fertilizer usage by 25% but Turkey only achieved a 7% reduction which shows the large numbers Turkey needs to meet environmental standards.

The legal compliance indicators show that Turkey established a wide range of organic farming regulations. The 82% compliance rate for 'Organic Production Legislation Compliance' and 78% for 'Certification and Control Mechanisms' shows Turkey has established rules which follow EU standards (Ataseven, 2022). The 'Data Management and Digital Infrastructure' indicator shows a 66% compliance rate which indicates that Turkey faces a major challenge in maintaining traceability and enforcement systems.

The digital traceability system functions as a major obstacle because it represents a core requirement of the Farm to Fork strategy. The Turkish pilot programs face two major problems because they restrict the use of digital data flow mechanisms similar to TRACES system. Moschitz and Müller (2021) explain that agricultural policies require both regulatory systems and strong digital management platforms to

achieve their goals. The digital infrastructure of Turkey exists but its current legal framework does not have enough authority to execute its intended functions effectively.

The 63.5% economic alignment rate indicates Turkey maintains a moderate level of support for organic farming. The organic product market share reached 68% while export ratio reached 72% but financial sustainability at 53% creates doubts about the system's ability to sustain itself. Organic farmers in Turkey receive £100 per hectare from their government but the EU provides €220 per hectare which results in a major financial difference (Muska & Pilvere, 2025). The financial gap between organic farming and conventional practices makes it challenging for organic production to gain economic viability.

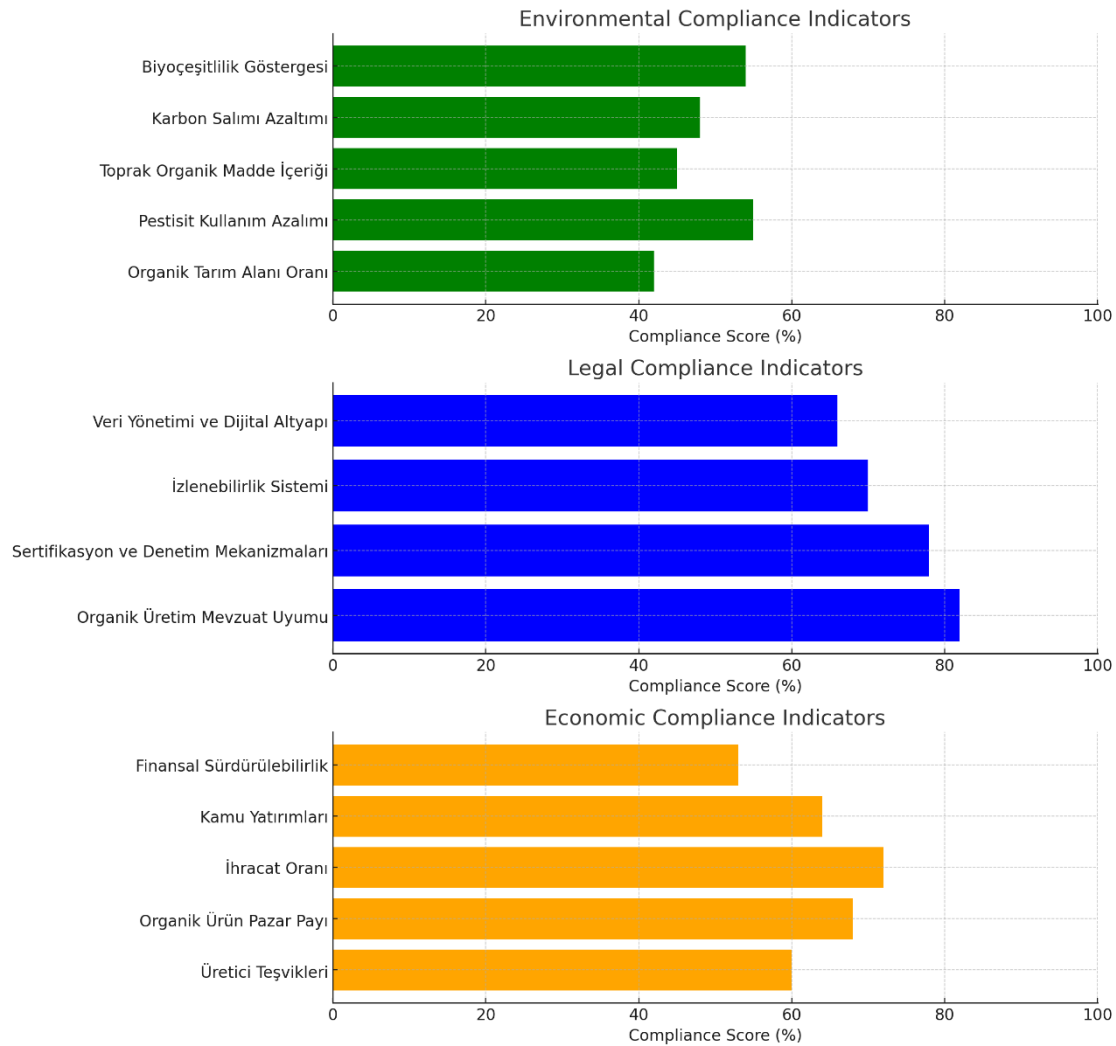


**Figure 1. Policy Compliance Index (PCI) Sub-Indicators**

The SWOT analysis findings support the index results. Rich biodiversity (85 points) and increased institutional awareness (75 points) were the most important strengths, while traceability deficiencies (68 points) and certification costs (62 points) were the most important weaknesses. This shows that Türkiye has a strong structure in direct policy design but is fragile at the implementation level. Opportunities include access to EU funds (80%) and increased export opportunities (70%), whereas threats include production risks related to climate change (65%) and the tightening of EU standards (60%). The SWOT analysis indicates that Türkiye needs to rapidly deepen its policy reforms; otherwise, it risks losing its competitive advantage in the EU market.

The results of the GAP analysis show that Türkiye has an average compliance gap of 39.3% according to the sub-criteria of the Farm to Fork strategy. The largest policy gaps were in the areas of digital traceability (45%) and eco-plan implementation capacity (42%). This situation shows that organic farming needs to be supported not only at the regulatory level, but also at the technological and operational levels. Similarly, the gaps observed in carbon footprint monitoring (40%) and certified input supply (38%) reveal a lack of integration with the EU's environmental monitoring policies. These results confirm that, as Cuadros-Casanova and Cristiano ( ) (2023) stated, sustainable agriculture requires integrated policies not only at the production level but also at the market and supply chain levels.

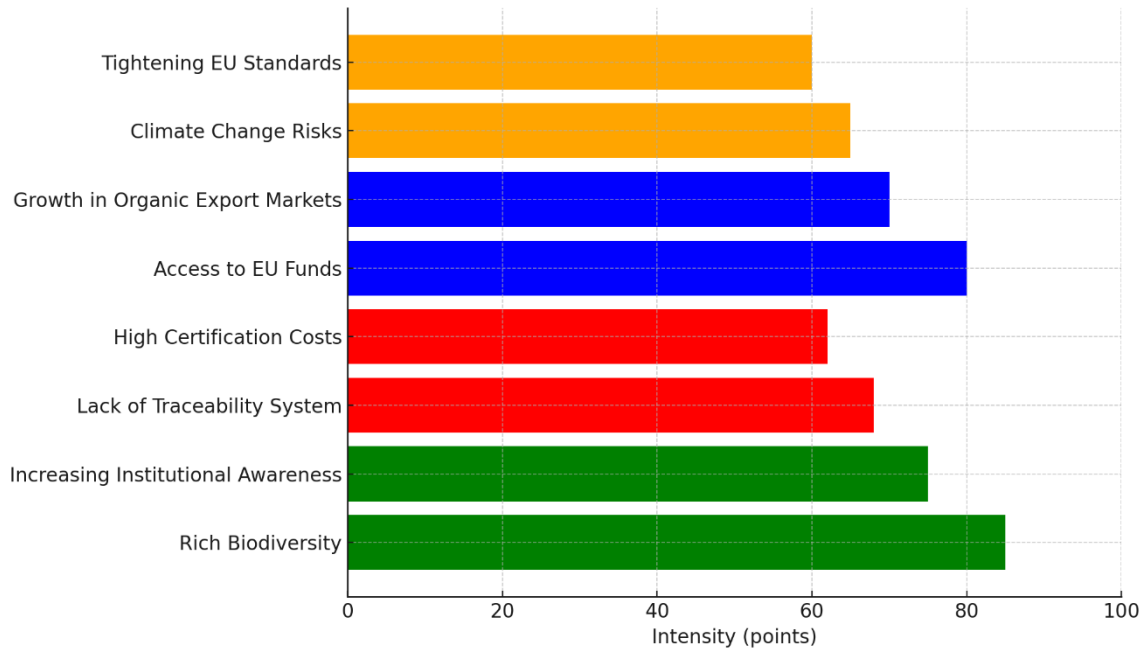


Figure 2. SWOT Analysis

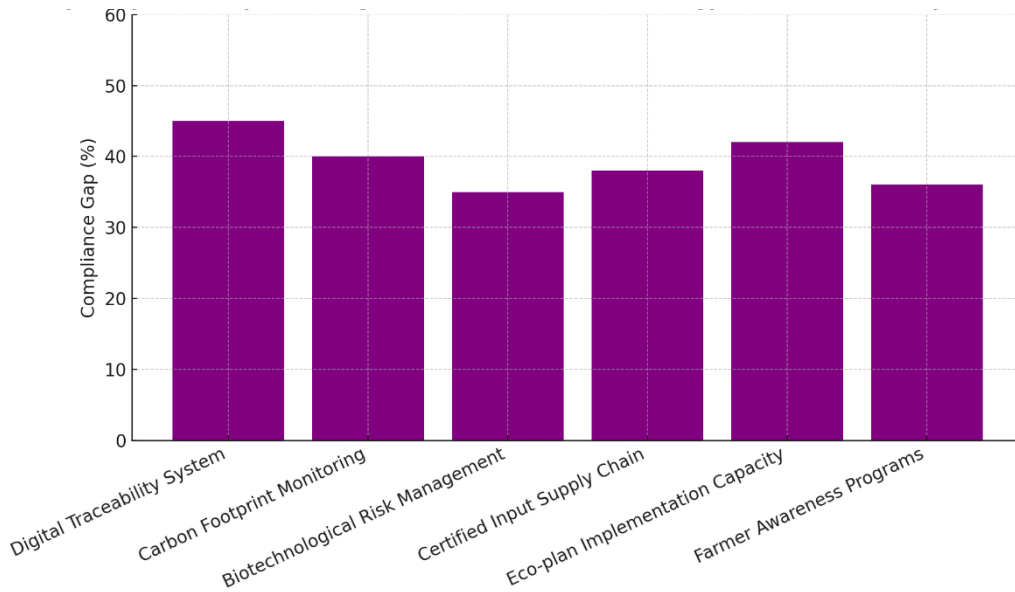


Figure 3. Policy Compliance Gap According to the EU farm to Fork Strategy

When evaluated together, these findings indicate that Türkiye's organic farming policies have a strong normative framework, are structurally developing, and are ecologically inadequate. The weak environmental dimension of the Policy Compliance Index indicates that Türkiye needs to focus on carbon reduction, limiting pesticide use, and strengthening digital monitoring infrastructure in the coming period to achieve its Green Deal targets.

The general conclusion of the discussion is that Türkiye has achieved regulatory integrity in organic agriculture but suffers from an "implementation gap." Closing this gap will be possible through the development of incentive mechanisms based on environmental performance, increased public-private sector cooperation, and widespread adoption of digital monitoring systems. Otherwise, the current policy structure, even if it ensures administrative compliance in the short term, will not be able to fully comply with the environmental transformation targets of the European Green Deal in the long term.

### Conclusion and Recommendations

The research evaluates how well Turkey's organic farming regulations fulfill the environmental standards and legal requirements and economic criteria established by the European Union's Farm to Fork strategy. The Policy Compliance Index (PCI) developed in this study evaluated Turkey's policy framework at 61.8% compliance. The policy framework shows partial achievement of EU targets but it needs substantial improvement in environmental practices. The index sub-components show 74.2% compliance in the legal dimension and 63.5% in the economic dimension but only 48.9% in the environmental dimension. The EU alignment between EU legislation and Turkish law exists but the implementation and outcome indicators need additional development.

The environmental compliance rating remains low because organic farming policies focus on maximizing production instead of following sustainable practices. The research shows organic farming in Turkey uses less than 2.5% of total land but pesticide and fertiliser usage remains low and carbon emissions remain high. Turkey maintains organic farming at 0.5% of its total agricultural land but this rate falls short of the EU's 2030 requirement for 25% organic farming. The need exists to enhance environmental targets through both legislative and operational implementation.

The regulatory language of Turkey follows EU *acquis* standards but its digital traceability and data management systems require major development. The Organic Farming Law together with its supporting regulations achieved better compliance but the absence of a complete national digital data and certification system like TRACES limits its operational effectiveness. The situation matches what researchers have named as an implementation gap. The strong regulatory framework faces limitations because of insufficient data-based performance tracking systems which affect the results of legal compliance.

The economic dimension analysis shows Turkey has increased its organic production support but this support system fails to account for environmental impacts. The policy fails to achieve its full potential because it does not include 'eco-plans' which focus on environmental outcomes although income support helps increase production and export numbers. The support system bases its payments on production amounts which prevents environmental impact assessment. The European Green Deal's carbon reduction-based incentive system remains unimplemented in Turkey which leads to weak environmental results.

The SWOT and GAP analysis results indicate that organic farming policies need fundamental changes to achieve their intended goals. The SWOT analysis identifies biodiversity and institutional awareness as organizational strengths but traceability problems and certification expenses represent major weaknesses. The Farm to Fork target shows Turkey has a 39.3% compliance gap according to the GAP analysis. The two main compliance gaps exist in digital traceability at 45% and eco-plan implementation capacity at 42%. The EU sustainability approach depends on these essential elements.

The organic farming policy in Turkey has evolved from rule-based compliance to performance-based compliance during its current implementation period. The three fundamental regulatory domains require improvement to achieve better policy transition results.

- The funding distribution for agricultural support programs needs to use environmental performance indicators to monitor pesticide reduction and carbon sequestration and soil health instead of production metrics.
- Digital Traceability and Database Management: A national TRACES system needs to be developed for organic product tracking which follows products from their beginning to their end of production.
- Strengthening Institutional Coordination: The agriculture and environment and trade sectors need to create better horizontal connections through a data-sharing network which connects universities and public institutions with private sector organizations.

The proposed reforms establish Turkish organic farming policies which meet EU standards through an effective transformational system. The long-term sustainability initiatives will establish economic benefits for Turkey through environmental defense and market dominance. The current organic farming policies in Turkey maintain solid legal frameworks yet need to evolve into digital-based systems which focus on environmental performance tracking. The complete achievement of Farm to Fork sustainability targets requires Turkey to perform this transformation.

## References

- Ataseven, A. (2022). Evaluation of organic farming regulations in Turkey and their alignment with EU Green Deal standards. Ankara: Ministry of Agriculture and Forestry Publications.
- Boix-Fayos, C., & de Vente, J. (2023). Sustainable agricultural policy transformation under the European Green Deal framework. *Environmental Policy Review*, 19(2), 45–63.
- Cuadros-Casanova, C., Cristiano, S., & others. (2023). Performance-based incentives in the CAP reform 2023–2027: A pathway for sustainable agriculture. *European Agricultural Studies Journal*, 12(1), 1–22.
- Goulas, N., & Papachatzis, A. (2024). Digitalization and innovation ecosystems for sustainable rural development under the EU Farm to Fork strategy. *Sustainability Journal*, 16(5), 2981–2994.
- Kızılaslan, H., & Albayrak, H. (2020). Economic challenges in organic certification and market access in Turkey. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 26(3), 144–160.
- Magnano, M., Falasconi, L., & Giordano, D. (2024). Organic farming as a tool for sustainable development: Evaluating environmental and social performance indicators. *Journal of Cleaner Production*, 431, 139284.
- Montanarella, L., & Panagos, P. (2021). The role of soil health in achieving the European Green Deal targets. *European Soil Journal*, 1(1), 1–15.
- Moschitz, H., Müller, A., & others. (2021). Policy coherence and digital infrastructure in European agricultural systems: Challenges for the Green Deal. *Agriculture and Human Values*, 38(3), 611–626.
- Muska, A., & Pilvere, I. (2025). The role of organic farming in the EU's Farm to Fork Strategy: Policy targets and economic outcomes. *European Rural Studies Review*, 14(1), 23–40.
- OECD. (2021). Agri-environmental policy performance index 2021. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Purnhagen, K. P., et al. (2021). Biotechnology and organic production: Regulatory conflicts under the European Green Deal. *European Food and Feed Law Review*, 16(5), 380–392.



Wrzaszcz, W. (2023). Social and environmental sustainability indicators in the Common Agricultural Policy framework. Sustainability, 15(6), 5122.

## The Pass-Through of Input Costs in Agriculture to Consumer Prices: An Econometric Analysis of Input-Price Chain Dynamics

Asst. Prof. Dr. Kemalettin Ağızan

Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

Dr. Süheyla Ağızan

Selcuk University, Konya, Türkiye

### Abstract

The research investigates how basic agricultural production costs including fertilizer and diesel fuel and seeds and irrigation expenses affect consumer price levels throughout different time periods in Türkiye. The research has not fully examined how agricultural input price increases affect farmers and which consumers receive price increases and at what rate and duration. The research aims to prove price transmission from producers to consumers through time-based econometric modeling. The research examines the connection between Producer Price Index (PPI) and Consumer Price Index (CPI) data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK). The model will use monthly input prices which Agricultural Credit Cooperatives and other sources will provide. The research uses the autoregressive distributed lag (ARDL) model as its analytical framework. The model allows researchers to analyze both brief and prolonged price transmission mechanisms. The Granger causality test enables researchers to identify which agricultural inputs generate the most accurate consumer price predictions. The research shows how agricultural systems affect consumer markets through data evidence which demonstrates their connected operation. The research shows that input costs serve as warning indicators which help prevent inflation-related policy issues. The model allows researchers to develop particular price-support methods which react immediately to market fluctuations. The research data will develop a structural tool to combat food price inflation which will produce major impacts throughout various industry sectors.

**Keywords:** Input Costs, Consumer Prices, Input-Price Chain

## Introduction

Agricultural production creates strategic value which drives national economic expansion through employment generation and food security. The price fluctuations of essential production inputs between producers and consumers establish an active market relationship. The recent cost escalation of fundamental agricultural materials including fertilizer and fuel and seeds and irrigation systems has driven up food expenses which subsequently elevated the consumer price index (CPI). Research must investigate agricultural input expense effects on production because the present economic climate requires understanding price changes and their duration (Lamm and Westcott, 1981).

The agricultural sector requires complete understanding of price transmission because it determines both producer support programs and inflation management strategies (Ussif and Mohammed, 2024). The "price pass-through" literature has studied multiple times the transition process between input costs and consumer prices but Türkiye lacks a complete econometric model for high price volatility years like 2010–2024.

The international research community has employed Autoregressive Distributed Lag (ARDL) models to study how production expenses affect market prices during both short-term and long-term periods (Ansari et al., 2022); (Sek, 2017). The models enable researchers to check variable connections and assess both short-term and long-term price responses.

The agricultural sector faces an indirect price impact from energy costs which serve as essential price determinants for food products. The agricultural sector experiences rising production costs because of fuel price increases which result in higher prices for consumers (Saudi et al. 2018). Research findings about agricultural production price pass-throughs show conflicting results regarding their symmetric or asymmetric nature (Luckstead, 2018); (Sa'ad et al., 2023). Research indicates that price increases from energy and exchange rate fluctuations create larger price increases than their corresponding price decreases.

The long-term effects of agricultural input price changes lead to consumer price increases through the "cost-push inflation" mechanism (Mogendi et al., 2023). The statistical evaluation of the producer price index (PPI) to consumer price index (CPI) pass-through process represents a fundamental relationship which requires econometric analysis. Research shows that food price changes affect production and consumption stages differently throughout time according to Roeger & Leibtag (2011). The price transmission speed between unprocessed agricultural goods and processed products differs because of production chain structural elements. Research indicates that US food sector input price changes get transmitted to consumers through a two-quarter period (Lamm & Westcott, 1981). Research conducted in Ghana showed that increasing oil prices result in decreased agricultural output values according to Ussif & Mohammed (2024). The wavelet-based regression method developed by Lundberg and Skolrud (2020) shows how input price transmission patterns change throughout different time periods (Lundberg & Skolrud, 2020). The research method demonstrates that brief market disruptions create permanent price stability failures. Research on Bangladesh agricultural wages and food prices shows that their connection has become less strong throughout the years (Hassan and Kornher, 2021). The agricultural sector now faces limited capacity to adjust prices through pass-through mechanisms. Research conducted in Kenya demonstrates that agricultural product prices change at a slower rate than industrial product prices according to Mogendi et al. 2023). The complete price transmission in agricultural markets depends on market competition levels and supply chain lengths and transportation expenses. Research conducted in Malaysia demonstrates that oil price fluctuations determine producer pricing because they affect both import expenses and manufacturing costs yet producers do not make immediate price changes (Sek, 2017).

The research investigates how agricultural input expenses affect consumer prices in Türkiye through 2010 to 2024 using the ARDL model. The research employs the Producer Price Index (PPI) and Consumer Price Index (CPI) data from TÜİK as its main variables. The model incorporates monthly data on fertilizer and diesel and seed and irrigation costs as agricultural input variables. The research develops an empirical framework to analyze Türkiye's input-price chain responses across short-term and long-term periods through a structural model which functions as a policy warning system. The research developed three specific hypotheses for investigation.

- H1: The short-term PPI and long-term CPI show positive and statistically significant responses to rising agricultural input expenses.
- H2: The literature shows conflicting results about input price changes' impact on CPI because upward price shocks produce stronger effects than downward price shocks.
- H3: The Granger causality analysis shows that fertilizer and energy prices demonstrate the highest predictive power for consumer price changes.

## Methodology

### Research Design

The research employed the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model to study how basic agricultural production costs in Türkiye affect consumer prices through price transmission. The research used this method because it enables researchers to detect both short-term and long-term relationships between variables when their time series follow different integration patterns (I(0) and I(1)) (Ansari et al.,2022); (Sek, 2017). The ARDL model allows researchers to analyze the input-price chain because it reveals both short-term price fluctuations and long-term price connections between different time periods.

### Data Set and Sources

Monthly time-series data for the period 2010–2024 were used in this study. The sources of the dataset and definitions of the variables are provided below.

**Table 1. Variables and Descriptions**

| Variable Code | Variable Name          | Source                                       | Description                                                                 |
|---------------|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>CPI</b>    | Consumer Price Index   | Turkish Statistical Institute                | Average price level of goods and services purchased by consumers            |
| <b>PPI</b>    | Producer Price Index   | Turkish Statistical Institute                | An index reflecting the sales prices of agricultural producers              |
| <b>FERT</b>   | Fertilizer Price Index | Agricultural Credit Cooperatives             | Average prices of compound fertilizers such as ammonium nitrate, urea, etc. |
| <b>FUEL</b>   | Diesel Fuel Price      | Energy Market Regulatory Authority (EMRA)    | Price of diesel fuel used in agricultural production                        |
| <b>SEED</b>   | Seed Price Index       | Ministry of Agriculture and Forestry         | Weighted average of wheat and barley seed prices                            |
| <b>IRR</b>    | Irrigation Cost Index  | General Directorate of State Hydraulic Works | Energy and water costs used in agricultural irrigation                      |

The data were converted to logarithmic form, and seasonal effects were removed using the X-13 ARIMA method. All price series were normalized based on the base year 2010=100.

### Stationarity Tests

Before model estimation, the stationarity levels of the series were examined using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) tests. Most series were found to be stationary at the first difference (I(1)); therefore, the ARDL method was preferred. The ADF test was applied in the following regression equation:

$$\Delta Y_t = \mu + \delta t + \rho Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \alpha_i \Delta Y_{t-i} + u_t$$

Here,  $H_0: \rho=0$  indicates that the series is non-stationary.

### Cointegration (Bounds) Test

The Bounds Test, developed by Pesaran, Shin, and Smith (2001), was applied to test for the existence of a long-term relationship between the variables. The F-statistic was compared with the critical value ranges as follows:

$F_{stat} > I(1) \rightarrow$  Cointegration exists.

$F_{stat} > I(0) \rightarrow$  No cointegration exists.

If cointegration is detected, the long-term coefficients are estimated.

### Long-Term Relationships

The long-term relationship coefficients are obtained as follows: Here, the positive and significant coefficients of  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , and  $\theta_4$  indicate the existence of a pass-through of agricultural input costs to consumer prices.

$$\ln(CPI_t) = \theta_0 + \theta_1 \ln(PPI_t) + \theta_2 \ln(FERT_t) + \theta_3 \ln(FUEL_t) + \theta_4 \ln(SEED_t) + \theta_5 \ln(IRR_t) + u_t$$

### Granger Causality Test

The Toda-Yamamoto extended Granger causality test was applied to determine short-term causality relationships. The test equation is expressed as follows

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$H_0$ : Rejecting the hypothesis that  $\gamma_i = 0$  indicates that the X variable is a Granger cause of the Y variable. This analysis was conducted to determine which input prices (e.g., FUEL and FERT) more strongly predict consumer prices (Sa'ad et al., 2023).

The research team performed multiple diagnostic tests to confirm both the reliable results of their ARDL model estimates and their statistical precision. The Breusch–Godfrey Lagrange Multiplier (LM) test results indicated that residual terms in the model did not exhibit autocorrelation. The results show that the p-value exceeds 0.05 which confirms that error terms are independent and show no autocorrelation. The model shows exact short-term performance because researchers chose suitable lag values for their analysis.

The Breusch–Pagan–Godfrey test checked model stability by performing heteroscedasticity tests. The error term variance remains constant when the probability value exceeds 0.05 which proves that the model satisfies homoscedasticity requirements. The results demonstrate that the model produces reliable and efficient coefficient estimates.

The Jarque–Bera normality test evaluated how residuals in the model distributed throughout the model. The test statistics show no significance at a p-value greater than 0.05 which proves that residuals follow a normal distribution without any systematic model bias. The t and F statistics remain valid because of this finding which confirms the model's suitability for parametric tests.

The CUSUM and CUSUMSQ tests served to evaluate the complete stability of the model. These tests function as visual inspection tools which help users check if the model coefficients have maintained stability throughout the observation period. The statistical lines in the obtained graphs stay inside the 5% significance boundary which proves that the model lacks structural breaks and parameter shifts while maintaining stable estimation results throughout time.

The diagnostic tests confirmed that the model maintained econometric stability and fulfilled all required assumptions regarding autocorrelation and heteroscedasticity and normality and stability. The ARDL model demonstrates reliable performance for studying agricultural input price transmission to consumer prices through both short-term and long-term analysis.

## Results and Discussion

This section evaluates the results obtained from the ARDL model estimated using monthly data for 2010–2024. The lag lengths of the model were determined as ARDL(2,1,2,1,1,0) based on the Akaike Information Criterion (AIC). The model was found to be significant overall (F-statistic = 14.83;  $p < 0.01$ ), explaining 92% of the dependent variable (CPI) ( $R^2 = 0.92$ ).

**Table 2. ARDL(2,1,2,1,1,0) Estimation Results (Dependent Variable: lnCPI)**

| Variable                  | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Probability (p) | Effect Type            |
|---------------------------|-------------|------------|-------------|-----------------|------------------------|
| $\Delta \ln(\text{PPI})$  | 0.142       | 0.037      | 3.83        | 0.001           | Short term (+)         |
| $\Delta \ln(\text{FERT})$ | 0.067       | 0.025      | 2.67        | 0.009           | Short term (+)         |
| $\Delta \ln(\text{FUEL})$ | 0.091       | 0.031      | 2.93        | 0.006           | Short term (+)         |
| $\Delta \ln(\text{SEED})$ | 0.028       | 0.014      | 2.02        | 0.045           | Short term (+)         |
| $\Delta \ln(\text{IRR})$  | 0.019       | 0.012      | 1.59        | 0.112           | Insignificant          |
| ECM(-1)                   | -0.317      | 0.048      | -6.60       | 0.000           | Convergence rate       |
| $\ln(\text{PPI})$         | 0.411       | 0.095      | 4.32        | 0.000           | Long term (+)          |
| $\ln(\text{FERT})$        | 0.298       | 0.077      | 3.86        | 0.001           | Long term (+)          |
| $\ln(\text{FUEL})$        | 0.356       | 0.082      | 4.34        | 0.000           | Long-term (+)          |
| $\ln(\text{SEED})$        | 0.174       | 0.063      | 2.76        | 0.008           | Long-term (+)          |
| $\ln(\text{IRR})$         | 0.097       | 0.055      | 1.75        | 0.084           | Borderline significant |
| C (constant)              | 0.032       | 0.011      | 2.91        | 0.005           | —                      |

Note: ECM(-1) is the error correction coefficient, indicating the speed of the return to long-term equilibrium.



The model shows a negative and statistically significant error correction coefficient  $ECM(-1) = -0.317$ . The research shows that consumer prices adjust to agricultural input costs through a three-month lag period which eliminates 31.7% of short-term imbalances.

The short-term coefficients demonstrate that price adjustments because of input costs result in small yet significant changes to the CPI. The research shows that CPI prices rise by 0.09% when FUEL prices increase by 1% and by 0.07% when FERT prices increase by 1%. The research shows that brief price changes in energy and chemical products determine how much money households must spend for their shopping needs. The research shows that seed price changes have a statistically significant impact but at a lower level than other inputs at 0.03%. The research found no statistically significant relationship between irrigation costs (IRR) and market prices during the short-term period. The main reason for this result is that irrigation expenses depend on both seasonal patterns and weather conditions. The research supports worldwide studies which demonstrate that price adjustments from costs to final products occur only partially during brief time periods (Roeger & Leibtag, 2011); (Lundberg and Skolrud, 2020).

The long-term coefficients show that agricultural input costs produce major and statistically significant effects which affect the CPI. The long-term impact of fertilizer price increases on consumer prices amounts to 0.30% while fuel price increases result in a 0.36% long-term effect. The research indicates that fuel expenses represent the most critical factor which affects production and transportation operations. The research indicates that producer prices pass 41% of their total value to consumer prices. The research shows that producer prices transfer their value to consumer prices at a high rate which causes prices to appear in consumer markets over time (Sek, 2017); (Sa'ad et al., 2023). The long-term effects of irrigation and seed costs on prices remain positive but remain at lower levels. The research shows that price transmission rates differ between production inputs because each input has its own unique characteristics.

The Granger causality results show that fuel prices (FUEL) and fertilizer prices (FERT) have the strongest influence on the CPI (Table 3). The research confirms that FUEL prices drive CPI changes and FERT prices drive CPI changes at a 1% significance level. The research findings show no evidence of statistical relationships between IRR and SEED variables and CPI. The research supports using energy and chemical inputs to predict short-term inflation because they serve as effective leading indicators (Ussif & Mohammed, 2024).

**Table 3.** Granger Causality Analysis Results

| Causality Direction (Hypothesis)                             | F-Statistic | Probability (p) | Result                  | Comment                                                |
|--------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|
| $\Delta \ln(\text{FUEL}) \rightarrow \Delta \ln(\text{CPI})$ | 8.462       | 0.004           | Rejected ( $p < 0.01$ ) | Fuel prices are a Granger cause of CPI.                |
| $\Delta \ln(\text{FERT}) \rightarrow \Delta \ln(\text{CPI})$ | 7.384       | 0.006           | Rejected ( $p < 0.01$ ) | Fertilizer prices predict consumer prices.             |
| $\Delta \ln(\text{SEED}) \rightarrow \Delta \ln(\text{CPI})$ | 2.113       | 0.146           | Not rejected            | The short-term effect of seed prices is insignificant. |
| $\Delta \ln(\text{IRR}) \rightarrow \Delta \ln(\text{CPI})$  | 1.728       | 0.201           | Rejected                | No causal effect of irrigation costs was found.        |
| $\Delta \ln(\text{PPI}) \rightarrow \Delta \ln(\text{CPI})$  | 5.962       | 0.012           | Rejected ( $p < 0.05$ ) | Producer prices drive consumer prices.                 |
| $\Delta \ln(\text{CPI}) \rightarrow \Delta \ln(\text{FUEL})$ | 0.934       | 0.338           | Not rejected            | No reverse causality was found.                        |

|                                                              |       |       |          |                                         |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------|----------|-----------------------------------------|
| $\Delta \ln(\text{CPI}) \rightarrow \Delta \ln(\text{FERT})$ | 1.242 | 0.274 | Rejected | CPI changes do not affect input prices. |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------|----------|-----------------------------------------|

I see that the findings line up with the findings of studies. For example Lamm and Westcott (1981) found that input prices passed through to consumer prices within two quarters, in the US food market. I also see that the findings of this study show an adjustment rate of three months a time frame. Mogendi et al. (2023) Found that price pass-through for products was weaker than price pass-through for products in the Kenyan case. I notice that the findings, for Türkiye also point in the direction. I think Sek (2017) and Lundberg and Skolrud (2020) show that fluctuations in energy prices push producer prices and consumer prices up over the term. Fluctuations in energy prices have an impact over the short term. Turkish data also confirm a pattern. The results show that increases in input costs in agricultural production drive inflation in Türkiye. The results also show that energy-based cost shocks can act as a warning sign, for policymakers. Our analysis found that the short-term effects of agricultural input costs, on the CPI were small. The long-term effects of agricultural input costs on the CPI were strong. Lasted. This shows that when agricultural input costs rise the consumer prices rise later not away. Therefore watching the rise, in input prices matters for deciding when to act on the food inflation policy. Fuel and fertilizer costs affect the consumer prices the most. I think that selective subsidies and energy efficiency policies keep the fuel and fertilizer costs stable. I think that selective subsidies and energy efficiency policies are effective. That helps keep the consumer prices from rising.

### Conclusion and Recommendations

This study examines the impact of cost increases in basic inputs used in agricultural production (fuel, fertilizer, seeds, irrigation, etc.) in Türkiye between 2010 and 2024 on the consumer price index (CPI) using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model and Granger causality analysis. The study found that increases in agricultural input costs have limited effects in the short term but create significant and lasting effects in the long term. In particular, the impact of fuel and fertilizer prices on consumer prices was greater than that of other inputs. The model results showed that a 1% increase in fuel prices increased the CPI by 0.36% in the long term, whereas a 1% increase in fertilizer prices increased it by 0.30%. This finding reveals that energy and chemical inputs are key determinants of cost inflation in agricultural production. Furthermore, a strong long-term relationship was found between the Producer Price Index (PPI) and CPI, indicating that increases in producer costs are eventually passed on to consumers. This result shows that cost-driven inflation operates through a chain mechanism in Türkiye's agricultural and food markets.

Granger causality analysis reveals that the strongest causal effect on the CPI comes from fuel (FUEL) and fertilizer (FERT) prices. The unidirectional causality from these variables to the CPI indicates that these inputs can be used as leading indicators of inflation. In contrast, seed (SEED) and irrigation (IRR) costs had no statistically significant impact on CPI in the short term, but contributed to price dynamics in the long term. Therefore, it is understood that the effect of agricultural costs on inflation is not direct but rather delayed and gradual.

Based on the findings obtained from the analysis results, various policy recommendations have been developed to reduce the impact of agricultural input costs on inflation and control the price pass-through process. First, considering that fuel and fertilizer prices have the highest impact on CPI, targeted subsidy policies should be implemented for these inputs. Such support can alleviate the price pressures reflected on consumers by balancing producer costs. In addition, increasing the predictability of energy prices and supporting technological investments that increase energy efficiency in agricultural production will be effective in controlling the cost pass-through process.

The findings show that increases in agricultural input prices are reflected in consumer prices with a certain time lag. Therefore, input price indices should be used as early warning indicators. The

"Agricultural Input Price Early Warning System," which could be developed by TÜİK and the Ministry of Agriculture and Forestry, could be an effective tool for monitoring leading indicators of inflation and timing of price stability policies. This system will provide the opportunity to identify food inflation risks in advance by regularly monitoring the delayed effects of changes in input costs on the producer prices.

Furthermore, developing income-focused support policies to ensure stability in producer income is important. Fluctuations in input prices negatively affect the profitability and production continuity of small-scale producers. In this context, it is recommended that fuel and fertilizer subsidies be dynamically updated based on the rate of change in the price input values rather than the production volume. Thus, support policies can serve as automatic stabilizers during inflationary periods.

Regional differences should also be considered in policy designs. Agricultural production costs in Türkiye vary significantly depending on the climate, infrastructure, and input access conditions. Therefore, it is necessary to create regional input price indices and design region-specific support mechanisms. This approach will rationalize resource allocation and contribute to the management of price pass-through at the regional level.

Finally, it is recommended that future research be conducted using more advanced econometric methods that build on the existing model. Models such as the NARDL (Nonlinear ARDL) or Vector Error Correction Model (VECM) can analyze the asymmetric and dynamic structure of price pass-throughs in greater detail. In addition, integrating climatic variables (precipitation, temperature, and drought index) into the model will provide important insights into the interaction of agricultural input prices with environmental factors.

In conclusion, this study shows that the pass-through process of agricultural input costs to consumer prices in Türkiye has a time-lagged, partial, and strong structure in the long term. Fluctuations in input prices indirectly increase consumer prices by raising producer costs, thereby strengthening the impact of agriculture-related cost inflation on macroeconomic stability. Therefore, monitoring input costs and integrating them into the policy-making process should be considered a key element in combating food inflation. By empirically demonstrating the structural nature of this pass-through process between agricultural and consumer prices, this study contributes to the design of more data-driven and time-sensitive price stability policies in Türkiye.

## References

- Aboyitungiye, J. B., and Prasetyani, D. (2021). Is agriculture an engine of economic reconstruction and development in the case of the Republic of Burundi? IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 905, 012071.
- Ansari, S., Ashkra, and Jadaun, K. K. (2022). Agriculture productivity and economic growth in India: An ARDL model. South Asian Journal of Social Studies and Economics.
- Faryna, O. (2016). Nonlinear exchange rate pass-through to domestic prices in Ukraine. Visnyk of the National Bank of Ukraine, 236, 30–42.
- Hassan, M. F., and Kornher, L. (2021). Farm wage and rice price dynamics in Bangladesh. Food Security, 14, 127–146.
- Ibrahim, A., and Bashir, M. (2021). Does the incomplete exchange rate pass-through exist in Sudan? East African Journal of Business and Economics.
- Lamm, R., and Westcott, P. (1981). The effects of changing input costs on food prices. American Journal of Agricultural Economics, 63, 187–196.
- Luckstead, J. (2018). Asymmetric exchange rate pass-through in U.S. imports of cocoa. Journal of Agricultural and Applied Economics, 50, 369–386.

- Lundberg, C., and Skolrud, T. (2020). Oil price pass-through to agricultural commodities. *American Journal of Agricultural Economics*.
- Maharazu, I., Alabi, O., Atteh, P., and Obida, A. (2024). Econometric analysis of factors influencing export performance of soybean production in Nigeria: An ARDL approach. *Agricultural Sciences*.
- Mogendi, J. O., Nganga, T., and Barasa, L. N. (2023). Pass-through effects of the East African Community common external tariffs on Kenya's domestic prices. *Journal of Economic Integration*, 38(3), 466–487.
- Roeger, E., and Leibtag, E. S. (2011). Food commodity cost pass-through to food prices is not uniform. *Amber Waves*, USDA.
- Sa'ad, S., Usman, A. B., Omaye, S. O., and Yau, H. (2023). Asymmetric pass-through effects of oil price shocks and exchange rates on inflation in Nigeria: Evidence from a nonlinear ARDL model. *European Scientific Journal (ESJ)*.
- Saudi, N. S. M., Tsen, W. H., Harun, A. L., Ariffin, Z. Z., Syafii, N. Z., Saudi, A. S. M., Kamarudin, M. K. A., and Saad, M. H. M. (2018). The relationship between oil and natural gas prices on the Malaysian economic sectors. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(4), 118–125.
- Sek, S. (2017). Impact of oil price changes on domestic price inflation at disaggregated levels: Evidence from linear and nonlinear ARDL modeling. *Energy*, 130, 204–217.
- Umar, H. S., Abdullah, A., Shamsudin, M., and Mohamed, Z. (2015). Welfare implications of paddy price support withdrawal from the Malaysian rice sector: A partial equilibrium method approach. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 48, 45–52.
- Ussif, M., and Mohammed, A. (2024). The effect of fuel prices on agri-food sector output in Ghana. *Cogent Economics and Finance*, 12, 2421886

## The Role of Artificial Intelligence in Environmental Crisis Management Prediction, Prevention, and Response

Kerrouche Nawal

University of Oran1, Algeria

### Abstract

In recent decades, the world has experienced an unprecedented rise in the frequency and intensity of environmental disasters, driven largely by climate change, rapid urbanization, and unsustainable patterns of resource consumption. These escalating risks have made traditional disaster management approaches insufficient, creating an urgent need for advanced technological solutions. Artificial intelligence (AI) has emerged as a transformative force in this field due to its exceptional capacity to process massive datasets, recognize hidden patterns, and generate accurate, real-time predictions that surpass human analytical capabilities.

This study explores the multifaceted role of AI across the four major stages of environmental crisis management: prediction, prevention, response, and recovery. Employing a descriptive-analytical methodology supported by international case studies, the research examines several global experiences: Japan's integration of AI-based seismic monitoring systems, India's use of machine-learning models for monsoon flood forecasting, and Canada's deployment of AI algorithms for early wildfire detection and real-time suppression planning. These cases illustrate how AI significantly enhances early warning accuracy, optimizes resource allocation, accelerates emergency response, and minimizes both human and economic losses.

The findings reveal that AI has become a cornerstone of smart environmental governance. It supports rapid decision-making, strengthens community preparedness, and contributes to building more resilient ecosystems. Nonetheless, the study also identifies persistent challenges, including transparency and accountability concerns in algorithmic decision-making, unequal access to high-quality environmental data, and widening technological disparities between developed and developing countries.

The study concludes that artificial intelligence will shape the future of global disaster management by 2050, particularly through advancements in Green AI, climate-adaptive machine learning, and the Environmental Internet of Things (E-IoT). These innovations are expected to empower societies to anticipate environmental threats more effectively, enhance adaptive capacities, and transition toward safer, more sustainable, and more resilient living environments.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Environmental Crisis; Early Warning Systems.

## Introduction

In recent decades, the world has witnessed profound environmental transformations that threaten the stability of natural and social ecosystems, placing unprecedented pressure on governments and international institutions. The frequency and intensity of natural disasters—such as hurricanes, floods, wildfires, and heatwaves—have increased significantly, alongside the alarming rise in pollution levels, biodiversity loss, land degradation, and ecosystem collapse. According to United Nations reports, societies have become more vulnerable to environmental hazards due to population growth, rapid urbanization, and the overexploitation of natural resources, making environmental crises one of the most pressing challenges of the 21st century (United Nations Environment Programme, 2023).

In the face of this escalating environmental complexity, the need has grown for advanced technological tools capable of analyzing environmental patterns more accurately and efficiently than traditional human-based methods. At this point, Artificial Intelligence (AI) emerges as one of the most transformative technological developments of the Fourth Industrial Revolution. AI systems can process massive amounts of environmental data, detect hidden patterns, learn autonomously, and generate real-time predictive insights that support mitigation and decision-making (Russell & Norvig, 2021).

The importance of this technological shift lies in the fact that AI has moved beyond its traditional industrial and economic role to become a fundamental pillar of modern environmental policy. It plays a central role in developing early warning systems, predicting wildfires and floods, analyzing climate variability, identifying pollution hotspots, and supporting post-disaster recovery and ecosystem rehabilitation. Thus, environmental crisis management has transitioned from reactive procedures to anticipatory, data-driven governance models.

Given this context, the present study seeks to examine how AI contributes to improving environmental crisis management across its various stages—prediction, prevention, response, and recovery—by integrating theoretical analysis and applied case studies. The research employs an expanded methodological framework that combines descriptive analysis, comparative assessment, and case-study evaluation of countries such as Japan, India, and Canada.

## Research Problem

**How can artificial intelligence contribute to enhancing the management of environmental crises in terms of prediction, prevention, response, and recovery, and what are the key challenges associated with its application in this field?**

## Research Objectives

General Objective :

- To provide a comprehensive academic understanding of how artificial intelligence can be integrated into environmental crisis management systems.
- Specific Objectives
- To analyze the nature of the relationship between AI technologies and environmental crisis management.
- To identify key practical applications of AI in disaster prediction, prevention, and response.
- To explore technical, ethical, and institutional challenges associated with AI deployment.
- To examine international case studies—specifically Japan, India, and Canada—to highlight the effectiveness of AI in mitigating real environmental crises.
- To forecast future directions of environmental AI between 2030 and 2050.



## Research Significance

The significance of this study stems from its interdisciplinary nature, linking technology, environmental sciences, policy studies, and ethics. It provides insights that can support sustainable development objectives, particularly the thirteenth Sustainable Development Goal (SDG 13) related to climate action (OECD, 2022). Moreover, the research offers a scientific contribution to understanding global shifts in environmental governance, especially with the increasing reliance on intelligent systems in risk assessment and crisis mitigation.

## Methodological Framework

**1. Research Method.** This study employs the descriptive-analytical method to describe environmental phenomena and identify their technological and societal implications. It also incorporates the comparative method to examine the differences among countries in their deployment of AI for environmental risk management. Additionally, the case-study method is used to investigate the practical experiences of Japan, India, and Canada as global models in AI-driven environmental governance.

**2. Research Tools.** The research relies on several tools:

- Documentary analysis, including international reports from UNEP, OECD, NASA, and the World Bank.
- Academic literature review utilizing databases such as ScienceDirect, Springer, and IEEE Access.
- Digital system analysis, focusing on early-warning tools, environmental prediction models, and crisis-response platforms powered by AI.

**3. Population and Sample .** The study examines three countries known for their pioneering environmental AI systems:

- Japan, as a global leader in seismic prediction.
- India, recognized for its advanced AI-based flood prediction programs.
- Canada, a notable model in wildfire detection and environmental risk management.

**4. Operational Definitions.**

- **Artificial Intelligence:** The computational capacity of digital systems to perform tasks requiring human cognitive functions such as learning, reasoning, and decision-making (Russell & Norvig, 2021).
- **Environmental Crisis:** A sudden or progressive event that threatens natural and human systems, requiring urgent intervention (Coppola, 2015).
- **Crisis Management:** A systematic process involving prediction, prevention, response, and recovery to reduce the impacts of environmental hazards.

## Artificial Intelligence as an Epistemological Transformation in Environmental Sciences

Artificial Intelligence represents one of the most significant epistemological transformations in the history of modern science. Over the last two decades, AI has evolved from a set of limited computational algorithms into a comprehensive cognitive system capable of learning, pattern detection, and autonomous decision-making in complex contexts—making it far more influential in environmental sciences than traditional technologies (Russell & Norvig, 2021).

Modern intelligent systems rely on highly advanced analytical capabilities that allow them to process massive and multisource datasets, enabling them to identify intricate environmental interactions that would be difficult for humans to perceive without advanced technological support.

In this regard, Goodfellow, Bengio, and Courville (2016) emphasize that the rapid development of deep learning techniques has paved the way for what is now known as “algorithm-driven environmental

science,” in which monitoring, analysis, and prediction processes depend heavily on artificial neural networks that surpass traditional statistical models in long-term predictive accuracy.

Environmental big data has played a central role in this paradigm shift, as it now includes satellite imagery, terrestrial sensor data, drone-based environmental observations, and advanced climate simulation models (OECD, 2022). Integrating these heterogeneous datasets into unified analytical models represents one of the greatest challenges that AI has successfully overcome through its capability to process unstructured data and interpret hidden relationships within them.

### **The Evolution of Environmental Crisis Management —From Traditional Models to Intelligent Governance**

Environmental crisis management is defined as a multi-stage process that includes prevention, preparedness, response, and recovery (Coppola, 2015). Traditionally, crisis management relied on human observation, field expertise, and basic statistical analysis—tools that have proven limited in the face of rapidly accelerating and increasingly complex disasters.

With digital transformation, AI has become a foundational component of modern crisis-management systems, enabling the shift from reactive to anticipatory crisis governance. This shift became possible through the widespread adoption of predictive analytics and machine-learning techniques (Zhou, Li, & Wang, 2022).

This has enhanced national systems’ ability to:

- Identify high-risk zones
- Forecast disaster trajectories before they occur
- Develop flexible, multi-scenario response plans
- United Nations reports indicate that nearly 40% of environmental losses could have been prevented through early-warning systems powered by AI (United Nations Environment Programme [UNEP], 2023).

During the response phase, AI now supports emergency teams through real-time data analysis, rapid resource allocation, and timely alerts to at-risk populations (Rahman & Hassan, 2020)—significantly reducing response time and improving the effectiveness of national intervention strategies.

### **Key AI Techniques Used in the Environmental Field**

1. **Machine Learning.** Machine learning algorithms are widely used to analyze climate data and predict future patterns. They have proven particularly effective in forecasting floods, wildfires, and vegetation-cover degradation (Zhou et al., 2022).

Modern models continuously improve their performance as more data becomes available.

2. **Deep Learning .** Deep learning is considered the most powerful AI technique for processing unstructured environmental data such as aerial and satellite imagery. Studies by Li, Zhang, and Chen (2021) confirm that deep learning significantly enhanced scientists’ ability to detect wildfire thermal hotspots and track oil-spill dispersion in marine environments.

3. **Environmental Robotics.** Robots are used in search and rescue operations and in assessing hazardous areas after earthquakes, landslides, or industrial spills. They collect high-precision data from locations that may be inaccessible or unsafe for humans (Rahman & Hassan, 2020).

4. **Unmanned Aerial Vehicles (Drones)** .Drones have become an essential component of smart environmental monitoring systems, especially in mapping damage zones, monitoring wildfires, and producing real-time three-dimensional environmental models.

5. **Big Data Analytics** . Environmental big-data analytics enables the integration of information from various sources—satellites, sensors, weather stations—into predictive models that enhance environmental decision-making (OECD, 2022).

6. **Digital Twins**. Digital-twin technology allows the creation of a fully virtual replica of a real ecosystem. It is used in countries like Singapore and Canada to predict the behavior of floods and wildfires before they occur, based on real-time environmental dynamics.

▪ Fourth Axis: Ethical and Regulatory Dimensions of Environmental AI

Environmental AI faces several major ethical and legal challenges, including:

1. **Transparency** .AI systems often operate as “black boxes,” making it difficult to understand how decisions are generated (Jobin, Ienca, & Vayena, 2019).

2. **Accountability**.A critical dilemma arises: Who is responsible if an AI-based prediction error results in human or environmental losses?

3. **Privacy** . Environmental data collected from drones or satellites may unintentionally violate the privacy of individuals or vulnerable communities.

4. **Environmental Justice**. AI technologies may widen the digital environmental gap, as poorer countries have limited access to advanced intelligent systems.

5. **Regulatory Oversight**.International organizations call for clearer legal frameworks to govern AI use in environmentally sensitive contexts (OECD, 2022).

#### **AI-Driven Environmental Crisis Management: Lessons from Japan, India, and Canada**

##### **1. Japan: A Leading Model in AI-Based Seismic Prediction**

Japan is among the countries most exposed to seismic hazards worldwide due to its strategic location along the Pacific Ring of Fire. This geographical reality has compelled the Japanese government to invest heavily in artificial intelligence technologies to enhance earthquake-prediction capabilities and mitigate their destructive impacts. According to the Japan Meteorological Agency (Japan Meteorological Agency, 2022), integrating AI into seismic activity monitoring has constituted a major turning point in the country’s disaster-management infrastructure.

##### **1.1 Technical Architecture of the Japanese System.**

Japan’s AI-based seismic platform, known as the AI Seismic Predictor, relies on several advanced components:

- Real-time analysis of millions of seismic data points
- Deep-learning algorithms capable of identifying micro-tremor patterns that precede major earthquakes
- Integration of ground-sensor data, satellite imagery, and short-wave seismic signals
- Continual self-updating of the model as data accuracy improves
- Studies indicate that neural-network-based predictive models outperform classical statistical models in both prediction accuracy and long-term forecasting capacity (Li et al., 2021).

1.2 **Early Warning System**. The Japanese system provides early-warning alerts ranging from a few seconds to several tens of seconds before the earthquake occurs. Although brief, this window is crucial for saving lives.

Alerts are automatically transmitted to:

- Smartphones
- Subway stations
- High-speed trains (Shinkansen)
- Industrial facilities
- Schools and hospitals

Official evaluations show that this early-warning system reduced human casualties by 20% during the 2021 earthquake (Japan Meteorological Agency, 2022).

**1.3 Deployment of Drones and Robots.** Following seismic events, Japan deploys drones and ground robots to assess:

- Landslide sites
- Structural damage to critical infrastructure
- Potential risk of secondary collapses
- The collected data are integrated into AI-powered analytical platforms that support real-time decision-making processes (Rahman & Hassan, 2020).

**1.4 Evaluation of the Japanese Experience.** Japan's model is considered the most mature globally because of its success in:

- Building a big-data-driven seismic monitoring ecosystem
- Integrating AI into all stages of the crisis cycle
- Embedding early-warning culture into public behavior
- Japan remains the global benchmark in AI-based seismic prediction.

## **2. India: Artificial Intelligence and the Prediction of Monsoon Floods**

India faces recurrent and devastating monsoon floods each year, particularly in Bihar, Assam, and West Bengal. This persistent threat has led the Indian government to develop an AI-powered early-warning system in partnership with Google AI and the World Bank (World Bank, 2021).

**2.1 India's Predictive System.** The Indian flood-prediction platform relies on:

- Analysis of river-water levels
- Satellite-based rainfall measurements
- Hydrological-station data
- Deep neural networks to predict water-level rise

The system has achieved up to 90% prediction accuracy in several regions (World Bank, 2021).

**2.2 AI-Based Hydrological Data Analysis.** India employs advanced Neural Hydrological Models, which use deep-learning algorithms to analyze:

- Water-flow dynamics
- Flow velocity
- Sudden flash-flood fluctuations

United Nations reports recommend applying the Indian model in other Asian countries suffering from similar monsoon patterns (UNEP, 2023).

**2.3 Early Warning and Community Communication.** Through mobile applications, the Indian government provides:

- Digital maps of at-risk areas
- Real-time alerts issued hours before the floods

- Early evacuation instructions
- Information on nearby shelters

This system helped evacuate more than 100,000 people ahead of the 2021 floods (World Bank, 2021).

**2.4 Challenges Facing the Indian Model.** Despite its success, major challenges persist:

- Weak digital infrastructure in rural areas
- Unstable communication networks
- Shortage of sensors along major river systems
- Nevertheless, India is now one of the most advanced countries globally in monsoon-flood prediction.

### **3. Canada: Artificial Intelligence for Wildfire Detection and Suppression**

Canada experiences severe and recurring wildfires annually, especially in Alberta and British Columbia. This has driven the government to adopt an AI-based deep-learning system to analyze wildfire-related data (Natural Resources Canada, 2022).

**3.1 Digital Infrastructure of the Canadian System.** Canada's wildfire-prediction platform integrates:

- Thermal satellite imagery
- Forest-humidity sensor data
- Wind-direction patterns
- Climate-forecasting models
- Convolutional Neural Networks (CNNs) for image analysis

The system achieves 85% accuracy in detecting ignition points up to 72 hours in advance (Natural Resources Canada, 2022).

**3.2 Drone-Based Response Operations.** Canada uses unmanned aerial vehicles (UAVs) to support firefighting operations through:

- Mapping fire-spread pathways
- Sending real-time thermal-video feeds
- Measuring temperature at ignition hotspots

These continuous data flows feed directly into AI platforms that guide ground-based firefighting teams.

**3.3 Firefighting Robots.** Canada employs heat-resistant robots capable of:

- Direct firefighting in high-risk areas
- Clearing safe pathways for human teams
- Monitoring fire-expansion levels

These robots are particularly effective in inaccessible or high-terrain regions.

**3.4 Evaluation of the Canadian Model.** Canada stands out because of:

- Integration of AI with forest-science disciplines
- Use of cutting-edge technologies for wildfire monitoring
- Development of long-range predictive fire models

However, limited data availability in remote forest regions remains a major challenge.

#### 4. Comparative Analysis of Japan, India, and Canada

**Table1**

**Comparative analysis**

| Country | Crisis type | Ai techniques used           | strength                | Weakness                                  |
|---------|-------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|
| japan   | earthquakes | deep learning + Sensor data  | extremely high accuracy | high operational cost                     |
| india   | floods      | hydrological neural networks | Strong community reach  | weak rural digital infrastructure         |
| canada  | wildfires   | CNN+ satellite dATA          | early detection         | difficulty collecting remote- firest data |

The comparative data indicate that the success of artificial intelligence in environmental crisis management varies according to the type of hazard and the level of digital infrastructure available in each country. While Japan demonstrates the highest accuracy in seismic prediction due to its reliance on deep sensor-based data, India focuses on extensive community outreach and widespread dissemination of early warnings despite weak digital infrastructure in rural areas. Canada, on the other hand, has made remarkable progress in the early detection of wildfires through the use of satellite imagery and computer-vision algorithms, although challenges related to data collection in remote forest regions persist.

This comparison highlights that technological superiority alone is insufficient; rather, effectiveness requires an integrated approach that combines digital infrastructure, community readiness, and institutional capacity to adopt sustainable and efficient AI-based systems.

#### 5. Key Lessons from International Experiences

AI significantly reduces environmental losses when high-quality data are available.

Effective crisis management requires human–algorithm collaboration, not algorithmic autonomy alone.

Drones and robots are now essential to modern emergency-response systems.

Community participation strengthens the impact of early-warning systems.

Digital-infrastructure quality remains the determining factor in the success or failure of AI-driven environmental platforms.

#### Conclusion

The theoretical and applied analysis demonstrates that artificial intelligence has become a structural component of contemporary environmental-crisis management systems. It has shifted the field from a reactive model to a proactive, anticipatory framework grounded in big-data processing and the detection of patterns that are not perceptible to humans. Recent studies confirm that intelligent



algorithms possess a remarkable ability to identify early indicators of disasters during their initial stages—whether in the context of earthquakes, as in Japan (Japan Meteorological Agency, 2022), monsoon floods in India (World Bank, 2021), or large-scale wildfires in Canada (Natural Resources Canada, 2022).

The findings further indicate that intelligent systems are not merely technical tools; rather, they have evolved into a central pillar of modern environmental governance. This governance model relies on the integration of automated analysis with human decision-making enhanced by algorithmic support. AI-driven systems have contributed to improving prediction accuracy, optimizing resource management during crises, increasing the efficiency of emergency response and rescue operations, and significantly reducing human and material losses. They have also strengthened community engagement through early-warning mechanisms delivered via smartphones and interactive mapping platforms (OECD, 2022).

However, the use of artificial intelligence in environmental contexts is not without ethical and technical challenges. Transparency concerns remain substantial, particularly in relation to “black-box algorithms,” which raise complex questions of accountability when erroneous AI-generated decisions lead to harmful outcomes (Jobin et al., 2019). Achieving environmental justice also requires equitable access to technology between developed and developing countries, especially given that major technological powers continue to dominate global data resources and advanced software ecosystems.

Moreover, data scarcity remains a critical risk factor that undermines the reliability of predictive models, particularly in countries with weak digital infrastructure.

The comparative assessment of Japan, India, and Canada indicates that the success of AI applications depends largely on data integration, the availability of robust sensor networks, and multi-level institutional cooperation. Continuous training for experts and policymakers is equally essential to ensuring the effective deployment of intelligent systems in disaster management.

In light of these findings, it can be argued that artificial intelligence represents the future of environmental-crisis management. The period between 2030 and 2050 is expected to witness the emergence of Green AI, which seeks to harmonize computational efficiency with environmental sustainability (OECD, 2022). The coming decades will also see the expansion of an “Environmental Internet of Things,” transforming the planet into a vast network of sensors capable of analyzing natural phenomena in real time.

Thus, artificial intelligence becomes not simply an auxiliary technology but a new conceptual framework for risk governance—one that enables societies to predict, adapt to, and withstand major environmental challenges.

## References

### Books

Coppola, D. P. (2015). *Introduction to international disaster management* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

### Journal Articles

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389–399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>

Li, X., Zhang, Y., & Chen, H. (2021). Deep learning for environmental monitoring: Applications in wildfire detection. *Environmental Modelling & Software*, 145, 105–123.

Rahman, M., & Hassan, R. (2020). Robotics and AI applications in disaster response: A systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 101–112.

Zhou, Y., Li, J., & Wang, X. (2022). Machine learning for climate-risk prediction: Advances and challenges. *Climate Informatics Journal*, 4(2), 55–78.

#### Reports/Websites

Japan Meteorological Agency. (2022). Annual report on seismic early warning systems. <https://www.jma.go.jp>

Natural Resources Canada. (2022). Wildfire monitoring and prediction using AI technologies. Government of Canada. <https://www.nrcan.gc.ca>

OECD. (2022). Environmental data governance and the rise of artificial intelligence. <https://www.oecd.org>

UNEP. (2023). Global environmental early warning systems report. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org>

World Bank. (2021). AI-based flood forecasting initiative in South Asia. <https://www.worldbank.org>

**The role of social services and services in achieving sustainable development in the Arabic region:  
Study the situation in Algeria, the UAE, Egypt, and Jordan.**

**Ghaoues Soufiane**

**University of 20 August 1955, Skikda, Algeria**

**Kharroubi Nawal**

**Abou Bekr Belkaid University, Tlemcen, Algeria**

**Abstract:**

The study aims to identify the extent to which social services contribute to achieving sustainable development goals by reviewing their relationship with the dimensions of sustainable development. The descriptive and analytical approach was adopted to determine the theoretical framework of the two variables, link the relationship between them, analyze the role played by social services in supporting and achieving sustainable development and diagnose the reality of social services in Arab countries by analyzing strengths and weaknesses, in the case of four Arab countries (Algeria, the Emirates, Egypt, and Jordan). The study relied on time data based on the data present in international reports.

Key indicators examined include government expenditure on education and health as a percentage of GDP, age dependency ratios and human development indices. These metrics provide insight into the efficiency and impact of social spending across diverse economic and demographic contexts in the region. By comparing these four countries, the study highlights both commonalities and divergences in policy approaches, resource allocation and outcomes related to sustainable development.

The study concluded that public spending on education and health, along with managing age dependency ratios, directly contributes to improving human capital, reducing social gaps, and increasing economic productivity. This is evident in the UAE, which has flexibility in financing education and health thanks to its diversified economy, while Jordan and Egypt face the challenges of population growth and limited resources, requiring financial reforms to enhance efficiency. Algeria, despite its dependence on oil revenues, has demonstrated a commitment to social spending to support human development and ensure the sustainability of these efforts. However, it still faces many challenges that must be overcome. Enhancing the effectiveness of social services also requires coverage, quality, and the integration of social policies with national development goals, ensuring the building of more just resilient and sustainable Arab societies capable of meeting economic and social challenges.

**Key words:** Services; Social services; Sustainable development; Education; Health.

### Introduction:

Sustainable development is a fundamental pillar for achieving a balance between economic, social, and environmental dimensions. Modern societies strive to adopt this integrated model to ensure well-being and social justice while preserving resources for future generations. Social services, such as education, health, and social protection, stand out as strategic tools for achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). They contribute to enhancing human capital, reducing poverty, and achieving equal opportunities. In the Arab context, the importance of these services is evident in addressing economic and social challenges, such as population growth, unemployment, and the repercussions of crises like the COVID-19 pandemic and oil price volatility. By analyzing the cases of four Arab countries (the United Arab Emirates, Jordan, Algeria, and Egypt), this study highlights the role of social services in supporting sustainable development, focusing on both the economic and social dimensions. Investment in education enhances skills and increases productivity, while health services support well-being and reduce social disparities, and social protection programs promote inclusiveness. However, the effectiveness of these services remains contingent on their quality, coverage, and integration with national policies. This necessitates improving spending efficiency and diversifying funding sources to address regional challenges, such as dependence on oil resources or the pressures of migration and displacement. Based on the aforementioned data, the research problem can be formulated through the following question:

What is the reality of social services in achieving sustainable development in the Arab region?

**Research Significance:** The importance of the study lies in understanding the pivotal role of social services in driving sustainable development, given its great importance in most Arab countries, and it is also a topic of great importance in light of the current economic and social challenges.

**Research Objectives:** this study aims at:

- Highlighting the role that social services play in achieving the dimensions of sustainable development.
- Identifying indicators that can be used to measure the extent to which social services contribute to achieving the Sustainable Development Goals (SDG).
- Determining the economic and social connections between social services and sustainable development.
- Exploring the reality of social services in the Arab region and their contribution to achieving sustainable development through a detailed analysis of the relationship between spending on these services and development outcomes.

**Methodology:** To answer the main question, and to be aligned with the methodologies adopted in economic and financial studies, the descriptive-analytical approach is maintained to: identify the required theoretical frameworks to conduct this study; determine and analyse the role of social services in achieving the dimensions of sustainable development, In addition to employing a comparative approach to highlight Arab countries in linking social services to the sustainable development agenda.

### Study Structure:

- The conceptual framework for services and social services.
- Defining sustainable development.
- Evaluating the Arab Region's Public and Social Services Environment.

## 2. The conceptual framework for services and social services.

Services are a common concept in the field of business and markets, and their role has increased significantly until they have become an important sector in the economic development of countries.

**2.1. The Service:** There are many definitions of service, but economic thought almost unanimously agrees that a general definition of service still does not exist. However, this does not negate the fact that efforts have been made to try to define and classify services, **which will be presented as follows:**

A service is defined as 'any act or performance that one party offers to another that is essentially intangible and does not result in the ownership of anything; its production may or may not be tied to a physical product'. This definition closely aligns with the marketing perspective of a service, which is regarded as 'actions and activities provided by one party to another.' These activities are intangible and do not result in the transfer of ownership, and their provision may or may not be associated with a physical product (Bousalem, 2011, p. 7-8).

**2.2. The Social Services:** Shea set up public services that aim to support individuals and families, especially vulnerable groups, by providing financial assistance and direct services such as healthcare, education, and housing. These services are often funded by the government or nonprofit organisations and are considered part of government spending that seeks to redistribute resources and achieve social justice.

**2.2.1. Characteristics of Social Services:** Among the characteristics of social work, the following points can be mentioned:

- Social work represents an approach that relies on science and skill to achieve care goals.
- Social work helps identify, assess, and measure social welfare needs based on available services in the community, prioritising some based on need. Furthermore, social work evaluates social welfare systems to ensure they adapt to the changing circumstances and developmental stages of society, responding to and aligning with community requirements.
- Social work helps increase the effectiveness and efficiency of social welfare programs by adopting planning as a scientific method for providing services and improving their quality (Kharroubi, 2025, p. 16).

**2.2.2. Fields of Social Services:** There are many areas of social services that seek to address and resolve many of the problems faced by individuals and to work on reforming and developing society. Among the most important areas of social service are:

- Ensuring an adequate standard of living to cope with life's shocks and changes;
- Contributory pensions;
- Compensation (maternity, work injuries, old age, disability...);
- Health insurance coverage;
- Housing programs for a decent life;
- Services and Programs education; Health services and health insurance systems.

**3. Sustainable Development:** Sustainable development is one of the central concepts that has received widespread attention in contemporary economic and social literature. In this context, this concept can be clarified, and its goals and dimensions can be defined.

**3.1. The Definition of Sustainable Development:** Sustainable development was defined in the report of Brundtland for( 1987): It is "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. "It seeks to reconcile economic development with the protection of social and environmental balance (EUR-Lex, 2024). The United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) are a global roadmap for achieving sustainable development by 2030, comprising 17 comprehensive goals covering various aspects of development, including poverty, hunger, education, health, gender equality and climate change (Ozturk et al., 2024).

**3.2. Dimensions of Sustainable Development:** The dimensions of sustainable development include:

**Table (1): Dimensions of Sustainable Development**

| Environmental Dimension                                                                                                                                                                                                                                                | Social Dimension                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Economic Dimension                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sustainable development focuses on the rational use of natural resources and ecosystem protection. It also addresses environmental degradation and global warming to ensure resource conservation for future generations (Luc Dubois & Régis Mahien, 2002, pp. 73-94). | Sustainable development aims to stabilise population growth and enhance individual well-being by improving education, healthcare, and food security, particularly in rural areas. It also fosters social inclusion, human rights, and security, emphasising the critical role of equitable population distribution and stability Parenthetical (Khayther & Azazin, 2020, p. 76). | It seeks to improve living standards and reduce poverty by optimising resource use between developed and developing countries through:<br><br>Accountability: Developed nations taking responsibility for pollution.<br><br>Reduction: Cutting military spending, resource waste and income inequality.<br><br>– Equity: Ensuring fair resource distribution and reducing global dependency. |

**Source:** Completed by the author

#### 4. Evaluating the Arab Region's Public and Social Services Environment:

From the aforementioned data, it can be deduced that services, especially social services, represent an important aspect of achieving the sustainable development goals, particularly in how they contribute to achieving them. He accused him of the objectives and their connection to the dimensions of sustainable development through the fact that:

**4.1. Social services and their connection to the Sustainable Development Goals :**The following table shows the main social services and their connection to the Sustainable Development Goals:



**Table (2): Social Services and their connection to the Sustainable Development Goals**

| <b>Social services</b>                 | <b>Sustainable Development-Related Goals</b>                                                                                                                                          | <b>Sustainable Development Goals</b>                    |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Health</b>                          | -Improving primary healthcare reduces preventable mortality rates.<br>-Promoting public health supports economic productivity.                                                        | Goal 3: Health and Wellbeing                            |
| <b>Education</b>                       | -Providing free or subsidised education increases enrollment and higher education rates.<br>- enhancing skills and reducing poverty, thus supporting empowerment.                     | Goal 4: Quality education.                              |
| <b>Social Security</b>                 | -Social transfers reduce multidimensional poverty ;<br>-Supporting vulnerable groups (the elderly, people with disabilities) to achieve social justice.                               | Goal 1: Eradicate poverty<br>Goal 10: Reduce inequality |
| <b>Accommodation</b>                   | -Providing safe and adequate housing improves living conditions in both urban and rural areas.<br>-It reducing slums and supporting environmental sustainability.                     | Goal 11: Sustainable Cities                             |
| <b>Protection of Vulnerable Groups</b> | -Supporting women, children, and people with disabilities promotes equality.<br>-This contributes to their integration into the labor market, which in turn promotes economic growth. | Goal 5: Gender Equality<br>Goal 8: Decent Work          |

**Source:** Completed by the author

Achieving many goals and objectives depends on everyone's access to services and infrastructure, highlighting the crucial importance of services in achieving the 2030 Agenda. This strategy would address numerous aspects, especially education, health, housing, and social security, thereby enhancing human capital and promoting social justice. The economic and social dimensions of this strategy can be summarised as follows:

- From an economic perspective, social services represent a long-term investment that promotes economic growth by improving human capital and reducing the cost of poverty. However, their effectiveness depends on the efficiency of public spending.
- On the social side: Services promote social stability by reducing disparities, but their success requires precise targeting of the neediest groups, but this situation is not clear in many Arab countries due to a lack of data.

#### **4.2. The Connection between Social Services and the Dimensions of Sustainable Development:**

The relationship between social services and sustainable development can be examined from both economic and social perspectives. These dimensions are summarised in the Table (3).

**Table (3): The linkage between social services and the dimensions of sustainable development (economic and social)**

| Social Services        | The Social Dimension                                                                                                     | The Economic Dimension                                                                                      |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Health</b>          | -Improving quality of life.<br>-Reducing deaths.<br>-Promoting equality in access to care.                               | -Improving workforce health leads to higher productivity, which in turn reduces future healthcare expenses. |
| <b>Education</b>       | -Empowering individuals, especially women and the poor.<br>-Get a good education of the best quality and/or lowest cost. | -Increasing human capital.<br>-Supporting innovation and technology.                                        |
| <b>Social Security</b> | -Protecting vulnerable groups.<br>-Reducing class disparities.                                                           | -Stabilizing domestic demand and stimulating local consumption.                                             |
| <b>Accommodation</b>   | -Human dignity.<br>-Combating substandard housing.                                                                       | -Stimulating the construction sector.<br>-Creating job opportunities.                                       |

**Source:** Completed by the author

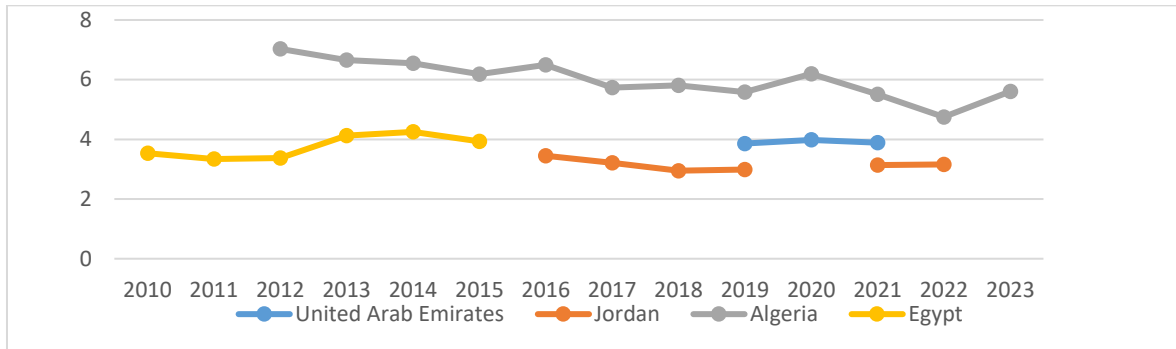
The table highlights the connection of major social services (health, education, social security and housing) with the economic and social dimensions of sustainable development. From an economic perspective, these services contribute to enhancing human resource efficiency and stimulating growth by increasing productivity and investing in human capital, in addition to reducing future financial burdens resulting from inadequate services. From a social perspective, they serve as a tool for achieving social justice and reducing disparities by empowering individuals, especially vulnerable groups, and ensuring a decent standard of living and adequate housing.

#### **4.3. Evaluating Development Realities in Arab Countries through the Analysis of Social Indicators:**

Social indicators analysis is one of the most important quantitative tools used to assess the reality of development in countries, particularly in the Arab region, which faces multiple development challenges. Indicators such as the age dependence ratio, spending on health and education and the housing index provide a clear assessment of the availability and distribution of social services and their effectiveness in increasing the standard of living and decreasing social inequities.

**4.3.1. Public expenditure on education (% of GDP):** This indicator is one of the Sustainable Development Goals (Goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all), Figure.2 shows the Public expenditure on education (% of GDP) over The period of 2010-2023.

**Figure (1): Public expenditure on education (% of GDP)**



**Source:** Completed by the author based on the data of (World Health Organization, 2025)

The figure illustrates the differences in the public spending index on education among the Three countries as follows:

**United Arab Emirates:** There is little information available about public education spending in the UAE from 2010 to 2023. The available data indicates that spending was 3.86% in 2019, 3.98% in 2020, and 3.89% in 2021, reflecting a stable expenditure of around 3.8–3.9% of GDP (UNESCO Institute for Statistics, 2024, p. 23). The increase in 2020 is attributed to state investments in distance learning to address the COVID-19 pandemic (World Bank, 2023, p. 34), followed by a relative decline in 2021 due to GDP growth as the economy recovered (International Monetary Fund [IMF], 2024, p. 50).

Despite these fluctuations, the focus remained on education quality and modern technologies, aligning with UAE Vision 2021 and 2030 to enhance human capital and support the transition toward a knowledge-based economy.

**Jordan:** The country's public education spending fell from 3.54% in 2010 to 2.95% in 2018 before progressively rising to 3.14% in 2021 and 3.16 percentage in 2022, reflecting its sensitivity to economic and fiscal conditions (UNESCO Institute for Statistics [UIS], 2024, p. 30).

The decline during the 2017–2018 period is attributed to fiscal pressures and public deficits resulting from IMF-supported reforms and subsidy cuts, in addition to the influx of Syrian refugees, which placed an increased burden on the education system. Conversely, international aid, particularly from the European Union, contributed to a spending spike of 3.45% in 2016 (World Bank, 2023, p. 48).

Government measures following the COVID-19 pandemic also bolstered spending in 2021–2022 to enhance remote learning and educational infrastructure (International Monetary Fund [IMF], 2024, p. 78). Overall, Jordan's fiscal policy has attempted to balance educational priorities against escalating financial constraints.

**Algeria:** Due to economic growth, public spending on education in Algeria has fluctuated in tandem with oil prices, increasing from 7.03% in 2012 to 7.55% in 2014, driven by economic expansion. It then fell to 6.18% in 2015 and continued a downward trend between 2016 and 2019 (ranging from 6.50% to 5.58%) due to the oil crisis and reduced fiscal capacity, despite the maintenance of free education. In 2020, spending rebounded to 6.19% to address the challenges of the COVID-19 pandemic, particularly in remote learning and student support (World Bank, 2023, p. 50).

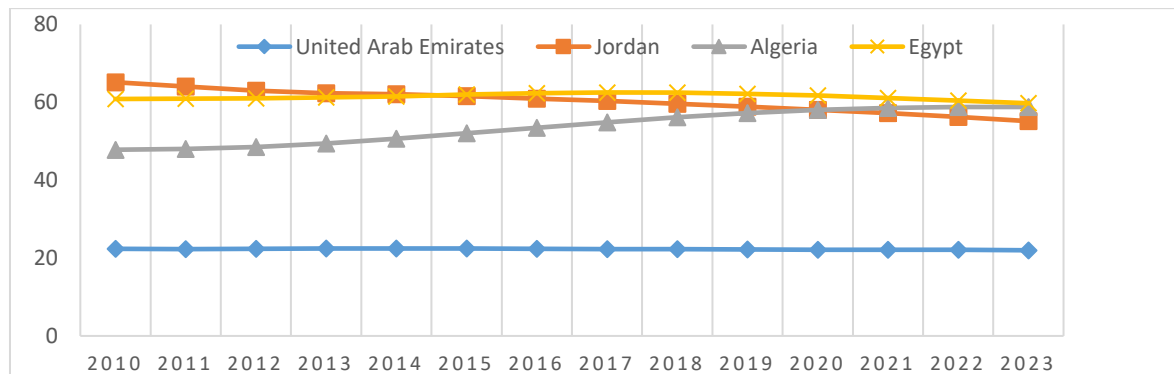
This was followed by a decline to 5.51% and 4.75% in 2021–2022, attributed to GDP recovery and fiscal reforms aimed at enhancing spending efficiency. Expenditure subsequently rose to 5.61% in

2023, reflecting increased budgetary allocations for education to support quality improvements and labor market requirements (IMF, 2024, p. 100).

**Egypt:** Before sharply increasing to 5.61% in 2023, public spending on education in Egypt steadily decreased from 3.54% in 2010 to 2.99% in 2019 before rising significantly to 5.61% in 2023. Spending ranged between 3.54% and 3.37% during the 2010–2013 period, as the government prioritised free education to foster stability following the 2011 revolution, despite fiscal pressures stemming from slowing growth. Expenditure fell to 3.93% in (2014 - 2015) due to economic reforms most notably fuel subsidy cuts aimed at reducing the fiscal deficit which constrained education funding. Between 2016 and 2019, the downward trend continued, reaching 2.99%, driven by the currency flotation, rising inflation, and IMF-backed fiscal consolidation measures (UNESCO Institute for Statistics, 2024, p. 40). The sharp increase to 5.61% in 2023 reflects the government's commitment to strengthening the sector under "Egypt Vision 2030," which aims to improve educational quality and infrastructure, supported by a 6.6% GDP growth in 2022 and increased revenues (World Bank, 2023, p. 58). During the COVID-19 pandemic, Egypt maintained relatively stable spending levels, accompanied by targeted investments in digital education (IMF, 2024, p. 115).

**4.3.2. Age dependency ratio (% of working-age population):** The age dependency ratio is the number of individuals unable to work (under 15 and over 64 years of age) per 100 individuals of working age (15-64). This ratio provides an indication of the economic burden borne by the working population in supporting the non-productive segments of the population.

**Figure (2): Age dependency ratio (% of working-age population)**



**Source:** Completed by the author based on the data of (World Health Organization, 2025)

The figure shows the age dependency ratio index as a percentage of the working-age population (15-64 years) for four Arab countries (United Arab Emirates, Jordan, Algeria, and Egypt) during the period from 2010 to 2023.

**Jordan:** The age dependency ratio in Jordan witnessed a gradual decline from 65.15% in 2010 to 55.16% in 2023, driven by falling fertility rates and an increase in the working-age population share (World Bank, 2023, p. 60). This trend was accompanied by improvements in life expectancy, education, and health, despite challenges such as high unemployment and refugee pressures (IMF, 2024, p. 85). This transition indicates Jordan's entry into the "demographic window," presenting opportunities to strengthen economic growth (UNDP, 2025, p. 100).

**United Arab Emirates:** The age dependency ratio in the UAE has remained stable at a low level, ranging between 22.46% in 2014 and 22% in 2023. This stability is attributed to a demographic structure dominated by expatriate workers, who comprise 80–85% of the population, alongside low fertility rates and increased life expectancy (World Bank, 2023, p. 56). Flexible immigration policies and the

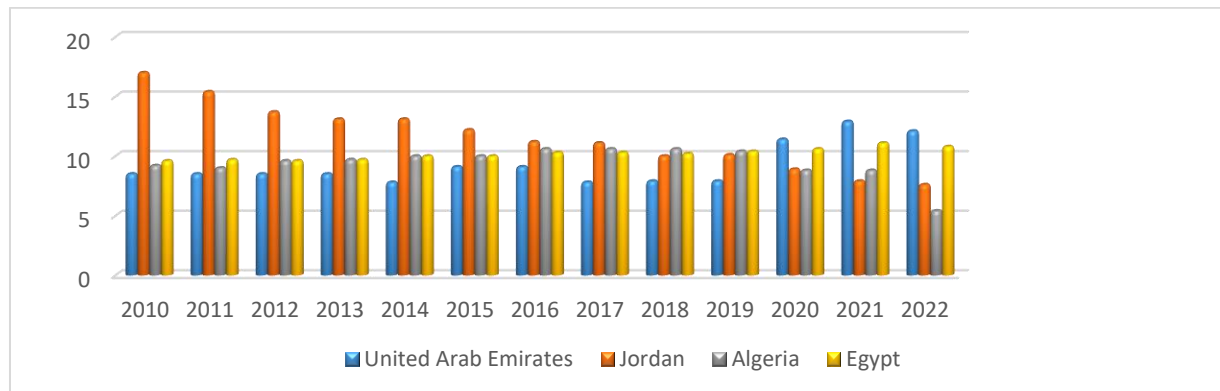
attraction of skilled talent sustained this stability even during the COVID-19 pandemic, positioning the UAE to reap economic benefits by alleviating pressure on social services and directing resources toward development (UNDP, 2025, p. 89).

**Egypt:** Egypt's age dependency ratio experienced a slight increase from 60.82% in 2010 to 62.53% in 2017, followed by a gradual decline to 59.76% in 2023. This trajectory is a result of declining fertility rates and rising life expectancy, concurrent with slowing population growth and mounting challenges such as unemployment and population aging.

**Algeria:** In contrast, Algeria witnessed a gradual rise in its age dependency ratio from 47.82% in 2010 to 58.77% in 2023. This increase stems from changing fertility dynamics and higher life expectancy, creating persistent demographic pressure on the workforce due to the growing proportion of children and the elderly (UNDP, 2025, p. 120). This rise poses economic challenges giving Algeria's reliance on oil revenues to finance social services. Consequently, policies are required to enhance female labor force participation (15% in 2022) and improve youth employment opportunities to tackle unemployment (11.4% in 2022), thereby leveraging the demographic window before it narrows (IMF, 2024, p. 105).

**4.3.3. Domestic general government health expenditure (GGHE-D) as a percentage of general government expenditure** :Local government health expenditure, as a percentage of total government spending, is an indicator of the priority given to the health sector within government fiscal policies and reflects the state's commitment to providing health services to its citizens through the general budget. The following figure illustrates the evolution of this indicator during the period from 2010 to 2022.

**Figure (3): Domestic general government health expenditure (GGHE-D) as a percentage of general government expenditure.**



**Source:** Completed by the author based on the data of (World Health Organization, 2025)

The figure above illustrates local public health spending. As a percentage of total government spending in four Arab countries, each of which experienced:

**United Arab Emirates:** Health expenditure in the UAE exhibited fluctuations between 2010 and 2022. It remained stable at 8.5% of GDP during the 2010–2013 period, before declining to 7.8% in 2014 due to the drop in oil prices (World Health Organization [WHO], 2023, p. 15). Thereafter, spending rebounded to 9.1% in 2015–2016 in response to population growth and increased investment in health technology (World Bank, 2023, p. 40). Between 2017 and 2019, expenditure decreased to approximately 7.8–7.9%, driven by the expansion of general government spending and the introduction of Value Added Tax (VAT). However, spending surged significantly during 2020–2021 to reach 11.4% and 12.9%, respectively, necessitated by the COVID-19 pandemic and intensive health campaigns (WHO, 2023, p. 28). In 2022, the ratio fell to 12.1% as the economy recovered and public

spending was redirected toward other sectors such as tourism (IMF, 2024, p. 55), although health remained a priority despite significant reliance on the private sector.

**Jordan:** The ratio of health expenditure in Jordan recorded a gradual decline from 17% in 2010 to 7.6% in 2022, a result of fiscal pressures and cuts in public subsidies, alongside increased dependence on international aid (IMF, 2024, p. 90). The ratio saw a slight increase in 2019 to 10.1% due to improved revenues and the expansion of care programs. However, it fell to below 8% during the COVID-19 pandemic where resources were shifted to support other sectors, coupled with economic recovery and increased spending on education and tourism in 2022 (WHO, 2023, p. 35).

**Algeria:** Health expenditure declined from 9.2% in 2010 to 5.4% in 2022, showing significant volatility linked to hydrocarbon revenues. An initial rise to 9.7% (2010–2013) driven by the 286\$ billion Public Investment Program was sustained until 2018 (peaking at 10.6%) despite the 2014 oil shock, as the government prioritized social stability (WHO, 2023, p. 25).

However, fiscal pressures from the prolonged oil crisis forced a contraction to 10.4% in 2019, followed by a decrease to 8.8% during the pandemic years (2020–2021). The sharp drop to 5.4% in 2022 reflects a denominator effect caused by GDP recovery (4.1% growth) and the reallocation of public funds toward housing and wages under the 2022 Finance Law (World Bank, 2023, p. 55). Ultimately, this trajectory highlights the structural vulnerability of Algerian health financing to oil price volatility (Ghaoues & Kharroubi, 2025, p. 402).

**Egypt:** The health sector in Egypt saw a slight increase in spending from 9.6% in 2010 to 11.1% in 2021, influenced by periods of political instability, economic reforms, and international support. Expenditure rose during the COVID-19 pandemic to cover testing programs, vaccinations, and advanced health infrastructure (World Health Organisation [WHO], 2023, p. 30). However, spending declined to 10.8% in 2022 as GDP grew and government expenditure was directed toward other sectors (IMF, 2024, p. 125), highlighting the need for increased investment to meet growing service demand driven by population growth.

**4.4. The Relationship between Social Services and Sustainable Development Goals: The Case of UAE, Jordan, Algeria, and Egypt:** Social services are fundamental pillars for achieving social stability and promoting justice and development in societies. They reflect a state's commitment to the well-being of its citizens by providing education, healthcare, social protection, and care for vulnerable groups. In the Arab region, the levels of these services vary significantly between countries, whether in terms of the quality of coverage, its comprehensiveness, or the effectiveness of related policies. The following table presents an analysis of the current state of social services in some Arab countries (Algeria, the UAE, Jordan, and Egypt), highlighting their strengths and weaknesses.



**Table (4): An Evaluation of the Advantages and Disadvantages of Social Services in Arab Nations**

| State   | Challenges                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Strengths                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Algeria | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inefficient targeting mechanisms within social safety nets, resulting in fiscal leakage and suboptimal resource allocation.</li> <li>2. Structural dependence on hydrocarbon revenues, thereby jeopardising the long-term fiscal sustainability of social funding.</li> <li>3. Governance constraints characterised by insufficient transparency in the administration of social welfare programs.</li> <li>4. Inequities in the spatial allocation of healthcare resources, particularly exacerbating disparities in remote and underserved regions (MTESS, 2025).</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Broad based social protection delivered via direct social transfer mechanisms (e.g., unemployment benefits).</li> <li>2. Adherence to a universal welfare state model guaranteeing cost-free access to education and healthcare services.</li> <li>3. Implementation of public housing schemes (such as the AADL program) designed to provide residential units at state-subsidised rates.</li> <li>4. Substantial capital allocation toward the development of critical social infrastructure, including healthcare facilities and educational institutions.</li> </ol> |
| The UAE | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Workforce nationalisation constraints due to a structural heavy reliance on expatriate labor within the service sector.</li> <li>2. A pension system characterised by fragmented coverage, with limited inclusivity for the private sector workforce and non-national employees.</li> <li>3. Digital divide barriers manifested in low awareness and utilisation of e-social services among lower-literacy demographics (U.AE, 2025).</li> </ol>                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Substantial capital investment in human capital development, evidenced by world-class infrastructure in both healthcare and higher education sectors.</li> <li>2. Advanced digital transformation capabilities, featuring sophisticated e-social services and unified digital identity frameworks (e.g., UAEPASS).</li> <li>4. Robust Public-Private Partnerships (PPPs) driving corporate social responsibility (CSR) initiatives.</li> </ol>                                                                                                                           |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jordan | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fiscal constraints driven by resource scarcity and elevated levels of public debt.</li> <li>2. Persistently high unemployment rates, exacerbating the strain on social protection mechanisms.</li> <li>3. Challenges regarding the socioeconomic integration of refugees while mitigating potential displacement effects on host communities.</li> <li>4. Infrastructural deficits in rural areas, constraining the quality and accessibility of service delivery (World Bank, 2025).</li> </ol>                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A comprehensive social safety net targeting impoverished households and refugee populations, anchored by institutions such as the National Aid Fund (NAF).</li> <li>2. Vocational training and capacity-building programs designed to enhance employability, such as initiatives led by the Development and Employment Fund (DEF).</li> <li>3. A relatively advanced healthcare system featuring subsidised insurance coverage schemes specifically for low-income households.</li> <li>4. Robust international donor support for refugee integration programs, which effectively reinforces domestic social service delivery.</li> </ol> |
| Egypt  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Significant demographic pressure resulting from high population density, thereby overburdening social service delivery capacities.</li> <li>2. Sustainability gaps in social funding precipitated by prevailing macroeconomic challenges.</li> <li>3. Geographic disparities in service quality, characterised by a pronounced urban-rural divide.</li> <li>4. Administrative bureaucracy hindering the operational efficiency and implementation of social welfare programs (Ministry of Social Solidarity [MOSS], 2025).</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementation of large-scale social safety nets, such as the "Takaful and Karama" program, specifically targeting vulnerable and low-income households.</li> <li>2. Enhancement of healthcare accessibility through the progressive rollout of the Universal Health Insurance System(UHIS).</li> <li>3.Strategic investment in higher education and technical vocational training to foster youth employability.</li> <li>4. Initiatives aimed at the socioeconomic empowerment of women, facilitated through financial inclusion tools such as microfinance programs.</li> </ol>                                                        |

**Source:** Completed by the author

The comparative assessment of social services in Algeria, the UAE, Jordan, and Egypt reveals significant performance disparities and comparative advantages, providing a strategic basis for optimizing regional social policies by leveraging specific sectoral strengths.

Unlike in the goods sector, Arab countries have demonstrated significant comparative advantages and global competitiveness in service industries, particularly in transportation, tourism and communications (Arab Monetary Fund et al., 2019, p. 240).

While Arab states possess significant homogeneity in the elements of regional integration, they are among the least integrated regions. This underscores the importance of the Arab Agreement on Trade in Services, which will help Arab states and their commercial institutions achieve greater access to Arab markets for their exports. In particular, it will foster interconnected relationships among Arab states in the services sector, opening new avenues for Arab cooperation, maximising gains and benefits, and breaking down trade barriers that have previously hindered trade liberalisation among them.

## Conclusion

International experience, supported by theoretical literature, confirms that social services, including education, health, and social protection, are not merely consumption expenditures but rather long-term strategic investments that promote sustainable development in the Arab region, as demonstrated by the experiences of the countries examined in this study (the United Arab Emirates, Jordan, Algeria, and Egypt). The Analysis of the indicators in this study reveals that public spending on education and health, along with managing age dependency ratios, directly contributes to improving human capital, reducing social disparities and increasing economic productivity. This is evident in the UAE, which demonstrates flexibility in financing education and health thanks to its diversified economy, while Jordan and Egypt face the challenges of population growth and limited resources, necessitating fiscal reforms to enhance efficiency. Algeria, despite its reliance on oil revenues, has shown a commitment to social spending to support human development and ensure the sustainability of these efforts.

Enhancing transparency and accountability in social programs is vital for achieving the SDGs and establishing social services as the foundation for resilient, equitable Arab societies and comprehensive well-being.

**Recommendations:** In light of the results of our study, the following recommendations are proposed:

- Developing integrated policies that focus on improving the quality of social services through investment in technology and training;
- Directing resources towards the neediest groups;
- Strengthening public-private partnerships to ease pressure on the government budget.

## Bibliography

Arab Monetary Fund. (2006). *Unified Arab economic report: Chapter ten – Remittances from workers abroad and economic development in Arab countries*. Arab Monetary Fund.

Bousalem, F. (2011). *The impact of international trade liberalization in services on the efficiency of banking activity in developing countries – The case of Algeria* (Unpublished master's thesis). Department of Financial Management and Economic Sciences, Mentouri University of Constantine, Algeria.

Dubois, J. L., & Mahien, F. R. (2002). The social dimensions for development durable: Reducing the pauvreté or social durabilité? In *Durable development? Doctrines, practices, evaluations* (Chap. 2). IRD Editions. <https://doi.org/10.4000/books.irdition.6773>

Ghaoues, S., & Kharroubi, N. (2025). The role of healthcare in achieving sustainable development goals. *Journal of Contemporary Business and Economics Studies*, 8(2), 389–405. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16698275>

International Monetary Fund. (2024). *Middle East and Central Asia: Regional economic outlook*. International Monetary Fund.

Kharroubi, N. (2025). *Social protection: An analytical study of social security funds for salaried and non-salaried workers during the period 2000–2021* (Doctoral thesis in economic sciences, specialization in economic analysis and forecasting). Faculty of Economic, Commercial and Management Sciences, Tlemcen, Algeria.

Khithier, H., & Azazene, H. (2020). Requirements for the success of sustainable development in light of contemporary environmental challenges. *Journal of Contemporary Business and Economic Studies*, 3(2), 73–86.

Ozturk, I., Alqassimi, O., & Ullah, S. (2024). Digitalization and SMEs development in the context of sustainable development: A China perspective. *Heliyon*, 10(6), e27936. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27936>

United Nations Development Programme. (2025). *Human development report 2025*. United Nations Development Programme.

#### Links & websites

Bertelsmann Stiftung. (2023). *Social justice index 2023*. <https://www.socialjusticeindex.org>

Ministry of Social Solidarity (MOSS). (2025). Home page. <https://www.moss.gov.eg/>

Ministry of Labour, Employment and Social Security (MTESS). (2025, June 11). National social security policy. <https://www.mtess.gov.dz/ar/index.php/national-social-security-policy>

World Health Organization. (2025). Domestic general government health expenditure (GGHE-D) as percentage of general government expenditure (GGE) (%). <https://data.who.int/indicators/i/8C8FB8F/B9C6C79>

UNESCO Institute for Statistics. (2024). *Education statistics: Government expenditure on education*. <http://uis.unesco.org>

World Bank. (2023). *World development indicators*. <https://data.worldbank.org>

World Health Organization. (2023). *Global health expenditure database*. <https://apps.who.int/nha/database>

World Bank. (2023, July 20). *World development indicators*. <https://data.albankaldawli.org/indicator>

EUR-Lex. (2024, April 26). Access to European Union law – Sustainable development. <https://eur-lex.europa.eu/EN/Legal-content/glossary/sustainable-development.html>

U.AE. (2025, June 11). Social welfare programmes. <https://u.ae/ar-ae/information-and-services/social-affairs/social-welfare-programmes>

## Urban Environmental Noise

**Dr. Ouahiba Meddeb**

University of Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

Laboratory for Research on Natural Resources and Planning

**Amira Berrogtane**

University of Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

**Yahia Abd El Ali Harbi**

University of Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

### **Abstract:**

Noise is one of the most prominent environmental challenges facing modern cities, with effects that go beyond a decline in quality of life to include serious physical and psychological health risks. With rapid urban expansion and increased human activity, the problem of noise pollution has worsened, especially in densely populated urban areas where multiple sources of noise overlap, making it more difficult to contain and address its negative effects. Building on this issue, the present field study aims to analyze the impact of noise pollution on the urban environment in selected neighborhoods of Sidi Amar city, Annaba Province. This is achieved by surveying the opinions of residents living in areas close to the main sources of noise. A field questionnaire was adopted as the primary tool for data collection and was administered to a sample of local residents living in the areas most exposed to noise. The questionnaire included a series of questions related to the degree of discomfort, the physical and psychological symptoms resulting from continuous noise exposure, and residents' perceptions of the main causes of the problem. Analysis of the data extracted from the questionnaire showed that a large proportion of participants suffer from constant discomfort due to the noise surrounding them. The effects of this discomfort vary from mild symptoms such as temporary annoyance to more serious symptoms such as nervous tension, irritability, and a general deterioration in mental health. This is linked to the high noise levels caused by traffic and commercial activities in these neighborhoods. This study highlights the urgent need for intervention by the relevant authorities to reduce noise pollution in urban areas, through the implementation of effective strategies that include proper urban planning, stricter control over noise sources, and raising public awareness about the importance of a healthy acoustic environment.

**Keywords:** Noise pollution, Urban environment, Questionnaire-based study, Health impacts of noise.

### **Introduction:**

In recent decades, the world has witnessed an unprecedented acceleration in the pace of urban expansion, leading to radical changes in lifestyles within cities. This transformation has been accompanied by a significant increase in population density, the concentration of industrial and commercial activities, and the expansion of transport networks and infrastructure. These combined factors have contributed to the exacerbation of various forms of pollution, resulting in interconnected challenges affecting environmental, social, and health aspects, and casting a shadow over the quality and sustainability of urban life.

Among these environmental problems, noise pollution emerges as one of the hidden form of pollution, yet it has a profound impact on people's daily lives (Karina Mary de Paiva Vianna, 2015). The World Health Organization has classified it as a serious health problem due to its psychological and physical effects (World Health Organization , 2011), such as sleep disorders (Xinbo Xu, 2023), increased stress levels (Shunmathi Babu, 2025), hearing impairment (William W. Clark, 1999), and an increased risk of developing diseases of the cardiovascular, digestive, and nervous system (Nicola Mucci, 2020). Urban noise is linked to several structural and organizational factors, including high population density (Bahaa Kazem Jawad Al-Khafaji, 2024), transportation patterns (Massoud, 2017), industrial activities, and poor urban planning. Its forms and intensity also vary from one city to another, depending on the social, economic, and urban characteristics of each area.

Despite the noticeable increase in noise pollution levels in Algerian cities, this phenomenon continues to receive limited research attention, particularly at the local scale. In this context, the present study addresses the issue of identifying the main sources of urban noise in the city of Sidi Amar–Annaba, assessing the extent to which noise pollution affects the quality of the urban environment and residents' health, and determining the mechanisms capable of mitigating this phenomenon.

### **Methodology:**

Sidi Amar Municipality is the third largest municipality in the Annaba province (Algeria) in terms of population, with 91 138 inhabitants according to 2015 statistics, and a population density estimated at 2 152 inhabitants/km<sup>2</sup> (City-facts, 2018). It extends over an area of 44.9 km<sup>2</sup> and is located about 10 kilometers from the city of Annaba (City-facts, 2018). It is characterized by a diverse urban fabric and a multi-ethnic population, shaped by the influx of people from different regions of the country who settled there to work in the iron and steel industrial complex located within its boundaries. The presence of the university has further amplified this demographic growth by attracting additional residents.

Sidi Amar is considered one of the most prominent municipalities in terms of urban activity and the availability of facilities and services. It includes educational institutions at all levels, the largest university campus in the province, in addition to health facilities and a variety of cultural and sports amenities. The municipality also contains a market and commercial shops that meet residents' daily needs, as well as administrative and security structures, including the municipal headquarters, post offices, and a police station. It is also characterized by an efficient transportation network connecting it to neighboring municipalities, including bus, car, and train stations, and a university transport station with more than 80 buses. The municipality also has several mosques distributed throughout its various neighborhoods.

This study examines the main entrance to the city of Sidi Amar, an urban sector characterized by high urban and population density, as well as a notable concentration of economic, commercial, and social activities. The area includes seven collective residential neighborhoods inhabited by approximately 7 000 residents, extends along the first section of the city's main road. The Sidi Amar road is a strategic axis in the urban transport network, connecting local neighborhoods with other municipalities in the



Annaba province, making it prone to congestion, especially during peak hours According to traffic studies, the road records approximately 19 800 light vehicles and 2 230 heavy vehicles daily between 7:00 AM and 10:00 PM.



**Figure 1.** Pattern of traffic flow on the main road in the study area.

The study area also contains a train station located in its eastern part, indicating the presence of a railway line crossing this zone. The train operates on this line in both directions every two hours, daily from 7:00 AM to 6:00 PM.



**Figure 2.** Railway station in the study area.

The spatial structure of the area reveals functional diversity, where residential spaces coexist with local commercial shops, public facilities, and various transportation networks. This dynamic urban fabric demonstrates a high density of social interactions, reflecting the vibrancy of local life, but it also presents challenges related to quality of life, particularly concerning noise pollution.

This study adopted a field methodology based on involving local residents, as they are directly affected by the noise pollution problem. To achieve this, a questionnaire was prepared using the Sphinx program (Le Sphinx, 2025); a specialized tool for designing questionnaires and analyzing quantitative and qualitative data, enabling the implementation of the various stages of the research, from questionnaire development to results analysis. One hundred paper copies of the questionnaire were printed and distributed in the field to residents of the seven neighborhoods within the study area, ensuring broad geographical and social representation to guarantee a comprehensive sample.

The questionnaire included different types of questions: closed, open, and multiple choices, which enabled the collection of quantitative and qualitative data that enriched the analysis of the phenomenon under study. The questions focused on residents' assessment of noise levels in their surroundings, its most disturbing sources, the times when it intensifies, and its potential impact on the quality of daily life.

### Results

The main findings were systematically analyzed, summarized, and presented in a clear and detailed manner in the table below, with the aim of facilitating their interpretation and enabling precise comparisons across the various dimensions considered in the evaluation:

|                     | No answers | Modality cited in No. 1 | Modality cited in No. 2      | Least cited modality |
|---------------------|------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|
| Age group           | 0          | 36-45 : 24              | 26-35 : 23                   | 60+ : 14             |
| Gender M/F          | 0          | Male : 63               |                              | Female : 37          |
| Length of residence | 1          | More than 10 years : 56 | 6-10 years : 26              | Under a 1 year : 4   |
| Workplace           | 0          | Yes : 64                |                              | No : 36              |
| Auditory perception | 0          | Moderate : 37           | Strong : 28                  | Very weak : 3        |
| Exposure duration   | 0          | Yes : 60                |                              | No : 40              |
| Discomfort          | 0          | Morning : 60            | Evening : 54                 | Night : 19           |
| Period              | 0          | Evenly distributed : 47 | From Sunday to Thursday : 44 | Week-end : 9         |
| Source (road)       | 2          | Yes : 85                |                              | No : 13              |
| Source (train)      | 0          | Yes : 73                |                              | No : 27              |

|                                              | No answers | Modality cited in No. 1      | Modality cited in No. 2       | Least cited modality                |
|----------------------------------------------|------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Most disturbing source                       | 0          | Road traffic : 67            |                               | Train : 33                          |
| Effect on sleep                              | 0          | Sometimes : 59               | Sometimes : 24                | Never : 17                          |
| Effect on concentration                      | 0          | Yes : 59                     |                               | No : 41                             |
| Stress                                       | 0          | Yes : 46                     | Sometimes : 42                | Never : 12                          |
| Health impact                                | 0          | Yes : 55                     |                               | No : 45                             |
| Productivity impact                          | 0          | Yes : 43                     | Sometimes : 42                | No : 15                             |
| Resting on the balcony                       | 0          | Yes : 64                     |                               | No : 36                             |
| Change of habitat                            | 0          | Yes : 51                     |                               | No : 49                             |
| Solutions                                    | 0          | Road traffic management : 48 | Creation of green spaces : 40 | Installation of noise barriers : 26 |
| Regulations                                  | 0          | No : 61                      | I don't know : 30             | Yes : 9                             |
| Participation in noise reduction initiatives | 0          | Yes : 88                     |                               | No : 12                             |

**Table 1.** Summary of participants' responses to the questionnaire (Le Sphinx, 2025).

## Discussion :

### 1. Age group :

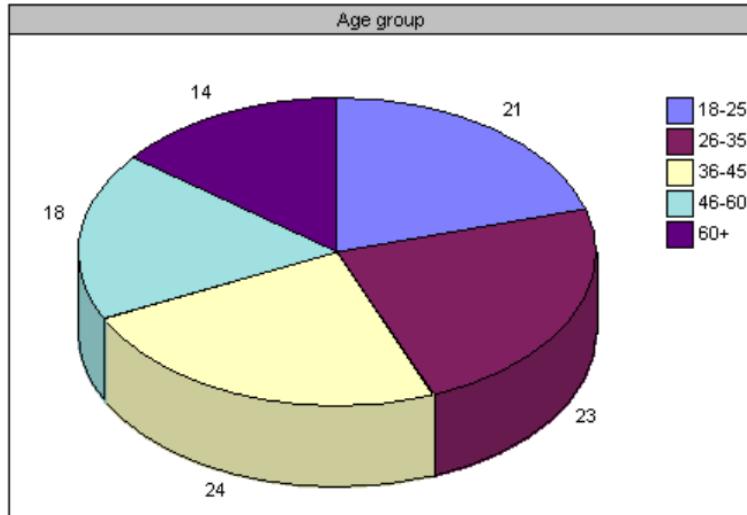


**Figure 3.** Graphical representation of Age group distribution.

The questionnaire results show a relatively balanced distribution among the first three age groups, with the 36-45 age group representing the largest proportion of participants at 24%, followed by the 26-35 age group at 23%, and the 18-25 age group at 21%. This is because the middle age group is the most active professionally and socially. The older age groups recorded relatively low participation

rates, which may be due to several factors, including reduced interaction with the research tools used or a lower motivation to take part in such studies as age increases.

## 2. Auditory perception :

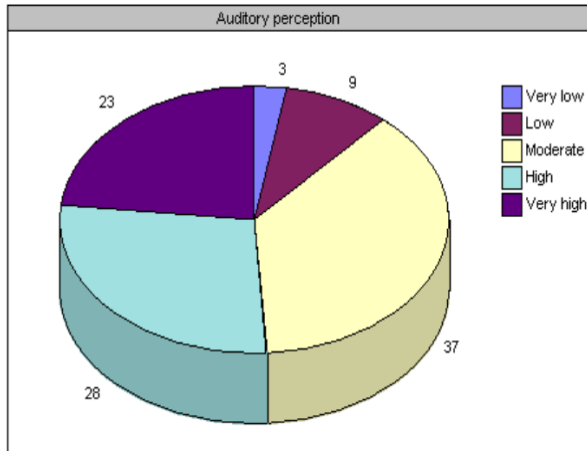


Figure 4. Perception of noise levels.

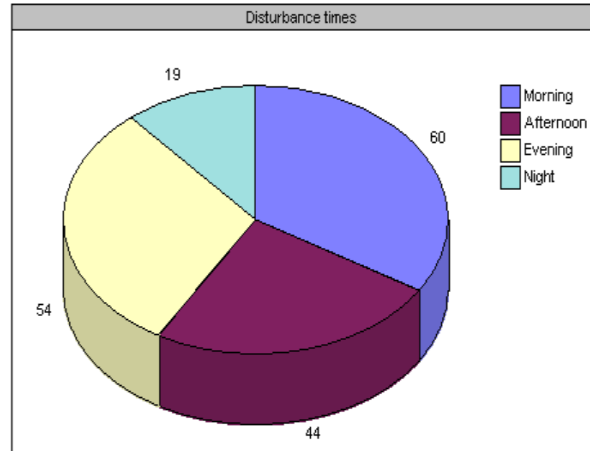


Figure 5. The most noise-disturbing period

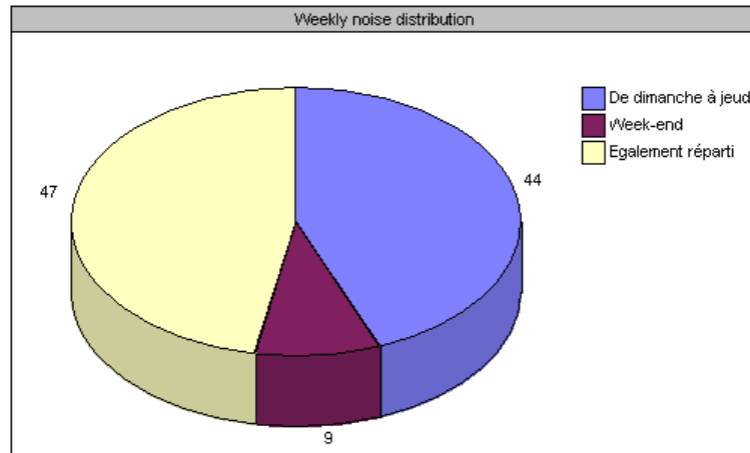


Figure 6. Weekly distribution of noise levels.

The questionnaire results indicate that the majority of residents perceive a high level of noise in their neighborhoods, with approximately 88% of participants rating the level of disturbance as moderate to very high. The morning period was identified as the most disturbing time 60% followed by the evening 54%<sup>1</sup>, both periods typically associated with traffic congestion and high activity, reflecting a clear sense of discomfort. Regarding the temporal distribution of noise throughout the week, 44% of participants reported that noise disturbance is concentrated between Sunday and Thursday, while 47% indicated that it persists throughout the entire week at a similar intensity. These results highlight a real environmental problem that calls for effective urban planning intervention, through the adoption of well-considered urban solutions to reduce noise and sustainably improve the quality of urban life.

<sup>1</sup> The results indicate that some cumulative percentages may exceed 100% when aggregated due to the use of closed-ended multiple-response question, where respondents are permitted to select more than one option.

### 3. Source of noise:

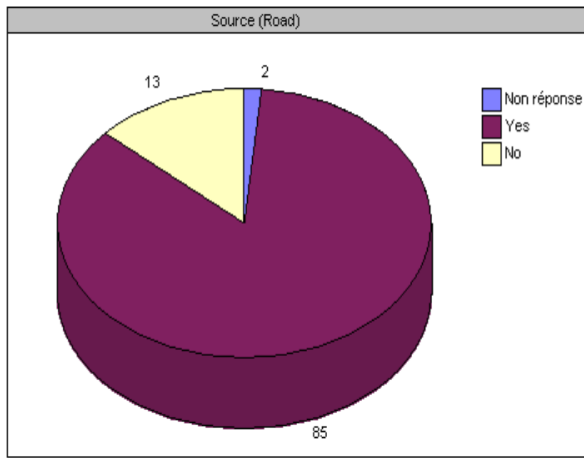


Figure 7. Source (road).

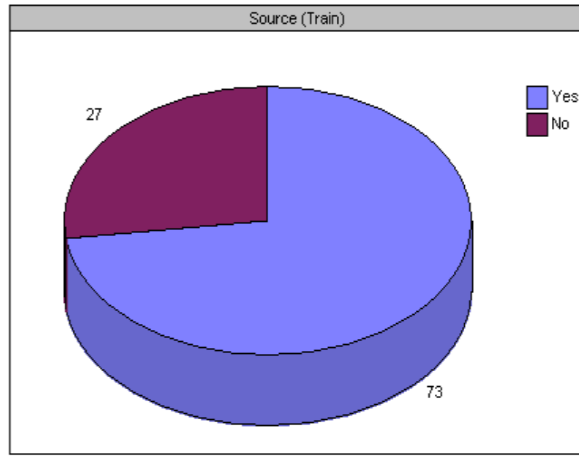


Figure 8. Source (train).

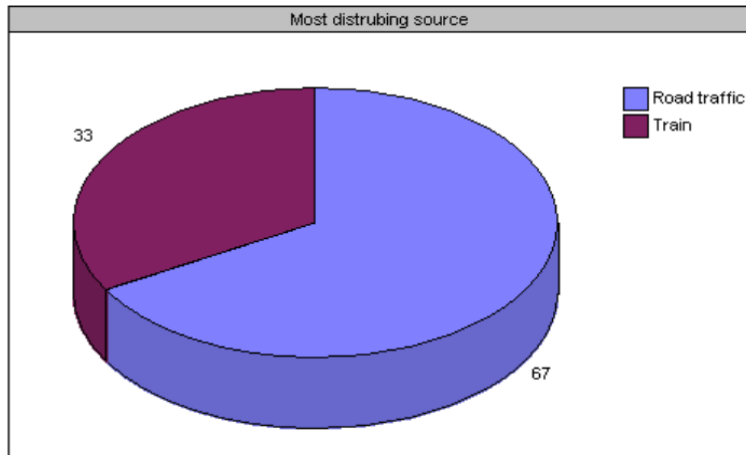


Figure 9. Residents' ranking of main noise sources.

The report states that traffic is the primary source of noise pollution for residents, with 67% of respondents identifying it as a major factor, compared to only 33% who cited train noise. However, most participants agree that both sources contribute to noise pollution, albeit to varying degrees in terms of perceived impact.

#### 4. Noise effects on residents' health :

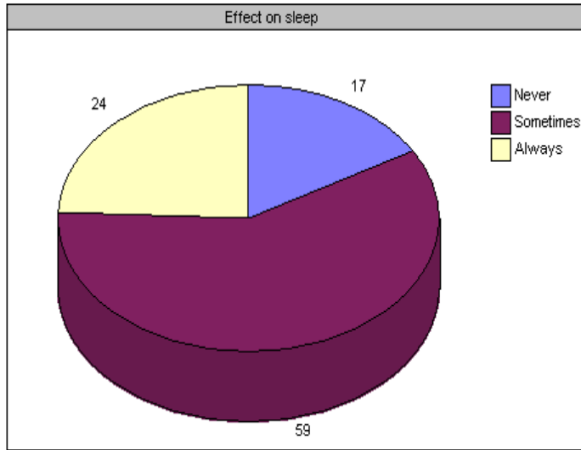


Figure 10. Effects of noise on sleep.

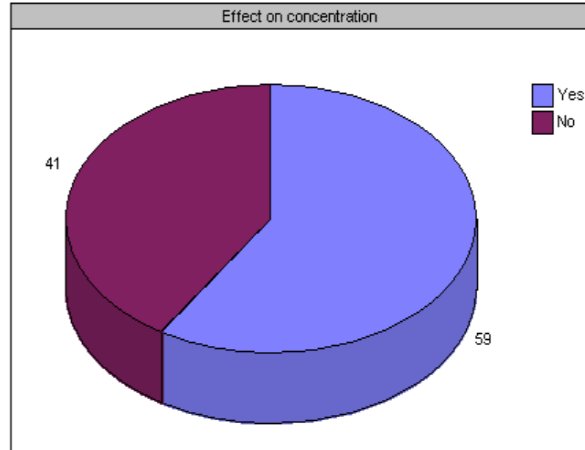


Figure 11. Effects of noise on concentration.

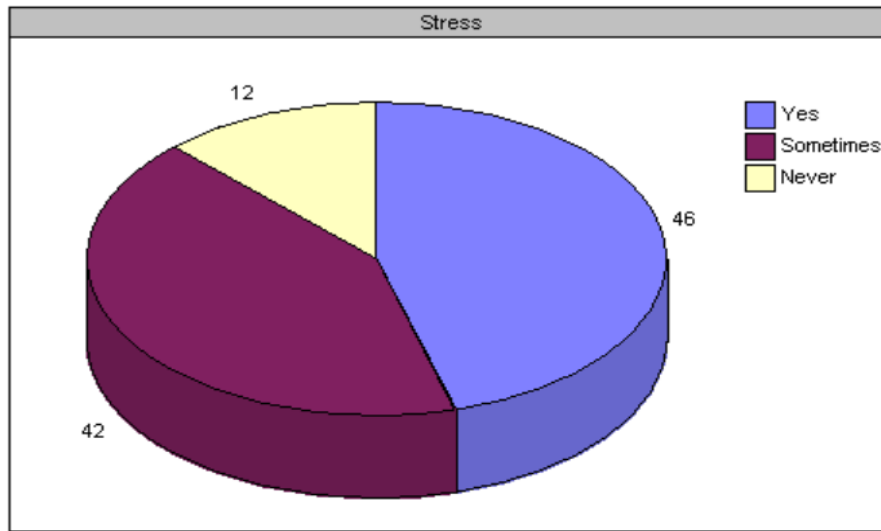


Figure 12. Impact of environmental noise on stress levels.

The data extracted from the questionnaire indicate significant negative effects of noise on public health, with 83% of participants reporting sleep disturbances ranging from occasional to constant, 59% experienced difficulty concentrating, and 54% stated that noise constitutes a major source of stress in their daily lives. These results highlight that noise is not just a minor environmental nuisance, but a real risk factor for public health.

Consequently, addressing noise should be included among the strategic priorities of urban-planning and public-health policies. Reducing noise pollution not only contributes to protecting individuals' mental and physical health, but also improves quality of life and helps prevent potential future social and economic costs.



##### 5. Suggested solutions for reducing noise :

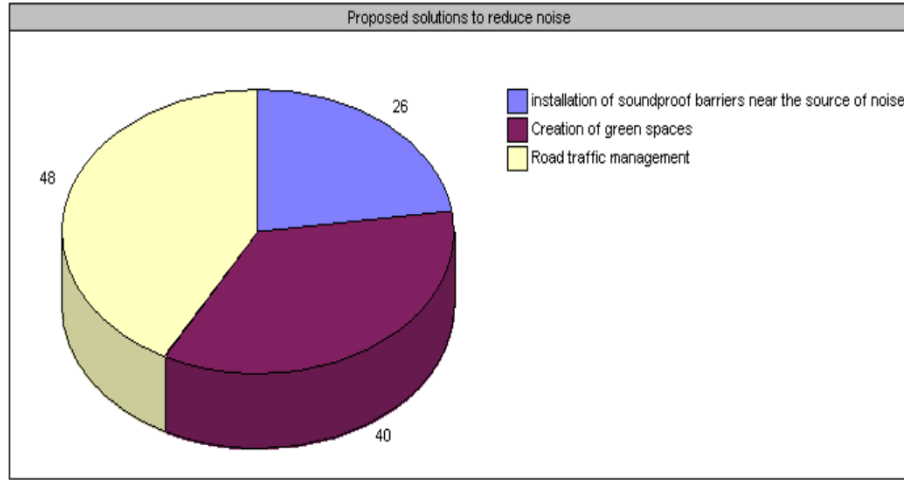


**Figure 13.** Main noise reduction measures selected by residents.

Among the solutions proposed in the questionnaire, traffic management emerged as the most supported option, receiving the approval of 48% of participants. This preference can be explained by the fact that traffic was identified by residents as the main source of noise. In contrast, 40% of participants supported the idea of enhancing vegetation by improving existing green spaces and creating new ones whenever possible, given their dual role in providing areas for relaxation and reducing noise through natural sound attenuation. The installation of soundproof barriers was supported by 26% of residents. This is a technical measure that is less common due to its high cost compared to the other proposed solutions.

##### Conclusion:

The results of this questionnaire clearly show that noise in the city of Sidi Amar constitutes a tangible environmental and health problem that occupies an important place among residents' concerns. Most participants agreed that the noise level in their neighborhoods ranges from moderate to high, especially during peak periods such as morning and evening, which are characterized by intense movement and activity.

Traffic was identified as the primary source of these disturbances, followed by train noise, reflecting the nature of the challenges facing the city in terms of urban planning. The health impact was also significant, with frequent complaints of sleep disturbances, stress and difficulty concentrating, highlighting the health dimension of noise, which goes beyond being a mere environmental nuisance.

In this context, residents expressed their desire for realistic and sustainable solutions, mainly involving traffic regulation, expanding and activating green spaces, and the use of noise reduction technologies such as sound barriers. This highlights a growing collective awareness of the need to improve the living environment and quality of life in the area.

Based on the above, this study emphasizes the importance of integrating noise pollution into urban and health policy priorities, with the need to adopt approaches that take local specificities into account and respond to the population's expectations. Reducing noise is not merely an environmental measure, but a direct investment in public health and long-term social and economic well-being.

#### References:

- Bahaa Kazem Jawad Al-Khafaji, M. A.-K. (2024). Noise pollution levels in Al-Qasim city and its environmental effects (مستويات التلوث الضوضائي في مدينة القاسم وآثارها البيئية). *Journal of University of Babylon for Humanities*, 32(03), 49–66.
- City-facts. (2018). *Sidi Amar, Annaba, Algeria (Sidi Amar, Annaba, Algérie)*. Retrieved 12 07, 2025, from City-facts: <https://fr.city-facts.com/sidi-ammar-annaba-algeria/population>
- Karina Mary de Paiva Vianna, M. R. (2015). Noise pollution and annoyance: An urban soundscapes study. *Noise and Health*, 17(76), 125–133.
- Le Sphinx. (2025). *Le Sphinx*. Retrieved 12 10, 2025, from Je Telecharge: <https://www.jetelecharge.com/Bureautique/373.php>
- Massoud, S. A. (2017). Noise Pollution: Its Definition, Types, Causes, Effects, and Ways to Reduce and Prevent Its Risks (وكيفية التقليل والوقاية من خطره، آثاره، مسبباته، أنواعه، مفهومه / التلوث الضوضائي). *مجلة كليات التربية*, 07, 26.
- Nicola Mucci, V. T. (2020, 09 11). Urban Noise and Psychological Distress: A Systematic Review. *Environmental Research and Public Health*, 17(6621), 22.
- Shunmathi Babu, G. J. (2025). Assessing the Impact of Noise Persuaded Mental Health Issues among General Population in Noise Prone Area of Chennai. *Universal Journal of Public Health*, 13(04), 1008-1016.
- William W. Clark, B. A. (1999, 05 05). Effects of Noise on Hearing. *JAMA*, 281(17), 1658-1659.
- World Health Organization . (2011, 07 07). *Burden of disease from environmental noise; Quantification of healthy life years lost in Europe*. Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- Xinbo Xu, L. L. (2023, 01 06). The effect of noise exposure on sleep quality of urban residents: A comparative study in Shanghai, China. *Building Simulation*, 16, 603–613.

## Technical–Economic Performance and Sustainability of Agricultural farms in Tunisian Arid Zones

**Mohamed Jaouad\***

Laboratory LR16IRA05, Institute of Arid Regions, Medenine, University of Gabès, Tunisia

**Fatma Aribi**

Laboratory LR16IRA05, Institute of Arid Regions, Medenine, University of Gabès, Tunisia

**Nidhal Ghyriani**

Laboratory LR16IRA05, Institute of Arid Regions, Medenine, University of Gabès, Tunisia

**Mondher Fetoui**

Laboratory LR16IRA05, Institute of Arid Regions, Medenine, University of Gabès, Tunisia

**Riadh Bechir**

Laboratory LR16IRA05, Institute of Arid Regions, Medenine, University of Gabès, Tunisia

### Abstract

The lack of reliable information and monitoring of the state of the agricultural sector in Tunisia's arid zones limits the ability of development actors to design effective and sustainable intervention and advisory strategies. These instruments are essential to address severe climatic conditions, scarcity of natural resources, demographic growth, and rising population needs. This study aims to understand the diversity of farming systems while evaluating their technical and economic performance and their sustainability in the delegation of Sidi Makhoulf (Governorate of Medenine, Tunisia). Data were collected through a monitoring system covering 40 reference farms, identified using a typology developed from recent surveys on farm structures in the Sidi Makhoulf delegation. This data was collected from surveys and technical and economic monitoring forms specific to each type of crop and livestock. The farm typology was developed using XLstat software, while performance and sustainability indicators for each farm type were calculated via a monitoring platform and the Olympe modeling software, enabling a comparative study. The typological approach allowed for the identification of three farm types: G1 – Mixed rainfed systems with medium-sized herds (27% of farms), G2 – Irrigators (27% of farms), and G3 – Livestock farmers (46% of farms). The results of the techno-economic performance analysis showed that rainfed mixed cropping systems with medium-sized herds exhibited the highest labor efficiency, while irrigators achieved the highest gross operating surplus but displayed low economic efficiency. In terms of sustainability, rainfed mixed cropping systems performed best, and livestock farms were the least sensitive to price fluctuations. Furthermore, our results showed that farmers adopt different adaptation strategies depending on their initial capital endowment, technical capacity, and access to resources: intensification and diversification of high-value crops for

irrigated farms, crop-livestock integration for mixed rainfed systems, and diversification into non-agricultural activities for farms with low capitalization. These results provide valuable lessons for policymakers and demonstrate the value of an indicator-based diagnostic framework for understanding the diversity of systems and structural constraints.

**Keywords:** Performance; sustainability; agricultural farms; decision support; arid zones.

## Introduction

The agricultural sector in Tunisia is currently experiencing a gradual decline in productivity and is increasingly exposed to the effects of climate change, alongside mounting pressure on natural resources (MARHP, 2016; Chebbi et al., 2019). These challenges are further compounded by long-standing shortcomings in public management dating back to the post-independence period. Tunisia has shifted from a country characterized by rapid demographic growth and a predominantly agricultural economy to an emerging economy that has completed its demographic transition and diversified substantially toward industry and services (Richard, 2006; MARHP, 2016). As a result, agriculture today is largely family-based, with small farms representing nearly 54% of all farming systems (Chebbi et al., 2019).

These challenges are most pronounced in arid zones, where environmental degradation and resource scarcity are intensifying due to harsh climatic conditions, population growth, and rising demand for food and water (Guillaume et al., 2003; Fetoui, 2011; Fetoui et al., 2020). These dynamics have deeply transformed traditional livelihoods and adaptive strategies to aridity, profoundly reshaping both farming systems and the natural landscape (Fetoui et al., 2021). According to global climate change models, these pressures are expected to worsen in the coming decades (MARHP, 2016; IPCC, 2018). Combined with the historical failure of development models implemented since independence, these socioeconomic and climatic constraints have affected agricultural production systems and altering access, use, and management of natural resources and increasing their vulnerability (Fetoui et al., 2020).

In addition, the lack of studies and of systematic monitoring policies targeting production systems in arid zones further exacerbates the challenges faced by farmers (Chebbi et al., 2019). Yet such studies are essential to generate actionable knowledge that can guide decision-makers and farmers toward sustainable management strategies, particularly in the context of sector-wide transformation and diversification. Existing assessments of farming systems in Tunisia are scarce, often conducted at small scale, and insufficiently disseminated (MARHP, 2016). Their limited representativeness and lack of harmonization make comparisons difficult and restrict their practical use.

It should be emphasized that Tunisia has never conducted a comprehensive agricultural census. Instead, decennial structural surveys are used, the most recent of which dates back to 2004 and does not include farm-level monitoring. Furthermore, most farms do not maintain accounting records, making it difficult to obtain reliable and relevant data (Ghyriani, 2017; Chebbi et al., 2019; Fetoui et al., 2020). Consequently, agricultural development stakeholders often lack the information and analytical tools needed to design policies and programs grounded in robust rural diagnostics. This weakens their ability to develop intervention, research, and advisory strategies that can address the diversity of farm types, territorial contexts, structures, management dynamics, and performance levels.

Together, these challenges pose a growing threat to agricultural development in arid zones and make the question of production system sustainability more urgent than ever. The underlying factors driving vulnerability must therefore be examined in depth to identify solutions capable of reducing exposure

to desertification and climate risks, while supporting sustainable resource management. This context calls for innovative analytical and decision-support approaches.

The contribution of this research lies in its analysis of the vulnerability of agricultural production systems in Tunisian arid zones amid rapid and profound environmental and socioeconomic change. The objective is to identify the key determinants of vulnerability through performance and sustainability assessments across different farm types—thus addressing the chronic lack of reliable data that could significantly support agricultural development efforts.

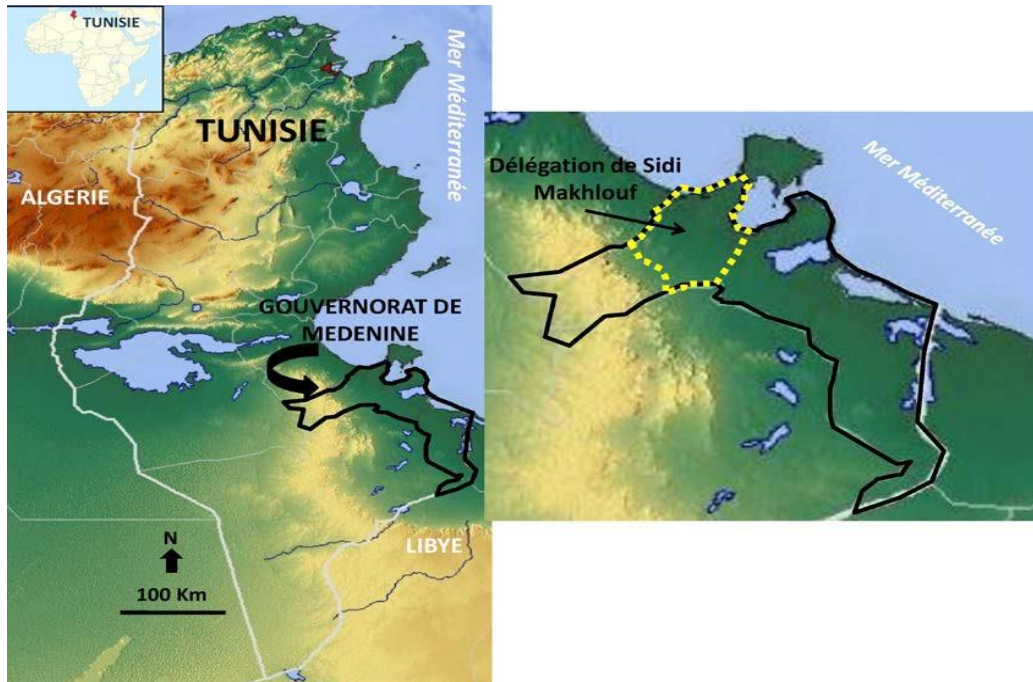
This study evaluates the performance and sustainability of farming systems in the Sidi Makhoulouf Delegation (Médénine Governorate), focusing on representative farms that reflect the diversity of production systems in Tunisian arid regions. The aim is to analyze how these farms function and to simulate their technical-economic performance, thereby identifying the most efficient farm types. Through a prospective analysis supported by indicator-based assessment, the study also evaluates the sustainability of these farming systems under socioeconomic and climatic change. Ultimately, the goal is to provide decision-makers with the knowledge needed to identify leverage points for improving agricultural performance and refining agricultural policies.

## Methodology

### 1. Study Area

The delegation of Sidi Makhoulouf is located in the Jeffara plain of southeastern Tunisia and belongs to the country's arid zones. It is bordered by Gabès Governorate and the Mediterranean Sea to the north, Medenine-South to the south, and Medenine-North to the west (Figure 1).

Figure 1. Location of the study area: the delegation of Sidi Makhoulouf (southeastern Tunisia)



The area covers 686 km<sup>2</sup> (7.5% of the Governorate's surface) and is subdivided into 11 administrative sectors (imadats).

The climate is arid, with low and highly irregular rainfall averaging 169 mm per year (Fetoui, 2011). In 2014, the population numbered 25,206 inhabitants (13,295 female; 11,911 male) and 5,647 households. Since antiquity, the region has experienced significant population movements and complex spatial occupation dynamics, shaped by alternating phases of settlement and retreat across plains, mountains, and Saharan borders (Guillaume & Nouri, 2006). These dynamics have been accompanied by major agro-socioeconomic transformations, including land privatization, expansion of crop areas, diversification of activities, infrastructure development, migration, and rural exodus (Fetoui, 2011).

Current farming systems are generally based on rainfed mixed crop–livestock systems, with crop choices largely dependent on rainfall. The main production activities include fruit tree cultivation (olive, almond, fig), cereals (barley, wheat), legumes (peas, lentils, chickpeas, beans), and some vegetables (watermelon, melon, cucumber). Irrigated crops remain limited. Livestock farming systems are typically small, dominated by small ruminants, alongside some camel farming. Agriculture remains an important economic activity, employing 15.8% of the labor force (INS, 2014). The sector is supported by several institutions, including Agricultural Development Groups (GDAs), Group of Collective Interest (GCI), Agricultural Services Mutual Societies (SMSAs), and Olive press units.

## 2. Methodological approach

Our methodological approach comprises four key steps, represented figure 1 and described below.

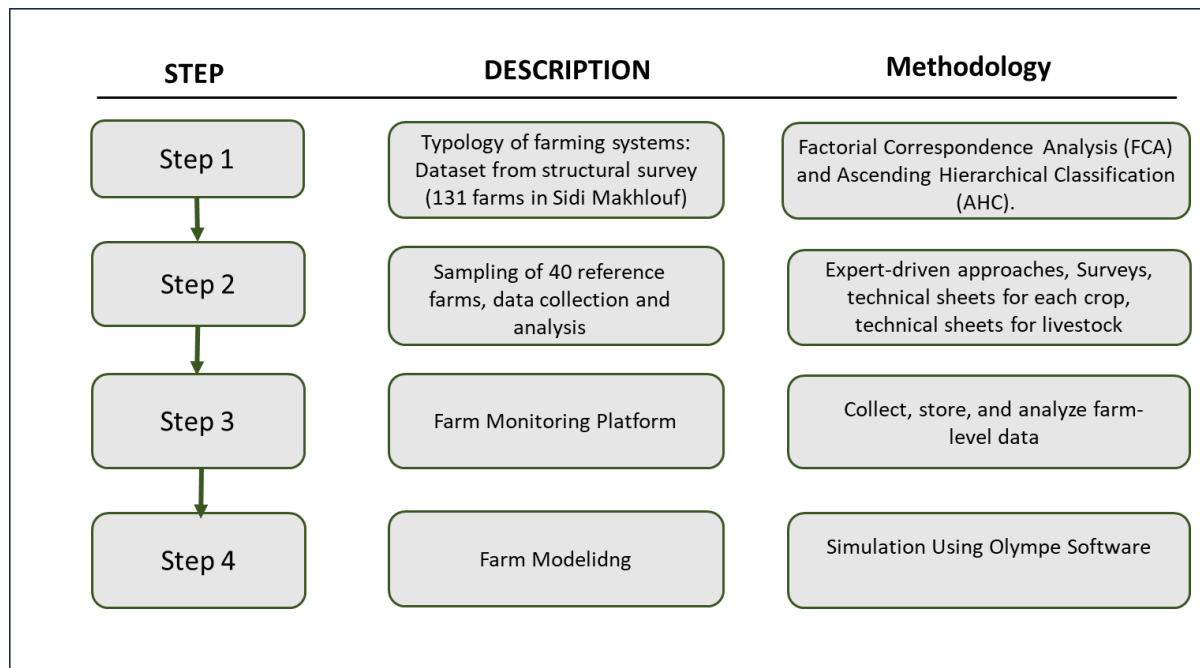


Figure 2: Methodological approach (Adapted from Aribi and Sghaier, 2021)

### 2.1. Typology of farming systems

The heterogeneity of farms necessitates the development of a typology to represent the diversity of farming systems in a given territory and identify groups sharing structural, functional, and performance-related characteristics. Such typologies help explain farm functioning, production means, socioeconomic conditions, strategies, and their implications for system diversity (Jaouad et al., 2007). Two complementary typologies are commonly used (Perrot & Landais, 1993; Jaouad et al., 2007):



**Statistical typology:** classification of farms into homogeneous groups based on quantitative data and statistical analyses.

**Expert-driven typology:** grouping of farms according to the experience and judgment of experts, based on qualitative and contextual knowledge.

Given the availability of a national database from the 2004-2005 structural surveys, comprising 2,185 farms in the governorate of Medenine, including 131 located in Sidi Makhoulf, we proceeded to develop a statistical structural typology. The typology was developed using data from 131 farms processed with [XLStat \(2019.2.2\)](#), offering exploratory data analysis, statistical learning, and clustering tools.

## 2.2. Sampling, data collection and analysis

The typology established from data of 131 farms identified three types of farms: Rainfed Mixed System with mid-sized Herd, irrigators and livestock farmers. Farm selection followed an expert driven typology involving focus group discussions held at the Institute of Arid Regions (IRA) and in Sidi Makhoulf in March 2017. Local development stakeholders (SMSA, GDA, GCI, Sidi Makhoulf Delegate, CRDA of Medenine (Regional Agricultural Development Commission) contributed to this selection. Farmer willingness to participate in the long-term monitoring observatory was a key criterion.

To represent the diversity in Sidi Makhoulf, a sample of **40 reference farms** was selected for an in-depth analysis of their technical and economic performance. Two field visits for each farm were conducted to carry out detailed surveys into their production systems, available resources, and socio-economic context.

### First survey (April, 2017)

A structural questionnaire collected information on:

Farm and household identification,

Land use and crop production,

Herd characteristics,

Agricultural labor,

Equipment and buildings,

Financial aspects (income, expenses).

Each interview lasted 1–3 hours, with 3–5 interviews conducted per day. Difficulties were mainly related to locating households in remote and scattered areas.

### Second survey (May, 2017)

A second, more detailed survey gathered the technical–economic data required for Olympe modeling. This included specific technical sheets for each crop and livestock activity, complemented by a questionnaire on farm management strategies, market access, investment behavior, and institutional participation.

During this phase, farmers were presented with their individualized “farmer profile sheet” (photo 1), which summarized preliminary results based on data from the first survey.

**FICHE EXPLOITANT**

Exploitant : ..... Imada : ..... Contact: .....

**EXPLOITATION**

Prise de vue spatiale de l'exploitation (image Google Earth)

Superficie de l'exploitation: 30  
Superficie agricole utile: 30  
Nombre de parcelles: 5  
Part de la superficie irriguée (%): 0%

**EXPLOITANT**

Groupe (Typologie): Eleveur Camelin

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Age                              | 42                 |
| Niveau d'instruction chef ménage | Primaire           |
| Situation familiale              | Marie              |
| Résidence                        | Sur l'exploitation |
| Activité principale              | Bâtiment           |
| Activité secondaire              | Agriculture        |
| Composition de ménage            | 7                  |
| Organisation professionnelle     | OP=Oui (SMISA)     |

**ORIENTATION TECHNIQUE DE L'EXPLOITATION**

**TRAVAIL**

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Travail total en UTH           | 1,3  |
| Part de la MO familiale (%)    | 99 % |
| Part de la MO permanente (%)   | 0 %  |
| Taux de mécanisation (UTM /ha) | 0    |

**BATIMENTS & EQUIPEMENTS**

| NATURE               | NOMBRE | SUPERFICIE (M²) |
|----------------------|--------|-----------------|
| Bâtiment de logement | 1      | 250             |

**OCCUPATION DU SOL**

Orchard 100%

**CHEPTTEL VIF**

Camel 100%

**PERFORMANCES TECHNO-ECONOMIQUES**

**STRUCTURE DES PRODUITS ET DES CHARGES**

Produits: 25 500, Charges: 2 500, Charges végétales: 1 000

**STRUCTURE DES PRODUITS**

Denrées: 78, Produits agricoles: 21

**STRUCTURE DES CHARGES**

Produits végétaux: 12%, Produits animaux: 0%, Charges animales: 0%, Charges bases: 0%, Charges végétales: 78%, Autres charges: 2%

Photo 1: screen capture of farmer profile (author own creation, 2017)

### 2.3. Farm Monitoring Platform: A Comprehensive Indicator System

A customized **Excel-based monitoring platform** was developed to collect, store, and analyze farm-level data (photo 2).

All collected data were entered into the monitoring platform for characterization and indicator calculation, and subsequently integrated into Olympe for simulation and scenario analysis.

| A  | B                                                   | C                                  | D      | E                                        | F      | G    | H | I                                                                                                      | J           | L                     | M      |
|----|-----------------------------------------------------|------------------------------------|--------|------------------------------------------|--------|------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|--------|
| 1  | PERFORMANCES ECONOMIQUES GLOBALES DE L'EXPLOITATION |                                    |        |                                          |        |      |   |                                                                                                        |             |                       |        |
| 2  | RESULTAT                                            |                                    |        |                                          |        |      |   |                                                                                                        |             |                       |        |
| 3  | % PB                                                | PRODUIT BRUT TOTAL (DT)            | 53 053 | CHARGES TOTALES (DT)                     | 26 008 | % CT |   | BILAN DES PERFORMANCES ECONOMIQUES                                                                     |             |                       |        |
| 4  | 91%                                                 | Recettes (ventes) totales (DT)     | 48 266 | Charges variables (DT)                   | 26 008 | 100% |   | UTH familiales rémunérées                                                                              | 0,333333333 |                       |        |
| 5  | 17%                                                 | dont recettes végétales (DT)       | 8 966  | dont charges végétales (DT)              | 3 574  | 14%  |   | SAC (ha)                                                                                               | 44          |                       |        |
| 6  | 3%                                                  | Grandes cultures et fourrages (DT) | 1 526  | Engrais (DT)                             | 0      | 0%   |   | Résultats                                                                                              |             |                       |        |
| 7  | 0%                                                  | Arboriculture fruitière (DT)       | 0      | Semences (DT)                            | 0      | 0%   |   | Charges structure / ha SAC (DT)                                                                        | 0           |                       |        |
| 8  | 13%                                                 | Oliveries (DT)                     | 6 840  | Traitements (DT)                         | 0      | 0%   |   | Marge nette / ha SAC (DT)                                                                              | 615         |                       |        |
| 9  | 1%                                                  | Maraichage (DT)                    | 600    | Irrigation (DT)                          | 0      | 0%   |   | Résultat courant / ha SAC (DT)                                                                         | 615         |                       |        |
| 10 | 0%                                                  | Autres (DT)                        |        | MO saisonnière (DT)                      | 3 184  | 12%  |   | Marge nette / UTH <sub>fam</sub> (DT)                                                                  | 81 138      |                       |        |
| 11 |                                                     |                                    |        | Autres charges (DT)                      | 390    | 1%   |   | Revenu disponible / UTH <sub>fam</sub> (DT)                                                            | 81 138      |                       |        |
| 12 | 74%                                                 | dont recettes animales (DT)        | 39 300 | dont charges animales (DT)               | 22 434 | 86%  |   | Efficacité éco (% EBE / Produit brut)                                                                  | 51%         |                       |        |
| 13 | 74%                                                 | Ovins-caprins (DT)                 | 39 300 | Alimentation achetée (DT)                | 15 312 | 59%  |   | Part du revenu extra-agricole                                                                          | 0%          |                       |        |
| 14 | 0%                                                  | Bovins (DT)                        | 0      | Charges surfaces utilisées (DT)          | 82     | 0%   |   | Indice d'accès aux marchés                                                                             | 91%         |                       |        |
| 15 | 0%                                                  | Camélins (DT)                      | 0      | Frais d'élevage (DT)                     | 7 040  | 27%  |   | (part des recettes / produit brut)                                                                     |             |                       |        |
| 16 | 0%                                                  | Apiculture (DT)                    | 0      | Taxes (DT)                               | 0      | 0%   |   | Endettement (% Annuité / Marge nette)                                                                  | 0%          |                       |        |
| 17 | 0%                                                  | Aviculture (DT)                    | 0      | Charges de structure (DT)                | 0      | 0%   |   | Taux investissement                                                                                    | 0%          |                       |        |
| 18 | 0%                                                  | Autres (DT)                        |        | (hors amortissement et frais financiers) |        |      |   | (investissement annuel / produit brut)                                                                 |             |                       |        |
| 19 |                                                     |                                    |        | Entretien réparation matériel (DT)       |        | 0%   |   |                                                                                                        |             |                       |        |
| 20 | 9%                                                  | Autoconsommation familiale (DT)    | 4 788  | Entretien réparation bâtiment (DT)       |        | 0%   |   | TRESORERIE                                                                                             |             | COMPTABLE             |        |
| 21 | 7%                                                  | dont végétaux (DT)                 | 3 688  | Transport (DT)                           |        | 0%   |   | Annuités (DT)                                                                                          |             | Amortissements (DT)   |        |
| 22 | 2%                                                  | dont animaux (DT)                  | 1 100  | Location terres (DT)                     | 0      | 0%   |   | REVENU DISPONIBLE (DT)                                                                                 | 27 046      | RESULTAT COURANT (DT) | 27 046 |
| 23 |                                                     |                                    |        | MO salarié permanent (DT)                | 0      | 0%   |   | (pour prélèvement privé et autofinancement et épargne)                                                 |             |                       |        |
| 24 |                                                     |                                    |        | Carburant (DT)                           |        | 0%   |   | Revenu extra-agricole                                                                                  | 0           |                       |        |
| 25 |                                                     |                                    |        | Electricité (DT)                         |        | 0%   |   | (total annuel des revenus extra-agricoles de tous les membres de la famille vivant sur l'exploitation) |             |                       |        |
| 26 |                                                     |                                    |        | Assurances (DT)                          | 0      | 0%   |   |                                                                                                        |             |                       |        |
| 27 |                                                     |                                    |        | Autres frais divers (DT)                 |        | 0%   |   | MARGE NETTE D'EXPLOITATION (EBE) (DT)                                                                  |             |                       | 27 046 |
| 28 |                                                     |                                    |        |                                          |        |      |   |                                                                                                        |             |                       |        |
| 29 |                                                     |                                    |        |                                          |        |      |   |                                                                                                        |             |                       |        |
| 30 |                                                     |                                    |        |                                          |        |      |   |                                                                                                        |             |                       |        |

Photo 2: screen capture of farm monitoring platform (author own development, 2017)

The platform contains multiple sheets dedicated to data entry and automatic indicator computation through cross-referencing with predefined variables. The main sheets include:

*Convention*: general instructions and formulas

*Reference*: unit definitions and codes

*Glossary*: variable definitions

*Structure*: household, labor, and farm characteristics

*Crop Production*: crop-specific data

*Livestock*: herd composition and production

*Performance*: technical and economic indicators

*Sustainability*: economic, social, and environmental indicators

*Farmer Profile*: summary sheet with performance and sustainability results

A series of multi-stakeholder workshops with development actors and farmers helped select and validate performance and sustainability indicators based on criteria such as indicator relevance, data availability, and suitability for regional comparison.

## 2.4. Farm Modeling and Simulation Using Olympe Software

Farm modeling makes it possible to:

Characterize farms at a given point in time using an integrated performance evaluation approach,

Reconstruct observed realities while simulating current or future changes initiated by farmers or policymakers.

Modeling is therefore a valuable tool for understanding complex situations arising from activity diversification, multiple revenue streams, support programs, and investment procedures in modern or diversified farming contexts (Laajimi et al, 2009).

Among the available models, Olympe, developed by INRA (France) was selected for this study. It serves simultaneously as a database on production systems and a prospective tool for exploring possible futures. It simulates farm trajectories over several decades based on crop choices and allocation of production factors (capital, labor, land). It also provides forecasts for economic results, monthly cash flows, labor availability, and time requirements across all activities. It is therefore an essential tool for assessing the viability of farming systems.

Olympe comprises six modules (photo 3) :

**Definitions:** lists all products, inputs, units, and externalities used in the study.

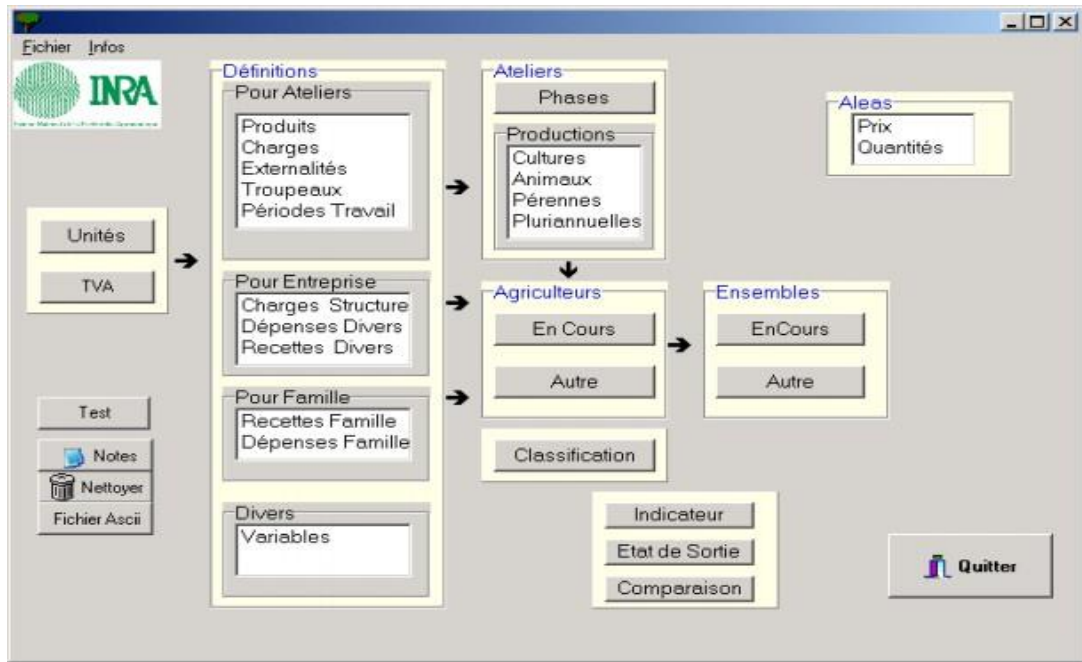
**Workshops:** defines crop and livestock systems with associated yields, input quantities, and unit prices.

**Farmers:** describes each farm by combining crop and livestock systems.

**Groups:** aggregates result for multiple farms weighted by population size.

**Shocks:** introduces changes in input/output prices or quantities to simulate future scenarios.

**Indicators & Outputs:** generates indicators, reports, and comparative analyses.



Photos 3: screen capture of home screen of the “Olympe” software

## Results

### 1. Typology of farming system

The typology was constructed using two complementary multidimensional methods: Principal Component Analysis (PCA) and Ascending Hierarchical Classification (AHC). Sixteen quantitative variables—seven discrete and nine continuous—were selected as relevant for classifying farms (Table 1). These variables reflect three classical dimensions of agricultural systems: land area, labor, and livestock herd size.

Table 1. Selected variables to classify farming systems in Sidi

| Retained variables                                 | Mean | Standard Deviation |
|----------------------------------------------------|------|--------------------|
| Total number of plots (PLOT_TT)                    | 4.6  | 3.1                |
| Number of plots of cereal crops (PLOT_CR)          | 1.1  | 1.5                |
| Number of plots for legume crops (PLOT_LG)         | 0.2  | 0.5                |
| Number of plots used for fodder crops (PLOT_CF)    | 0.3  | 0.6                |
| Number of plots used for vegetable crops (PLOT_CM) | 0.4  | 0.9                |
| Number of plots used for arboriculture (PLOT_ARB)  | 1.2  | 1.4                |
| Total land area owned (ha) (AREA_TT)               | 19.5 | 41.7               |
| Agricultural land area owned (ha) (AREA_AG)        | 19.1 | 41.2               |
| Arable land area owned (ha) (AREA_LB)              | 17.2 | 36.3               |
| Irrigated land area (ha) (AREA_IR)                 | 1.8  | 4.1                |
| Land area used as pasture (ha) (AREA_PR)           | 1.9  | 7.0                |
| Number of hired workers on the farm (NB_SAL)       | 0.2  | 0.6                |
| Cattle herd size (LU) (CATLE_TT)                   | 1.7  | 4.2                |
| Sheep herd size (LU) (CHEEP_TT)                    | 3.5  | 8.2                |
| Goat herd size (LU) (GOAT_TT)                      | 0.3  | 0.7                |
| Total livestock size (HERD_TT)                     | 11.7 | 37.8               |

The analysis identified five factorial axes that together explained **86% of the total variance**. The meaning of each axis was determined based on the contribution of variables to the total inertia. Considering only the five axes showing a significant correlation with the selected indicators, a concise interpretation of the components, based on the most widespread practices and land-use patterns in the Sidi Makhoulf area, can be showed (table 2) and formulated as follows:



Table 2. Correlations between variables and selected factors axes.

| Variables | F1            | F2            | F3             | F4             | F5            |
|-----------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| PLOT_TT   | <b>0,7962</b> | 0,1768        | -0,3961        | 0,0542         | 0,1515        |
| PLOT_CR   | <b>0,7263</b> | -0,4001       | -0,0126        | 0,0459         | -0,0827       |
| PLOT_LG   | 0,1984        | 0,1377        | <b>-0,4431</b> | -0,3838        | -0,3404       |
| PLOT_CF   | 0,4359        | 0,2249        | -0,2477        | <b>-0,5698</b> | -0,1828       |
| PLOT_CM   | -0,1080       | 0,2313        | <b>-0,5310</b> | 0,4069         | -0,2327       |
| PLOT_ARB  | 0,3332        | 0,4738        | -0,2715        | 0,1731         | <b>0,5671</b> |
| AREA_TT   | <b>0,9492</b> | -0,2233       | 0,0312         | 0,1073         | -0,0945       |
| AREA_AG   | <b>0,9479</b> | -0,2162       | 0,0292         | 0,1036         | -0,0933       |
| AREA_LB   | <b>0,9372</b> | -0,1906       | -0,0067        | 0,1007         | -0,1169       |
| AREA_IR   | 0,0564        | 0,3455        | -0,4162        | <b>0,6049</b>  | -0,1682       |
| AREA_PR   | <b>0,7148</b> | -0,2829       | 0,2063         | 0,0875         | 0,0572        |
| NB_SAL    | 0,3605        | <b>0,5998</b> | 0,5146         | 0,2002         | -0,1526       |
| CATLE_TT  | 0,2435        | <b>0,4825</b> | -0,1033        | -0,4654        | -0,2034       |
| SHEEP_TT  | <b>0,5884</b> | 0,3044        | 0,2248         | -0,1154        | 0,1039        |
| GOAT_TT   | 0,3396        | 0,2270        | 0,0174         | -0,2007        | <b>0,6268</b> |
| HERD_TT   | 0,1423        | <b>0,5620</b> | <b>0,5626</b>  | 0,1426         | -0,2852       |

**Axis 1:** This axis represents 33.6% of the variance and highlights an association between farm size and specialization. It contrasts, on the one hand, large-scale farms oriented towards arboriculture, olive growing, and sheep farming, and, on the other hand, small-scale farms more closely linked to off-farm activities. The dominant pattern thus involves crop production and livestock farming, mainly sheep. Indirectly, this axis reveals that mixed cropping systems, traditional agricultural activities, and livestock farming constitute the main components of the production system, practiced in a similar order of importance.

**Axis 2:** This axis describes 12% of the variance and reflects the relationship between livestock activity and its intensity (HERD\_TT), which is strongly correlated with the number of salaried workers employed on the farm (NB\_SAL). In addition, rainfed agricultural productivity is associated with farm size or herd size, but shows no significant relationship with arboriculture.

**Axis 3:** This axis expresses 10% of the variability and emphasizes the importance of irrigated crops, particularly market gardening (PLOT\_CM) and legumes (PLOT\_LG). Productivity under irrigated conditions is associated with the same structural variables, indicating a partial overlap with Axis 2 in terms of cultivated area, but again without a strong association with arboriculture.

**Axis 4:** This axis represents 9% and confirms the key role of irrigation, as the expansion of fodder crops encourages farmers to engage in cattle fattening activities.



**Axis 5:** Finally, this axis justifies only 7% and highlights the importance of arboriculture in the study area, particularly olive growing, which is associated with the livestock component, mainly goat farming.

## 2. Characterization of farm groups

The identification of farm typologies was conducted using a combined multivariate approach based on principal component analysis (PCA) and hierarchical agglomerative clustering (HAC). PCA was first applied to reduce data dimensionality and to explore the relationships among variables (figure 3).

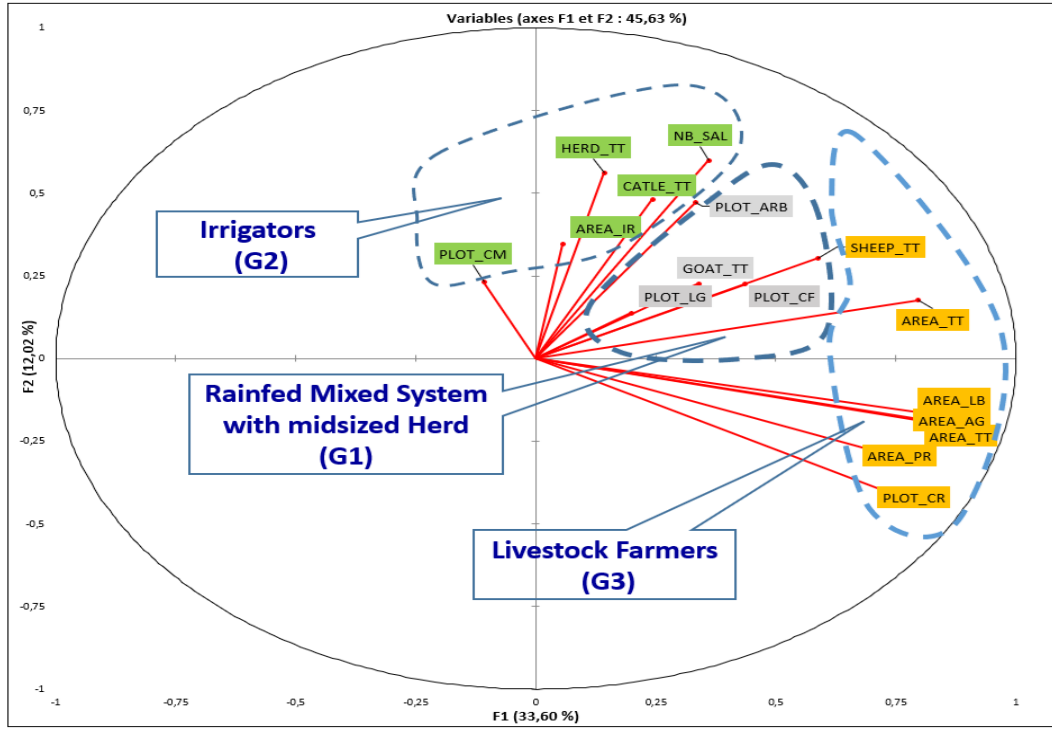
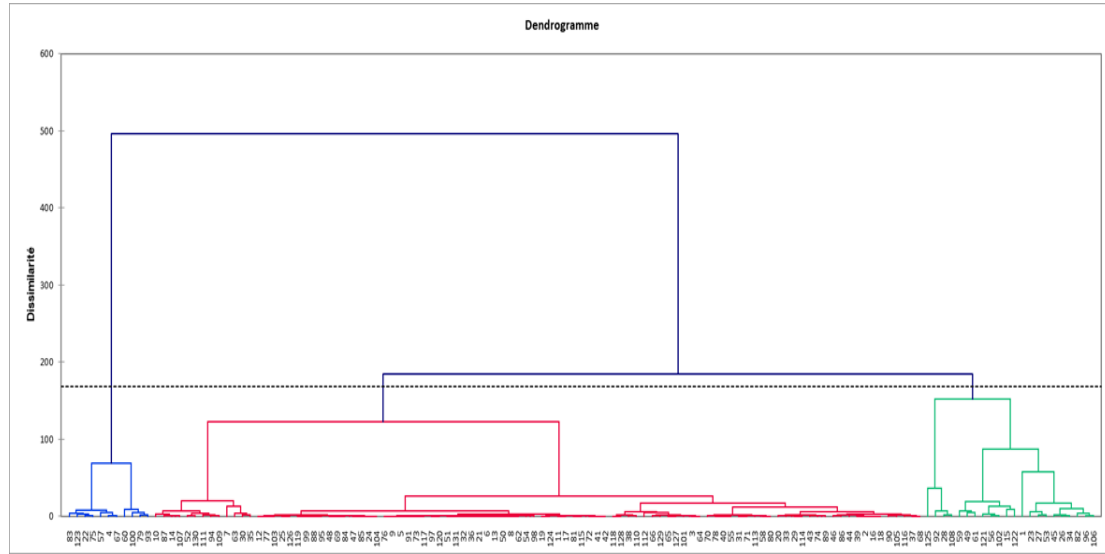


Figure 3. Symmetric plot showing the grouping of variables into 3 clusters.

The resulting factorial coordinates were subsequently used as inputs for HAC, performed using Ward's minimum variance method and Euclidean distance (Figure 4). Several iterations of PCA and HAC were carried out to ensure the robustness of the classification. The optimal number of clusters was determined based on the structure of the dendrogram and the coherence of the groups in the factorial planes. This procedure led to the identification of three distinct and homogeneous farm groups.

Figure 4. Hierarchical classification dendrogram of agricultural farms in three groups.



The combined PCA–HAC analysis revealed a clear typology of farms in the study area. The cut of the HAC dendrogram (Fig. 4), together with the distribution of explanatory variables on the first two principal components (F1 and F2), highlighted three homogeneous groups of farms. Group 1 corresponds to rainfed olive farms, representing 9% of the total sample. Group 2 consists of irrigated farms and constitutes the majority of the sample (71%). Group 3 is composed of livestock-oriented farms, accounting for 21% of the sample. These groups are well separated in the factorial space, indicating a consistent classification structure:

**Group 1: Rainfed Mixed System with midsized Herd (G1), 9 % of farms**

A farming system dominated by rainfed tree crops (50 ha), primarily olives (328 trees) and other fruit trees such as almond and fig, combined with episodic cereal cultivation. This system is sometimes integrated with extensive small-ruminant livestock, with an average herd size of approximately 50 head.

**Group 2: Irrigators (G2), 71 % of farms**

Farming systems with a significant irrigated area (30 ha), focusing on arboriculture, horticulture, and fodder crops. A semi-intensive livestock component, with an average livestock size of 56 head including sheep, goats, cattle, and camels.

**Group 3: Livestock Farmers (G3), 21 % of farms**

A system strongly oriented toward livestock production (an average of 91 head), characterized by large small-ruminant herds. The farm size is moderate (29 ha), and crop production consists mainly of episodic cereals and some tree crops.

**3.2. Technical–Economic Performance and Sustainability of farming systems**

The performance and sustainability indicators were calculated following data adaptation, calibration, and modeling procedures. Beyond descriptive characterization and analysis performed with the monitoring platform, several performance and sustainability indicators were computed through Olympe simulations.

For this study, gross operating surplus (GOS) and economic efficiency were used to assess technical–economic performance. Sustainability was evaluated using indicators of productive process efficiency and market access. Additionally, two scenarios were simulated to assess the effects of price changes on gross farm margins.

## 2.1. Technical–Economic Performance by Farm Type

### Labor Efficiency

Labor efficiency varies considerably depending on the type of farm and reflects contrasting production strategies and work organization methods. Rainfed mixed crop farms with medium-sized livestock exhibit the highest labor efficiency. They rely almost exclusively on family labor, which accounts for 98% of the total workload. This strong family involvement allows for greater flexibility in labor allocation, limits cash outflows, and improves overall economic performance.

Conversely, irrigated farms make extensive use of hired labor, which represents 44% of the total workload. While this reliance allows for the management of more intensive and diversified systems, it leads to increased production costs and greater dependence on the labor market. Livestock farms occupy an intermediate position, with a family labor share of 64%, reflecting a compromise between family autonomy and the need for external labor, particularly during peak periods.

These results highlight the central role of work structure as a major determinant of the economic performance of farms in arid and semi-arid zones.

### Gross Operating Surplus (GOS)

GOS measures the value generated by the farm's core activity, excluding depreciation and financial expenses. It is defined as:

$$\text{GOS} = \text{Gross Margin} - \text{Financial Charges} - \text{Miscellaneous Costs}$$

All three groups displayed a **positive GOS**, indicating that revenues exceeded production costs, and that agricultural activity remains economically viable despite challenging agro-climatic conditions. The irrigators recorded the highest GOS (**38,280 TND**), followed by rainfed mixed-cropping farms with mid-sized Herd (**30,600 TND**) and livestock farmers (**22,600 TND**). This ranking is explained by differences in levels of intensification, access to water, and use of inputs. Irrigated systems benefit from higher yields and better market integration, resulting in higher absolute profitability. However, this performance comes with greater exposure to production costs and economic uncertainties.

### Economic Efficiency

Economic efficiency is calculated as: **Economic Efficiency = GOS / Gross Product**

Across all reference farms, economic efficiency averaged **55%**, reflecting farmers' capacity to manage resources under difficult conditions:

Highest efficiency: Rainfed mixed cropping with mid-sized Herd (80%), due to a low dependence on external inputs and a high mobilization of family labor.

Moderate efficiency: Livestock farmers (59%), supported by relatively autonomous systems.

Lowest efficiency: Irrigators (46%)—due to high use of chemical inputs and limited labor qualification.

These results show that high profitability does not necessarily translate into better efficiency, highlighting the importance of a joint analysis of economic performance and resource use.

## 2.2. Sustainability by Farm Type

### Efficiency of the Productive Process

The efficiency of the production process measures the capacity of agricultural systems to transform inputs into outputs. It is calculated using the following formula:

$$\text{Productive Process Efficiency} = (\text{Output} - \text{Inputs}) / \text{Output}$$

The observed efficiency levels are generally high, demonstrating the adaptability of farms in an arid context. The highest values are found in mixed rainfed cropping systems with average livestock numbers (80%), followed by irrigated farms (74%) and livestock farms (70%).

Diversified systems, combining crops and livestock, thus appear more efficient in terms of resource use, while irrigated systems, although productive, remain constrained by high input requirements.

### Market Access Index

The market access index assesses the share of production intended for commercialization compared to self-consumption:

$$\text{Market Access (\%)} = (\text{Revenue} / \text{Gross Product}) \times 100$$

The average market access index reaches 90%, indicating good integration of farms into commercial channels. Irrigated farms have the highest level (92%), reflecting their specialization in cash crops. Livestock farms follow with 88%, while mixed rainfed farms show a slightly lower rate (86%), consistent with a greater reliance on on-farm consumption.

A strong market orientation is a source of income, but it also increases vulnerability to price fluctuations.

## 2.3. Scenario Analysis: Impacts of Price Variations on Gross Margins

Two unfavorable but plausible scenarios were simulated:

**Scenario 1:** 10% decrease in output prices

**Scenario 2:** 10% increase in input prices

Both scenarios resulted in a **decline in gross margins**, with the first scenario (output price drop) having a stronger negative impact, reflecting the relatively low input-dependence of the systems (average dependency = 6.27%).

Impacts differed significantly across groups:

### Most sensitive group: Irrigators

Loss under Scenario 1: **411 TND/ha (1 TND= 0.33 TND)**

Loss under Scenario 2: **181 TND/ha**

This high sensitivity is linked to their dependence on market access (92%) and on external inputs (11%).

### Least sensitive group: Livestock farmers

Loss under Scenario 1: **125 TND/ha**

Loss under Scenario 2: **52 TND/ha**

Their resilience is related to low input dependence and a more autonomous production structure.

The results for all groups are shown in Table 3, which presents variations in total gross margins under both scenarios.

Table 3: Impacts of the two proposed scenarios on total gross margins (TGM) by farm group

| Farm Groups                              | Total Gross Margin (TND) Baseline situation | Total Gross Margin (TND) Scénario 1 | Loss of Income (TND/ha of cultivated area) | Total Gross Margin (TND) Scénario 2 | Loss of income (TND/ha of cultivated area) |
|------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Rainfed Mixed Cropping with midsize herd | 49438                                       | 41231                               | 297                                        | 46175                               | 118                                        |
| Irrigators                               | 63441                                       | 52212                               | 411                                        | 58493                               | 181                                        |
| Livestock Farmers                        | 18625                                       | 15422                               | 125                                        | 17284                               | 52                                         |

Source: Based on our calculations

## Discussion

This study confirms the hypothesis that agricultural systems in Sidi Makhoulf are highly diversified. The findings demonstrate how initial capital endowments shape differences in technical and economic performance, as well as sustainability outcomes. The analysis revealed distinct groups of farmers with substantial capital assets, adequate economic scale, and high performance—particularly irrigators and livestock farmers. These groups appear to pursue capital consolidation strategies that enable greater flexibility in productive and technological choices. Conversely, groups with low capital endowments, notably rainfed mixed-cropping farmers, exhibited weaker economic performance and greater vulnerability due to limited access to resources and financing.

Despite the heterogeneity in performance levels, most farmers demonstrated an ability to adapt to contextual changes through varying strategies. Each group appears to adjust its practices based on socio-economic potential, technical capacity, and access to natural resources. Three major adaptation strategies emerged from the analysis of performance and sustainability:

### 1. Strategy 1: Diversification and Intensification of High-Value Crops (Irrigators)

The first strategy, most prominent among irrigators, consists of expanding and diversifying high-value crops—particularly vegetables and fruit trees—to increase and stabilize income. This strategy proved economically advantageous, as irrigators attained the highest gross operating surplus within the sample. Prior studies corroborate this finding, showing that crop diversification enhances farm performance (Souissi et al., 2018), improves resilience, and strengthens household food security (Darnhofer et al., 2010).

However, irrigators face significant constraints linked to the availability and cost of key inputs such as energy, seeds, seedlings, phytosanitary products, fertilizers, irrigation equipment, and labor. These high input requirements render irrigated farms particularly sensitive to price volatility and market shocks. The scenario simulations confirmed this vulnerability: irrigators experienced the greatest losses under both input price increases and output price decreases.

## 2. Strategy 2: Integration of Livestock and Crop Production

A second strategy observed among several farm groups is the pursuit of synergies between livestock and crop production systems. This mixed strategy is common in farming systems across the southern Mediterranean, where it has historically served as a response to socio-environmental risks and climatic uncertainties (Sraïri et al., 2017).

Livestock plays a key role in stabilizing income and facilitating capital accumulation through herd reproduction. However, management practices differ among farm groups depending on whether production is more crop- or livestock-oriented. In irrigated and livestock-oriented systems, crop diversification generates substantial crop residues that reduce feeding costs. Livestock, in turn, provides manure that lowers fertilizer expenses, thereby reducing market dependency and improving farm autonomy. These interactions support the notion that irrigated systems contribute to livestock viability—and vice versa—particularly in arid regions (Jemaa et al., 2016).

Nevertheless, as highlighted by Nefzaoui (2004), these interactions remain highly dependent on irrigation water. In rainfed systems, the interaction between crops and livestock is less beneficial: crop residues are limited and insufficient to meet livestock feed needs, and pasture resources have dramatically declined due to expansion of cropland and increasing herd sizes (Nefzaoui, 2004; Fetoui et al., 2021).

## 3. Strategy 3: Expansion into Non-Agricultural Activities

The third adaptation strategy consists of diversifying household income through non-agricultural activities. This strategy is particularly prevalent among rainfed mixed-cropping farmers, who face limited access to land, water, capital, and credit. Non-agricultural incomes provide financial flexibility that enables farmers to cope with agricultural risks and to address urgent operational needs—such as purchasing water for supplemental irrigation or buying livestock feed.

Previous studies indicate that non-farm income is often critical in compensating for the limited ability of agriculture to generate sufficient household income (Fetoui et al., 2020). For farmers with low capital endowments, economic diversification becomes the most appropriate adaptation pathway to safeguard household viability.

## 4. Implications for Agricultural Policy

Given the differentiated performance levels and productive choices across farm groups, agricultural policies must incorporate these contrasts. First, interventions should aim to unlock the potential of farm groups with strong performance indicators, while simultaneously acknowledging the wide performance gaps that exist between groups. Second, policies should support and strengthen productive strategies that have proven effective—such as crop–livestock integration or strategic crop diversification.

Some farms with high capital endowments may progress toward entrepreneurial agricultural models through capital accumulation and system intensification. However, not all capital-rich farms may succeed in overcoming structural constraints; some may stagnate or regress depending on environmental, financial, or institutional limitations.

Conversely, farms with low capital endowments remain at high risk of productivity decline due to heightened exposure to vulnerabilities and limited adaptive capacity. Policymaking must therefore incorporate differentiated transition pathways, supporting positive transformations while mitigating risks of negative trajectories.



## 5. Methodological Contributions and Limitations

This study demonstrates the usefulness of combining modeling tools with sustainability indicators. Although the goal is not to fully explain the complexity of production system functioning, the approach offers strong pedagogical value and provides practical information, including:

identification of technical weaknesses and improvement opportunities,  
insights into farmers' strategies,  
understanding of system evolution under different scenarios,  
farm-level techno-economic advisory support,  
data sharing and comparison across systems.

By integrating prospective modeling, the study shifts from a static to a dynamic analysis, fully leveraging available information. Long-term monitoring—whether monthly or aligned with key decision periods—could illuminate farm trajectories and deepen understanding of system dynamics and transformations.

Future work could enhance this framework by integrating biophysical indicators to account for soil characteristics, climate variability, water resources, vegetation, and technical itineraries, thereby enriching system-level sustainability assessments.

## Conclusion

This study analyzed the diversity of farming systems in Tunisia's arid zones, as well as their technical–economic performance and sustainability, using an indicator-based assessment supported by a prospective modeling approach. The objective was to identify the farm types exhibiting the highest levels of performance.

From a technical–economic perspective, the analysis showed that the rainfed mixed-cropping group achieved the highest labor efficiency, followed by livestock farmers. The irrigator group, characterized by more diversified cropping systems, recorded the highest gross operating surplus, although it performed poorly in terms of economic efficiency. Livestock farmers ranked second in gross operating surplus, whereas rainfed mixed-cropping farms showed the highest economic efficiency.

From a sustainability perspective, rainfed mixed-cropping farms were the most efficient in terms of productive processes, whereas livestock farmers were the least efficient—although they had the highest level of labor qualification. Irrigators exhibited the highest market access but also the greatest dependency on agricultural inputs and irrigation water. Consequently, this group experienced the largest loss in income per hectare of cultivated agricultural area (CAA) under the scenario of a 10% increase in input prices. In contrast, livestock farmers were the least affected by both simulated scenarios (input price increase and output price decrease), with relatively small losses compared to the other groups.

A key finding of this study concerns the role of capital endowment and farmers' capacity to mobilize productive resources. Two dominant situations emerged:

Farming systems with traditional production choices and low economic performance (rainfed mixed cropping).

Farming systems with substantial capital endowments and high economic performance (irrigators and livestock farmers).

These results provide valuable insights for decision-makers, especially regarding leverage points for improving agricultural performance in arid regions. The diagnostic indicators and analytical framework developed here offer a precise characterization of reference farms at a given point in time and highlight structural features that must be considered when designing policy interventions. The study shows that the diversity of production systems in Tunisian arid zones is largely driven by farmers' differentiated management strategies. This diversity must be integrated into agricultural development programs to guide context-specific advisory services and policy measures.

Although the use of modeling and sustainability indicators does not aim to fully explain the functioning of production systems, it serves an important pedagogical and practical purpose, including:

- identifying technical weaknesses and proposing targeted improvements;
- understanding farmers' strategies and the evolution of production systems;
- providing farm-level techno-economic advisory support;
- enabling data sharing and comparison across systems.

Importantly, the combination of static and dynamic analyses offers a richer interpretation of available data. With long-term monitoring—whether monthly or during key decision periods—such an approach could help trace farm trajectories and deepen understanding of system dynamics and transformations.

Future research should aim to couple economic indicators with biophysical indicators related to soil characteristics, climate, water resources, vegetation, and technical pathways. This integration would allow for a more comprehensive assessment of sustainability and resilience in agricultural systems of arid regions.

### Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to the farmers of the Delegation of Sidi Makhoulouf for their participation. Special thanks go to the local development stakeholders (SMSA, GDA, GCI, ULAP, Delegation of Sidi Makhoulouf, and CRDA Médenine) for their support. The Institute of Arid Regions (IRA-Médenine) is also acknowledged for logistical support. The authors thank all colleagues and reviewers whose suggestions improved this work.

### References

- Aribi, F., & Sghaier, M. (2021). Livelihood vulnerability assessment to climate change and variability: the case of farm households in South-East Tunisia. *Environment, Development and Sustainability*, 23(8), 12631-12658. DOI: 10.1007/s10668-020-01172-4
- H.E. Chebbi, J.-P. Pellissier, W. Khechimi, J.-P. Rolland, (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Tunisie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM. 2019, pp.99. hal-02137636
- A. Laajimi, J. Ben Nasr, (2009). Appréciation et comparaison de la durabilité des exploitations agricoles biologiques et conventionnelles en Tunisie : cas de l'oléiculture dans la région de Sfax (2009), *New Medit*, vol. 8, n. 1, 2009.
- Darnhofer I, Bellon S, Dedieu B, Milestad R. (2010). Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agronomy for sustainable development*30(3): 545-555.DOI: 10.1051/agro/2009053.
- Fetoui M. (2011). Évaluer et suivre la désertification en zones arides tunisiennes pour accompagner l'aide à la décision : dynamiques interactives « Climat-Homme-Espace- Ressources naturelles » via les paysages. Thèse de doctorat en géographie. Université Paul- Valéry, Montpellier III. 441 pages.

- Fetoui M., Dhehibi B., Fria A., Sghaier A., Kassam S., Aw-Hassan A.A., Abdeladhim M.A., Sghaier M. (2020). Towards an innovative olive oil value chain: Options for inclusive development in South-Eastern Tunisia. *New Medit*, 19(3), pp. 2-20. <https://dx.doi.org/10.30682/nm2003a>
- Fetoui M., Aribi F., Chouikhi F., Sghaier M. (2021). Vulnérabilité des moyens d'existence des ménages ruraux au changement climatique : analyse comparative des territoires montagneux et littoraux des zones arides tunisiennes. *New Medit Vol 4*(2021):15-31. DOI: 10.30682/nm2104b
- Gabbett, T. J., Kelly, J., & Sheppard, J. M. (2008). *Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 174–181.
- Ghyriani N. (2017). Evaluation des performances technico-économiques et de la durabilité des exploitations agricoles en zones arides tunisiennes : cas de la Délégation de Sidi Makhlouf. Rapport de Mastère "Aridoculture et Lutte contre la désertification". INAT. 119 p.
- GIEC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 630 pages.
- Guillaume H., Nouri H. (2006). Sociétés, dynamiques de peuplement et mutations des systèmes de production traditionnels, In : Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Romagny B., Sghaier M., Tâamallah H. (ed.), *Entre désertification et développement : La Jeffara tunisienne*, Cérès éditions, Tunis (Tunisie), pp. 79-96.
- Guillaume H., Romagny B., Fetoui M., Nouri H., Palluault S., Hajji A. (2003). Sociétés, dynamiques d'occupation du milieu et compétitions sur les ressources naturelles dans la Jeffara tunisienne, Rapport scientifique du thème 2 du programme Jeffara, IRA, Médenine (Tunisie), 248p. [http://194.254.37.136/jspui/bitstream/1/140968/1/agr\\_BR\\_essentiel\\_2021\\_2.pdf](http://194.254.37.136/jspui/bitstream/1/140968/1/agr_BR_essentiel_2021_2.pdf)
- Jaouad, M., Ben Abed. M., A., Tbib. A., Fetoui. M. (2007). Typologie des ménages ruraux suivant leurs stratégies d'usage des ressources dans l'observatoire de Menzel Habib, *Revue des régions arides*, (18), 59-71.
- Jemaa T, Huguenin J, Moulin C H, Najar T. 2016. Les systèmes d'élevage de petits ruminants en Tunisie Centrale : stratégies différenciées et adaptations aux transformations du territoire. *Cahiers Agricultures* 25(4)45005.DOI: 10.1051/cagri/2016030.
- MARHP (2016). Référentiel du développement agricole durable en Tunisie. Document de base pour la formation et le conseil agricole. Projet PAD. Coopération allemande (GIZ). 60 pages. <http://www.onagri.nat.tn/uploads/docagri/1-AG.pdf>
- Nefzaoui A, (2004). Rangeland improvement and management options in the arid environment of Central and South Tunisia. In : Ben Salem H. (ed.), Nefzaoui A. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). *Nutrition and feeding strategies of sheep and goats under harsh climates*. Zaragoza : CIHEAM, 2004. p. 15-25 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 59
- Perrot, C., Landais, E., Institut de l'élevage, & INRA. (1993). Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques ? *Les Cahiers De La Recherche Développement*, (33), 13–23. <https://revues.cirad.fr/index.php/crd/article/view/36660>
- Richard, J.F. (2006). Le devenir de l'agriculture tunisienne face à la libéralisation des échanges. *Afrique contemporaine*, (3), 29-42. <https://doi.org/10.3917/afco.219.0029>

Souissi I, Boisson J M, Mekki I, Therond O, Flichman G, Wery J et al. (2018). Impact assessment of climate change on farming systems in the South Mediterranean area: a Tunisian case study. *Regional environmental change* 18 (3): 637-650. DOI: 10.1007/s10113-017-1130-8.

Sraïri M T, M'ghar F A, Benidir M, Bengoumi M. (2017). Analyse typologique de la diversité et des performances de l'élevage oasien. *Cahiers Agricultures*, 26(1), 15005.

Warrick, A. W., Hart, W. E., Yitayew, M. (1989). Calculation of distribution and efficiency for non-uniform irrigation. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 115(4), 674-686.

## La sensibilisation sur l'eau au Maroc à la lumière des principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau

**Morad Hoummed**

PhD candidate at Mohammed V University/FLHS of Rabat, Morocco  
Language, Translation, Communication and Culture Laboratory

**Abdelhakim Mansoureddine**

Professor at Mohammed V University in Rabat / FLHS of Rabat, Morocco  
Language, Translation, Communication and Culture Laboratory

### Résumé:

La question de l'eau au monde est devenue de plus en plus inquiétante. La situation pourrait basculer vers un risque potentiel d'aggravation en raison des répercussions résultant des effets du changement climatique, de l'expansion démographique et de la surexploitation des richesses hydriques. Cette réalité a un impact important sur les collectivités locales, les écosystèmes d'eau douce et plus généralement, sur notre économie. Souvent, les crises de l'eau sont avant tout des crises de gouvernance, ils représentent une préoccupation majeure, qui exige une gouvernance mondiale pour répondre aux menaces qui pèsent sur l'eau.

Le Maroc, comme le reste des pays du globe est concerné par cette problématique. Au cours des deux dernières décennies le Royaume est passé d'une situation de "stress hydrique" à une situation de "rareté hydrique". Plusieurs mesures ont été prises pour tenter de minimiser les répercussions et garantir un approvisionnement continu en eau. En 2015, l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (O.C.D.E) a élaboré des principes dits "*principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau*", dont l'objectif est : contribuer à l'amélioration des systèmes de gouvernance des États membres et ceux partenaires.

À travers cet article, nous allons essayer dans un premier temps de mettre la lumière sur les principes de l'O.C.D. E sur la gouvernance de l'eau en tant qu'instrument international de gouvernance et d'accompagnement avant de tenter dans un deuxième temps de mesurer, à quel point les dispositions édictées par l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau notamment en matière de communication sont adaptées dans la politique de l'eau au Maroc.

**Mots clés :** - Le droit à l'information – Communication- sensibilisation- Gouvernance

## The Awareness of Water in Morocco in Light of the OECD Principles on Water Governance

**Morad Hoummed**

PhD candidate at Mohammed V University/FLHS of Rabat, Morocco  
Language, Translation, Communication and Culture Laboratory

**Abdelhakim Mansouredine**

Professor at Mohammed V University in Rabat / FLHS of Rabat, Morocco  
Language, Translation, Communication and Culture Laboratory

### Abstract

The issue of water in the world has become increasingly concerning. The situation could shift towards a potential risk of worsening due to the repercussions arising from the effects of climate change, population expansion, and the overexploitation of water resources. This reality has a significant impact on local communities, freshwater ecosystems, and more generally, on our economy. Often, water crises are primarily governance crises; they represent a major concern that requires global governance to address the threats to water.

Morocco, like the rest of the countries around the globe, is affected by this issue. Over the past two decades, the Kingdom has transitioned from a situation of "water stress" to a situation of "water scarcity". Several measures have been taken to try to minimize the repercussions and ensure a continuous supply of water. In 2015, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) developed principles known as the "OECD Principles on Water Governance," aimed at contributing to the improvement of governance systems in member states and partner countries.

Through this article, we will first try to shed light on the OECD principles on water governance as an international governance and support instrument, before attempting to measure, in a second part, how the provisions set forth by the OECD on water governance, particularly regarding communication, are suitable for water policy in Morocco.

**Keywords:** The right to information, Communication, Awareness, Governance

### Introduction

La question de l'eau est devenue une problématique majeure et inquiétante au niveau mondial. 2 à 3 milliards de personnes à travers le monde, vivent une pénurie d'eau pendant au moins un mois par année. (*Rapport de l'UNESCO et l'agence ONU-EAU, 2023*) et environ deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable (*Rapport sur les objectifs de développement durable 2022*). Cette matière vitale qui représente l'un des éléments essentiels et primordiaux de la vie, a connu ces dernières années une réduction significative à cause de plusieurs facteurs d'ordre humain, économique et écologique. Elle affecte presque tous les continents, notamment en Afrique, en Asie et en Amérique latine.



Face à cette situation, la communauté internationale a tiré la sonnette d'alarme pour attirer l'attention des pays du globe au sujet des répercussions fatales de la crise d'eau, appelant à une mobilisation massive pour contrecarrer les risques futures et faisant de la gestion de cette matière vitale un fort enjeu géopolitique. Plusieurs rendez-vous ont eu lieu, rassemblant des experts, des écologistes, des académiciens pour promouvoir les bonnes pratiques et sensibiliser sur les risques primordiaux et les répercussions fatales de ce phénomène écologique.

De la première conférence mondiale sur le climat en 1979, marquant la création des GIEC<sup>1</sup> jusqu'à la COP 26 tenue en 2023 à Dubaï, la question de l'eau était toujours au cœur des discussions sur les changements climatiques. En 2015, parmi les 17<sup>2</sup> objectifs du développement durable, le sixième objectif incite sur la nécessité de « *garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable* », alors que lors de la 1<sup>ère</sup> conférence des Nations Unies sur l'eau tenue en 2023 à New York, des engagements volontaires liés à l'eau ont été recensés afin de stopper le gaspillage de l'eau et favoriser le développement durable et le bien-être de l'humanité.

Les débats se sont poursuivis dans ce cadre afin de déterminer les modalités d'application et de mise en œuvre des engagements édictés en relation avec la préservation de l'eau. L'Organisation de Coopération et de Développement Économique (O.C.D.E)<sup>3</sup> a adopté lors de la tenue le 14 juin 2015, à Daegu en Corée de sud, du 7<sup>ème</sup> forum mondial sur l'eau, les principes dites "*Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau*". Basés principalement autour de trois dimensions complémentaires de la gouvernance à savoir l'efficacité, l'efficience et la confiance-engagement, dont l'objectif est : contribuer à l'amélioration des systèmes de gouvernance des États membres et ceux partenaires en matière de gestion rationnelle de l'eau.

Au Maroc, la situation hydrique est assez critique, une crise d'eau sans précédent et un stress hydrique très élevé. Depuis 2015, notre pays a connu une succession d'années de sécheresse qui a engendré un déficit hydrique important, impactant négativement le stock au niveau des grands barrages et la réserve en eaux souterraines (Rapport du Ministère de l'équipement et de l'eau, 2023). Les facteurs sont multiples : répercussions du réchauffement climatique, croissance démographique, agriculture intensive etc. Les résultats sont choquants ; des pénuries d'eau dans certaines régions du Royaume, diminution du taux de remplissage des barrages et baisse graduelle des nappes phréatiques (IRES, 2023).

À travers cet article, nous allons essayer dans un premier temps de mettre la lumière sur les principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau et de montrer la place accordée à la communication avant de montrer dans un deuxième temps, par le biais d'une étude documentation, à quel point les dispositions édictées par l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau notamment en matière de communication sont adaptées dans la politique de l'eau au Maroc.

<sup>1</sup> GIECI : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ou GIEC est un organisme intergouvernemental chargé d'évaluer l'ampleur, les causes et les conséquences du changement climatique en cours. Créé en 1988 sous l'égide de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) à la suite d'une initiative politique internationale.

<sup>2</sup> Le 25 septembre 2015, en parallèle de l'Assemblée générale des Nations unies, 193 dirigeants de la planète se sont engagés sur 17 objectifs mondiaux pour mettre terme d'ici 2030 à l'extrême pauvreté, à l'inégalité, l'injustice et régler le problème du changement climatique.

<sup>3</sup> O.C.D.E : Organisation de Coopération et de Développement Économique est une organisation onusienne dont le siège sis à Paris.

## I- Cadre conceptuel et théorique

### 1. Le droit à l'information, socle de la communication publique

L'apparition du terme "*communiquer*" et "*communication*" dans la langue française remonte à la moitié du XIV<sup>e</sup> siècle, dont le sens de base est "participer" (TAKHDATE, K. 2014). Il désigne une action de partage à deux ou à plusieurs. Le *Robert*, définit le concept comme étant l'action d'établir une relation avec quelqu'un ou d'être en rapport avec autrui. Avec la succession des siècles le terme s'est enrichi pour donner sens à plusieurs significations dont notamment partager, transmettre, échanger des données, des idées.

Aujourd'hui, la communication est devenue l'outil clé de la réussite de toute stratégie. Elle est la base d'une société démocratique où les citoyens sont informés de tout ce qui se passe dans leurs circonscriptions électorales. Elle concrétise les véritables principes de la démocratie représentative où les élus sont obligés de fournir les informations de tout ce qu'ils font dans le cadre des attributions qui lui sont confiées, parce qu'*"il serait incompréhensible que ceux qui conduisent et assument choix et projets publics ne puissent ni informer ni communiquer sur ce qu'ils font, assurent et construisent"*<sup>4</sup>

En effet, la communication joue un rôle primordial dans le renforcement de la légitimité et attribue une crédibilité aux actions des pouvoirs publics vis-à-vis des citoyens. Elle correspond bien à une mission de service public et contribue à la concrétisation des principes de la gouvernance et de la démocratie participative dont notamment le droit d'accès à l'information (Mégard, D. 2017). Il s'agit d'un outil qui provoque la prise de conscience et suscite l'engagement de toutes les parties prenantes (ALDJLA, H. 2020), notamment pendant les périodes de crise où les citoyens ont toujours besoin d'informations, fiables, crédibles et actualisées.

Dans ce cadre, promouvoir la communication publique c'est d'abord, garantir le droit à l'information. En 2016, l'Union européenne s'est dotée d'un nouveau cadre juridique en matière de protection des données personnelles. Ce cadre, appelé « paquet européen de protection des données », est entré en vigueur en mai 2018 et vise à renforcer les droits des Européens mais aussi à responsabiliser les acteurs traitant des données »<sup>5</sup>. Selon la législation européenne, ce droit se manifeste selon deux principes : la transparence, comme condition garantissant aux citoyens d'accéder aux documents des institutions publiques de l'union européenne et le droit de toute personne d'être informée sur les données personnelles la concernant.

Au Maroc, La loi 31-13 relative aux droits d'accès à l'information, représente l'un des textes clés des réformes nationales. Elle témoigne des efforts déployés par les pouvoirs publics, pour garantir le droit des citoyens à l'information, favoriser le développement, améliorer les performances économiques et rendre les autorités publiques redevables pour leur action et leur gestion des services publics. L'article 10 de loi 31-13, détermine les modalités de publication des informations à caractère public et préconise à ce que "*Les institutions et les organismes concernés, doivent chacun dans la limite de ses attributions et autant que possible, publier le maximum d'information qu'ils détiennent et qui ne font*

<sup>4</sup> MEGARD, D. 2017. Spécificités et enjeux de la communication publique, in "La communication publique et territoriale", Ed. DUNOD, P.13

<sup>5</sup> Le paquet européen de protection des données », se compose de deux textes majeurs : le règlement général sur la protection des données (RGPD), et la directive relative aux traitements des données personnelles en matière pénale.

*pas l'objet des exceptions prévues par la présente loi, et ce par tous les moyens de publication possible, en particulier les moyens électroniques y compris les portails nationaux des données publiques...»<sup>6</sup>.*

Aujourd'hui, la communication a évolué pour devenir un outil fondamental dans le fonctionnement des sociétés modernes et des démocraties, où elle permet d'établir des relations transparentes entre les citoyens et les pouvoirs publics. En assurant le droit à l'information, on contribue à la consolidation des principes de la communication publique dans un contexte où la légitimité, la transparence et la gouvernance sont indispensables notamment en temps de crise.

## **2. La sensibilisation, concept clé de la gouvernance**

La sensibilisation constitue un élément clé dans le processus de gouvernance, en particulier lorsqu'il s'agit de gérer des ressources publiques ou naturelles sensibles, telles que l'eau ou l'environnement. Elle permet d'informer, d'éduquer et de mobiliser les citoyens, les acteurs institutionnels et les parties prenantes autour des enjeux cruciaux liés à la gouvernance et à l'acceptabilité sociale. Selon Bouchard-Bastien, « *Atteindre ou gagner cette « acceptabilité » devient le but de campagnes de communication, de sensibilisation et parfois même de désinformation* ».<sup>7</sup> Il s'agit d'un outil fondamental de renforcement de la participation active des populations, qui favorise l'émergence d'un sentiment d'appropriation et de responsabilité.

Considérée en tant que composante intégrante de la communication publique, la sensibilisation contribue également à améliorer la transparence et la légitimité des processus décisionnels. En diffusant une information claire et accessible, elle permet aux citoyens de mieux comprendre les enjeux, les stratégies adoptées et leurs implications dans la gouvernance. Ammor souligne que l'un des défis majeurs de la gouvernance moderne réside dans la capacité à instaurer une communication efficiente entre les gouvernés et les gouvernants, favorisant ainsi une gestion transparente et responsable, capable de faciliter dans cette perspective, la création d'un espace de dialogue où toutes les voix peuvent être entendues. (AMMOR, S. 2018)

Au-delà de l'aspect informatif, la sensibilisation joue un rôle éducatif en modifiant les comportements et en incitant à l'adoption de pratiques durables. Par exemple, dans la gestion de l'eau ou de l'environnement, des campagnes de sensibilisation efficaces incitent les populations à réduire leur consommation ou à adopter des comportements respectueux des ressources naturelles (Scheunpflug A et McDonnell, I. 2008). Elle agit comme un levier pour la mise en œuvre de politiques publiques intégrant la participation citoyenne, condition essentielle à une gouvernance durable.

Cependant, la réussite des actions de sensibilisation repose sur l'adaptation aux spécificités locales et la mobilisation des acteurs communautaires. Ces actions mettent en avant l'importance d'une approche participative et interculturelle pour renforcer l'impact de ces initiatives. Dans cette optique, la sensibilisation doit ainsi dépasser la simple transmission d'informations pour instaurer un véritable processus d'engagement et de co-construction des solutions, en tenant compte des contextes socio-économiques et culturels.

Elle apparaît comme un facteur primordial de la gouvernance efficace, car elle construit un socle commun de connaissances, d'engagement et de responsabilité, tout en favorisant la transparence, la participation et la responsabilisation, essence même d'une gestion publique ou environnementale

<sup>6</sup> Extrait de l'article 10 de la loi 31-13 relative au droit d'accès à l'information. Bulletin officielle N 6670-16 chaâbane 1439 (03/05/2018).

<sup>7</sup> Bouchard-Bastien, E et al. (2023). Participation citoyenne in « *Environnement et santé publique* ». P.433 à 45. Éd. Presses de l'EHESP. ISBN 9782810910076. DOI 10.3917/ehesp.goupi.2023.01.04 consulté le 05/02/2024

réussie. Investir dans des stratégies de sensibilisation adaptées est donc indispensable pour assurer une gouvernance plus inclusive, durable et résiliente.

## **II- Focus sur les principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau et l'importance de la communication**

### **1. Les principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau**

Dans le contexte de l'actuelle crise hydrique mondiale, aucun pays ne peut considérer son niveau actuel de sécurité hydrique et de prestation de services comme étant acquis (AKHMOUCH, H et CLAVREUL, D. 2017). La conjoncture nécessite une gouvernance résiliente pour faire face aux défis actuels et futurs notamment avec la continuation de l'apparition des répercussions des réchauffements climatiques, la croissance démographique et la demande accrue en eau. Tous les pays sont concernés par cette crise et sont appelés à anticiper les tensions futures et conduire des réformes immédiates.

Pour répondre aux menaces qui pèsent sur l'eau et minimiser les pressions et les activités qui en dépendent dans le monde, l'OCDE a établi en 2015 douze principes clés pour la gouvernance de l'eau, regroupés en trois axes principaux<sup>8</sup>: l'efficacité, l'efficience et la confiance – engagement. (OCDE, 2015). Ces principes insistent sur l'importance d'une gouvernance inclusive, reposant sur une coordination multisectorielle, la participation des parties prenantes, le respect de l'état de droit, et la mise en place de mécanismes de suivi et d'évaluation efficaces. Ils s'appliquent à la totalité du cycle de l'eau, du prélèvement à l'assainissement en passant par la protection des ressources.

Ces principes ont pour objectif de guider les pays dans la conception de politiques publiques adaptées, en renforçant la cohérence entre les diverses institutions concernées et en favorisant l'acceptabilité sociale. Leur application est particulièrement pertinente dans des contextes complexes comme celui du Maroc, où les défis hydriques appellent à une gouvernance intégrée et transparente (OCDE, 2015 ; OCDE, 2024).

En suivant ces principes, les pays peuvent améliorer leur capacité à répondre aux défis liés à l'eau et à garantir un accès équitable à cette ressource essentielle pour tous. Atteindre ces objectifs nécessite en plus des trois dimensions susmentionnées, une communication forte et efficace capable de réussir la mise en œuvre des 12 principes de la gouvernance de l'eau. D'où la nécessité de s'interpeller sur la place de la communication dans les principes en question.

### **2. La place de la communication dans les principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau**

La communication occupe une place stratégique et centrale dans le cadre des principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. En effet, selon l'OCDE (2015), une gouvernance efficace repose sur le dialogue, la transparence et l'engagement des parties prenantes, autant d'éléments indispensables qui nécessitent une communication claire, pertinente et continue.

---

<sup>8</sup> Les trois axes susmentionnés peuvent être présentés comme suit : L'efficacité réfère à la contribution de la gouvernance et à la définition d'objectifs de politique de l'eau qui soient claires et durables à différents niveaux de gouvernement, afin de les mettre en œuvre et de les atteindre. Elle est basée sur la détermination des rôles et des responsabilités, la gestion de l'eau aux échelles appropriées, et la nécessité de la coordination intersectorielle pour garantir la cohérence des politiques mises en œuvre. L'efficience se rapporte à la contribution de la gouvernance et à la maximisation des bénéfices de la gestion durable de l'eau et du bien-être au moindre coût pour la société, au partage des données et des informations utiles, à la mobilisation des financements, au renforcement des cadres réglementaires et des pratiques de gouvernance de l'eau innovantes. La confiance et l'engagement : Se réfèrent à la contribution de la gouvernance à l'instauration de la confiance publique et à l'inclusion des parties prenantes grâce à la légitimité démocratique et l'impartialité pour la société dans son ensemble.

Parmi les 12 principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau, le 8<sup>ème</sup> principe<sup>9</sup> est une partie intégrante des principes visant l'amélioration de l'efficacité de la gouvernance de l'eau (OCDE, 2015). Il prévoit l'adoption et la mise en œuvre de pratiques de gouvernance innovantes entre les autorités responsables, les niveaux de gouvernement et les parties prenantes.

Atteindre les objectifs de ce principe nécessite d'encourager l'expérimentation et les tests pilotes, favoriser la coopération intersectorielle, promouvoir les liens entre les sciences et les politiques publiques dans l'optique de contribuer à une meilleure gouvernance de l'eau et un outil primordial qui favorise l'apprentissage social et facilite le dialogue et le consensus.

Le rôle de la communication est d'autant plus fondamental pour convaincre les décideurs de passer à l'action soit en matière de coopération avec les instances de l'OCDE soit en matière de mise en application des fondements clés des principes de la gouvernance de l'eau. Comme il a précisé Defarges dans son ouvrage « *Le monde de la gouvernance* », la communication est une dimension essentielle de la gouvernance, se coule dans toutes les activités et tous les circuits de l'organisation sociale. Pour lui, la communication interne, contribue au fonctionnement fluide de l'organisation ; la communication externe, aide à une meilleure osmose entre l'organisation et son environnement »<sup>10</sup>.

Sur le niveau institutionnel, la coordination et la gestion efficace est l'un des leviers de la réussite des politiques de l'eau. Une communication fluide entre les différentes entités responsables de la gestion de l'eau facilite la coordination, l'échange d'informations et la diffusion de bonnes pratiques (OECD, 2015). L'usage des nouvelles techniques d'information et de communication favorise la transparence numérique et garantit une gouvernance plus participative et une gestion plus adaptée aux réalités locales.

Consciente de l'importance de la sensibilisation dans la réussite des politiques publiques, l'OCDE a consacré plusieurs de ses travaux pour favoriser l'engagement et la participation citoyenne à des questions complexes telles que la gestion durable de l'eau (OCDE, 2008), (OCDE, 2015). Pour cette institution supranationale, la communication éducative et de sensibilisation est un levier pour encourager des pratiques responsables dans l'utilisation de l'eau. L'usage des programmes scolaires, l'organisation de campagnes de sensibilisation scolaires, la diffusion d'informations sur les enjeux, les risques et les bonnes pratiques contribue à l'émergence d'une culture de la gestion durable qui encourage les pratiques responsables.

En résumé, la communication constitue un levier stratégique pour la mise en œuvre des principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. Elle contribue à renforcer la transparence, la participation, la sensibilisation et la coordination, éléments indispensables pour une gestion durable et équitable des ressources hydriques. La réussite de cette gouvernance repose donc sur une stratégie de communication adaptée, inclusive et proactive.

### **III- Cadre empirique : La sensibilisation sur la question de l'eau au Maroc, quelle démarche à la lumière des principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau ?**

#### **1. Approche méthodologique**

L'approche méthodologique est principalement qualitative basée sur l'analyse des sites web institutionnels et des réseaux sociaux de certains acteurs chargés de la gestion de l'eau au Maroc, tels que le Ministère de l'Équipement et de l'Eau et les agences de bassins hydrauliques. Cette analyse s'est appuyée sur une grille d'observation portant sur plusieurs dimensions : la nature des messages publiés,

<sup>9</sup> OCDE. 2015. Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. Éd. OCDE P.11

<sup>10</sup> DEFARGES, P. M. (2003). Le monde de la gouvernance in "*Gouvernance*". Éd. Vendôme Impressions, p.59.

la visibilité, les outils de communication utilisés ainsi la présence de contenu portant sur la sensibilisation ou la mobilisation. Durant la période allant de mois novembre 2024 au mars 2025, 02 Entretiens semi directif ont été effectués respectivement avec le propriétaire<sup>11</sup> d'une exploitation agricole à Agadir ainsi qu'un responsable<sup>12</sup> de l'ONCA à la région Rabat-Salé-Kénitra (le 20 Février 2025).

De surcroît, une analyse documentaire a été réalisée sur les principales stratégies publiques autour de la question de l'eau au Maroc. L'objectif est de s'assurer de l'importance apportée à la communication, comme outil de sensibilisation sur la préservation de l'eau. Dans ce cadre, une analyse approfondie a été menée sur le Plan National de l'Eau (2020-2050) et plus précisément sa première phase dite « programme national d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation (2020-2027) »

## 2. Aperçu sur La place de la communication dans les stratégies publiques autour de l'eau

Le Maroc est l'un des pays qui bénéficient du "Programme Pays". Il s'agit d'un outil de l'OCDE qui permet à certains pays partenaires, de tirer profit des expériences de l'OCDE, de renforcer leurs institutions et leurs capacités de mener des réformes politiques réussies ainsi de s'aligner avec les normes de l'OCDE en matière de gouvernance (OCDE-2015). La première phase du partenariat entre le Maroc et l'OCDE remonte à 2015, où ils ont lancé le Programme Pays Maroc (2015-2018), dont les résultats étaient très positifs.<sup>13</sup> La deuxième phase de ce programme comprend 15 projets construits autour de quatre axes à savoir : Gouvernance publique, Développement territorial, Croissance économique et Capital humain.

Actuellement, la crise hydrique au Maroc affecte la sécurité alimentaire, la paix sociale et les activités économiques du pays. Au cours des dernières années, notre Royaume a connu une diminution graduelle de taux de remplissage des barrages<sup>14</sup>, résultat de plusieurs facteurs dont notamment les répercussions des changements climatiques et la sécheresse ainsi que d'autres liés à la croissance démographique et à l'urbanisation.

Sa Majesté le Roi que Dieu Le Glorifie n'a pas cessé de rappeler de la complexité de la situation hydrique au Maroc et de la nécessité de placer cette question au centre des priorités nationales. Lors de son discours à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024, le souverain a mis une autre fois, l'accent sur la question de l'eau soulignant que la sécurisation des ressources hydriques au Maroc érigée en priorité nationale et que *"les défis auxquels est confronté notre pays nous commandent de redoubler d'efforts et de vigilance, de concevoir des solutions innovantes, de subordonner les modèles de gestion aux règles de bonne gouvernance. L'un de ces défis majeurs est la problématique de l'eau, qui ne cesse de se complexifier du fait de la sécheresse, de l'impact du changement climatique et de la croissance naturelle de la demande. Cette situation est également imputable au retard accusé dans la réalisation de certains projets programmés dans le cadre de la politique de l'eau"*.<sup>15</sup>

En tant que partenaires de l'OCDE et vue de sa situation hydrique, le Maroc était dans l'obligation d'élaborer de nouvelles stratégies publiques pour pouvoir surmonter la crise et minimiser ses

<sup>11</sup> Cet entretien a été effectué le 27 janvier 2025, avec M. Soufiane BENOUGHCHI, investisseur dans la production de la tomate dans la commune « Belfaâ », gérant et actionnaire de l'exploitation agricole « Comafix »

<sup>12</sup> Le 20 Février 2025, un entretien semi directif a été effectué avec le directeur régional de l'ONCA à la région RSK, dont les discussions ont été axées autour de la stratégie de l'institution pour la sensibilisation sur les bonnes pratiques de la gestion de l'eau dans cette région.

<sup>13</sup> Brochure de l'OCDE intitulé : Programme Pays-Maroc, phase II : Impact et résultat, publié sur le site officiel de l'OCDE. Consulté le 01/01/2025.

<sup>14</sup> Selon le site officiel du ministère de l'équipement et de l'eau le taux de remplissage des barrages a connu une diminution graduelle depuis l'an 2021 (41,3% en 2021, 26,4% en 2022 et 24,41% en 2023)

<sup>15</sup> Extrait du discours royal, prononcé à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024.



répercussions socio-économiques. Le 13 janvier 2020, le Gouvernement marocain a mis en œuvre un plan national pour faire face à cette crise. Le Plan National de l'Eau (PNE)<sup>16</sup> (2020-2050), qui reflète l'engagement du pays à gérer de manière durable ses ressources en eau et à relever les défis liés à sa disponibilité. La première phase de ce plan a pour but, la mise en application du programme national d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation (2020-2027), avec objectif d'assurer l'accès à l'eau potable, développer les systèmes d'irrigation économe d'eau et renforcer la résilience du pays face aux aléas climatiques. La réussite de cette première phase est reposée sur la mise en application de cinq axes, suivant :

- ✓ Le développement de l'offre en eau ;
- ✓ La gestion de la demande et la valorisation de l'eau ;
- ✓ Le renforcement de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural ;
- ✓ La réutilisation des eaux usées épurées ;
- ✓ La communication et la sensibilisation.

En effet, la communication n'est pas explicitement désignée comme un pilier ou un objectif du Plan National de l'Eau (PNE) du Maroc, mais elle est essentielle pour sa mise en œuvre et sa réussite. Son rôle dans ses programmes vise principalement à faciliter l'adhésion des parties prenantes, d'assurer la transparence, promouvoir les actions citoyennes et soutenir en collaboration avec les acteurs de la société civile les projets visant l'augmentation de l'offre nationale (Construction des barrages, usines de dessalement, station d'épuration des eaux usées etc..).

Dans le domaine agricole, L'ONCA<sup>17</sup>, l'un des institutions nationales concernées par la question de l'eau, consacre ses efforts pour former, sensibiliser et soutenir les agriculteurs et les professionnels de ce secteur pour mieux gérer les ressources hydriques en appliquant les fondements de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau à travers l'élaboration d'une stratégie de sensibilisation basée sur la proximité et le contact direct avec les agriculteurs. Par le biais de ses formules éducatives : « *écoles aux champs* », « *Caravane conseil* » et « *voyage d'étude* », le conseil se met en action, en choisissant de se déplacer chez le public cible pour garantir la réussite de sa stratégie de proximité.

De son côté, le ministère de l'Équipement et de l'eau a lancé en 2024, sa stratégie de communication à l'occasion de la journée mondiale de l'eau, qui s'articule autour de trois phases<sup>18</sup> :

- ✓ La première vise la sensibilisation du public sur l'importance des ressources en eau, afin de renforcer la conscience des citoyens face aux défis de la crise hydrique du Maroc ;
- ✓ La deuxième vise la sensibilisation aux comportements pratiques permettant d'économiser l'eau et de réduire le gaspillage ;

<sup>16</sup> L'objectif du PNE est de définir, pour les 30 prochaines années, le cadre de la politique nationale de l'eau et les champs d'intervention de tous les acteurs dans le domaine de l'eau, intégrant toutes les actions susceptibles d'assurer les besoins en eau de la population, d'accompagner durablement le développement socio-économique du pays, et de préserver cette ressource stratégique.

<sup>17</sup> L'ONCA est une abréviation de l'Office national du Conseil agricole. Il est chargé de piloter, coordonner et suivre la mise en œuvre de la stratégie du conseil agricole à l'échelle nationale ainsi que d'appliquer la politique du gouvernement en matière de conseil agricole.

<sup>18</sup> Déclaration du Ministre de l'Équipement et de l'Eau, M. Nizar Baraka, lors de la cérémonie de journée mondiale de l'eau, du 22 mars 2024 à Rabat.

✓ La troisième phase a pour objectif la mise en œuvre d'une campagne médiatique transparente pour informer le public sur les mesures de sauvegarde prises au niveau nationales, régionales et locales.

### 3. La place la sensibilisation sur la crise de l'eau dans les médias au Maroc

Les médias désignent l'ensemble des supports utilisés pour transmettre des messages. Ils comprennent une série d'outils (ALDJIA, H. 2020), qui fournissent aux citoyens des informations susceptibles d'être précises, complètes et de qualité. Ils doivent aussi remplir cette fonction clé à tout moment, mais elle est encore plus importante en temps de crise pour pouvoir stimuler le débat sur les bonnes mesures et surmonter les effets liés à la recrudescence de la désinformation et de la manipulation (ONU, 2022).

Au Maroc, la place des médias est primordiale. À travers la radio, la télévision, la presse écrite et les médias numériques, la circulation de l'information devient rapide. Les médias diffusent, éduquent et mobilisent la population sur des sujets d'intérêt général. Il s'agit d'un outil fort et l'un des vecteurs essentiels pour informer sur les politiques publiques autour de la question de l'eau et des enjeux qui en découlent. Cependant, leur efficacité dépend de leur couverture, de leur accessibilité et de leur crédibilité.

Pendant la crise sanitaire de Covid-19, les outils d'information et de communication, qu'ils soient classiques ou numériques, ont joué un rôle primordial pour la mobilisation massive des citoyens pour adopter les mesures préventives. *"Il s'agit d'informer la population en cas d'alerte ou de menace ; en l'accompagnant, d'une part, à travers la diffusion continue des consignes et des mesures de sécurité à adopter et à respecter et, d'autre part, via la communication de toutes les informations concernant l'évolution de la situation"*<sup>19</sup>.

Malgré l'émergence des NTIC, les médias classiques continuent à jouer un rôle crucial, au vu des enjeux associés à la gestion des ressources hydriques dans le pays (V. SPIES, 2010). La télévision, la radio et les journaux s'imposent depuis longtemps comme vecteur d'impulsion collective dans un monde digitalisé qui redéfinit nos façons de penser, de communiquer et d'agir (J. ZAGANIARIS, 2008). Face à la crise hydrique au Maroc, la radio s'est investie au service de la sensibilisation au changement climatique.

Depuis 1990, l'émission « *Yawmiate el fallah* » (يوميات الفلاح), diffusée sur les ondes de MEDI 1-Radio, représente l'un des exemples qui continuent à jouer le rôle de conseiller aux agriculteurs pour leur proposant à la fois un contenu approprié et adapté avec le contexte climatique actuel du Maroc. Ainsi à travers ses différents plateaux les autres chaînes nationales (SNRT, 2M et MÉDI 1 TV) présentent des reportages et des émissions, invitant des responsables, experts et des professeurs universitaires pour analyser et discuter des thématiques se rapportant à la question de l'eau.

En plus de la sphère médiatique officielle, le monde numérique offre de son côté une panoplie d'opportunités pour accéder aux informations relatives à la question de l'eau. Outre les sites web<sup>20</sup> officiels, l'analyse des informations circulant à travers la toile nous a conduit à constater la présence de plusieurs pages de médias sociaux (facebook, X, youtube ...) au nom d'institutions nationales chargées de la gestion de l'eau au Maroc. Cette initiative permet de regrouper des contacts réels, de créer un cercle de contacts, à interagir au temps réel avec les utilisateurs des réseaux sociaux. De leur part, les agences de bassins hydrauliques utilisent par exemple la plateforme numérique Facebook pour sensibiliser sur la situation des ressources hydriques et faire participer les jeunes aux événements organisés dans ce cadre.

<sup>19</sup> EL MILOUDI, I et EL MENDILI, S. (2023), thèse de doctorat intitulée "communication et perception des risques lors des situations d'urgence sanitaire : analyse des facteurs impactant l'efficacité des stratégies de sensibilisation et l'adoption de comportements préventifs" p.152.

<sup>20</sup> Voir annexe

En juillet 2023, le Ministère de l'Équipement et de l'Eau a renforcé ses outils digitaux par le lancement de la première plateforme nationale spécialisée dans la publication des informations sur la situation hydrique au Maroc, marquant une étape tournante dans le processus de sensibilisation sur l'eau Maroc. "الما ديالنا", est une plateforme numérique, Gratuite et accessible.

Malgré le faible taux de téléchargement de l'application "الما ديالنا" (près de 10.000 téléchargements en novembre 2024) et le nombre réduit des abonnés (près de 123.000) la plateforme continue à mettre à la disposition des citoyens des chiffres tangibles et actualisés sur la situation hydrique des bassins hydrauliques et des capsules médiatiques appelant à l'usage rationnel des ressources hydriques et la protection du stock hydrique national.

#### Résultats de l'étude et constat Général :

L'examen de la documentation disponible<sup>21</sup> et les conclusions des entretiens semi-directifs<sup>22</sup> menés dans ce cadre, nous amènent à faire les constats suivants :

**Légitimité et responsabilité :** Les campagnes de sensibilisation au Maroc sont généralement portées par des institutions publiques légitimes, ce qui constitue un atout. Toutefois, la responsabilité dans la gestion et la communication n'est pas toujours clairement définie, ce qui conduit à des chevauchements ou lacunes dans l'atteinte des objectifs.

**Transparence et inclusion :** La transparence dans la communication des données relatives à l'eau est partielle. Certaines informations techniques sont peu vulgarisées, rendant difficile l'implication active des citoyens. Par ailleurs, l'inclusion des parties prenantes, notamment des populations rurales et des acteurs locaux, nécessite un renforcement pour garantir que les messages sensibilisateurs soient bien adaptés aux divers publics.

**Adaptabilité et suivi :** La diversité socio-économique et géographique du pays appelle à une adaptation fine des messages de sensibilisation, encore trop généralistes pour être pleinement efficaces.

#### Conclusion

La spécificité de la conjoncture actuelle nécessite l'engagement de l'ensemble des parties prenantes concernées par la gestion de l'eau au Maroc (acteurs, professionnels et ménagers) pour la réussite des politiques publiques autour de la question de l'eau. La sensibilisation sur l'eau au Maroc à la lumière des principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau souligne l'importance d'adopter une gestion intégrée, transparente et participative des ressources hydriques. En intégrant ces principes, le Maroc peut renforcer la conservation, l'efficacité et la durabilité de ses systèmes d'approvisionnement en eau.

La sensibilisation joue un rôle crucial pour mobiliser tous les acteurs et favoriser une gouvernance responsable, permettant ainsi d'assurer la sécurité hydrique face aux défis croissants liés au changement climatique et à la croissance démographique. En somme, l'adoption des principes de l'O.C.D.E constitue une étape essentielle pour améliorer la gouvernance de l'eau et garantir une gestion équilibrée et équitable de cette ressource vitale.

---

<sup>21</sup> Durant notre période de recherche nous avons focalisé notre intérêt en principe autour des documents officiels et les rapports des institutions nationales et supranationales (ONU, OCDE, IRES, ministères...)

<sup>22</sup> Durant la période allant de mois novembre 2024 au mars 2025, on a effectué 03 Entretiens semi directif mené respectivement avec des responsables de certaines exploitations agricoles à Agadir, le directeur régional de l'ONCA à la région Rabat-Salé-Kénitra et un directeur d'un établissement scolaire public.

## Bibliographie

- Richter, B. (2014). "La crise de l'eau : de la pénurie à la gestion durable". Éd. De Boeck supérieur, P 182.
- Akhmouch, A et Clavreul, D. (2017). Gouverner les politiques de l'eau, in "Responsabilité et environnement", éd. Institut Mines-Télécom, V.<sup>2</sup> n° 87, P. 110
- Defarges, P, M. (2003). Le monde de la gouvernance in "Gouvernance". Éd. Vendôme Impressions, p.59.
- Takhdate, K. (2014). Définitions conceptuelles, in "La communication pour tous, définitions et théories". Éd. Afrique Orient, P.13
- Megard, D. (2017). Spécificités et enjeux de la communication publique, in "La communication publique et territoriale", 2° Ed. DUNOD, P.13
- Bouchard-Bastien, E et al. (2023). Participation citoyenne in « Environnement et santé publique ». P.433 à 450. Éd. Presses de l'EHESP. ISBN 9782810910076. DOI 10.3917/ehesp.goupi.2023.01.04 consulté le 05/02/2024
- Ammor, S. (2018). Communication participative et gouvernance : Enjeux et limites d'une relation. Éd. Revue Marocaine de recherche en management et marketing, N°18, Juillet-Décembre 2018. P. 288-301.
- Scheunpflug A et McDonnell, I. (2008). Sensibiliser l'opinion publique sur le développement : la communication, l'éducation et l'évaluation en jeu, in "Cahier de politique économique de l'OCDE", N° 35. Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/238132574777>.
- El Miloudi, I et EL Mendili, S. (2023), thèse de doctorat intitulée "communication et perception des risques lors des situations d'urgence sanitaire : analyse des facteurs impactant l'efficacité des stratégies de sensibilisation et l'adoption de comportements préventifs" p.152.
- Spies, V. (2010). Le pouvoir de la télévision, une question de vie ou de mort ?, in "*Communication et langage*". Éd. NecPlus. N°166. P. 149.
- Zaganiaris, J. (2012). Les usages sociaux et intellectuels de la communication, in "*Ce que communiquer veut dire*", éd. Afrique Orient, P.165
- Aldjia, H. (2020). Le rôle des médias dans la sensibilisation du public envers la protection de l'environnement, in "enjeux du numérique et modernisation de l'action publique", édition FLSH, p.285, Omnia.
- Rapport de la commission de la culture, de la science, de l'éducation et des médias de l'ONU (2022).
- Rapport de l'Institut Royal des Etudes Stratégiques. (2022), Quel avenir de l'eau au Maroc.
- Extrait du discours royal prononcé à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024.
- Manuel de communication pour la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc. 2012
- Brochure de l'OCDE intitulé : Programme Pays-Maroc, phase II : Impact et résultat, publié sur
- Rapport des Nations Unis sur les objectifs de développement durable 2022.
- OCDE. (2015). Des politiques meilleures pour une vie meilleure. Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. 2015.
- Rapport de l'UNESCO et de l'agence ONU-EAU. 2023
- Rapport du Ministère de l'équipement et de l'eau intitulé : "L'hydraulique en chiffre" 2023.
- Rapport de l'ONU sur les objectifs de développement durable 2022

Rapport de l'OCDE. (2015). Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. Éd. OCDE P.11

Extrait du discours royal, prononcé à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024

La loi 31-13 relative aux droits d'accès à l'information

Site officiel du ministère de l'Équipement et de l'eau.

Sites officiels des agences de bassins hydrauliques au Maroc.

Site officiel de l'OCDE. Consulté le 01/01/2025.

## Annexe

### Sites officiels des institutions publiques chargées de la gestion de l'eau au Maroc

Ministère de l'équipement et l'eau : [www.equipement.gov.ma](http://www.equipement.gov.ma)

L'Agence Nationale des Eaux et Forêts : [www.eauxetforets.gov.ma](http://www.eauxetforets.gov.ma)

Office National de l'Électricité et de l'Eau Potable : [www.onep.org.ma](http://www.onep.org.ma)

Office national de conseil agricole: [www.onca.ma](http://www.onca.ma)

Office national de la mise en valeur agricole : [www.omrva.ma](http://www.omrva.ma)

Agence de Bassin Hydraulique du Sebou : [www.abhsebou.ma](http://www.abhsebou.ma)

Agence de Bassin Hydraulique du Tensift : [www.abht.ma](http://www.abht.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Draa Oued Noun : [www.abhdon.ma](http://www.abhdon.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Souss Massa : [www.abhsm.ma](http://www.abhsm.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de l'Oum Er-Rbia : [www. Abhoer.ma](http://www.Abhoer.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Loukous : [www.abgl.ma](http://www.abgl.ma)

Agence de bassin hydraulique de Moulouya : [www.abhm.ma](http://www.abhm.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Guir Ziz Ghriss: [www.abhgZR.ma](http://www.abhgZR.ma)

Agence de Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia : [www.abhbc.com](http://www.abhbc.com)

Agence de Bassin Hydraulique de Sakia El Hamra et Oued Eddahab: [www.abhshod.ma](http://www.abhshod.ma)

LYDEC (Casablanca) : [client.lydec.ma](http://client.lydec.ma)

REDAL (Rabat-Salé-Temara) : [www.redal.ma](http://www.redal.ma)

AMENDIS (Tanger/Tétouan) : [www.amendis.ma](http://www.amendis.ma)

RADEEF (Fès): [www.radeef.ma](http://www.radeef.ma)

Société Régionale Multiservices Souss-Massa: [www.ramsa.ma](http://www.ramsa.ma)

Société Régionale Multiservices (Rabat-Salé-Kénitra): [www.srm-rsk.ma](http://www.srm-rsk.ma)

## Vers un urbanisme de santé : stratégies et outils pour une planification territoriale durable

Hakima Trimeche

Ecole Nationale d'architecture et d'urbanisme de Tunis -UCAR, Tunisie

### Résumé

Dans un contexte d'urbanisation rapide et de transformation des territoires, la manière dont les villes sont conçues et aménagées a un impact direct sur la qualité de vie des populations. L'environnement urbain influence en effet de manière significative l'accès aux services essentiels, la mobilité, les conditions de logement, et plus largement la santé publique. Dans un monde de plus en plus urbanisé, les conséquences d'une mauvaise planification se traduisent par une aggravation des inégalités et des problèmes sanitaires. Face à la montée des défis sanitaires, sociaux et environnementaux, il devient impératif d'intégrer la santé comme dimension transversale de la planification territoriale, en particulier à l'échelle des grandes métropoles et des zones urbaines sensibles.

Ce travail s'inscrit dans une approche intersectorielle et systémique, visant à outiller les acteurs de l'urbanisme pour mieux prendre en compte les déterminants de la santé dans les politiques d'aménagement. Il s'appuie sur les orientations de l'Organisation mondiale de la santé en matière de santé urbaine, et s'inscrit dans le cadre plus large des Objectifs de Développement Durable, notamment l'ODD 11, qui appelle à construire des villes inclusives, sûres, résilientes et durables.

À travers l'étude de la banlieue sud de Tunis, ce travail mobilise la matrice SWOT comme outil de diagnostic territorial et d'aide à la décision. L'objectif est de proposer des recommandations concrètes en matière d'aménagement urbain et de gouvernance, en plaçant la santé et le bien-être au cœur des dynamiques territoriales. Il s'agit ainsi de développer des stratégies qui peuvent contribuer à renforcer la cohérence entre urbanisme, santé publique et développement durable. Cela suppose une gouvernance ouverte, des indicateurs de santé intégrés dans les décisions d'aménagement, et une attention constante à la santé publique.

**Mots-clés :** planification urbaine, développement durable, santé, urbanisme de santé.



## **Towards a Health-Oriented Urbanism: Strategic Frameworks and Analytical Tools for Sustainable Territorial Planning**

**Hakima Trimeche**

**National School of Architecture and Urban Planning of Tunis – UCAR, Tunisia**

### **Abstract**

Amid accelerating urbanization and profound territorial restructuring, the conceptualization and configuration of urban spaces exert a decisive influence on population well-being. The urban environment fundamentally shapes access to essential services, mobility patterns, housing conditions, and, more broadly, public health outcomes. In an era of unprecedented urban expansion, inadequate planning practices exacerbate socio-spatial inequalities and intensify health vulnerabilities. Confronted with escalating sanitary, social, and environmental pressures, it has become crucial to embed health as a transversal and structuring principle within territorial planning processes, especially in large metropolitan regions and high-risk urban areas.

This study advances an intersectoral and systemic perspective aimed at equipping urban planning professionals with methodological tools that integrate health determinants into spatial development policies. Anchored in the strategic orientations of the World Health Organization on urban health, the research aligns with the broader agenda of the Sustainable Development Goals—particularly SDG 11, which advocates for inclusive, safe, resilient, and sustainable cities.

Using the southern suburbs of Tunis as an empirical case study, the research operationalizes the SWOT matrix as a diagnostic and decision-support instrument for territorial assessment. The objective is to formulate evidence-based recommendations for urban planning and governance by positioning health and well-being at the core of territorial dynamics. In doing so, the study seeks to articulate strategic pathways that reinforce the synergies between urban planning, public health, and sustainable development. Achieving this vision necessitates inclusive governance frameworks, the systematic integration of health indicators into planning decisions, and sustained attention to population health as a key parameter of territorial coherence.

**Keywords:** urban planning, sustainable development, public health, health-oriented urbanism.

### **Introduction**

La transition urbaine constitue l'un des phénomènes majeurs qui façonnent les sociétés contemporaines. À l'échelle mondiale, le taux d'urbanisation et de transformation des territoires est rapide, il atteint 70 % en 2025 entraînant des inégalités spatiales et sociales, avec des conséquences directes sur la qualité de vie et la santé. L'urbanisation rapide transforme profondément les modes de vie, les formes urbaines et les équilibres environnementaux, tout en exerçant une influence déterminante sur la santé des populations. Les villes, bien qu'elles concentrent les opportunités économiques et les services, sont également des espaces où se cristallisent les inégalités sociales, territoriales et sanitaires.

Dans les pays du nord-africain, et particulièrement dans les contextes méditerranéens, cette dynamique est souvent marquée par un décalage entre la vitesse de l'urbanisation et la capacité des

politiques publiques à encadrer le développement urbain. En Tunisie, malgré une maîtrise relative de la croissance démographique (1.03 % par an entre 2004 et 2014), la consommation de l'espace continue à croître à un rythme trois fois plus rapide, entraînant l'étalement urbain, la consommation des terres agricoles et l'apparition de formes d'habitat informel. La gestion urbaine tunisienne est bien outillée par des stratégies et des documents opérationnels, mais la planification spatiale est souvent ignorée par les pouvoirs publics. Ces processus accentuent les vulnérabilités environnementales et sanitaires, notamment dans les périphéries urbaines.

Dans ce contexte, la prise en compte de la santé dans la planification urbaine apparaît comme un levier essentiel pour promouvoir un développement territorial durable. L'urbanisme de santé propose de dépasser une approche sectorielle de l'aménagement pour intégrer les déterminants de la santé dès la conception des projets urbains. Cet article s'inscrit dans cette perspective et vise à analyser, à travers le cas de la banlieue sud de Tunis, les liens entre formes urbaines, conditions environnementales et santé des populations. D'après les résultats d'analyse, une formulation des recommandations d'aménagement urbain et de gouvernance centrées sur la santé et le bien-être sera élaborée avec une identification des stratégies opératoires favorisant la cohérence entre urbanisme, santé publique et développement durable. Cela suppose l'intégration d'indicateurs de santé dans les décisions et une vigilance constante sur la santé publique.

## 2. Cadres conceptuels : santé, urbanisme et déterminants environnementaux

Les liens entre urbanisme et santé sont largement documentés dans la littérature. Le cadre des déterminants sociaux de la santé développé par l'OMS met en évidence le rôle du logement, du transport, des infrastructures urbaines, de la qualité de l'air et de l'accès aux services (OMS, 2014). Le modèle de Barton & Grant (2013) illustre comment la structure urbaine influence les comportements individuels, la cohésion sociale, l'activité physique et l'exposition aux risques.

La santé ne se limite pas à l'accès aux soins, mais résulte d'un ensemble de déterminants sociaux, économiques, environnementaux et spatiaux. Plusieurs travaux montrent que la disponibilité d'espaces verts, la proximité des transports collectifs, la densité maîtrisée, la qualité du cadre bâti et la réduction des nuisances environnementales améliorent significativement la santé publique (Nieuwenhuijsen, 2020 ; European Environment Agency, 2019). L'intégration de ces déterminants dans les documents d'urbanisme permet de concevoir des territoires durables et inclusifs. Cette vision est également portée par les Objectifs de Développement Durable (ODD), notamment l'ODD 3 (Bonne santé et bien-être) et l'ODD 11 (Villes et communautés durables).

L'approche systémique adoptée dans cet article repose sur l'interdépendance entre urbanisme, environnement et santé. Un urbanisme bien conçu contribue à réduire les expositions aux risques (pollution, bruit, inondations), favorise les modes de vie actifs et renforce la cohésion sociale. Le développement durable agit comme un cadre intégrateur permettant d'assurer la cohérence et la pérennité de ces interactions (voir fig.1). Le schéma illustre les interactions circulaires entre trois domaines principaux : Ces trois sphères sont reliées par des flèches bidirectionnelles, traduisant une interdépendance systémique :

- L'urbanisme influence la santé par la qualité de l'habitat, la mobilité, l'accès aux espaces verts et aux services.
- La santé dépend également de l'environnement, à travers la qualité de l'air, de l'eau, du climat, etc.
- L'environnement est affecté par les choix urbanistiques,

Au centre du schéma, on peut interpréter la présence d'une zone de convergence symbolisant une approche intégrée où les politiques urbaines, sanitaires et environnementales se rejoignent pour favoriser le bien-être et la durabilité des territoires

### APPROCHE SYSTÉMIQUE RELIANT URBANISME, SANTÉ ET ENVIRONNEMENT

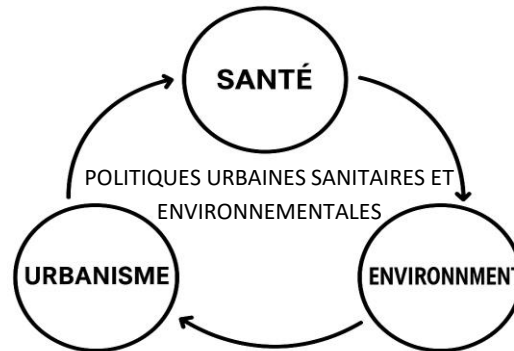


**Figure 1:** Approche systémique reliant urbanisme, santé et environnement pour favoriser le bien-être et la durabilité des territoires

#### Méthodologie

La recherche s'inscrit dans une démarche intersectorielle croisant urbanisme, santé publique et environnement. Elle repose sur une étude de cas appliquée à la banlieue sud du Grand Tunis, comprenant les communes de Radès, Mégrine et Ezzahra. Ce territoire présente une forte dynamique urbaine et économique, mais également des vulnérabilités marquées.

La méthodologie combine l'analyse de données urbaines et socio-économiques, des observations de terrain, des entretiens exploratoires et l'exploitation de documents institutionnels, notamment ceux relatifs à la Politique Urbaine Nationale (PUN) de la Tunisie. La matrice SWOT a été mobilisée comme outil de diagnostic territorial afin d'identifier les forces, faiblesses, opportunités et menaces, et de formuler des recommandations opérationnelles. L'étude a été menée en collaboration avec un groupe d'étudiants du master professionnel en urbanisme de l'École d'architecture et d'urbanisme de Tunis.

À l'issue de cette analyse, et aux travaux de l'atelier de lancement officiel de la politique urbaine nationale de Tunisie du 4 mars 2020<sup>23</sup>, des recommandations ont été formulées en plaçant la santé et le bien-être au cœur des dynamiques territoriales.

#### Diagnostic territorial de la banlieue sud de Tunis

Le diagnostic territorial est une étape essentielle de toute démarche de planification ou de projet d'aménagement du territoire. Il consiste à analyser en profondeur un territoire afin de:

- Identifier les caractéristiques du territoire : géographiques, démographiques, économiques, sociales, environnementales, culturelles, etc.
- Mettre en évidence les forces et les faiblesses : ce qui fonctionne bien / ce qui pose problème.
- Repérer les dynamiques et les enjeux : croissance, déclin, inégalités, transitions écologiques, etc.

<sup>23</sup> L'atelier de lancement officiel de la Politique Urbaine Nationale Tunisie, Rapport général, 04 Mars 2020, l'Hôtel Golden Tulip Gammart.

- Fonder les orientations d'un projet de territoire (comme un plan d'aménagement, une stratégie de développement, un plan de santé urbaine, etc.).

Sur le périmètre d'étude (voir fig.2), Le diagnostic révèle un territoire stratégiquement situé et fortement accessible, bénéficiant de la proximité immédiate de la capitale et d'un réseau d'infrastructures structurant. Toutefois, cette attractivité s'accompagne de déséquilibres majeurs.

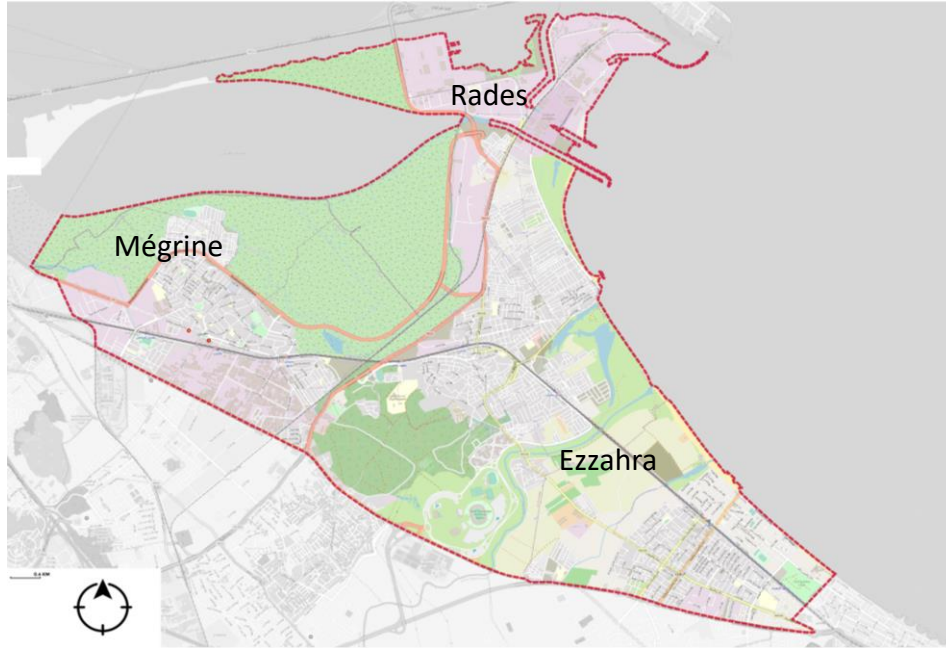
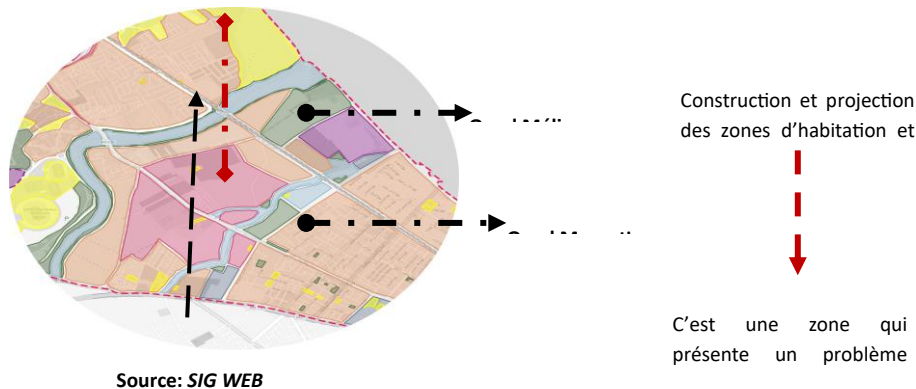


**Figure 2** L'étude se concentre sur le secteur sud du Grand Tunis, comprenant les villes de Radès, Ezzahra et Mégrine

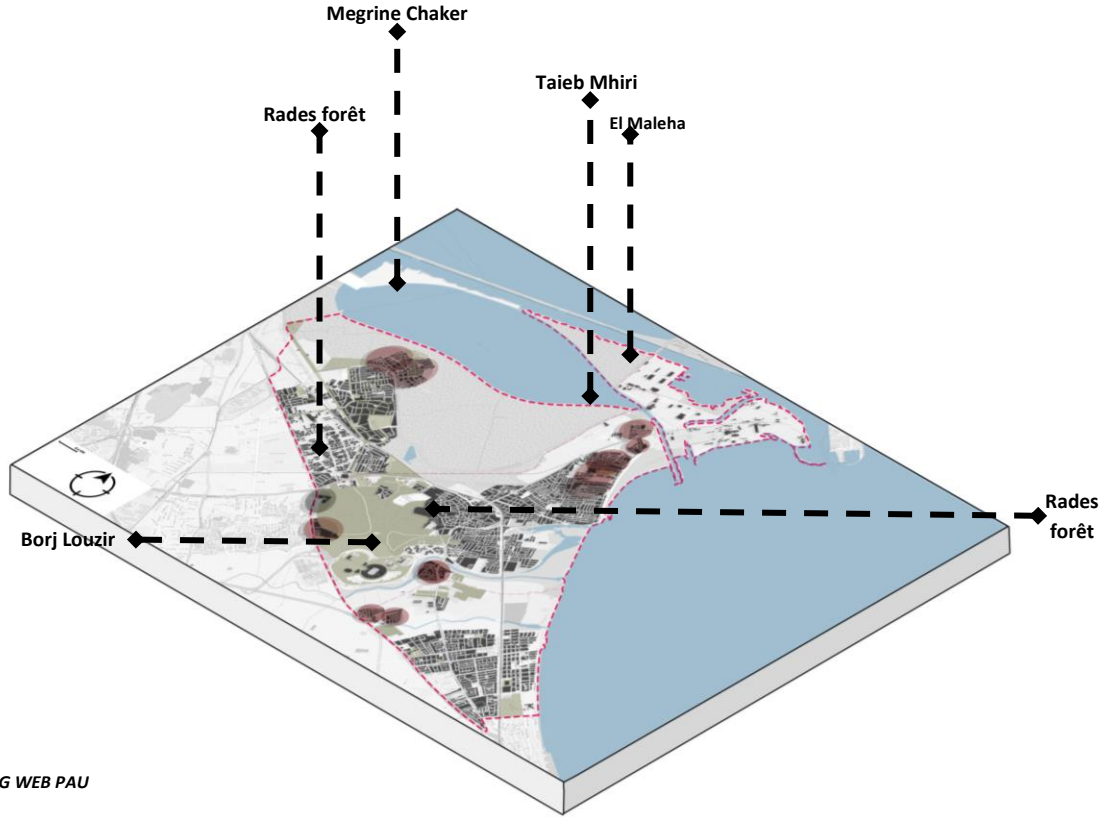
Sur le plan morphologique et fonctionnel, l'urbanisation se caractérise par une mono-fonctionnalité dominante, un déficit en espaces verts aménagés limitant les lieux de détente et les fonctions écologiques au sein de la ville et une urbanisation informelle occupant des zones à risques, notamment le long des oueds exposés aux inondations.



Zones polyfonctionnelles existantes +

**Figure 3** Analyse sur les morphologies urbaines et structurelles: zoning et répartitions des fonctions selon le PAU

L'implantation des habitats anarchiques est visualisée sur la figure 3, ils sont implantés sur Oued Méliane et dans différentes zones qui présentaient un taux de 34% en 2010 et qui est devenu 45% en 2020. D'où l'étalement sur des zones vertes protégés.



Source: SIG WEB PAU

**Figure 4** repérage des habitats anarchiques

Les pressions environnementales sont accentuées par la concentration d'activités industrielles, la pollution des littoraux et la dégradation des écosystèmes naturels. La zone industrielle de Radès présente un impact environnemental négatif, principalement lié à la production de déchets industriels et à la pollution atmosphérique qu'elle génère. Ces formes de pollution contribuent à la dégradation de la qualité de l'air et de l'environnement local, affectant à la fois les écosystèmes et la santé des populations avoisinantes.





| Dimension                                          | Système de santé (Orange) | Système éducatif (Bleu) |
|----------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Infrastructure & Equipements de base               | 8                         | 7                       |
| Accès aux services de santé                        | 9                         | 7                       |
| Accès aux services de Loisir                       | 8                         | 6                       |
| Commodité de la vie                                | 9                         | 7                       |
| Socio-Démographique                                | 8                         | 7                       |
| Capital Humain                                     | 6                         | 9                       |
| Capacité d'absorption & Etendue du marché d'emploi | 6                         | 9                       |
| Tension & profil du marché du travail              | 6                         | 9                       |

- Ben Arous — Moyenne Nationale

## Capacité d'absorption et étendue du marché d'emploi



D'après ces graphes, les trois villes se distinguent par un niveau élevé d'infrastructures et d'équipements de base, nettement supérieur à la moyenne nationale, grâce notamment à leur proximité de Tunis et leur intégration dans l'agglomération métropolitaine. L'accès aux services de santé y est quant à lui proche de la moyenne nationale, traduisant une couverture sanitaire correcte, bien que possiblement inégale selon les quartiers. En revanche, l'offre en équipements de loisirs est inférieure à la moyenne nationale, ce qui reflète un déficit en infrastructures culturelles, sportives et récréatives. Enfin, les conditions de vie, en termes de coût, de logement et de qualité environnementale, apparaissent plus difficiles que la moyenne nationale, en raison des pressions liées à l'urbanisation rapide et à la proximité de la capitale, telles que la pollution, la congestion et le coût élevé du foncier.

## 5. L'Analyse SWOT

L'analyse SWOT met en évidence : des forces liées à la localisation stratégique du territoire et à la présence d'infrastructures et de réseaux structurants ; des faiblesses marquées par la non-conformité aux indicateurs de santé urbaine et par des vulnérabilités écologiques importantes ; des opportunités offertes par les réformes institutionnelles et les nouveaux cadres de gouvernance urbaine en Tunisie et des menaces liées aux risques sanitaires, environnementaux et climatiques, notamment les inondations et la pollution.

L'analyse met en évidence plusieurs atouts majeurs du territoire, notamment un pôle économique dynamique porté par la présence de zones industrielles et une forte accessibilité assurée par le pont de Radès, qui relie efficacement les banlieues nord et sud. Le site bénéficie également d'une richesse paysagère remarquable, combinant la forêt de Radès, le littoral maritime et la sabkha, ainsi que d'espaces verts variés, non aménagés ou peu accessibles. Enfin, le périmètre d'étude se caractérise par une mixité fonctionnelle importante, regroupant équipements, habitats, activités industrielles et autres usages.

L'analyse met aussi en évidence plusieurs faiblesses au sein du périmètre territorial, notamment une forte congestion due au passage intensif des camions desservant la zone industrielle, ainsi que l'absence d'infrastructures dédiées à la mobilité douce. Le territoire souffre également d'un mauvais agencement fonctionnel, avec des zones d'habitation directement accolées aux zones industrielles, ce qui accentue les nuisances sonores et les conflits d'usage. La dégradation progressive du paysage naturel et le manque d'aménagements publics limitent la qualité de vie locale, tandis que la pollution de l'air, générée par les activités industrielles et les transports, constitue un enjeu environnemental majeur. S'ajoutent à cela la détérioration du bâti, l'extension des quartiers populaires et un déficit global de cohésion territoriale, qui fragilisent davantage le développement harmonieux du secteur.

Le territoire présente plusieurs opportunités de développement, notamment la mise en œuvre de projets durables visant une gestion plus efficace et respectueuse des déchets industriels, ainsi que des programmes de rénovation urbaine destinés à revitaliser les quartiers. L'amélioration des moyens de transport, combinée au développement de la mobilité douce, offre également un fort potentiel pour renforcer la desserte et la qualité de vie. La création et la préservation d'espaces verts constituent un autre levier essentiel pour valoriser l'environnement local. Enfin, l'adoption d'une démarche participative impliquant les habitants, ainsi que l'instauration de nouveaux cadres de gouvernance, ouvrent la voie à un projet urbain plus inclusif, cohérent et durable.

Les principales vulnérabilités écologiques du périmètre Radès–Ezzahra–Mégrine, sont marquées par l'érosion fluviale et côtière résultant de l'urbanisation en bord d'oueds et de l'absence de protections littorales, ainsi que par l'imperméabilisation des sols qui limite la recharge de la nappe phréatique et accentue les risques d'inondation. Ezzahra demeure particulièrement exposée aux crues et à la

submersion marine, tandis que la faune et la flore locales existants dans le périmètre d'étudesont fragilisées par les rejets industriels et la fragmentation des écosystèmes. S'ajoute à cela une pollution industrielle importante, aggravée par une gestion insuffisante des déchets toxiques et un contrôle environnemental limité. L'ensemble de ces pressions anthropiques souligne la nécessité d'une planification écologique intégrée permettant de concilier développement industriel et résilience environnementale.

En nous appuyant sur les indicateurs intégrés de l'OMS et selon le programme des nations unies pour les établissements humains ONU-Habitat, Cette analyse a révélé d'importantes faiblesses au sein de la zone, mettant en évidence son inadéquation vis-à-vis des principaux déterminants de la santé (voir tab.1).

| Catégorie                                 | Objectif                                                                  | indicateurs de santé                                          | Le périmètre d'étude |       |           |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|-------|-----------|
|                                           |                                                                           |                                                               | Faible               | Moyen | important |
| 1. Environnement                          | Évaluer la qualité du cadre de vie urbain                                 | - Concentration en PM2.5 et NO <sub>2</sub>                   |                      |       | x         |
|                                           |                                                                           | - Niveau sonore moyen                                         |                      |       | X         |
|                                           |                                                                           | - Taux d'espaces verts par habitant                           | x                    |       |           |
|                                           |                                                                           | - Température urbaine / îlot de chaleur                       | x                    |       | x         |
| 2. Mobilité et accessibilité              | Favoriser les modes de transport actifs et l'accès équitable aux services | - Part modale de la marche et du vélo                         | X                    | X     |           |
|                                           |                                                                           | - Distance moyenne à un arrêt de transport                    |                      | x     |           |
|                                           |                                                                           | - Temps moyen de trajet domicile-travail                      |                      |       | X         |
|                                           |                                                                           | - Taux d'accidents routiers                                   | x                    |       |           |
| 3. Habitat et cadre bâti                  | Garantir un logement sain et durable                                      | - Accessibilité piétonne aux soins                            |                      |       |           |
|                                           |                                                                           | - Taux de logements insalubres ou surpeuplés                  | X                    |       | X         |
|                                           |                                                                           | - Efficacité énergétique des bâtiments                        |                      | x     |           |
|                                           |                                                                           | - Accès à l'eau, à l'électricité et à l'assainissement        |                      | x     |           |
| 4. Cohésion sociale et équité             | Réduire les inégalités territoriales et renforcer le lien social          | - Proportion de logements sociaux                             |                      |       |           |
|                                           |                                                                           | - Taux de pauvreté urbaine                                    | x                    | x     |           |
|                                           |                                                                           | - Sentiment de sécurité                                       | x                    |       |           |
|                                           |                                                                           | - Accès équitable aux équipements culturels et sportifs       | X                    |       |           |
| 5. Santé publique et bien-être            | Suivre les effets directs de l'environnement sur la santé                 | - Participation citoyenne                                     | x                    |       |           |
|                                           |                                                                           | - Indice de bien-être subjectif                               |                      |       |           |
|                                           |                                                                           | - Taux de morbidité/mortalité liée aux maladies respiratoires |                      | X     |           |
|                                           |                                                                           | - Prévalence de l'obésité ou du diabète                       | x                    |       | X         |
| 6. Indicateurs intégrés OMS / ONU-Habitat | Suivi global de la santé urbaine                                          | - Espérance de vie en bonne santé                             |                      |       | x         |
|                                           |                                                                           | - Taux de sédentarité                                         |                      | x     |           |
|                                           |                                                                           | - Indicateurs de santé mentale                                |                      |       |           |
|                                           |                                                                           | - Population vivant à < 300 m d'un espace vert                | X                    |       |           |
|                                           |                                                                           | - Accès à un centre de santé de proximité                     | X                    |       |           |
|                                           |                                                                           | - Indice de santé urbaine (UHI)                               | x                    |       |           |
|                                           |                                                                           | - Sécurité des trajets scolaires des enfants                  |                      |       |           |
|                                           |                                                                           |                                                               | x                    |       |           |

Tableau 1 les indicateurs de la santé selon l'OMS

#### Recommandations pour un urbanisme favorable à la santé

À partir des résultats du diagnostic, plusieurs orientations stratégiques sont proposées. Il s'agit notamment de renforcer la coordination intersectorielle entre les acteurs de l'urbanisme, de la santé, de l'environnement et des transports, d'intégrer des indicateurs de santé dans les documents de

planification urbaine, et de développer des espaces favorables à la santé, incluant des logements sûrs et des espaces verts accessibles.

La promotion des modes de transport actifs et durables, l'amélioration de la qualité de l'air et la réduction des pollutions urbaines constituent également des leviers essentiels. Enfin, la préparation des villes à la résilience face aux changements climatiques et aux crises sanitaires, ainsi que la mise en place d'une gouvernance participative, apparaissent comme des conditions indispensables à la durabilité des territoires.

Cependant, l'intégration de la santé dans la planification urbaine constitue désormais un enjeu central des politiques territoriales, conformément aux orientations internationales promues par l'OMS et ONU-Habitat qui appellent au développement de villes saines, inclusives et durables. (OMS & ONU-Habitat, 2016). Cette intégration repose sur une approche systémique articulée autour de plusieurs axes complémentaires:

### 1. Adoption d'une approche "Health in All Policies" (HiAP)

L'adoption du principe « Health in All Policies » (HiAP) permet de considérer la santé comme un déterminant transversal à l'ensemble des politiques urbaines — logement, mobilité, environnement ou infrastructures — afin de réduire les inégalités spatiales et de garantir que les impacts sanitaires des projets soient appréhendés dès leur conception (Kickbusch & Gleicher, 2012). En s'appuyant sur les approches internationales, notamment « Health in All Policies » (HiAP), les résultats d'analyse mettent en évidence l'importance d'une coordination entre urbanisme, santé publique et environnement, ainsi que la nécessité d'indicateurs intégrés pour suivre l'impact des interventions urbaines. En effet, dans les dynamiques d'urbanisation rapide, les inégalités spatiales persistantes, la pollution atmosphérique, les îlots de chaleur urbains et les mobilités contraignantes ont des effets documentés sur la santé physique et mentale (Nieuwenhuijsen, 2018 ; Frumkin & Haines, 2019). Les organisations internationales, notamment l'OMS et ONU-Habitat,

L'approche *Health in All Policies* (HiAP) s'applique à un ensemble large et interconnecté de secteurs dont les décisions structurent profondément les déterminants sociaux, environnementaux et économiques de la santé. Dans le domaine de l'urbanisme, HiAP permet d'intégrer la santé dans les plans d'aménagement, les choix de densité, la qualité des espaces publics et la régulation de l'exposition aux risques environnementaux, en cohérence avec les recommandations de l'OMS selon lesquelles la configuration spatiale influence fortement l'équité et le bien-être urbains (OMS & ONU-Habitat, 2016; Giles-Corti et al., 2016). Les politiques de transport constituent un autre champ central, où HiAP promeut la mobilité active, la réduction de la pollution atmosphérique, l'amélioration de la sécurité routière et le développement de réseaux collectifs moins carbonés, éléments démontrés comme essentiels pour prévenir les maladies chroniques et réduire les inégalités territoriales de santé (Nieuwenhuijsen, 2018; Frumkin & Haines, 2019).

L'éducation représente également un domaine majeur : les environnements scolaires, en tant que milieux de vie structurants, influencent les comportements alimentaires, l'activité physique, la santé mentale et les trajectoires d'apprentissage, ce qui justifie l'intégration systématique d'objectifs sanitaires dans les politiques éducatives (Kickbusch & Gleicher, 2012; OMS, 2014). Dans le secteur de l'environnement et du climat, HiAP guide les mesures visant à réduire l'exposition à la pollution atmosphérique, à renforcer la résilience face aux aléas climatiques et à promouvoir les infrastructures vertes, dont les bénéfices sur la santé physique et psychologique sont largement documentés (OMS, 2016; European Environment Agency, 2019). Les politiques de logement et de gestion foncière constituent un autre axe prioritaire, car la qualité, l'accessibilité et la localisation du logement sont directement liées aux risques sanitaires, à la santé mentale et à l'équité sociale; HiAP permet ainsi

d'encadrer la production de logements sains, sûrs et adaptés (Rydin et al., 2012; Barton & Grant, 2013). Dans le champ économique et du travail, HiAP soutient la création de milieux de travail sûrs, la réduction de la précarité et le renforcement de la protection sociale, éléments reconnus comme des déterminants majeurs de la santé au cours de la vie (Corburn, 2009; ONU, 2015).

L'agriculture, l'alimentation et la sécurité nutritionnelle constituent également un domaine clé, puisque l'accès à des denrées saines et abordables, la lutte contre les déserts alimentaires et la promotion des systèmes alimentaires durables contribuent directement à la prévention des maladies non transmissibles (OMS, 2016; Nieuwenhuijsen, 2020). Par ailleurs, les infrastructures énergétiques et hydriques sont étroitement liées à HiAP, car les politiques énergétiques propres, la réduction des émissions polluantes et la gestion durable de l'eau améliorent durablement la santé et renforcent la résilience urbaine (Giles-Corti et al., 2016; EEA, 2019). Enfin, la protection sociale et les politiques d'équité représentent un champ transversal, car elles influencent l'accès aux services, la réduction des vulnérabilités et la justice environnementale; HiAP contribue ainsi à renforcer les mécanismes institutionnels permettant de réduire les inégalités évitables en matière de santé (OMS, 2014; OPS, 2018). Dans l'ensemble, ces domaines d'application démontrent que HiAP constitue un levier stratégique de gouvernance intégrée visant à transformer les politiques publiques en systèmes cohérents capables de protéger la santé, promouvoir l'équité et soutenir un développement urbain durable

## **2. le développement des Outils d'aide à la décision et l'intégration des indicateurs de santé urbaine**

Les outils d'aide à la décision jouent un rôle structurant pour accompagner les acteurs urbains dans l'analyse et la planification. Les cartographies interactives des risques, la modélisation spatiale des dynamiques de population et les tableaux de bord intégrant des indicateurs socio-sanitaires constituent des dispositifs essentiels pour mesurer l'exposition aux risques et suivre l'évolution des conditions de vie urbaines. Le développement d'indicateurs conjoints, tels que la qualité de l'air, l'accessibilité aux transports, les conditions de logement ou la mortalité liée aux déplacements, permet de documenter de manière rigoureuse les progrès réalisés.

L'opérationnalisation de l'approche HiAP exige des outils analytiques robustes permettant d'évaluer l'impact des projets sur la santé. Les observatoires territoriaux, les systèmes d'information géographique (SIG), les tableaux de bord urbains ainsi que les modèles de mobilité sont des instruments clés pour analyser les risques, caractériser les inégalités entre quartiers et anticiper les effets des aménagements (Giles-Corti et al., 2016).

Les indicateurs de santé urbaine — qualité de l'air, accessibilité piétonne, vigueur des mobilités actives, qualité du logement, exposition au bruit, accès aux services — doivent être intégrés dans les décisions de planification (Grant & Barton, 2020). Plusieurs villes européennes et nord-américaines ont démontré que l'utilisation d'indicateurs multisectoriels permet d'améliorer l'efficacité des politiques urbaines de santé (voir Tab.2).

**Tableau 2** Principaux indicateurs de santé dans la planification urbaine (selon les orientations de l'OMS et ONU-Habitat)

| Catégorie                                        | Objectif                                                                  | Exemples d'indicateurs                                                                                                                                                                                   | Sources / Références OMS                                                       |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Environnement</b>                          | Évaluer la qualité du cadre de vie urbain                                 | - Concentration en PM2.5 et NO <sub>2</sub><br>- Niveau sonore moyen<br>- Taux d'espaces verts par habitant<br>- Température urbaine / îlot de chaleur<br>- Qualité de l'eau et de l'air                 | OMS, Urban Health Initiative (2022)                                            |
| <b>2. Mobilité et accessibilité</b>              | Favoriser les modes de transport actifs et l'accès équitable aux services | - Part modale de la marche et du vélo<br>- Distance moyenne à un arrêt de transport<br>- Temps moyen de trajet domicile-travail<br>- Taux d'accidents routiers<br>- Accessibilité piétonne aux soins     | OMS & ONU-Habitat, Integrating Health in Urban and Territorial Planning (2020) |
| <b>3. Habitat et cadre bâti</b>                  | Garantir un logement sain et durable                                      | - Taux de logements insalubres ou surpeuplés<br>- Efficacité énergétique des bâtiments<br>- Accès à l'eau, à l'électricité et à l'assainissement<br>- Proportion de logements sociaux                    | OMS, Housing and Health Guidelines (2018)                                      |
| <b>4. Cohésion sociale et équité</b>             | Réduire les inégalités territoriales et renforcer le lien social          | - Taux de pauvreté urbaine<br>- Sentiment de sécurité<br>- Accès équitable aux équipements culturels et sportifs<br>- Participation citoyenne<br>- Indice de bien-être subjectif                         | OMS, Health Equity Assessment Toolkit (2021)                                   |
| <b>5. Santé publique et bien-être</b>            | Suivre les effets directs de l'environnement sur la santé                 | - Taux de morbidité/mortalité liée aux maladies respiratoires<br>- Prévalence de l'obésité ou du diabète<br>- Espérance de vie en bonne santé<br>- Taux de sédentarité<br>- Indicateurs de santé mentale | OMS, Global Urban Health Report (2023)                                         |
| <b>6. Indicateurs intégrés OMS / ONU-Habitat</b> | Suivi global de la santé urbaine                                          | - Population vivant à < 300 m d'un espace vert<br>- Accès à un centre de santé de proximité<br>- Indice de santé urbaine (UHI)<br>- Sécurité des trajets scolaires des enfants                           | OMS-ONU-Habitat, Urban Health Index Framework (2023)                           |

### 3. Renforcement de la gouvernance intersectorielle et de la participation citoyenne

L'un des principaux défis de l'urbanisme favorable à la santé réside dans la gouvernance. Les politiques territoriales impliquent une diversité d'acteurs — urbanistes, services de santé publique, autorités environnementales, collectivités locales, associations — qui doivent coopérer pour produire des actions cohérentes (Rydin et al., 2012).

Le renforcement de la coordination intersectorielle constitue un troisième axe stratégique. L'approche intersectorielle recommandée par l'OPS (2018) et l'OMS (2016) souligne l'importance de plateformes collaboratives et de mécanismes de concertation. La collaboration entre services de santé, urbanisme, environnement, transports et société civile est essentielle pour concevoir des villes favorables à la santé. Les plateformes collaboratives, les comités de suivi et les dispositifs participatifs favorisent une gouvernance plus intégrée, tout en permettant une implication active des communautés locales et en assurant le dialogue entre urbanistes, architectes, autorités sanitaires et acteurs sociaux. La participation citoyenne renforce la pertinence des interventions en intégrant les besoins, perceptions et priorités des populations locales (Corburn, 2009). Ce type de gouvernance permet d'ancrer les politiques dans les réalités territoriales, de faciliter l'acceptabilité sociale et d'améliorer la qualité des décisions.

### 4. Planification basée sur les déterminants sociaux et environnementaux de la santé

La planification doit également s'appuyer sur les déterminants sociaux et environnementaux de la santé. L'accès aux espaces verts et bleus, la qualité des logements, la disponibilité d'espaces publics

ouverts et la réduction des nuisances urbaines — pollution, bruit, îlots de chaleur — sont autant de facteurs déterminants pour la santé et l'équité (OMS, 2016 ; Nieuwenhuijsen, 2018).

La disponibilité d'espaces publics ouverts constitue un élément fondamental pour promouvoir la santé et réduire les inégalités sanitaires. Ces espaces, fréquentés par l'ensemble des citoyens quels que soient leur statut ou leur rôle social, doivent rester librement accessibles dans le respect des principes de coexistence civique. Dans des environnements urbains de plus en plus complexes et socialement diversifiés, leur gestion implique des processus démocratiques, un dialogue continu et une prise en compte des différences culturelles et sociales. Les espaces publics — propriétés publiques ou lieux à usage collectif — se caractérisent par une gratuité d'accès et l'absence de finalité lucrative, tout en reflétant des spécificités spatiales, historiques, environnementales, sociales et économiques propres à chaque territoire. Leur gouvernance, assurée principalement par les autorités locales, nécessite par ailleurs une collaboration active entre citoyens, société civile et secteur privé pour garantir une gestion efficace et inclusive. Ces espaces regroupent une variété d'aménagements extérieurs tels que rues, trottoirs, places, jardins et parcs. Selon l'OMS, dans les villes en développement dont la population pourrait doubler dans les prochaines décennies — notamment en Afrique et en Asie — il est crucial de planifier des réseaux d'espaces publics suffisamment nombreux, bien connectés et proportionnés pour accompagner une urbanisation rapide et préserver la qualité de vie.

Les espaces naturels et publics jouent un rôle central dans la promotion de l'activité physique, de la santé mentale et de la cohésion sociale, comme l'ont démontré de nombreuses études environnementales et épidémiologiques (OMS, 2016 ; Frumkin & Haines, 2019). Dans cette perspective, Wiesbaden, capitale du Land de Hesse en Allemagne, illustre l'intégration des espaces verts dans le tissu urbain comme un élément essentiel de qualité de vie et de santé publique. La ville est caractérisée par une forte présence de parcs historiques, de vastes espaces verts et de nombreux lieux de loisirs en pleine nature qui jalonnent le paysage urbain, contribuant significativement au climat urbain, à la biodiversité et à la qualité de vie de ses habitants.

Les espaces verts de Wiesbaden incluent des parcs emblématiques tels que le *Kurpark* ou le *Schlosspark Biebrich*, ainsi que des zones de loisirs modernes comme le *Kulturpark am Schlachthof*, offrant une diversité d'environnements bénéfiques pour les activités physiques, la détente et les interactions sociales (Wiesbaden.de, 2025). Outre ces grands parcs, des corridors verts naturels, comme la vallée de la Nerotal ou du Rabengrund, relient la vie urbaine aux espaces forestiers du massif du Taunus, renforçant les connexions écologiques et les possibilités de promenade en nature à proximité des zones habitées (Wiesbaden.de, 2025). Le service municipal des espaces verts de Wiesbaden gère environ un quart de la superficie de la ville — englobant forêt urbaine, jardins, aires de jeux et arbres publics — avec pour objectif de préserver et développer ces espaces en réponse aux besoins des citoyens tout en respectant les exigences de protection de la nature, ce qui met en évidence l'importance accordée tant aux fonctions écologiques qu'aux bénéfices sociaux et sanitaires (Wiesbaden.de, 2025).

Cette stratégie de préservation et d'extension des espaces verts est également intégrée aux plans de développement urbain durable de la ville, qui promeuvent des espaces ouverts « vert-gris-bleu » combinant végétation, infrastructures, surfaces perméables et cours d'eau pour répondre aux défis climatiques tout en renforçant l'attractivité résidentielle et le bien-être (Wiesbaden.de, 2025). En outre, des initiatives telles que la conception de zones démonstratives pour l'urbanisme durable, incluant la renaturation d'espaces et l'amélioration de la connectivité écologique au sein des quartiers, témoignent de l'engagement de Wiesbaden à faire de ses espaces verts des leviers de santé publique, de cohésion sociale et de résilience environnementale (Wiesbaden.de, 2025).



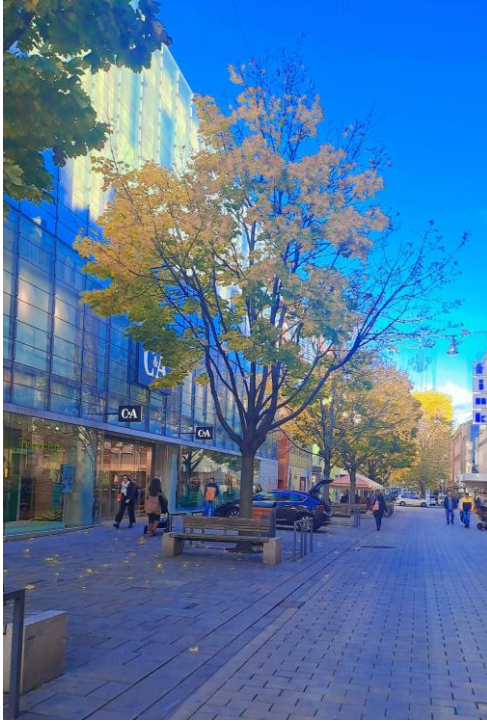


Figure 7 et 8 Les espaces verts de Wiesbaden, qui fait partie de réseau ville –santé depuis 2016, ne sont pas que de simples lieux de détente - ils favorisent le climat urbain, la biodiversité et la qualité de vie

Dans une perspective comparée des modèles d'intégration des espaces verts urbains, la ville de Wiesbaden en Allemagne se distingue par une politique structurée et institutionnalisée de développement et de gestion des espaces verts, reconnus comme des composantes essentielles du cadre de vie, de la biodiversité, du climat urbain et de la santé publique. À Wiesbaden, des parcs historiques, des vastes espaces verts, des corridors naturels et des infrastructures récréatives s'insèrent dans l'armature urbaine, représentant environ 25 % de la surface communale et répondant à des objectifs esthétiques, écologiques et sociaux tout en intégrant les besoins des citoyens (service municipal des espaces verts). Cette approche engage une planification multidimensionnelle qui lie espaces verts, mobilité, environnement et densité urbaine, visant à concilier qualité de vie, connectivité écologique et adaptation aux défis contemporains tels que le changement climatique et l'îlot de chaleur urbain.

À l'inverse, la ville de Ben Arous en Tunisie — située dans l'agglomération du Grand Tunis et soumise à une urbanisation rapide — présente une configuration des espaces verts plus limitée et encore largement conditionnée par les programmes nationaux et la planification d'infrastructures récréatives périphériques plutôt qu'une intégration approfondie dans le tissu urbain dense. Le parc Farhat Hached, qui s'étend sur près de 260 hectares dans le gouvernorat de Ben Arous, constitue l'un des principaux espaces verts d'envergure régionale, offrant des zones de promenade et de loisirs au sein d'une forêt naturelle assemblée d'essences ligneuses selon l'ANPE. Toutefois, les plans d'aménagement urbain de Ben Arous montrent que les zones vertes publiques et naturelles doivent encore être pleinement intégrées aux processus de zonage, d'urbanisation et de densification, ce qui reflète une planification verte encore émergente dans le contexte tunisien où les espaces verts urbains sont souvent fragmentés et inégalement répartis. Cette comparaison illustre combien la mise en réseau d'espaces verts — allant des parcs historiques aux corridors naturels — peut être systématiquement structurée dans certaines villes européennes, alors qu'elle reste dans de nombreuses villes méditerranéennes en développement un défi à intégrer pleinement dans les politiques urbanistiques et de santé urbaine, malgré la reconnaissance de leur rôle crucial pour le bien-être et l'équité (ex. couverture, accessibilité, bénéfices climatiques et sanitaires).

Une approche d'urbanisme de santé nécessite de promouvoir des logements sûrs, abordables et résilients, idéalement situés à proximité des services essentiels et bénéficiant d'un accès garanti à l'eau potable, à l'assainissement et à une énergie propre. Cette perspective repose sur la conception de villes plus compactes, capables de limiter les risques sanitaires liés au surpeuplement, de soutenir la mobilité active et les transports collectifs, et de réduire la consommation énergétique. Elle implique également de développer des environnements urbains socialement inclusifs, favorisant la diversité sociale et spatiale, la participation citoyenne et la réduction des inégalités, notamment pour les groupes les plus vulnérables. L'amélioration de la connectivité urbaine constitue une autre solution majeure, permettant de renforcer l'accessibilité aux services, de diminuer le stress lié aux déplacements quotidiens et d'améliorer la cohésion sociale. De plus, la résilience des territoires doit être consolidée par l'intégration de solutions fondées sur la nature — tels les espaces verts et les zones bleues — pour répondre aux enjeux du changement climatique, prévenir les risques environnementaux et renforcer la santé environnementale.

L'intégration systématique de la santé dans la planification urbaine constitue un levier essentiel pour réduire la pollution atmosphérique, l'exposition au bruit et les effets d'îlot de chaleur urbain, contribuant ainsi à une amélioration durable de la qualité de l'air et du bien-être des populations. La pollution atmosphérique représente aujourd'hui le principal risque environnemental pour la santé humaine, affectant la quasi-totalité des villes à l'échelle mondiale (OMS, 2018). Les stratégies de réduction de cette pollution mobilisent des transformations profondes dans les secteurs des transports, de l'énergie et de l'aménagement de l'usage des sols, domaines clés de l'urbanisme de santé (ONU-Habitat, 2020). Ces interventions s'inscrivent directement dans les Objectifs de développement durable relatifs à la santé, à l'énergie propre et aux villes durables (ODD 3, 7 et 11), tout en contribuant à la baisse des maladies non transmissibles et à l'atténuation du changement climatique, étant donné que des polluants tels que le carbone noir et l'ozone ont des effets immédiats sur la santé et sur le réchauffement global (WHO, 2016). L'amélioration de la qualité de l'air produit également des bénéfices indirects importants, notamment sur la sécurité alimentaire, car la pollution atmosphérique est associée à une diminution des rendements agricoles et à une baisse de la productivité des cultures (FAO, 2019).

Prendre en compte la mixité sociale et la densité urbaine dans les politiques de logement et d'aménagement constitue un enjeu majeur pour la construction de villes saines et équitables. Les quartiers, en tant qu'unités fondamentales de la structure urbaine, jouent un rôle central dans l'expérience quotidienne des habitants : ils concentrent les interactions sociales, les services de proximité et les environnements de vie qui influencent directement la santé, en particulier pour les groupes les plus dépendants du cadre local, tels que les enfants et les personnes âgées. Des quartiers diversifiés, inclusifs et bien aménagés sont ainsi essentiels pour promouvoir la santé humaine et environnementale. De même, les rues, en tant qu'espaces publics structurants, remplissent des fonctions multiples : lieux de déplacement, d'échanges économiques et sociaux, elles contribuent à la vitalité des communautés locales et influencent tant les comportements de mobilité que le bien-être collectif. Lorsque ces rues sont conçues comme des espaces sûrs, accessibles et dotés d'activités économiques, elles renforcent la cohésion sociale et agissent comme des catalyseurs de santé publique. Par ailleurs, encourager l'activité physique quotidienne dans ces espaces—par la marche, le vélo, les loisirs actifs ou le jeu—constitue une stratégie déterminante pour réduire les inégalités de santé et promouvoir un mode de vie durable, en cohérence avec les objectifs internationaux de développement durable (OMS, 2018). Ainsi, la planification urbaine intégrée, tenant compte de la densité, de la mixité sociale et de la qualité des espaces publics, représente une voie incontournable pour renforcer l'équité, le bien-être et la santé au sein des territoires urbains.

## 5. Évaluation et suivi des politiques

Enfin, l'évaluation et le suivi des politiques urbaines s'imposent comme une étape fondamentale. Les enquêtes épidémiologiques, les données de mobilité active et les indicateurs de qualité de vie permettent de mesurer l'impact des interventions urbaines sur la santé des populations (Giles-Corti et al., 2016). L'ajustement continu des politiques sur la base de ces résultats favorise une amélioration durable du bien-être collectif et une réduction des inégalités socio-spatiales. À ce titre, l'urbanisme apparaît comme un levier majeur pour atteindre les Objectifs de développement durable, notamment ceux liés à la santé, à l'environnement et à la résilience climatique (Nations Unies, 2015).

Dans l'ensemble, l'intégration de la santé dans la planification urbaine représente une opportunité clé pour créer des villes plus saines, inclusives et durables. Elle exige toutefois des outils analytiques robustes, une gouvernance cohérente et des processus participatifs permettant aux populations de contribuer à la transformation des environnements qui façonnent leur santé.

## Discussion

Les résultats de cette recherche confirment que la santé ne peut être envisagée comme une simple résultante des politiques publiques, mais qu'elle constitue un objectif structurant de la planification urbaine. Le cas de la banlieue sud de Tunis met en évidence les limites d'une planification sectorielle, où l'urbanisme, l'environnement et la santé sont pensés de manière dissociée. Cette fragmentation institutionnelle contribue à la persistance des inégalités territoriales et à l'exposition différenciée des populations aux risques sanitaires.

L'approche systémique adoptée dans cet article rejoint les travaux scientifiques qui soulignent le rôle central de l'environnement bâti dans la production de la santé urbaine. Les formes urbaines peu denses, la faiblesse des transports collectifs, le déficit en espaces verts et la proximité des zones industrielles constituent autant de facteurs aggravant les vulnérabilités sanitaires. À l'inverse, les expériences internationales montrent que l'intégration de la santé dans les politiques d'aménagement permet d'améliorer la qualité de vie, de réduire les coûts sanitaires et de renforcer la résilience des territoires. Les villes les plus avancées en matière de politiques urbaines favorables à la santé combinent :

- une planification intégrant les déterminants environnementaux ;
- une gouvernance intersectorielle forte ;
- des outils d'aide à la décision fondés sur les données ;
- des stratégies axées sur l'équité socio-spatiale.

Cependant, plusieurs obstacles persistent encore dus au manque de données, au cloisonnement institutionnel, à l'absence d'indicateurs harmonisés, à la faiblesse de la participation citoyenne, ou encore la pression foncière et économique limitant les démarches d'urbanisme de santé (Nieuwenhuijsen, 2020). Ainsi, une transformation profonde des modèles de gouvernance et des pratiques professionnelles reste donc nécessaire.

Dans le contexte tunisien, les réformes institutionnelles récentes, telles que la Politique Urbaine Nationale et le renforcement de la décentralisation, offrent des opportunités pour repenser les pratiques de planification. Toutefois, leur efficacité dépendra de la capacité des acteurs locaux à s'approprier les outils de diagnostic territorial, à intégrer des indicateurs de santé et à promouvoir une gouvernance participative. La banlieue sud de Tunis apparaît ainsi comme un territoire laboratoire, révélateur des défis mais aussi des potentialités de l'urbanisme de santé.

## Conclusion

L'urbanisation contemporaine impose de repenser les modes de planification afin de placer la santé et le bien-être au cœur des dynamiques territoriales. Un urbanisme de santé ne se limite pas à la réduction des nuisances ou des risques, mais vise à créer des environnements favorables, équitables et résilients. À travers l'étude de la banlieue sud de Tunis, cet article met en évidence l'importance d'une approche systémique reliant urbanisme, environnement, mobilité et santé publique. L'urbanisme de santé durable se présente ainsi comme un projet collectif visant à améliorer la qualité de vie, réduire les inégalités et préserver les écosystèmes, tout en garantissant la résilience des villes face aux défis futurs. Cependant il faut repenser les modes de planification afin de placer la santé et le bien-être au cœur des dynamiques territoriales.

Cela suppose une approche intégrée, reliant les politiques d'aménagement, de mobilité, d'environnement et de santé publique, dans une logique de co-construction et d'intersectorialité. Le diagnostic territorial, les démarches participatives et la valorisation des infrastructures vertes et bleues deviennent alors essentiels pour soutenir des modes de vie sains et durables. L'approche HiAP fournit un cadre conceptuel solide, mais sa mise en œuvre dépend de la capacité des acteurs à mobiliser des données fiables, à coordonner les interventions et à intégrer les populations dans le processus décisionnel. Dans un contexte marqué par les crises sanitaires, environnementales et climatiques, l'urbanisme apparaît plus que jamais comme un déterminant central de la santé publique.

Ainsi, l'urbanisme de santé durable se définit comme un projet collectif alliant qualité de vie, équité sociale et respect des écosystèmes, garantissant la résilience et la vitalité des villes pour les générations futures.

## Références bibliographiques

- ANPE. (2025). Parcs et espaces naturels en Tunisie. Agence Nationale de Protection de l'Environnement. [https://www.anpe.nat.tn/Fr/les-parcs\\_11\\_132](https://www.anpe.nat.tn/Fr/les-parcs_11_132)
- Ascher, F. (2001). Les nouveaux principes de l'urbanisme. Éditions de l'Aube.
- Barton, H., & Grant, M. (2013). *Urban planning for healthy cities: A review of the progress of the European Healthy Cities Programme*. Journal of Urban Health, 90(S1), 129–141.
- Barton, H., Grant, M., & Guise, R. (2010). *Shaping neighbourhoods: A guide for health, sustainability and vitality*. Routledge.
- Corburn, J. (2009). *Toward the Healthy City: People, Places, and the Politics of Urban Planning*. MIT Press.
- Duhl, L. J., & Sanchez, A. K. (1999). *Healthy Cities and the city planning process*. OMS – Bureau régional de l'Europe.
- European Environment Agency. (2019). *Healthy environment, healthy lives: How the environment influences health and well-being in Europe*. EEA Report No. 21/2019.
- FAO. (2019). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization.
- Fijalkow, Y. (2017). *Sociologie des villes*. La Découverte.
- Frumkin, H., & Haines, A. (2019). *Global environmental change and noncommunicable disease risks*. Annual Review of Public Health, 40, 261–282.



- Giles-Corti, B., Vernez-Moudon, A., Reis, R., Turrell, G., Dannenberg, A. L., Badland, H., ... & Owen, N. (2016). City planning and population health: A global challenge. *The Lancet*, 388(10062), 2912–2924.
- Grant, M., & Barton, H. (2020). *Urban planning, health and well-being: The case of compact cities*. In Nieuwenhuijsen, M. (Ed.), *Urban and transport planning: Health impacts* (pp. 45–61). Elsevier.
- Kickbusch, I., & Gleicher, D. (2012). *Health in All Policies: Seizing opportunities, implementing policies*. World Health Organization.
- Lévy, J., & Lussault, M. (2013). *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin.
- Ministère de l'Équipement, de l'Habitat et de l'Infrastructure. (2020). *Politique Urbaine Nationale de la Tunisie*.
- Nations Unies. (2015). *Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. ONU.
- Nieuwenhuijsen, M. J. (2018). Urban and transport planning, environmental exposures and health—New concepts, methods and tools to improve health in cities. *Environmental Health*, 17(1), 1–8.
- Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). Influence of urban and transport planning on health. In Nieuwenhuijsen, M. (Ed.), *Integrating human health into urban and transport planning* (pp. 3–20). Springer.
- Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). *Urban and transport planning, environmental exposures and health*. *Journal of Transport & Health*, 16.
- OMS, & ONU-Habitat. (2016). *Global report on urban health: Equitable, healthier cities for sustainable development*. WHO Press.
- OMS. (2014). *Rapport sur les déterminants sociaux de la santé et les inégalités*. Organisation mondiale de la Santé.
- OMS. (2016). *Urban green spaces and health: A review of evidence*. Organisation mondiale de la Santé.
- OMS. (2018). *Air Pollution and Child Health: Prescribing Clean Air*. Organisation mondiale de la Santé.
- ONU-Habitat. (2016). *Urbanization and Development: Emerging Futures – World Cities Report*.
- ONU-Habitat. (2020). *World Cities Report: The Value of Sustainable Urbanization*.
- OPS. (2018). *Health in All Policies: Training Manual*. Organisation panaméricaine de la Santé.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2014). *Health in All Policies (HiAP) Framework for Country Action*.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2020). *Healthy cities: promoting health and equity*.
- Rydin, Y., Bleahu, A., Davies, M., Dávila, J., Friel, S., De Grandis, G., ... & Wilson, J. (2012). Shaping cities for health: Complexity and the planning of urban environments in the 21st century. *The Lancet*, 379(9831), 2079–2108.
- Scribd. (2025). Réglementation et urbanisme à Ben Arous. <https://fr.scribd.com/document/521101385/REG-URBANIS>
- WHO. (2016). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. World Health Organization.
- Wiesbaden.de. (2025). Grünflächenamt – Service municipal des espaces verts de Wiesbaden. <https://www.wiesbaden.de/en/vv/oe/02/67/Gruenflaechenamt>

Wiesbaden.de. (2025). Planification et développement des espaces verts à Wiesbaden.  
<https://www.wiesbaden.de/en/leben-in-wiesbaden/wohnen-bauen/stadtentwicklung/Gruen-und-Freiraumentwicklung>



## La sensibilisation sur l'eau au Maroc à la lumière des principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau

**Morad Hoummed**

*PhD candidate at Mohammed V University/FLHS of Rabat, Morocco  
Language, Translation, Communication and Culture Laboratory*

**Abdelhakim Mansoureddine**

*Professor at Mohammed V University in Rabat / FLHS of Rabat, Morocco  
Language, Translation, Communication and Culture Laboratory*

### Résumé:

La question de l'eau au monde est devenue de plus en plus inquiétante. La situation pourrait basculer vers un risque potentiel d'aggravation en raison des répercussions résultant des effets du changement climatique, de l'expansion démographique et de la surexploitation des richesses hydriques. Cette réalité a un impact important sur les collectivités locales, les écosystèmes d'eau douce et plus généralement, sur notre économie. Souvent, les crises de l'eau sont avant tout des crises de gouvernance, ils représentent une préoccupation majeure, qui exige une gouvernance mondiale pour répondre aux menaces qui pèsent sur l'eau.

Le Maroc, comme le reste des pays du globe est concerné par cette problématique. Au cours des deux dernières décennies le Royaume est passé d'une situation de "stress hydrique" à une situation de "rareté hydrique". Plusieurs mesures ont été prises pour tenter de minimiser les répercussions et garantir un approvisionnement continu en eau. En 2015, l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (O.C.D.E) a élaboré des principes dits "*principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau*", dont l'objectif est : contribuer à l'amélioration des systèmes de gouvernance des États membres et ceux partenaires.

À travers cet article, nous allons essayer dans un premier temps de mettre la lumière sur les principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau en tant qu'instrument international de gouvernance et d'accompagnement avant de tenter dans un deuxième temps de mesurer, à quel point les dispositions édictées par l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau notamment en matière de communication sont adaptées dans la politique de l'eau au Maroc.

**Mots clés :** Le droit à l'information – Communication- Sensibilisation- Gouvernance

## The awareness of water in Morocco in light of the OECD principles on water governance

Morad Hoummed

### Abstract

The issue of water in the world has become increasingly concerning. The situation could shift towards a potential risk of worsening due to the repercussions arising from the effects of climate change, population expansion, and the overexploitation of water resources. This reality has a significant impact on local communities, freshwater ecosystems, and more generally, on our economy. Often, water crises are primarily governance crises; they represent a major concern that requires global governance to address the threats to water.

Morocco, like the rest of the countries around the globe, is affected by this issue. Over the past two decades, the Kingdom has transitioned from a situation of "water stress" to a situation of "water scarcity". Several measures have been taken to try to minimize the repercussions and ensure a continuous supply of water. In 2015, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) developed principles known as the "OECD Principles on Water Governance," aimed at contributing to the improvement of governance systems in member states and partner countries.

Through this article, we will first try to shed light on the OECD principles on water governance as an international governance and support instrument, before attempting to measure, in a second part, how the provisions set forth by the OECD on water governance, particularly regarding communication, are suitable for water policy in Morocco.

**Keywords:** The right to information - Communication - Awareness - Governance

### Introduction

La question de l'eau est devenue une problématique majeure et inquiétante au niveau mondial. 2 à 3 milliards de personnes à travers le monde, vivent une pénurie d'eau pendant au moins un mois par année. (*Rapport de l'UNESCO et l'agence ONU-EAU, 2023*) et environ deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable (*Rapport sur les objectifs de développement durable 2022*). Cette matière vitale qui représente l'un des éléments essentiels et primordiaux de la vie, a connu ces dernières années une réduction significative à cause de plusieurs facteurs d'ordre humain, économique et écologique. Cette réalité a un impact important sur les collectivités locales, les écosystèmes d'eau douce et plus généralement, sur notre économie (Richter, 2014).

Face à cette situation, la communauté internationale a tiré la sonnette d'alarme pour attirer l'attention des pays du globe au sujet des répercussions fatales de la crise d'eau, appelant à une mobilisation massive pour contrecarrer les risques futurs et faisant de la gestion de cette matière vitale un fort enjeu géopolitique. Plusieurs rendez-vous ont eu lieu, rassemblant des experts, des écologistes, des académiciens pour promouvoir les bonnes pratiques et sensibiliser sur les risques primordiaux et les répercussions fatales de ce phénomène écologique.

De la première conférence mondiale sur le climat en 1979, marquant la création du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) jusqu'à la COP 26, tenue en 2023 à Dubaï, la question de l'eau était toujours au cœur des discussions sur les changements climatiques. En 2015,

parmi les 17 objectifs du développement durable, le sixième objectif incite sur la nécessité de « garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable » (ONU. 2022). Les 193 pays signataires, se sont engagés pour mettre terme d'ici 2030 à l'extrême pauvreté, à l'inégalité, l'injustice et régler le problème du changement climatique. Dans le même cadre, des engagements volontaires liés à l'eau ont été exprimés en 2023, lors de la 1<sup>ère</sup> conférence des Nations Unies sur l'eau tenue à New York, afin de sensibiliser au gaspillage de l'eau et favoriser le développement durable et le bien-être de l'humanité.

Les débats se sont poursuivis dans ce cadre afin de déterminer les modalités d'application et de mise en œuvre des engagements édictés en relation avec la préservation de l'eau. L'Organisation de Coopération et de Développement Économique (O.C.D.E) a adopté lors de la tenue le 14 juin 2015, à Daegu en Corée de sud, du 7<sup>ème</sup> forum mondial sur l'eau, les principes dites "*Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau*". Basés principalement autour de trois dimensions complémentaires de la gouvernance à savoir l'efficacité, l'efficience et la confiance-engagement, dont l'objectif est : contribuer à l'amélioration des systèmes de gouvernance des États membres et ceux partenaires en matière de gestion rationnelle de l'eau.

Au Maroc, la situation hydrique est assez critique, une crise d'eau sans précédent et un stress hydrique très élevé. Depuis 2015, notre pays a connu une succession d'années de sécheresse qui a engendré un déficit hydrique important, impactant négativement le stock au niveau des grands barrages et la réserve en eaux souterraines (Rapport du Ministère de l'équipement et de l'eau, 2023). Les facteurs sont multiples : répercussions du réchauffement climatique, croissance démographique, agriculture intensive etc. Les résultats sont choquants ; des pénuries d'eau dans certaines régions du Royaume, diminution du taux de remplissage des barrages et baisse graduelle des nappes phréatiques (IRES, 2023).

À travers cet article, nous allons essayer dans un premier temps de mettre la lumière sur les principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau et de montrer la place accordée à la communication avant de montrer dans un deuxième temps, par le biais d'une étude documentation, à quel point les dispositions édictées par l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau notamment en matière de communication sont adaptées dans la politique de l'eau au Maroc.

#### IV- Cadre conceptuel et théorique

##### a. Le droit à l'information, socle de la communication publique

L'apparition du terme "*communiquer*" et "*communication*" dans la langue française remonte à la moitié du XIV siècle, dont le sens de base est « participer » (Takhdate, 2014). Il désigne une action de partage à deux ou à plusieurs. Le *Robert*, définit le concept comme étant l'action d'établir une relation avec quelqu'un ou d'être en rapport avec autrui. Avec la succession des siècles le terme s'est enrichi pour donner sens à plusieurs significations dont notamment partager, transmettre, échanger des données, des idées.

Aujourd'hui, la communication est devenue l'outil clé de la réussite de toute stratégie. Elle est la base d'une société démocratique où les citoyens sont informés de tout ce qui se passe dans leurs circonscriptions électorales. Elle concrétise les véritables principes de la démocratie représentative où les élus sont obligés de fournir les informations de tout ce qu'ils font dans le cadre des attributions qui lui sont confiées, parce qu'« *il serait incompréhensible que ceux qui conduisent et assument choix et projets publics ne puissent ni informer ni communiquer sur ce qu'ils font, assurent et construisent* » (Mégard, 2017).

En effet, la communication joue un rôle primordial dans le renforcement de la légitimité et attribue une crédibilité aux actions des pouvoirs publics vis-à-vis des citoyens. Elle correspond bien à une mission de service public et contribue à la concrétisation des principes de la gouvernance et de la démocratie participative dont notamment le droit d'accès à l'information (Mégard, 2017). Il s'agit d'un outil qui provoque la prise de conscience et suscite l'engagement de toutes les parties prenantes (ALDJLA, 2020), notamment pendant les périodes de crise où les citoyens ont toujours besoin d'informations, fiables, crédibles et actualisées.

Dans ce cadre, promouvoir la communication publique c'est d'abord, garantir le droit à l'information. En 2016, l'Union européenne s'est dotée d'un nouveau cadre juridique en matière de protection des données personnelles. Ce cadre, appelé « paquet européen de protection des données », est entré en vigueur en mai 2018 et vise à renforcer les droits des Européens mais aussi à responsabiliser les acteurs traitant des données. Selon la législation européenne, ce droit se manifeste selon deux principes : la transparence, comme condition garantissant aux citoyens d'accéder aux documents des institutions publiques de l'union européenne et le droit de toute personne d'être informée sur les données personnelles la concernant.

Au Maroc, La loi 31-13 relative aux droits d'accès à l'information, représente l'un des textes clés des réformes nationales. Elle témoigne des efforts déployés par les pouvoirs publics, pour garantir le droit des citoyens à l'information, favoriser le développement, améliorer les performances économiques et rendre les autorités publiques redevables pour leur action et leur gestion des services publics. L'article 10 de loi 31-13, détermine les modalités de publication des informations à caractère public et préconise à ce que « *Les institutions et les organismes concernés, doivent chacun dans la limite de ses attributions et autant que possible, publier le maximum d'information qu'ils détiennent et qui ne font pas l'objet des exceptions prévues par la présente loi, et ce par tous les moyens de publication possible, en particulier les moyens électroniques y compris les portails nationaux des données publiques...* ».

Aujourd'hui, la communication a évolué pour devenir un outil fondamental dans le fonctionnement des sociétés modernes et des démocraties, où elle permet d'établir des relations transparentes entre les citoyens et les pouvoirs publics. En assurant le droit à l'information, on contribue à la consolidation des principes de la communication publique dans un contexte où la légitimité, la transparence et la gouvernance sont indispensables notamment en temps de crise.

#### **b. La sensibilisation, concept clé de la gouvernance**

La sensibilisation constitue un élément clé dans le processus de gouvernance, en particulier lorsqu'il s'agit de gérer des ressources publiques ou naturelles sensibles, telles que l'eau ou l'environnement. Elle permet d'informer, d'éduquer et de mobiliser les citoyens, les acteurs institutionnels et les parties prenantes autour des enjeux cruciaux liés à la gouvernance et à l'acceptabilité sociale. Selon Bouchard-Bastien, « *Atteindre ou gagner cette « acceptabilité » devient le but de campagnes de communication, de sensibilisation et parfois même de désinformation* » (Bouchard et al, 2023). Il s'agit d'un outil fondamental de renforcement de la participation active des populations, qui favorise l'émergence d'un sentiment d'appropriation et de responsabilité.

Considérée en tant que composante intégrante de la communication publique, la sensibilisation contribue également à améliorer la transparence et la légitimité des processus décisionnels. En diffusant une information claire et accessible, elle permet aux citoyens de mieux comprendre les enjeux, les stratégies adoptées et leurs implications dans la gouvernance. Ammor souligne que l'un des défis majeurs de la gouvernance moderne réside dans la capacité à instaurer une communication efficiente entre les gouvernés et les gouvernants, favorisant ainsi une gestion transparente et

responsable, capable de faciliter dans cette perspective, la création d'un espace de dialogue où toutes les voix peuvent être entendues. (Ammor, 2018)

Au-delà de l'aspect informatif, la sensibilisation joue un rôle éducatif en modifiant les comportements et en incitant à l'adoption de pratiques durables. Par exemple, dans la gestion de l'eau ou de l'environnement, des campagnes de sensibilisation efficaces incitent les populations à réduire leur consommation ou à adopter des comportements respectueux des ressources naturelles (Scheunpflug et McDonnell, 2008). Elle agit comme un levier pour la mise en œuvre de politiques publiques intégrant la participation citoyenne, condition essentielle à une gouvernance durable.

Cependant, la réussite des actions de sensibilisation repose sur l'adaptation aux spécificités locales et la mobilisation des acteurs communautaires. Ces actions mettent en avant l'importance d'une approche participative et interculturelle pour renforcer l'impact de ces initiatives. Dans cette optique, la sensibilisation doit ainsi dépasser la simple transmission d'informations pour instaurer un véritable processus d'engagement et de co-construction des solutions, en tenant compte des contextes socio-économiques et culturels.

Elle apparaît comme un facteur primordial de la gouvernance efficace, car elle construit un socle commun de connaissances, d'engagement et de responsabilité, tout en favorisant la transparence, la participation et la responsabilisation, essence même d'une gestion publique ou environnementale réussie. Investir dans des stratégies de sensibilisation adaptées est donc indispensable pour assurer une gouvernance plus inclusive, durable et résiliente.

#### **V- Focus sur les principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau et l'importance de la communication.**

##### **a. Les principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau**

Dans le contexte de l'actuelle crise hydrique mondiale, aucun pays ne peut considérer son niveau actuel de sécurité hydrique et de prestation de services comme étant acquis. La conjoncture nécessite une gouvernance résiliente pour faire face aux défis actuels et futurs notamment avec la continuation de l'apparition des répercussions des réchauffements climatiques, la croissance démographique et la demande accrue en eau. Tous les pays sont concernés par cette crise et sont appelés à anticiper les tensions futures et conduire des réformes immédiates.

Pour répondre aux menaces qui pèsent sur l'eau et minimiser les pressions et les activités qui en dépendent dans le monde, L'OCDE a établi en 2015 douze principes clés pour la gouvernance de l'eau, regroupés en trois axes principaux : l'efficacité, l'efficience et la confiance – engagement. (OCDE, 2015).

Ils insistent sur l'importance d'une gouvernance inclusive, reposant sur la coordination multisectorielle, la participation des parties prenantes, le respect de l'état de droit, et la mise en place de mécanismes de suivi et d'évaluation. Ils s'appliquent à la totalité du cycle de l'eau, du prélèvement à l'assainissement en passant par la protection des ressources.

Leur objectif vise à guider les pays dans la conception de politiques publiques adaptées, en renforçant la cohérence entre les diverses institutions concernées et en favorisant l'acceptabilité sociale. Plusieurs travaux ont souligné la nécessité de revoir les politiques de l'eau, en dépassant la gestion ponctuelle de la crise hydrique au profit d'une gestion de risques basée sur la gouvernance, la coordination et l'évaluation (AKHMOUCH et CLAVREUL, 2017). Leur application est particulièrement pertinente dans des contextes comme celui du Maroc, où les défis hydriques appellent à une gouvernance intégrée et transparente (OCDE, 2015 ; OCDE, 2024).

En suivant ces principes, les pays peuvent améliorer leur capacité à répondre aux défis liés à l'eau et à garantir un accès équitable à cette ressource essentielle pour tous. Atteindre ces objectifs nécessite en plus des trois dimensions susmentionnées, une communication forte et efficace capable de réussir la mise en œuvre des 12 principes de la gouvernance de l'eau.

#### **b. La place de la communication dans les principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau**

La communication occupe une place stratégique et centrale dans le cadre des principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. En effet, selon l'OCDE (2015), une gouvernance efficace repose sur le dialogue, la transparence et l'engagement des parties prenantes, autant d'éléments indispensables qui nécessitent une communication claire, pertinente et continue. Parmi les 12 principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau, le 8<sup>ème</sup> principe est une partie intégrante des principes visant l'amélioration de l'efficacité de la gouvernance de l'eau (OCDE, 2015). Il prévoit l'adoption et la mise en œuvre de pratiques de gouvernance innovantes entre les autorités responsables, les niveaux de gouvernement et les parties prenantes.

Atteindre les objectifs de ce principe nécessite d'encourager l'expérimentation et les tests pilotes, favoriser la coopération intersectorielle, promouvoir les liens entre les sciences et les politiques publiques dans l'optique de contribuer à une meilleure gouvernance de l'eau et un outil primordial qui favorise l'apprentissage social et facilite le dialogue et le consensus.

Le rôle de la communication est d'autant plus fondamental pour convaincre les décideurs de passer à l'action soit en matière de coopération avec les instances de l'OCDE soit en matière de mise en application des fondements clés des principes de la gouvernance de l'eau. Comme il a précisé Defarges dans son ouvrage « *Le monde de la gouvernance* », la communication est une dimension essentielle de la gouvernance, se coule dans toutes les activités et tous les circuits de l'organisation sociale. Pour lui, la communication interne, contribue au fonctionnement fluide de l'organisation ; la communication externe, aide à une meilleure osmose entre l'organisation et son environnement ». (DEFARGES, 2003)

Sur le niveau institutionnel, la coordination et la gestion efficace est l'un des leviers de la réussite des politiques de l'eau. Une communication fluide entre les différentes entités responsables de la gestion de l'eau facilite la coordination, l'échange d'informations et la diffusion de bonnes pratiques (OECD, 2015). L'usage des nouvelles techniques d'information et de communication favorise la transparence numérique et garantit une gouvernance plus participative et une gestion plus adaptée aux réalités locales.

Consciente de l'importance de la sensibilisation dans la réussite des politiques publiques, l'OCDE a consacré plusieurs de ses travaux pour favoriser l'engagement et la participation citoyenne à des questions complexes telles que la gestion durable de l'eau (OCDE, 2008), (OCDE, 2015). Pour cette institution supranationale, la communication éducative et de sensibilisation est un levier pour encourager des pratiques responsables dans l'utilisation de l'eau. L'usage des programmes scolaires, l'organisation de campagnes de sensibilisation scolaires, la diffusion d'informations sur les enjeux, les risques et les bonnes pratiques contribue à l'émergence d'une culture de la gestion durable qui encourage les pratiques responsables.

En résumé, la communication constitue un levier stratégique pour la mise en œuvre des principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. Elle contribue à renforcer la transparence, la participation, la sensibilisation et la coordination, éléments indispensables pour une gestion durable et équitable des ressources hydriques. La réussite de cette gouvernance repose donc sur une stratégie de communication adaptée, inclusive et proactive.



## VI- Cadre empirique : La sensibilisation sur la question de l'eau au Maroc, quelle démarche à la lumière des principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau ?

### a. Approche méthodologique

L'approche méthodologique est principalement qualitative basée sur l'analyse des sites web institutionnels et des réseaux sociaux de certains acteurs chargés de la gestion de l'eau au Maroc, tels que le Ministère de l'Équipement et de l'Eau et les agences de bassins hydrauliques. Cette analyse s'est appuyée sur une grille d'observation portant sur plusieurs dimensions : la nature des messages publiés, la visibilité, les outils de communication utilisés ainsi la présence de contenu portant sur la sensibilisation ou la mobilisation. Durant la période allant de mois novembre 2024 au mars 2025, 02 Entretiens semi directif ont été effectués respectivement comme suit :

✓ Le premier s'est tenu le 27 janvier 2025, avec M. Soufiane BENOUGHACH, investisseur dans la production de la tomate dans la commune « Belfaâ, Province Chtouka Ait-Baha, région d'Agadir, gérant et actionnaire de l'exploitation agricole « Comafix. Les discussions ont porté sur les opportunités et les difficultés rencontrées en matière d'approvisionnement en eau destinées à l'irrigation ;

✓ Le deuxième s'est tenu le 20 Février 2025, avec le directeur régional de l'office national du conseil agricole (ONCA) à la région RSK, dont les discussions ont été axées autour de la stratégie de l'institution pour la sensibilisation sur les bonnes pratiques de la gestion de l'eau dans cette région.

De surcroît, une analyse documentaire a été réalisée sur les principales stratégies publiques autour de la question de l'eau au Maroc. L'objectif est de s'assurer de l'importance apportée à la communication, comme outil de sensibilisation sur la préservation de l'eau. Dans ce cadre, une analyse approfondie a été menée sur le Plan National de l'Eau (2020-2050) et plus précisément sa première phase dite « programme national d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation (2020-2027) ».

### b. Aperçu sur la place de la communication dans les stratégies publiques autour de l'eau

Le Maroc est l'un des pays qui bénéficient du *Programme Pays*. Il s'agit d'un dispositif d'accompagnement stratégique de l'OCDE qui permet à certains pays partenaires, de tirer profit des expériences de l'OCDE, de renforcer leurs institutions et leurs capacités de mener des réformes politiques réussies ainsi de s'aligner avec les normes de l'OCDE en matière de gouvernance (OCDE-2015). La première phase du partenariat entre le Maroc et l'OCDE remonte à 2015, où ils ont lancé le *Programme Pays Maroc* (2015-2018), dont les résultats étaient très positifs. La deuxième phase de ce programme comprend 15 projets construits autour de quatre axes à savoir : Gouvernance publique, Développement territorial, Croissance économique et Capital humain.

Actuellement, la crise hydrique au Maroc affecte la sécurité alimentaire, la paix sociale et les activités économiques du pays. Au cours des dernières années, notre Royaume a connu une diminution graduelle de taux de remplissage des barrages, résultat de plusieurs facteurs dont notamment les répercussions des changements climatiques et la sécheresse ainsi que d'autres liés à la croissance démographique et à l'urbanisation.

Sa Majesté le Roi que Dieu Le Glorifie n'a pas cessé de rappeler de la complexité de la situation hydrique au Maroc et de la nécessité de placer cette question au centre des priorités nationales. Lors de son discours à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024, le souverain a mis une autre fois, l'accent sur la question de l'eau soulignant que la sécurisation des ressources hydriques au Maroc érigée en priorité nationale et que "*les défis auxquels est confronté notre pays nous commandent de redoubler d'efforts et de vigilance, de concevoir des solutions innovantes, de subordonner les modèles de gestion aux règles de bonne gouvernance. L'un de ces défis majeurs est la problématique de l'eau, qui ne cesse*

*de se complexifier du fait de la sécheresse, de l'impact du changement climatique et de la croissance naturelle de la demande. Cette situation est également imputable au retard accusé dans la réalisation de certains projets programmés dans le cadre de la politique de l'eau". (Discours royal du 30 juillet 2024).*

En tant que partenaires de l'OCDE et vue de sa situation hydrique, le Maroc était dans l'obligation d'élaborer de nouvelles stratégies publiques pour pouvoir surmonter la crise et minimiser ses répercussions socio-économiques. Le 13 janvier 2020, le Gouvernement marocain a mis en œuvre un plan national pour faire face à cette crise. Le Plan National de l'Eau (PNE) (2020-2050), qui reflète l'engagement du pays à gérer de manière durable ses ressources en eau et à relever les défis liés à sa disponibilité. La première phase de ce plan a pour but, la mise en application du programme national d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation (2020-2027), avec objectif d'assurer l'accès à l'eau potable, développer les systèmes d'irrigation économe d'eau et renforcer la résilience du pays face aux aléas climatiques. La réussite de cette première phase est reposée sur la mise en application de cinq axes, suivant :

- ✓ Le développement de l'offre en eau ;
- ✓ La gestion de la demande et la valorisation de l'eau ;
- ✓ Le renforcement de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural ;
- ✓ La réutilisation des eaux usées épurées ;
- ✓ La communication et la sensibilisation.

En effet, la communication n'est pas explicitement désignée comme un pilier ou un objectif du Plan National de l'Eau (PNE) du Maroc, mais elle est essentielle pour sa mise en œuvre et sa réussite. Son rôle dans ses programmes vise principalement à faciliter l'adhésion des parties prenantes, d'assurer la transparence, promouvoir les actions citoyennes et soutenir en collaboration avec les acteurs de la société civile les projets visant l'augmentation de l'offre nationale (Construction des barrages, usines de dessalement, station d'épuration des eaux usées etc..).

Dans le domaine agricole, L'ONCA, l'un des institutions nationales concernées par la question de l'eau, consacre ses efforts pour former, sensibiliser et soutenir les agriculteurs et les professionnels de ce secteur pour mieux gérer les ressources hydriques en appliquant les fondements de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau à travers l'élaboration d'une stratégie de sensibilisation basée sur la proximité et le contact direct avec les agriculteurs. Par le biais de ses formules éducatives : « *écoles aux champs* », « *Caravane conseil* » et « *voyage d'étude* », le conseil se met en action, en choisissant de se déplacer chez le public cible pour garantir la réussite de sa stratégie de proximité.

De son côté, le ministère de l'Équipement et de l'eau a lancé en 2024, sa stratégie de communication à l'occasion de la journée mondiale de l'eau, qui s'articule autour de trois phases :

- ✓ La première vise la sensibilisation du public sur l'importance des ressources en eau, afin de renforcer la conscience des citoyens face aux défis de la crise hydrique du Maroc ;
- ✓ La deuxième vise la sensibilisation aux comportements pratiques permettant d'économiser l'eau et de réduire le gaspillage ;
- ✓ La troisième phase a pour objectif la mise en œuvre d'une campagne médiatique transparente pour informer le public sur les mesures de sauvegarde prises au niveau nationales, régionales et locales.

c. La place la sensibilisation sur la crise de l'eau dans les médias au Maroc

Les médias désignent l'ensemble des supports utilisés pour transmettre des messages. Ils comprennent une série d'outils (ALDJIA, 2020), qui fournissent aux citoyens des informations susceptibles d'être précises, complètes et de qualité. Ils doivent aussi remplir cette fonction clé à tout moment, mais elle est encore plus importante en temps de crise pour pouvoir stimuler le débat sur les bonnes mesures et surmonter les effets liés à la recrudescence de la désinformation et de la manipulation (ONU, 2022).

Au Maroc, la place des médias est primordiale. À travers la radio, la télévision, la presse écrite et les médias numériques, la circulation de l'information devient rapide. Les médias diffusent, éduquent et mobilisent la population sur des sujets d'intérêt général. Il s'agit d'un outil fort et l'un des vecteurs essentiels pour informer sur les politiques publiques autour de la question de l'eau et des enjeux qui en découlent. Cependant, leur efficacité dépend de leur couverture, de leur accessibilité et de leur crédibilité.

Pendant la crise sanitaire de Covid-19, les outils d'information et de communication, qu'ils soient classiques ou numériques, ont joué un rôle primordial pour la mobilisation massive des citoyens pour adopter les mesures préventives. *"Il s'agit d'informer la population en cas d'alerte ou de menace ; en l'accompagnant, d'une part, à travers la diffusion continue des consignes et des mesures de sécurité à adopter et à respecter et, d'autre part, via la communication de toutes les informations concernant l'évolution de la situation"*. (El Miloudi et El Mendili, 2023).

Malgré l'émergence des NTIC, les médias classiques continuent à jouer un rôle crucial, au vu des enjeux associés à la gestion des ressources hydriques dans le pays (V. SPIES, 2010). La télévision, la radio et les journaux s'imposent depuis longtemps comme vecteur d'impulsion collective dans un monde digitalisé qui redéfinit nos façons de penser, de communiquer et d'agir (J. ZAGANIARIS, 2008). Face à la crise hydrique au Maroc, la radio s'est investie au service de la sensibilisation au changement climatique.

Depuis 1990, l'émission « *Yawmiate el fallah* » (أيوميات الفلاح), diffusée sur les ondes de MEDI 1-Radio, représente l'un des exemples qui continuent à jouer le rôle de conseiller aux agriculteurs pour leur proposant à la fois un contenu approprié et adapté avec le contexte climatique actuel du Maroc. Ainsi à travers ses différents plateaux les autres chaînes nationales (SNRT, 2M et MÉDI 1 TV) présentent des reportages et des émissions, invitant des responsables, experts et des professeurs universitaires pour analyser et discuter des thématiques se rapportant à la question de l'eau.

En plus de la sphère médiatique officielle, le monde numérique offre de son côté une panoplie d'opportunités pour accéder aux informations relatives à la question de l'eau. Outre les sites web officiels (Voir annexe), l'analyse des informations circulant à travers la toile nous a conduit à constater la présence de plusieurs pages de médias sociaux (facebook, X, youtube ...) au nom d'institutions nationales chargées de la gestion de l'eau au Maroc. Cette initiative permet de regrouper des contacts réels, de créer un cercle de contacts, à interagir au temps réel avec les utilisateurs des réseaux sociaux. De leur part, les agences de bassins hydrauliques utilisent par exemple la plateforme numérique Facebook pour sensibiliser sur la situation des ressources hydriques et faire participer les jeunes aux événements organisés dans ce cadre.

En juillet 2023, le Ministère de l'Équipement et de l'Eau a renforcé ses outils digitaux par le lancement de la première plateforme nationale spécialisée dans la publication des informations sur la situation hydrique au Maroc, marquant une étape tournante dans le processus de sensibilisation sur l'eau Maroc. "الما ديالنا", est une plateforme numérique, Gratuite et accessible.

Malgré le faible taux de téléchargement de l'application "الما ديالنا" (près de 10.000 téléchargements en novembre 2024) et le nombre réduit des abonnés (près de 123.000) la plateforme continue à mettre

à la disposition des citoyens des chiffres tangibles et actualisés sur la situation hydrique des bassins hydrauliques et des capsules médiatiques appelant à l'usage rationnel des ressources hydriques et la protection du stock hydrique national.

**d. Résultats de l'étude et constat Général :**

L'examen de la documentation disponible et les conclusions des entretiens semi-directifs menés dans ce cadre, nous amènent à faire les constats suivants :

**Légitimité et responsabilité :** Les campagnes de sensibilisation au Maroc sont généralement portées par des institutions publiques légitimes, ce qui constitue un atout. Toutefois, la responsabilité dans la gestion et la communication n'est pas toujours clairement définie, ce qui conduit à des chevauchements ou lacunes dans l'atteinte des objectifs.

**Transparence et inclusion :** La transparence dans la communication des données relatives à l'eau est partielle. Certaines informations techniques sont peu vulgarisées, rendant difficile l'implication active des citoyens. Par ailleurs, l'inclusion des parties prenantes, notamment des populations rurales et des acteurs locaux, nécessite un renforcement pour garantir que les messages sensibilisateurs soient bien adaptés aux divers publics.

**Adaptabilité et suivi :** La diversité socio-économique et géographique du pays appelle à une adaptation fine des messages de sensibilisation, encore trop généralistes pour être pleinement efficaces.

**Conclusion**

La spécificité de la conjoncture actuelle nécessite l'engagement de l'ensemble des parties prenantes concernées par la gestion de l'eau au Maroc (acteurs, professionnels et ménagers) pour la réussite des politiques publiques autour de la question de l'eau. La sensibilisation sur l'eau au Maroc à la lumière des principes de l'O.C.D.E sur la gouvernance de l'eau souligne l'importance d'adopter une gestion intégrée, transparente et participative des ressources hydriques. En intégrant ces principes, le Maroc peut renforcer la conservation, l'efficacité et la durabilité de ses systèmes d'approvisionnement en eau.

Dans ce cadre, la sensibilisation joue un rôle crucial pour mobiliser tous les acteurs (citoyens, agriculteurs, société civile...) et favoriser une gouvernance responsable, permettant ainsi d'assurer la sécurité hydrique face aux défis croissants liés au dérèglement climatique et à la croissance démographique. En somme, l'adoption des principes de l'O.C.D.E constitue une étape essentielle pour améliorer la gouvernance de l'eau et garantir une gestion équilibrée et équitable de cette ressource vitale.

**Bibliographie**

Akhmouch, A et Clavreul, D. (2017). Gouverner les politiques de l'eau. Dans *Responsabilité et environnement*. Institut Mines-Télécom, V.<sup>2</sup> n° 87, P. 110

Aldjia, H. (2020). Le rôle des médias dans la sensibilisation du public envers la protection de l'environnement. Dans *enjeux du numérique et modernisation de l'action publique*, éd. FLSH, p.285, Omnia.

Ammor, S. (2018). *Communication participative et gouvernance : Enjeux et limites d'une relation*. Revue Marocaine de recherche en management et marketing (P. 288-301). N°18, Juillet-Décembre 2018.

Bouchard-Bastien, E et al. (2023). Participation citoyenne. Dans *Environnement et santé publique* (pp 433-450). Éd. Presses de l'EHESP. ISBN 9782810910076. DOI 10.3917/ehesp.goupi.2023.01.04 consulté le 05/02/2024

Brochure de l'OCDE intitulé : Programme Pays-Maroc, phase II : Impact et résultat, publié sur

- Defarges, P, M. (2003). Le monde de la gouvernance. Dans *Gouvernance*. Vendôme Impressions, p.59.
- El Miloudi, I et EL Mendili, S. (2023). *Communication et perception des risques lors des situations d'urgence sanitaire : analyse des facteurs impactant l'efficacité des stratégies de sensibilisation et l'adoption de comportements préventifs*. [thèse de doctorat, Université Mohammed V de Rabat].
- Extrait du discours royal prononcé à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024.
- Extrait du discours royal, prononcé à l'occasion de la fête du trône du 30 juillet 2024
- GIECI désigne le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ou GIEC est un organisme intergouvernemental chargé d'évaluer l'ampleur, les causes et les conséquences du changement climatique en cours. Créé en 1988 sous l'égide de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) à la suite d'une initiative politique internationale.
- IRES (2022), *Quel avenir de l'eau au Maroc*.
- La loi 31-13 relative aux droits d'accès à l'information
- Manuel de communication pour la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc. 2012
- Megard, D. (2017). Spécificités et enjeux de la communication publique. Dans *La communication publique et territoriale*, 2<sup>e</sup> Ed. DUNOD, P.13
- Ministère de l'équipement et de l'eau. (2023). *L'hydraulique en chiffre*.
- OCDE. (2015). Des politiques meilleures pour une vie meilleure. Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. 2015.
- ONU. (2022). *Les Objectifs De Développement Durable*.
- ONU. (2022). Rapport des Nations Unies sur les objectifs de développement durable 2022.
- Rapport de l'OCDE. (2015). Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau. Éd. OCDE P.11
- Richter, B. (2014). *La crise de l'eau : de la pénurie à la gestion durable*. Éd. De Boeck supérieur, P 182.
- Scheunpflug A et McDonnell, I. (2008). Sensibiliser l'opinion publique sur le développement : la communication, l'éducation et l'évaluation en jeu. Dans *Cahier de politique économique de l'OCDE*. N° 35. Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/238132574777>.
- SPIES. V, (2010). Le pouvoir de la télévision, une question de vie ou de mort ?. Dans "*Communication et langage*". Éd. NecPlus. N°166. P. 149.
- Takhdate, K. (2014). Définitions conceptuelles. Dans *La communication pour tous, définitions et théories*. Afrique Orient, P.13
- ZAGANIARIS, J. (2012). Les usages sociaux et intellectuels de la communication. Dans *Ce que communiquer veut dire*. Afrique Orient, P.165

## Annexe

### **Sites officiels des institutions publiques chargées de la gestion de l'eau au Maroc**

Ministère de l'équipement et l'eau : [www.equipement.gov.ma](http://www.equipement.gov.ma)

L'Agence Nationale des Eaux et Forêts : [www.eauxetforets.gov.ma](http://www.eauxetforets.gov.ma)

Office National de l'Électricité et de l'Eau Potable : [www.onep.org.ma](http://www.onep.org.ma)

Office national de conseil agricole: [www.onca.ma](http://www.onca.ma)

Office national de la mise en valeur agricole : [www.omrva.ma](http://www.omrva.ma)

Agence de Bassin Hydraulique du Sebou : [www.abhsebou.ma](http://www.abhsebou.ma)

Agence de Bassin Hydraulique du Tensift : [www.abht.ma](http://www.abht.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Draa Oued Noun : [www.abhdon.ma](http://www.abhdon.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Souss Massa : [www.abhsm.ma](http://www.abhsm.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de l'Oum Er-Rbia : [www.Abhoer.ma](http://www.Abhoer.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Loukous : [www.abgl.ma](http://www.abgl.ma)

Agence de bassin hydraulique de Moulouya : [www.abhm.ma](http://www.abhm.ma)

Agence de Bassin Hydraulique de Guir Ziz Ghriss: [www.abhgZR.ma](http://www.abhgZR.ma)

Agence de Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia : [www.abhbc.com](http://www.abhbc.com)

Agence de Bassin Hydraulique de Sakia El Hamra et Oued Eddahab: [www.abhshod.ma](http://www.abhshod.ma)

LYDEC (Casablanca) : [client.lydec.ma](http://client.lydec.ma)

REDAL (Rabat-Salé-Temara) : [www.redal.ma](http://www.redal.ma)

AMENDIS (Tanger/Tétouan) : [www.amendis.ma](http://www.amendis.ma)

RADEEF (Fès): [www.radeef.ma](http://www.radeef.ma)

Société Régionale Multiservices Souss-Massa: [www.ramsa.ma](http://www.ramsa.ma)

Société Régionale Multiservices (Rabat-Salé-Kénitra): [www.srm-rsk.ma](http://www.srm-rsk.ma)



## الإطار القانوني لحماية التراث الثقافي والعمراني وتوظيفه المستدام في الجزائر

### نهلة بوالبردة

جامعة صالح بوبنيدر، قسنطينة، الجزائر

#### الملخص

التراث الثقافي والعمراني يُعدّ أحد أهم مكونات التراث التاريخي لأي دولة، ويشكل ركناً أساسياً في بناء الهوية الوطنية واستمراريتها. وفي هذا السياق، اعتمدت الجزائر ترسانة قانونية تهدف إلى الحفاظ على هويتها الوطنية من خلال حماية تراثها التاريخي وتوظيفه ضمن إطار التنمية المستدامة. فقد أقرّ المشرع مبدأ حماية التراث بوصفه واجباً وطنياً، إلى جانب التزام الدولة بحماية التراث الثقافي المادي وغير المادي وتثمينه، وذلك عبر جملة من النصوص القانونية التي أنيط تنفيذها بهيئات ومؤسسات متعدّدة، يأتي في مقدمتها القانون 04-98 الذي يحدّد ويصنّف مفهوم التراث الثقافي، وينصّ على إجراءات حمايته. كما يبرز القانون 29-90 المتعلق بالتهيئة والتعمير، الذي يساهم في حماية هذا التراث بصورة غير مباشرة من خلال فرض إدماج اعتبارات التراث في أدوات التخطيط العمراني. وإلى جانب ذلك، صدرت مجموعة من النصوص التنظيمية التي تضع آليات التدخل في الممتلكات الثقافية المصنّفة، وقد تعرّز هذا الإطار بحصول الجزائر على عضوية عدد من الاتفاقيات الدولية في هذا المجال، مثل اتفاقية اليونسكو لحماية التراث الثقافي والطبيعي العالمي (1972)، واتفاقية صون التراث الثقافي غير المادي (2003).

تهدف هذه الورقة البحثية إلى دراسة وتحليل الإطار القانوني لحماية التراث الثقافي والعمراني في الجزائر، باعتباره أداة رئيسة لصون الهوية الوطنية، وإلى فهم آليات توظيفه من أجل تحقيق الاستدامة. وقد تم اعتماد المنهج الوصفي بوصفه الأنسب لوصف واقع التراث الثقافي والعمراني في الجزائر، وتحليل النصوص القانونية الوطنية ذات الصلة بحمايته واستثماره، فضلاً عن استعراض الاتفاقيات الدولية التي صادقت عليها الجزائر لتعزيز هذا الإطار.

انطلاقاً من دراسة الإطار القانوني لحماية التراث الثقافي والعمراني وتوظيفه في الجزائر، نخلص إلى أنّ الدولة الجزائرية قد نجحت إلى حدّ كبير في تكريس حماية تراثها الثقافي بوصفها خطوة أولى نحو تعزيز توظيفه مستداماً، من غير الإخلال بهويته الخاصة وطابعه الأصيل، ولا سيما عندما يقترن ذلك بتعزيز وتطوير الوسائل والإجراءات العملية، وبترسخ الوعي الجماعي بقيمة هذا التراث وأدواره الحضارية والتنموية.

**الكلمات المفتاحية:** الحماية القانونية، التراث الثقافي والعمراني، التثمين المستدام، الجزائر .

## The legal framework for protecting the cultural and urban heritage and its sustainable employment in Algeria

Nehla Boulberdaa

University Salah Boubnider, Constantine, Algeria

### Abstract

The cultural and urban heritage is representing one of the most crucial components of the historical heritage of any given country. And in this context, Algeria has adopted a legal arsenal to preserve its national identity through protecting its historical heritage and employing it in a framework of the sustainable development. Where it has approved the heritage protection as a national duty besides to the commitment of the state to protecting and valuing the material and intangible cultural heritage through stipulating several legal texts that a group of institutions pledge the task of implementing them, the most important of which is the law 98-04 which determines and classifies the concept of cultural heritage and stipulates its protection procedures. As well as the law 90-29 concerning the planning and construction, which it protects in indirect way through imposing the integration of heritage considerations into the urban planning. Besides to a group of regulatory texts which set mechanisms for intervention in the classified cultural properties, and this protection was reinforced by the ratification of Algeria of a set of international agreements in this field such as the UNESCO convention for the protection of the world cultural and natural heritage (1972), and the convention for the safeguarding of the intangible cultural heritage (2003).

This research paper seeks to study and analyse the legal framework for protecting the cultural and urban heritage in Algeria which aims to preserve the national identity, and understand the mechanisms of employing it to realize sustainability. The adopted approach is the descriptive approach as the most suitable one to describe the cultural and urban heritage in Algeria, analyse the national legal texts that are related to its protection and use, and to review the international agreements that are ratified by Algeria to reinforce that.

Based on studying the legal framework for protecting the cultural and urban heritage and employ it in Algeria, we sum up that the Algerian state has largely succeeded in dedicating the protection of its cultural heritage as a first step to reinforce its employing sustainably without compromising its own identity and authentic character. Especially, when that suits the reinforcement and development the practical means and procedures, as well as enhancing the collective awareness of cultural heritage's value.

**Keywords:** Legal protection, cultural and urban heritage, sustainable valuing, Algeria.

### مقدمة

يعد التراث الثقافي والعمراني أحد الركائز الأساسية لهوية الشعوب وذاكرتها الجماعية، إذ يجسد عبر معلمه ومظاهره المختلفة مسارات تاريخية، اجتماعية، وثقافية تعكس تطورات المجتمعات عبر العصور، وتتمتع الجزائر بإرث حضاري غني ومتنوع يمتد من عصور ما قبل التاريخ إلى الحقبة المعاصرة، يمثل هذا التراث عنصرا استراتيجيا في مسار التنمية المستدامة، ليس فقط باعتباره موروث ينبغي حمايته، بل أيضا موردا يمكن توظيفه في السياحة، والتعليم والمجالين الاجتماعي والاقتصادي.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

غير أن التراث يواجه تحديات متزايدة تتمثل في التوسع العمراني، والتغيرات المناخية، وضعف الوعي المجتمعي، فضلا عن بعض أوجه القصور في تفعيل المنظومة القانونية والمؤسسية ذات الصلة، من هنا تبرز أهمية دراسة الإطار القانوني كأداة مركزية لضمان حماية التراث واستدامه واستغلاله.

وتسعى هذه الدراسة إلى تحليل الإطار القانوني الذي يحكم حماية التراث الثقافي والعمراني في الجزائر، من خلال رصد التشريعات الوطنية ذات الصلة، وتقييم مدى فعاليتها، وبيان التحديات التي تعيق تنفيذها، مع التركيز على آليات التوظيف المستدام لهذا التراث بما يحقق التوازن بين صونه وتحقيق التنمية المنشودة.

ومن أجل كل هذا ارتئينا طرح الإشكالية التالية:

**- كيف نظم المشرع الجزائري حماية التراث الثقافي والعمراني وتوظيفه المستدام؟**

تندرج تحت هذه الإشكالية التساؤلات الفرعية الآتية:

**-المقصود بالتراث الثقافي والعمراني؟**

**-ماهي المنظومة القانونية التي اعتمدها المشرع الجزائري لحماية التراث الثقافي والعمراني؟**

**-كيف يكون التوظيف المستدام للتراث الثقافي والعمراني؟**

ولمعالجة هذه الإشكالية اعتمدنا المنهج الوصفي باعتباره الأنسب لوصف التراث الثقافي والعمراني وتحليل مختلف النصوص القانونية الخاصة بحماية هذا التراث، وتحديد آليات توظيفه المستدام.

وفي سياق دراستنا للإطار القانوني لحماية التراث الثقافي والعمراني وتوظيفه المستدام، قد تم تناول الموضوع من خلال عدة دراسات، خاصة وأن الدراسات السابقة تعتبر عنصرا جوهريا في أي بحث، إذ تعين الباحث على تعميق فهمه لموضوعه، وتحليله وتوجيه مساره، وتوفر له المادة العلمية النظرية، وسنستعرض في الآتي أبرز الدراسات التي تقاطعت مع موضوع دراستنا:

**-الدراسة الأولى** للباحثة: نعيمة حكيم، بعنوان: "أساليب وطرق حماية التراث المادي واللامادي"، تركز هذه الدراسة على إبراز الحماية: الإدارية، القانونية، والتقنية للتراث المادي واللامادي، وواجب الأفراد والدولة في الحفاظ عليه، وتستخلص أن التراث بنوعيه يحتاج إلى اهتمام أكثر من ذي قبل بعد حوادث السطو والسرقة التي يتم نشرها في الإعلام كثيرا في الآونة الأخيرة.

**-الدراسة الثانية** للباحثين: محمد الطاهر دريوش، عبد الجليل جباري، مرداسي أحمد رشاد، بعنوان: "توظيف التراث الثقافي لتنمية السياحة الثقافية في الجزائر"، تركز الدراسة على دور التراث الثقافي في الجزائر في تنمية السياحة الثقافية، وتستخلص أن للموروث الثقافي دورا مهما في تنمية السياحة الثقافية، باعتباره أهم أنواع الجذب السياحي.

تعتبر هاتين الدراستين من أهم الدراسات التي تتقاطع مع دراستنا في أحد شقيها من زاويتين مختلفتين، فالدراسة الأولى عالجت حماية التراث الثقافي وهو الشق الأول من دراستنا محاولة إبراز آليات الحماية، أما الدراسة الثانية فتقاطعت مع دراستنا في شقيها الثاني من خلال توظيف التراث لكن من زاوية ضيقة، تناولت التوظيف السياحي فقط. في حين سنحاول من خلال دراستنا إبراز الحماية القانونية بآلياتها الوقائية والردعية، مع تبيان دور التعاون المؤسسي في ذلك، وتوضيح آليات توظيفه المستدام في جميع المجالات، لجعله موردا اقتصاديا واجتماعيا قابل للاستثمار، وبضمن ديمومته عبر الأجيال.

وللإحاطة بمختلف جوانب الموضوع اعتمدنا ثلاث محاور، اعتمدنا في المحور الأول: الإطار المفاهيمي للتراث الثقافي والعمراني، وتناولنا في المحور الثاني: المنظومة القانونية والمؤسسية لحماية التراث الثقافي والعمراني، وخصصنا المحور الثالث: للتوظيف المستدام للتراث الثقافي والعمراني.

**أولا: الإطار المفاهيمي للتراث الثقافي والعمراني**

يعد التراث الثقافي والعمراني مرآة تعكس حضارة الشعوب وتاريخها ومصدر لإلهام أجيالها القادمة، سنتناول في الآتي مفهوم كل من التراث الثقافي، أنواعه بما في ذلك التراث العمراني، أهميته في المحافظة على الهوية الوطنية، الانتماء والربط بين الأجيال.

**1-تعريف التراث الثقافي**

التراث هو المجموع الكلي لما ورثناه من أجدادنا، بل هو جذور الشعوب وهويتها، إذ يعكس طريقة تفكيرها وتاريخها وهو الشاهد على حضارتها وتطورها في مختلف جوانب الحياة، ويمكن تعريف التراث الثقافي على أنه:

"كل ما أنتجه الإنسان بيده أو فكره أو بقايا التي خلفها ويرجع عهدها إلى أكثر من مائة عام، إضافة إلى بقايا السلالات البشرية والحيوانية والنباتية والآثار العقارية والفنون الإبداعية والمقتنيات الشعبية" (مستاوي، 2010-2011، صفحة 15).

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

وحسب ما جاء في هذا التعريف فإن التراث الثقافي يشمل كل ما أبدع البشر في صنعه ماديا كالأدوات والمباني والأسلحة ، أو فكريا كالأساطير والفنون والنصوص ، وكل ما بقي عن هذه الإبداعات لأكثر من مائة سنة كأثر تراثي ، بالإضافة إلى بقايا الكائنات الحية التي تساعد في فهم التاريخ البيولوجي كالهياكل العظمية ، والأبنية القديمة كالقلاع والمعابد والقرى الأثرية التي تمثل الآثار العقارية، وكل ما يعبر عن هوية وثقافة الشعوب كالرسم والنحت والموسيقى والرقص والمسرح، وكذا المصنوعات التي اعتمدتها الأجيال في حياتهم اليومية كالملابس التقليدية، الحلي، و أواني الطهي.

كما يعرف أيضا على أنه: "نتاج الحضارة في جميع ميادين النشاط الإنساني من علم وفكر وأدب وفن ومأثورات شعبية وعمران وتراث فلكلوري واجتماعي واقتصادي" (سالم، 2025، صفحة 574).

ويفهم من هذا التعريف أن التراث الثقافي هو كل ما خلفته الحضارات السابقة من اكتشافات علمية وفلسفات ومعارف طورها الإنسان، وكذا القصص والشعر و الأمثال والحكايات التي تعبر عن تجربة الشعوب ، وكل ما يعبر عن الجمال والإبداع كالرسم ، الموسيقى، النحت والرقص، وكل ما توارثه الإنسان من عادات وتقاليد وأمثال وأغاني، والمباني التاريخية كالمساجد والقلاع والأسواق القديمة، وكل ما يدخل في التراث الشعبي ويعكس حياتهم اليومية ، بالإضافة إلى عاداتهم الاجتماعية كحفلات الزواج والضيافة، وكل ما يشتمل عليه التراث الاقتصادي من طرق الزراعة، الحرف، التجارة ، والصناعات التقليدية.

كما يعرف بأنه: " ما تركه السلف لغيرهم في مختلف مناحي الحياة وفي شتى مجالاتها كالثقافة والتاريخ والأدب والحضارة والفن والنظم والصناعة والزراعة والعمران والتقاليد والعادات والأعراف" (حميدة، 2022، صفحة 376).

يفهم من هذا التعريف أن التراث الثقافي هو كل ما ورنه عن الأجداد يخص حياتهم وتنظيمهم في مختلف المجالات ، كالأفكار و العلوم والقيم ، وكما أبدعوا فيه من شعر قصص، أمثال وموروث لغوي يعبر عن تجربتهم، إنجازاتهم المادية كالعمران والرسم، وكذا القواعد والأنظمة التي حكمتهم، الوسائل والطرق التي استعملوها لتلبية حاجاتهم من مأكّل وملبس وموارد، البنايات والمدن والجسور التي بنوها، وأنماط السلوك التي تعودوا عليها كالمناسبات والضيافة والزواج وغيرها.

في حين عرفه المشرع الجزائري من خلال نص (المادة 02 من القانون 98-04، 1998) بأنه كل الممتلكات الثقافية العقارية والمنقولة، سواء بالتخصيص أو بالاقترناء، الموجودة على أراضي الأملاك الوطنية أو في داخلها، والمملوكة لأشخاص طبيعية أو معنوية خاضعة للقانون الخاص، بما في ذلك ما يوجد منها في الطبقات الجوفية أو المياه الداخلية والإقليمية الوطنية، وتشمل هذه الممتلكات كل ما تم توارثه عن الحضارات المتعاقبة منذ عصور ما قبل التاريخ وحتى يومنا هذا.

كما يعد جزءا من التراث الثقافي للأمة أيضا الممتلكات الثقافية غير المادية الناتجة عن التفاعلات الاجتماعية والإبداعات الفردية والجماعية عبر العصور، والتي لا تزال تعبر عن نفسها وتمارس منذ الأزمنة الغابرة إلى اليوم.

### 2- أهمية التراث الثقافي:

تكمّن أهمية التراث الثقافي في قيمته التاريخية التي تفوق قيمته المادية، إذ يعد عنصرا أساسيا في الحفاظ على التنوع الثقافي في عالم يشهد تحديات متزايدة بفعل العولمة. ويساهم في وعي المجتمعات المحلية بتراثها الثقافي، وإدراكها لأهميته وضرورة صيانتها وإدارته بكفاءة، وفي تعزيز الحوار الحقيقي بين الثقافات، بما يشجع على الاحترام المتبادل وتقدير أساليب حياة الآخرين.

بالإضافة إلى ذلك، يلعب التراث الثقافي دورا فعالا في دعم الاقتصاد، لاسيما الاقتصاد المحلي، من خلال جذب السياح من خارج البلاد، مما يؤدي إلى زيادة معدلات التنمية، وتداول النقد الأجنبي، وتوفير فرص التدريب المهني، الأمر الذي يعزز من النمو الاقتصادي والاجتماعي على حد سواء. (حميدة، 2022، الصفحات 377-378)

ومن هنا يتضح أن الشعوب تولي التراث أهمية كبيرة لما يحمله من أبعاد متعددة ، إذ يعد وسيلة فعالة لنقل الرسائل والقيم التي تجسد طريقة عيش الشعوب في الماضي ، كما يشكل التراث تعبيرا حيا عن هوية المجتمع ، ويعكس في تنوعه الغني الثقافي والحضاري مختلف الشعوب، ولا تقتصر أهميته على الجوانب الثقافية فحسب، بل تمتد لتشمل الجانب الاقتصادي، حيث يساهم في جذب السياح والمهتمين، مما يساعد في تنشيط الاقتصاد المحلي وتعزيز التنمية المستدامة. (نعيمي، 2024، الصفحات 53-54)

### 3-أنواع التراث الثقافي:

حسب التعاريف المتناولة فإن التراث الثقافي يقسم إلى نوعين هما التراث المادي والتراث اللامادي نتناولهما في الآتي:

#### 3 . 1- التراث المادي:

يقصد بالتراث المادي: " كل ما يستطيع الإنسان أن يلمسه من عناصر وأشياء التي تخضع دائما لعامل التغيير المستمر، والتي سعى الإنسان لاكتسابها واختراعها من أجل حاجاته الأساسية". (سعيد، 07 أكتوبر 2024، صفحة 05)

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

يشير هذا التعريف إلى أن التراث المادي يشمل كل شيء ملموس كالمباني والأدوات ، التي لا تبقى ثابتة وتتطور مع مرور الزمن والتقدم العلمي والتكنولوجي، والتي اخترعها الإنسان أو اكتسبها بدافع تلبية حاجياته.

ويقسم التراث الثقافي بدوره إلى قسمين: (سالم، 2025، الصفحات 584-586)

### 3. 1. 1- تراث ثقافي مادي ثابت

يقصد بالتراث الثقافي المادي الثابت الممتلكات الثقافية العقارية المرتبطة بالأرض بشكل دائم، سواء كانت قائمة فوق سطح الأرض ، أو مدفونة في باطنها، أو غارقة في المياه الداخلية أو الإقليمية ، وتمتاز هذه الممتلكات بثباتها في موقع محدد، بحيث لا يمكن نقلها من مكانها دون أن تتعرض للتلف أو تفقد جزء من قيمتها الأصلية ، مما يستوجب الحفاظ عليها وحمايتها في بيئتها الطبيعية، وتمثل في: المعالم التاريخية، المواقع الأثرية، المناطق التاريخية، المناظر الطبيعية والتكوينات المرئية التاريخية أو الثقافية.

### 3. 1. 2- تراث ثقافي مادي منقول

تعد الممتلكات الثقافية غير الثابتة من العناصر المنقولة، إذ أنها غير مرتبطة بالأرض أو بالمباني، ويمكن نقلها من مكان إلى آخر دون أن تتعرض للتلف. وتقسم هذه الممتلكات إلى نوعين رئيسيين: الأول يشمل القطع الأثرية المشغولة والمصنوعات القديمة، أما الثاني فيضم الموروثات الحرفية الأصلية التي تعكس المهارات والتقاليد الثقافية المتوارثة.

### 3. 2- التراث الامادي

يقصد بالتراث غير المادي: " مجموعة المعارف أو التصورات الاجتماعية، أو المهارات أو الكفاءات أو التقنيات المستندة إلى التقاليد في مختلف مجالات التراث الثقافي ، والتي تمثل المرتكزات الأساسية التي تعكس الانتماء بالهوية الثقافية، ويحملها أو يمارسها أفراد أو جماعات داخل المجتمع. (سعيد، 07 أكتوبر 2024)

في حين قسم المشرع الجزائري التراث الثقافي حسب نص المادة 3 من القانون 04-98 سالف الذكر إلى:

-ممتلكات ثقافية عقارية.

- ممتلكات ثقافية منقولة.

-الممتلكات الثقافية غير المادية.

في حين يدخل كل من الممتلكات الثقافية العقارية (الثابتة) والممتلكات الثقافية المنقولة (غير الثابتة) في الممتلكات الثقافية المادية حسب التقسيم المعتمد أعلاه.

ليفصل فيما بعد الممتلكات الثقافية الثابتة في نص (المادة 02 من القانون 04-98، 1998) ويتعلق الأمر ب: المعالم التاريخية، المواقع الأثرية، المجموعات الحضرية والريفية، والتي شرحها لاحقا.

والممتلكات الثقافية غير الثابتة في نص (المادة 50 من القانون 04-98، 1998) ويتعلق الأمر ب: الأشياء العتيقة كالأدوات والمصنوعات الخزفية، الكتابات، العملات، الأختام، الحلي، الألبسة التقليدية، الأسلحة، وبقايا المدافن.

-العناصر الناتجة عن تقسيم المعالم التاريخية.

-المعدات الأثروبولوجي والأثنولوجية.

-الممتلكات الثقافية المرتبطة بالدين وأصل العلوم والتقنيات وتاريخ التطور الاجتماعي، السياسي والاقتصادي.

-الممتلكات ذات الأهمية الفنية : كالرسوم الأصلية والمنجزة باليد، اللوحات الزيتية، الصور الفوتوغرافية، النقش، الفن التمثالي، تحف الفن التطبيقي بالخزف والخشب والزجاج والمعادن، المخطوطات ، المطبوعات والكتب والوثائق والمنشورات ذات الأهمية الخاصة، المسكوكات ، الطوابع البريدية، ووثائق الأرشيف بما في ذلك الأفلام السينمائية والمسجلات السمعية و الوثائق التي تقرأ عن طريق الآلة والصور الفوتوغرافية.

والممتلكات غير المادية من خلال نص (المادة 67 من القانون 04-98، 1998) ويتعلق الأمر ب: الموسيقى العريقة والأغاني الشعبية، الأناشيد والألحان ، المسرح ، الرقص، فن الطبخ، الاحتفالات الدينية، الحكايات ، الحكم، الأمثال، الأساطير، الألغاز ، الأقوال المأثورة، المواعظ، الألعاب التقليدية، التعابير الأدبية الشفوية.

### 4-تعريف التراث العمراني

يقصد بالتراث العمراني العناصر المرتبطة بالأرض، سواء وجدت فوق سطحها، أو في باطنها، أو حتى تحت المياه الداخلية الإقليمية، والثابتة في موقع محدد، بحيث لا يمكن نقلها دون أن تتعرض للتلف أو تفقد قيمتها (مستاوي، 2010-2011، صفحة 29).



#### 4. 1-أنواع التراث العمراني

كما سبق وأشرنا فإن التراث العمراني يتنوع إلى: المعالم التاريخية، المواقع الأثرية، المناطق التاريخية، المناظر الطبيعية والتكوينات المرئية التاريخية أو الثقافية، لكن المشرع الجزائري قسمها من خلا نص (المادة 1/8 من القانون 98-04، 1998) إلى: معالم تاريخية، مواقع أثرية، المجموعات الحضرية أو الريفية.

#### 4. 1. 1- المعالم التاريخية:

تعرف المعالم أو الهياكل التاريخية عادة بالآثار أو النصب أو الأوابد التاريخية، وتشمل هذه الفئة الأعمال المعمارية الظاهرة فوق سطح الأرض، مثل المنازل والمعابد وغيرها. ويمكن اعتبارها أي إنشاء معماري أو هندسي، سواء كان منفردا أو ضمن مجموعة، يعد شاهدا على حضارة معينة، أو يمثل مرحلة تطور مهمة، أو يرتبط بحدث تاريخي بارز، مثل الأهرامات وتاج محل.

ولا تقتصر المعالم التاريخية على المباني وحدها، بل تمتد لتشمل البيئة المبنية والمحيط الطبيعي الذي يعد دليلا ملموسا على حضارة ما أو تطور ذي دلالة تاريخية مهمة. (مستاوي، 2010-2011، صفحة 29)

#### 4. 1. 2-المواقع الأثرية:

يعرف الموقع الأثري على أنه مساحة ، سواء كانت مبنية أو غير مبنية ، لا تؤدي وظيفة نشطة حاليا، لكنها تعد شاهدا على نشاط الإنسان أو على تفاعله مع البيئة الطبيعية، ويشمل ذلك أيضا باطن الأرض المتصل بالمساحة.

وتحتوي المواقع الأثرية على بقايا مادية واضحة لنشاط بشري سابق، خصوصا فيما يتعلق بالاستيطان، مثل بقايا المدن القديمة، والكهوف والمغارات، والقلاع، والأسوار، والمنشآت الدينية والتعليمية، بالإضافة إلى المحميات الأثرية والحظائر الثقافية التي توثق التراث الإنساني والحضاري في مختلف العصور. (سالم، 2025، صفحة 585)

#### 4. 1. 3- المجموعات الحضرية أو الريفية

تعتبر المجموعات الحضرية أو الريفية قطاعات محفوظة تضم مجموعات عقارية متميزة، مثل القصبات، والمدن القديمة، والقصور، والقرى، والمجموعات السكنية التقليدية. وتتميز هذه التجمعات بطابعها السكني الغالب، وبتجانس ووحداتها المعمارية والجمالية، مما يمنحها قيمة تاريخية أو معمارية أو فنية أو تقليدية، وتستدعي هذه الأهمية ضرورة الحفاظ عليها، وترميمها، وإعادة تأهيلها بما يسهم في إبراز قيمتها وتثمينها. (عمران، 2016/2015، صفحة 22)

#### ثانيا: المنظومة القانونية لحماية التراث الثقافي والعمراني في الجزائر

تشمل المنظومة القانونية لحماية التراث الثقافي والعمراني في الجزائر مجموعة القوانين، الآليات والهيئات التي تنظم حماية هذا التراث، وتحدد كيفية إدارته، صيانه واستغلاله بما يحفظ قيمته التاريخية والثقافية.

#### 1- الاطر التشريعية

لقد تم وضع إطار تشريعي مهم بغية حماية التراث الثقافي والعمراني الوطني وصونه من التدهور والانقراض ويتعلق الأمر ب:

##### 1.1-الاتفاقيات الدولية التي صادقت عليها الجزائر:

وتعتبر جزء من المنظومة القانونية أبرزها: (سالم، 2025، صفحة 595)

-اتفاقية حماية الممتلكات الثقافية في حالة النزاع المسلح (لاهاي 1954): هي أول اتفاقية دولية تعنى بحماية الممتلكات الثقافية في حالة النزاع المسلح، بعد الدمار الذي نتج عن الحرب العالمية الأولى والثانية، تهدف إلى منع تدمير التراث الثقافي أثناء الحروب، وتلزم الدول باتخاذ تدابير لحمايته واحترامه حتى في أوقات الصراع، ولها بروتوكولين الأول عام 1954 ، والثاني عام 1999.

-اتفاقية اليونسكو لحماية التراث العالمي (1972): أقرها المؤتمر العام لمنظمة اليونسكو في أكتوبر 1972 بباريس تهدف إلى صون المواقع ذات القيمة العالمية الاستثنائية ، وتلزم الدول الأطراف بحماية هذه المواقع وضمان نقلها للأجيال القادمة من خلال التعاون الدولي والدعم الفني والمالي.

-اتفاقية صون التراث الثقافي غير المادي (2003): تهدف هذه الاتفاقية إلى حماية التراث الثقافي الامادي بما في ذلك المعارف والتقاليد والمهارات التي تنقل شفويا بين الأجيال، وتشجع على توثيق هذا التراث ودعمه لضمان استمراره ضمن الهوية الثقافية للمجتمعات



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### 1. 2 - القانون 04-98 المتعلق بحماية التراث الثقافي :

يعد القانون 04-98 الإطار القانوني الأساس المنظم لحماية التراث الثقافي في الجزائر، حيث حدد مفهوم التراث الثقافي وصنفه إلى ثلاثة أنواع، و حدد شروط تصنيف الممتلكات الثقافية، إجراءات حمايتها وجردها وترميمها، كما نظم تدخل الدولة والمؤسسات المختصة في ذلك. (القانون 04-98، 1998)

### 1. 3. القانون 29-90 المتعلق بالتهيئة والتعمير:

يعنى بتنظيم استعمال الأراضي، ويتضمن بنودا خاصة بحماية المواقع التاريخية والعمرانية أثناء إعداد مخططات التهيئة العمرانية، وكذا إدماج حماية التراث ضمن السياسات الحضرية. (القانون 29-90، 1990)

### 1. 4. - القانون 03-03 المتعلق بمناطق التوسع السياحي والمواقع التاريخية:

يعتبر أداة تشريعية هامة لحماية المواقع التاريخية ومناطق التوسع السياحي في الجزائر، حيث يهدف إلى الحفاظ على التراث الثقافي والطبيعي داخل هذه الفضاءات، ينص على تصنيف هذه المناطق وفق معايير دقيقة ، مع تنظيم الأنشطة فيها لضمان التوازن بين التنمية السياحية والحفاظ على القيمة التاريخية والمعمارية للمواقع. كما يلزم السلطات المعنية بإعداد مخططات حماية وتسيير فعالة تضمن استدامة هذه الموارد التراثية. ( القانون 03-03، 2003)

### 2- الآليات القانونية لحماية التراث الثقافي والعمراني في الجزائر

تعتمد الجزائر في حماية تراثها الثقافي والعمراني على مجموعة من الآليات القانونية والإدارية، تهدف إلى صون هويتها الوطنية واستدامة تراثها للأجيال القادمة.

#### 2. 1.-آلية التسجيل:

تسجيل الممتلكات الثقافية هو إجراء حماية مؤقت يسمح بإعداد قائمة مفصلة للممتلكات الثقافية ذات القيمة، سواء كان الأمر بالنسبة للممتلكات العقارية في قائمة الجرد الإضافي، أو لتسجيل الممتلكات الثقافية المنقولة إذا كانت ذات أهمية من وجهة التاريخ، الفن، علم الآثار، العلم أو الدين، أو التقنيات التي تشكل ثروة ثقافية للأمة، على المستوى الوطني أو المحلي. (زغيب، صفحة 12)

ويؤطر هذه الآلية المواد 8 و 2/10 من القانون 04-98 المتعلق بحماية التراث بالنسبة لتسجيل الممتلكات العقارية والمادة 51 من نفس القانون بالنسبة للممتلكات الثقافية المنقولة. (المواد 8، 2/10، 51 من القانون 04-98، 1998)

#### 2.2 – آلية التصنيف

هو إجراء الحماية النهائية للممتلكات الثقافية ويقصد به: "العمل القانوني الذي تقوم به السلطة المختصة لإضفاء صفة الملك الوطني العمومي الاصطناعي على المنقول أو العقار الذين يشترط فيهما أن يكونا مملوكا للدولة أو لإحدى الجماعات الإقليمية ، وأن يكون مهيا للوظيفة المخصص لها". (زغيب، صفحة 4)

فهو الآلية القانونية التي تهدف إلى إدراج الممتلكات الثقافية المنقولة والعقارية ضمن قائمة التراث الوطني أو المحلي مما يخول لها حماية خاصة قانونيا تمنع تغيير طبيعتها، أو المساس بها دون ترخيص (المواد 16-29، المادة 51 من القانون 04-98، 1998)، كتصنيف قسبة الجزائر.

#### 2. 3 –آلية الترميم والصيانة

تخضع جميع أشغال الحفظ، الترميم، التصليح، الإضافة، التعديل، أو التهيئة التي تجري على المعالم التاريخية المصنفة أو المقترحة للتصنيف، وكذا العقارات الواقعة ضمن المناطق المحمية إلى ترخيص مسبق يصدر عن المصالح المختصة لوزارة الثقافة، للحفاظ على طبيعتها الأصلية، وذلك وفقا لما تنص عليه المادة 1/21 من القانون 04-98 المتعلق بحماية التراث الثقافي.

ولا يجوز تحويل الممتلكات الثقافية المنقولة، سواء المسجلة في قائمة الجرد الإضافي أو المصنفة لغرض الترميم، الإصلاح، تحديد الهوية، التدعيم، أو العرض إلا بناء على ترخيص مسبق من المصالح المختصة في الوزارة المكلفة بالثقافة بالإضافة إلى ترخيص خاص من الوزير المكلف بالثقافة بغرض الحفاظ على طبيعتها الأصلية وذلك طبقا لنص المادة 60 من القانون 04-98 المتعلق بحماية التراث الثقافي. (زغيب، الصفحات 6-14)

## 2. 4- آلية التعاون المؤسسي

تعد آلية التعاون المؤسسي من الركائز الأساسية في حماية وتثمين التراث الثقافي والعمران في الجزائر، حيث تقوم على التنسيق بين مختلف الجهات المعنية ، سواء كانت مؤسسات متخصصة أو سلطات ضبط إداري، ويشمل ذلك الوزارات: وزارة الثقافة وكل المديرات واللجان التابعة لها( مديرية حفظ التراث الثقافي،مديرية الحماية القانونية للممتلكات الثقافية وتثمين التراث الثقافي، مديريات ودور الثقافة، المتاحف، اللجنة الوطنية للممتلكات الثقافية، اللجنة الولائية للممتلكات الثقافية، لجنة اقتناء الممتلكات الثقافية، لجنة نزع الملكية للممتلكات الثقافية، الصندوق الوطني للتراث الثقافي) (المادتين 79-81 من القانون 98-04، 1998)، ووزارات أخرى تساعد في ذلك كوزارة الداخلية والسياحة والتعليم العالي، الهيئات التقنية : كالديوان الوطني لتسيير واستغلال الممتلكات الثقافية المحمية ، والمركز الوطني للبحث في علم الآثار، بالإضافة إلى الجماعات المحلية، الأجهزة الأمنية، الجمارك، المجتمع المدني، حيث يمكن هذا التعاون من توحيد الجهود في مجالات التصنيف، الجرد، الترميم، الرقابة والتثمين. (زغيب، الصفحات 11-13)

## 2. 5- آلية الرقابة والتفتيش

تتمثل في إجراءات قانونية تمارسها الدولة من خلال الجمعيات، ضباط الشرطة القضائية، أعوان الحفظ، مفتشون مختصون في التثمين والمراقبة، وكل رجال الفن المؤهلون بصورة خاصة حسب الشروط المحددة في التنظيم المعمول به، للتفتيش الضروري للحماية ومراقبة تطبيق قوانين حماية التراث. (المادتين 91-92 من القانون 98-04، 1998)

## 2. 6- آلية الردع

ويكون ذلك عن طريق فرض مجموعة من العقوبات على كل من يخرق قوانين حماية التراث الثقافي، أو يقوم بتخريب، تلف، تشويه، أو حتى الإتجار بالممتلكات الثقافية. (المواد 93-104 من القانون 98-04، 1998)

## ثالثا: التوظيف المستدام للتراث الثقافي في الجزائر

التوظيف المستدام للتراث الثقافي هو جعل هذا التراث بنوعيه المادي واللامادي مصدرا يسهم بشكل مستمر ومتوازن في التنمية الاقتصادية، الاجتماعية، الثقافية، للبلاد دون المساس بسلامته وأصالته أو تستنزف موارده، بمعنى أن يكون التعامل مع التراث ليس من منطلق الحفاظ عليه فقط ، بل من منطلق الاستفادة منه في الجانب السياحي والتعليمي ، التنمية المحلية، مع ضمان استدامة الحماية والصيانة والإدارة، سنذكر أهم الآليات التي تستخدم في ذلك في الآتي:

### 1- التنمية الثقافية السياحية المستدامة

ويكون ذلك باستخدام التراث : من مواقع تراثية ومعالم تاريخية كعنصر جذب سياحي، بإعتباره ركيزة أساسية لتثمين السياحة الثقافية، كما يساهم في خلق فرص عمل، لكن دون استنزافه مع ضرورة المحافظة عليه بتوجيه العائدات المالية لصيانة وحماية المعالم. (دربوش ، جباري، و مرداسي ، 2020، الصفحات 195-196)

### 2- التوثيق الرقمي للتراث الثقافي

تعتبر الرقمنة إحدى الركائز الأساسية في إستراتيجيات الحفاظ على التراث الثقافي في العصر الرقمي، حيث تعتبر وسيلة فعالة لحماية من التلاشي أو التلف الناتج عن العوامل الطبيعية (كالزلازل، الحرائق، والرطوبة) أو البشرية (كالإهمال، التخريب والسرقة). ولا يقتصر دور الرقمنة على الحفظ فقط، بل يتعداه إلى إعادة إحياء هذا التراث، من خلال تحويله إلى محتوى رقمي يمكن استثماره معرفيا، سياحيا، واقتصاديا. كما تتيح هذه الآلية إمكانيات واسعة في النشر والوصول، مما يعزز من إشعاع التراث محليا ودوليا، ويرسخ مكانته في الوعي الجماعي، وبالتالي يساهم بشكل مباشر في تحقيق استدامته للأجيال القادمة. (عوعاش و قاضي ، 2024، الصفحات 312-313)

### 3- التوعية والتعليم الثقافي

تعتبر التربية الثقافية والتوعية المجتمعية من أهم الأدوات غير المادية لحماية التراث، حيث تساهم في ترسيخ الوعي بأهمية الموروث الثقافي في أذهان الأفراد، وخصوصا فئة الشباب، كما يبرز أهمية إدماج مواضيع التراث في البرامج التعليمية، وتنظيم أنشطة مدرسية وثقافية توعوية بهدف إشراك الأجيال الجديدة في عملية الحماية والاستدامة. (موسى، 2025، صفحة 849)

## 4-التوعية الجموعية وإشراك السكان

الجزائر، بما تملكه من إرث ثقافي متنوع ، تستدعي مشاركة واسعة من الفاعلين المختلفين لحماية هذا التراث وتثمينه، وظهرت خلال العقود الثلاثة الأخيرة جمعيات محلية ثقافية وسياحية نشطة ، لا تكتفي بدور الشاهد، بل تشارك بفعالية في تطوير المشاريع التي تستجيب لاحتياجات السكان المحليين ، مما يعزز الروابط بين التراث والمجتمعات التي تحيط به. (كزار، صفحة 203)

## خاتمة

يشكل التراث الثقافي والعمراني ركيزة أساسية في تكوين الهوية الوطنية والتاريخية لأي مجتمع، وهو ما يتجلى بوضوح في الجزائر التي تزخر بموروث حضاري غني ومتعدد الأبعاد، يعكس عمقها التاريخي وتنوعها الثقافي. لقد تم في هذه الورقة البحثية التطرق إلى مفهوم التراث الثقافي والعمراني، أنواعه، مع إبراز أهميته كعنصر فاعل في التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

كما تظهر المنظومة القانونية التي تم تناولها تطورا ملحوظا في مجال حماية هذا التراث، عبر آليات قانونية شملت تصنيف، جرد، ترميم، الرقابة على الممتلكات الثقافية، والتعاون المؤسسي، مع اعتماد مقاربات ردية وتنظيمية تهدف إلى الحد من التعدي عليه. غير أن هذه الآليات تبقى بحاجة إلى تفعيل أكبر، وانسجام وتكامل بين مختلف المتدخلين.

من جهة أخرى، أثبتت آليات التوظيف المستدام للتراث أهميتها، سواء على التنمية السياحية ، أو الرقمنة، أو إشراك الجماعات المحلية، أو الترابية، أو التوعية، ما يجعل من التراث موردا اقتصاديا واجتماعيا قابلا للاستثمار، ويضمن ديمومته عبر الأجيال.

وقد استخلصنا من هذه الدراسة أن الحماية القانونية وحدها لا تكفي ، بل ينبغي أن ترفق بتخطيط استراتيجي شامل يعتمد على توظيف مستدام للتراث، يراعي خصوصياته ويشرك فيه جميع الفاعلين، من الدولة إلى المواطن، بما يحقق المعادلة الصعبة بين الحفاظ والاستغلال، وبين الأصالة والتنمية، ومن هذا المنطلق ، تبرز الحاجة إلى مقاربة تشاركية تدمج مختلف الفاعلين، من مؤسسات الدولة إلى الجماعات المحلية والمجتمع المدني والمواطنين، من خلال:

-اعتماد استراتيجية وطنية شاملة للتراث الثقافي، تقوم على رؤية بعيدة المدى تدمج بين الحماية القانونية، والتخطيط العمراني، و التنمية الاقتصادية والاجتماعية، مع تحديد أهداف واضحة ومؤشرات لتقييم الأداء.

-تعزيز التوظيف المستدام للتراث الثقافي من خلال تشجيع السياحة الثقافية المسؤولة، والصناعات الإبداعية، والأنشطة الاقتصادية التي تحترم خصوصيات المواقع التراثية ولا تهدد قيمتها الأصلية.

-إشراك جميع الفاعلين في تدبير التراث عبر اعتماد مقاربة تشاركية، تضم الدولة، والجماعات المحلية ، والمجتمع المدني...بما يضمن تقاسم المسؤوليات والمنافع.

-دعم المجتمع المحلي وتمكينه بإشراكه في اتخاذ القرار والاستفادة المباشرة من عائدات استغلال التراث، مما يعزز شعوره بالإنتماء والمسؤولية اتجاه حمايته.

-تطوير الإطار القانوني والمؤسسي بما يواكب التحولات الاقتصادية والاجتماعية، ويضمن الانسجام بين القوانين المتعلقة بالتراث، والتعمير، والاستثمار، والتنمية المستدامة.

-تعزيز الوعي والتربية على قيمة التراث عبر إدماج الثقافة التراثية في المناهج التعليمية، وتنظيم حملات تحسيسية وإعلامية تبرز أهمية التراث ودوره في التنمية.

-الإستفادة من التكنولوجيا والرقمنة في توثيق التراث وحمايته والتعريف به، بما يساهم في حفظه للأجيال القادمة وتوسيع دائرة الاستفادة منه دون الإضرار به.

## المراجع

- القانون 03-03. (17 فبراير، 2003). المتعلق بمناطق التوسع السياحي والمواقع التاريخية. (11). ج ر.
- م ط دريوش ، ع ج جبباري، وأر مرداسي . (2020). توظيف التراث الثقافي لتنمية السياحة الثقافية في الجزائر. مجلة الحقوق والعلوم السياسية، 7 (1).
- القانون 90-29. (01 ديسمبر، 1990). المتعلق بالتهيئة والتعمير، المعدل والمتمم بالقانون 04-05، المؤرخ في 14 أوت 2004. (51). ج ر.
- القانون 98-04. (15 يونيو، 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44). ج ر.
- المادة 02 من القانون 98-04. (15 يونيو، 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44). ج ر.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

- المادة 02 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998, 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المادة 50 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المادة 67 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المادة 1/8 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. 44 ج ر.
- المادتين 79-81 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المادتين 91-92 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المواد 93-104 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المواد 16-29، المادة 51 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- المواد 8، 10/2، 51 من القانون 04-98. (15 يونيو 1998). المتعلق بحماية التراث الثقافي. (44) ج ر.
- ح حميدة. (2022). التراث الثقافي والسياحة العلاقة والحماية. مجلة دائرة البحوث والدراسات القانونية والسياسية، 06(01)، .
- ح عمران. (2016/2015). آليات الحماية القانونية للتراث الثقافي في الجزائر. مذكرة ماستر، تخصص: قانون عقاري، كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة زيان عاشور. الجلفة.
- ح مستاوي. (2010-2011). الحماية الدولية للممتلكات الثقافية المادية في حالة النزاع المسلح. مذكرة ماجستير في العلوم القانونية، تخصص قانون دولي عام، كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة محمد خيضر. بسكرة.
- ح نعيبي. (2024). أساليب وطرق حماية التراث المادي واللامادي. مجلة دراسات التنمية الاقتصادية، 07(01).
- ز سالم. (2025). الإطار المؤسسي والاتفاقي الدولي لحماية التراث الثقافي. مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 8(1).
- ز سعيود. (07 أكتوبر 2024). التراث الثقافي والاستثمار في الجزائر. مداخلة في الملتقى الوطني: الإستثمار الثقافي في الجزائر بديل استراتيجي لصناعة اقتصاد مستدام. كلية الحقوق، جامعة الجزائر1.
- ع ج عوعاش، و ع ق قاضي. (2024). رقمنة وتثمين التراث الأرشيفي. مجلة العبر للدراسات التاريخية والأثرية في شمال إفريقيا، 07(01).
- م أكرار. (بلا تاريخ). الحفاظ على التراث المحلي وتثمينه من خلال دور الجمعيات الثقافية والسياحية بمنطقة بني ورتلان- الجزائر. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية (عدد خاص 2).
- م موسى. (2025). حماية وإدارة التراث الثقافي- الجزائر أنموذجا. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، 10(35)، .
- ن ه زغيب. (بلا تاريخ). مطبوعة بيداغوجية في مقياس التراث الثقافي، موجهة لطلبة السنة الثانية ماستر قانون البيئة والتنمية المستدامة، المحور السادس: الحماية الإدارية للممتلكات الثقافية.

## الضوابط الشرعية لاستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي (الصيدلي) أنموذجاً

د. جيداء صيام

أستاذ مساعد جامعة أبوظبي بوليتكنيك - قسم العلوم الإنسانية

د. جمانة محمد السلوم

مدرس إكلينيكي وصيدلاني سريري- جامعة الشارقة - قسم الصيدلة و مستشفى الجامعة بالشارقة

### ملخص

يشهد العالم في العصر الحاضر ثورة رقمية متسارعة تُعدّ تطبيقات الذكاء الاصطناعي أحد أبرز تجلياتها، حيث أصبح اعتماد هذه التقنيات في القطاع الطبي . ولا سيما في المجال الصيدلاني . ضرورة ملحة لتحسين مستوى الخدمات الصحية ودقة العمليات الإكلينيكية. فقد أسهم الذكاء الاصطناعي في تطوير أساليب تشخيص الأمراض، وتحسين دقة التحاليل المخبرية، ومتابعة الجرعات الدوائية، واستشراف المخاطر الصحية المحتملة، بالإضافة إلى دوره الفعّال في دعم اتخاذ القرار الصيدلاني وتوفير الوقت والجهد وتقليل نسبة الأخطاء البشرية.

ومع ذلك، فإن هذا التحول التقني يطرح تحديات شرعية وأخلاقية تستوجب الوقوف عندها، إذ إن استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الطبي يلامس مباشرة واحداً من أهم مقاصد الشريعة الإسلامية وهو حفظ النفس، مما يجعل من الضروري ضبط هذه الممارسات بضوابط فقهية واضحة تضمن سلامة المرضى وتحفظ حقوقهم وتحدد المسؤوليات المترتبة على استخدام هذه التقنيات. وتبرز الإشكالات الفقهية في عدد من الجوانب، منها: مدى مشروعية تفويض بعض المهام الطبية للأنظمة الذكية، وحدود الاعتماد على التنبؤات الحسابية، وآليات ضمان سرية المعلومات الطبية، إضافةً إلى تحديد المسؤولية الشرعية عند حدوث خطأ ناتج عن الخوارزميات أو عن طريقة تشغيلها.

وفي ظل هذا الواقع، يسعى هذا البحث إلى وضع إطار فقهي منضبط يحدد الضوابط الشرعية لاستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الممارسات الصيدلانية، وذلك من خلال دراسة القواعد الكلية للشريعة ومقاصدها، خصوصاً قواعد رفع الحرج، وتحقيق المصالح، ودرء المفاسد، وقاعدة اعتبار العرف في المستجدات التقنية. كما يتم تحليل التطبيقات العملية الحالية للذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلاني، مثل المتابعة الدوائية الدقيقة، والتحليلات التنبؤية لتحديد الجرعات المثلى، وأنظمة توصية المضادات الحيوية، لتبين مدى توافقها مع متطلبات الشريعة الإسلامية.

ويخلص البحث إلى ضرورة تبني ضوابط شرعية وأخلاقية تحكم آليات استخدام الذكاء الاصطناعي في العمل الصيدلاني، بما يضمن سلامة الإنسان ويحفظ كرامته، ويحقق الاستفادة من هذه التقنيات الحديثة دون الإخلال بالثوابت الشرعية أو المبادئ الأخلاقية الطبية.

**الكلمات المفتاحية:** ضوابط شرعية - الذكاء الاصطناعي - المتابعة الدوائية - التحليلات التنبؤية - المضادات الحيوية

## The Sharia Guidelines for Using Artificial Intelligence Applications in the Medical Field (The Pharmaceutical Field as a Case Study)

Dr. Jaydaa Seyam

Assistant Professor, AbuDhabi Polytechnic University – Department of Humanities

Dr. Jumana Mohamed Al-Salloum

Clinical Tutor and Clinical Pharmacist – University of Sharjah – Department of Pharmacy Practice and University Hospital of Sharjah

### Abstract

The world is currently witnessing a rapid digital transformation, with artificial intelligence (AI) emerging as one of the most significant technological developments of this era. Its integration into the medical sector—particularly in the pharmaceutical field—has become increasingly essential for enhancing the quality of healthcare services and improving the precision of clinical decision-making. AI technologies now contribute to more accurate disease diagnosis, improved laboratory analysis, optimized medication monitoring, predictive assessment of future health risks, and better dosage adjustment, while also reducing human error and supporting pharmacists in making timely and evidence-based clinical decisions.

Despite these advantages, the use of AI in medical and pharmaceutical practices raises important ethical and jurisprudential challenges. Since these technologies directly impact one of the fundamental objectives of Islamic law—preservation of human life—their application must be governed by clear and well-established Sharia-based principles. Key concerns emerge regarding the legitimacy of delegating certain medical tasks to AI systems, the extent to which predictive computational models may be relied upon, the safeguarding of patient confidentiality, and determining legal and moral accountability in cases of AI-related errors, whether resulting from algorithmic malfunction or human mismanagement.

In light of these considerations, this paper seeks to establish a comprehensive jurisprudential framework for regulating the use of AI applications within pharmaceutical practice. The study examines the higher objectives of Sharia (Maqasid al-Sharia), particularly the principles of removing harm, achieving public benefit, preventing corruption, and recognizing contemporary customs in emerging technological contexts. It also analyzes current AI-based pharmaceutical applications—such as precision drug monitoring, predictive analytics for dosage optimization, and antibiotic stewardship systems—to assess their compatibility with Islamic legal requirements.

The research concludes by emphasizing the necessity of adopting ethical and Sharia-compliant guidelines that govern AI-driven pharmaceutical practices, ensuring patient safety, protecting human dignity, and enabling the utilization of advanced technologies without compromising essential religious principles or ethical medical standards.

**Keywords:** Sharia guidelines – Artificial intelligence – Drug monitoring – Predictive analytics – Antibiotics



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

بسم الله الرحمن الرحيم، والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين، وعلى آله وأصحابه، ومن اهتدى بهديه وسار على نهجه إلى يوم الدين، أما بعد:

### مقدمة البحث

يشهد العالم في العصر الحديث تقدماً تكنولوجياً متسارعاً، أبرز معالمه تنامي الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في مختلف القطاعات الحيوية، ومنها القطاع الطبي والصيديلي، الذي يتصل اتصالاً مباشراً بحياة الإنسان وصحته. وقد أصبحت هذه التطبيقات تلعب دوراً مهماً في تشخيص الأمراض، والتنبيه بالمخاطر الصحية، وتطوير الأدوية الجديدة، وتحسين جودة الرعاية الصيدلانية المقدمة للمرضى، بما يساهم في تحقيق مصلحة الإنسان وحفظ النفس، وهو مقصد شرعي أصيل. غير أنّ هذا التطور التقني يثير العديد من التساؤلات الفقهية والأخلاقية حول مشروعياته وضوابط استخدامه، وحدود الاعتماد على الآلة في القرارات العلاجية، وحقوق المرضى المتعلقة بالخصوصية والمسؤولية. ومن هنا تنبع أهمية هذا البحث في تأصيل ضوابط شرعية تنظم توظيف الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي، بما يحقق المصلحة، ويمنع الضرر، ويواكب المستجدات العلمية الحديثة.

### مشكلة البحث (إشكاليته)

على الرغم من اتساع استخدام الذكاء الاصطناعي في الصيدلة، إلا أنه لا تزال الضوابط الشرعية المنظمة لهذه التطبيقات غير واضحة بشكل كافٍ، خصوصاً فيما يتعلق بـ:

- مدى جواز الاعتماد عليه بديلاً عن الحكم البشري للصيديلي المختص
- حدود التعامل مع بيانات المرضى وخصوصياتهم
- المسؤولية عن الأخطاء الطبية الناتجة عن الأنظمة الذكية
- مدى توافق بعض التطبيقات مع مقاصد الشريعة وقواعدها

### أسئلة البحث

تتفرع عن الإشكالية الأسئلة التالية:

1. ما مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته الرئيسية في المجال الصيدلي؟
2. ما أبرز المخاطر الشرعية والأخلاقية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في الصيدلة؟
3. ما الضوابط الشرعية التي يمكن الاستناد إليها لضمان الاستخدام الآمن والمشروع لهذه التطبيقات؟
4. كيف يمكن تطبيق هذه الضوابط على النماذج الصيدلانية الحديثة مثل:
  - الإرشاد الدوائي عن بُعد
  - التحليلات التنبؤية للأدوية
  - إدارة المضادات الحيوية؟

### أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى:

- تأصيل الاستخدام الشرعي للذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلاني.
- تحليل التحديات الفقهية المعاصرة المرتبطة بتطبيقاته المختلفة.
- اقتراح ضوابط شرعية عملية تنظم الاعتماد عليه في التشخيص وصرف الأدوية والاستشارات الصيدلانية.
- تفعيل مقاصد الشريعة في إطار التقدّم التقني وضمان حفظ النفس ومنع الضرر وتحقيق العدالة الطبية.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### الأدبيات والدراسات ذات الصلة وسياق البحث العلمي

تتناول العديد من الدراسات الحديثة دور الذكاء الاصطناعي في تطوير الطب والصيدلة، مثل: اكتشاف الأدوية، الطب الشخصي، تقليل الأخطاء الدوائية، وتسهيل وصول المرضى للخدمات الصحية، بالإضافة إلى الدراسات الشرعية التي تبحث المستجدات الطبية في ضوء المقاصد والقواعد الفقهية. غير أن كثيرًا من الأدبيات يركز على الجانب التقني أو الطبي فقط، بينما يقلّ التركيز على الجانب الشرعي الموجّه لهذه التطبيقات الجديدة، مما يجعل هذا البحث مساهمة علمية مهمة لسد هذا النقص في الأدب الفقهي والتطبيقي

### خطة البحث:

المبحث التمهيدي: التعريف بالذكاء الاصطناعي ونشأته واستخداماته

المطلب الأول: التعريف بالذكاء الاصطناعي

المطلب الثاني: نشأة الذكاء الاصطناعي

المطلب الثالث: استخدامات الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي

المبحث الأول: الضوابط الشرعية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي

المطلب الأول: ضابط السلامة وعدم الضرر.

المطلب الثاني: ضابط الاعتماد المشروط.

المطلب الثالث: ضابط حفظ الخصوصية وسرية المعلومات

المطلب الرابع: ضابط العدالة وعدم التمييز

المبحث الثاني: أمثلة تطبيقية لحكم استخدامات الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي

المطلب الأول: حكم استخدام المنصات الإلكترونية في الإرشاد الدوائي للمرضى.

المطلب الثاني: حكم توظيف التحليلات التنبؤية القائمة على بيانات المرضى السابقين .

المطلب الثالث: حكم الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في استخدام المضادات الحيوية.

الخاتمة وتتضمن عرض لأهم النتائج .

### منهجية البحث:

يقوم البحث على تأصيل فقهي شرعي للمسائل التقنية الحديثة في المجال الصيدلي من خلال الربط بين النصوص الشرعية، مقاصد الشريعة، الواقع الطبي، والتقنية الرقمية للوصول إلى ضوابط شرعية عملية تضمن السلامة وتحقيق المصلحة ودرء المفسدة.

المبحث التمهيدي: التعريف بالذكاء الاصطناعي ونشأته واستخداماته

المطلب الأول: التعريف بالذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي مركب إضافي مكون من مفردتين

أولاً: الذكاء لغةً: من ذكا يذكو ذكاءً، وهو حدة الفهم، وسرعة الفطنة. (ابن منظور، (472/34).

الذكاء اصطلاحاً: هو المقدرة والمهارة على وضع وإيجاد الحلول للمشكلات باستخدام الرموز وطرق البحث المختلفة، ومعالجة المعرفة على استخدام الخبرة المكتسبة في اشتقاق معلومات جديدة.

### ثانياً: الاصطناعي

أولاً: الاصطناع لغةً: صنع صناعه يصنعه صنعاً، فهو مصنوع، قال تعالى: (واصطنعتك لنفسي) أي ربيتك لخاصة أمري الذي أردته في فرعون وجنوده. (الأزهري، م ، 2001، ص62/2).

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

ثانياً: الاصطناع اصطلاحاً: المبالغة في اصلاح الشيء، والاصطناعي اسم منسوب إلى الاصطناع؛ أي ما كان مصنوعاً غير طبيعي. (السعدي، ع ، 2000، ص54/2).

ثالثاً: الذكاء الاصطناعي: يعد مصطلح الذكاء الاصطناعي مصطلح حديث لم يذكر في كتب المتقدمين، ومع تداوله مؤخراً عرف بتعريفات عدة منها:

العلم المتعلق بصناعة الآلات وتصميم البرمجيات التي تقوم بأنشطة ومهام تتطلب ذكاء إذا قام بها الإنسان. (موسى، ع، 2019، ص20).

أو العلم الذي يهدف إلى صناعة آلات وتطوير حواسيب وبرمجيات تكتسب صفة الذكاء، ويكون لها القدرة على القيام بمهام ما زالت إلى عهد قريب حصرها على الإنسان. (عبد النور، ع، 2005، ص70).

### المطلب الثاني: نشأة الذكاء الاصطناعي

في الثلث الأخير من القرن الماضي- وبالتحديد في عام 1969م ظهرت الحواسيب الالكترونية المتصلة فيما بينها عبر شبكة الاتصالات (الانترنت) التي تعد من أعظم الاكتشافات في مجال الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، والتي أحدثت طفرة عالمية في شتى مناحي الحياة، وتمركزت حولها جميع القطاعات في العالم، وقد عرفت طفرتها باسم (الثورة الصناعية الثالثة) أو الثورة الرقمية، التي تحولت المجتمعات فيها إلى الاعتماد على المعلومات أكثر من اعتمادها على الآلات. (هينواي ، 2016 ).

لكن الحواسيب الإلكترونية التي أحدثت الثورة الثالثة وإن كانت تمتلك القدرة على معالجة الكم الهائل من البيانات والحسابات والعمليات الرياضية بسرعة تفوق قدرة البشر ملايين المرات، لم تزل عاجزة عن القيام بأبسط الأمور التي يقوم بها طفل صغير، كالتخاطب والتواصل مع الآخرين بواسطة اللغات الطبيعية، والتفكير والإدراك، والتعلم الذاتي، واتخاذ القرارات المناسبة، والتعرف على الأشياء المحيطة في البيئة الخارجية. فالحاسوب يتعامل مع الحسابات والأرقام دون تفكير أو إدراك. (عبد النور، 2005).

فركز العلماء أبحاثهم لجعل الحواسيب الإلكترونية والآلات تفكر وتذكر، وتحس وتستشعر، وترى، وتتعلم ذاتياً، وتتخذ قرارات، وتتواصل مع بعضها البعض، وتتخاطب مع البشر بلغاتهم الطبيعية، وتفهم الفعل، وتقوم برد الفعل، وتحاكي في سلوكها الاصطناعي السلوك البشري تماماً، بحيث تقرر كما يقرر البشر، وتتصرف كما يتصرفون، حتى قطعوا في ذلك شوطاً كبيراً، فعملجت اللغات الطبيعية، وأصبح من الطبيعي إجراء حوار بين الإنسان والآلة بأي لغة من اللغات الطبيعية، بدلاً من لغات البرمجة التي لا يفهمها إلا المختصون، وهذا ما يسمى باسم (تفاعل الإنسان مع الآلة)، حتى أصبح الذكاء الاصطناعي اليوم قادراً على تمييز الصور، والوجوه والتمييز بين الأشخاص، والتفرقة بين الأشياء وتمييز الأصوات المسموعة وتحويلها إلى نصوص مكتوبة، وتحويل النصوص المكتوبة إلى نصوص مقروءة، واستطاعت الآلات والأجهزة من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي التمييز بكل سهولة بين ملايين البشر باستخدام بصمات الأعين والأصابع وملامح الوجوه. (غازي، 2005).

ونتيجة لهذه التقنيات المتطورة صممت الروبوتات التي تحاكي في تصرفاتها وسلوكها سلوك البشر وتصرفاتهم، وتقوم بالعديد من الوظائف التي كانت إلى وقت قريب حكراً على الإنسان، حتى زاحمت الروبوتات البشر وحلت محلهم في أداء كثير من الوظائف والمهام في مختلف المجالات. مثال مجال الطب والجراحة وتشخيص الأمراض، ومجال التعليم والصحافة والإذاعة وتأليف الكتب، وأوكلت إليها مهام قيادة الطائرات والسيارات والشاحنات. (خليفة، 2019).

وبإزاء هذه التطورات ظهرت تقنيات أخرى تعد من أهم أدوات الثورة الصناعية الرابعة، وقد أحدثت هذه التقنيات طفرة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، بسبب التقارب والاندماج الحاصل بين جميع هذه التقنيات.

فظهرت تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد التي يمكن أن يتم من خلالها تصنيع أي منتج ثلاثي الأبعاد مجسم وملمس من خلال تصميمه على الحاسوب ثم طباعته أو تصنيعه بالطباعة ثلاثية الأبعاد، بدلاً من التصنيع عن طريق القوالب أو النحت، ليتم استخدامها في مجالات متعددة كاستخدامها في مجال التشخيص الطبي في علم الأجنة؛ لطباعة الجنين في صورة مجسمة من أجل الكشف المبكر عن التشوهات وسلامة الأعضاء، أو طباعة الأجهزة والأعضاء البشرية المريضة، من أجل التشخيص الدقيق للأمراض المعقدة كالسرطان وغيره، أو تصنيع أطراف. صناعية بديلة كالمفاصل والعظام، أو تصنيع أجهزة وخلايا بشرية وأنسجة حية كالجلد، لزرعها في جسم الإنسان بدلاً من الأعضاء والأنسجة التالفة، وهو ما يعرف باسم الطباعة الحيوية. (شواب، 2016) وقد نجح العلماء من خلال تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في طباعة طبقة للخلايا الجذعية البشرية، وطباعة الدعامات الطبية التي تستخدم في العمليات الجراحية. (إبراهيم، 2017).

وتقدمت أيضاً تقنيات النانو تكنولوجي، وتقنيات التكنولوجيا الحيوية، التي أفادت الذكاء الاصطناعي في إنتاج روبوتات ذكية نانوية متناهية الصغر يتم زرعها في الأجسام البشرية لتنتقل في شرايين الجسم لأغراض مختلفة، والإفادة في إنتاج بدائل طبية تحل محل العقاقير والأدوية، وفي تصنيع أعضاء بشرية اصطناعية بديلة يتم زرعها في الجسد عوضاً عن الأعضاء التالفة.

**المطلب الثالث: استخدامات الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي**

لقد تطور استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الصيدلة على مدى سنوات عديدة، وتنوعت تطبيقاته في مجالات متعددة، مثل صناعة الأدوية، والطب الشخصي و هو نهج طبي يخصص الرعاية الصحية للمريض الفرد باستخدام معلوماته الجينية الفريدة وأسلوب حياته وعوامل أخرى للتنبؤ بخطر المرض وتوفير تشخيصات أكثر دقة وتطوير علاجات مستهدفة وشخصية خاصة بكل مريض على حدى (ووجتاس، 2023). والصيدلة السريرية و هي أحد تخصصات العلوم الصحية التي يقدم فيها الصيدلة رعاية مباشرة للمرضى تعمل على إدارة وتحسين العلاج الدوائي وتعزيز الصحة والعافية والوقاية من الأمراض (الكلية الأمريكية للصيدلة السريرية). وبدأ استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الصيدلة على مستوى صناعة الأدوية، وتجلي ذلك في تسريع اكتشاف الأدوية الجديدة التي تتطلب العديد من السنوات لإتمامها، وذلك من خلال استخدام نماذج جزيئية متطورة بتكنولوجيا الفحص الافتراضي. كما ساهم في تحسين عمليات التجارب السريرية، وتعزيز عملية إنتاج الأدوية، وتحسين أنظمة التطوير الجزيئي للدواء لمستويات ضمان الجودة أثناء هذه التجارب (فارول، 2025).

كما أن للذكاء الاصطناعي أثر كبير في مجال الطب الشخصي على أبحاث علم الصيدلانية الجينومية، لا سيما من خلال استخدام تعلم الآلة لتحديد الجينات المرتبطة بالمرض أو التنبؤ بتفاعل الدواء مع الجين (طاهر، 2024). هذا يساهم في تطوير اكتشاف الأدوية، وتوفير حلول شخصية لمعالجة هذه الطفرات الجينية في المختبر، أو في مرحلة البحث قبل تطبيقها على المرضى. أما في مجال الصيدلة السريرية، فيستخدم الذكاء الاصطناعي في التشخيص والعلاج، كما هو واضح في خطط العلاج التي تُصمم للمرضى المصابين بأمراض خطيرة بناءً على البيانات السابقة والخبرة السريرية (كونزي، 2020). كما يُستخدم في إدارة سجلات المرضى، وهي مهمة معقدة تتضمن جمع البيانات، وتخزينها، وتتبعها. وقد ساهم دمج تقنية الذكاء الاصطناعي في هذه السجلات في دعم اتخاذ القرارات، مثل تحذيرات تفاعل الأدوية (رضا، 2022). بالإضافة إلى ذلك، يُعد استخدام تعلم الآلة في التحليل التنبؤي لتحديد ومنع مشاكل الأدوية اتجاهًا مهمًا في عصر البيانات الضخمة. إلى جانب رصد المرضى عن بُعد، والصيدلة عن بُعد، وإدارة استخدام المضادات الحيوية بشكل فعال، وهو محور هذا البحث (لي، 2021).

**المبحث الأول: الضوابط الشرعية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي**

إن استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي باعتباره أداة أو وسيلة مجردة لا يتعلق بذاتها حكم شرعي، ومن سماحة الشريعة الإسلامية أن الأصل في الأشياء الإباحة (الزركشي، 1997). حتى يأتي الدليل بتحريمها، ومن ذلك استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي، فيعتبر جائزاً في أصله، وينظر إلى أحكامه من خلال وسائله المستخدمة، إن كانت مشروعة أو غير مشروعة، ومع اختلاف استخدامات الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي، والقصد الذي يستخدم من أجله الذكاء الاصطناعي، يمكن بيان أبرز الضوابط الشرعية لاستخدام الذكاء الاصطناعي.

**المطلب الأول: ضابط السلامة وعدم الضرر**

يعد حفظ النفس من أعظم مقاصد الشريعة، وقد تقرر في القواعد الفقهية أن (لا ضرر ولا ضرار) (الشاطبي، إ، 1997، ص 446/6). وقد نهى الرسول صلى الله عليه وسلم عن الغش في السلعة والاحتيايل على الناس، وإلحاق الضرر بالآخرين، وعليه فلا يجوز استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي إذا كانت تعرض المريض لضرر محقق، أو غالب الظن وقوعه، سواء عن طريق التشخيص الخاطئ أو قرارات علاجية غير دقيقة، بناءً على القاعدة الفقهية (الضرر يزال) (البورنو، 1996)، هذه القاعدة تفيد وجوب إزالة الضرر ورفع بعد وقوعه.

وينبغي تطبيق اللوائح الصارمة التي تنطبق على صناعة الآلات وتطبيقها على الذكاء الاصطناعي للحصول على نظام آلي خالي من العيوب، ويعمل بشكل سليم وله هدف نبيل، ووضع معايير واحتياطات عند تشغيل الأجهزة الطبية، للوقاية من التهديدات والتأثيرات غير المتوقعة على المريض، والأخذ بالاحتياط مأمور به في الشريعة الإسلامية، متى ما اشتبه الأمر بالمحذور، وغلب على الظن الوقوع فيه، لأن الغرض منه هو الحفاظ والأخذ بأوثق الوجوه، والمريض يحتاط لسلامته وصحته، (مجموعة من العلماء، 1984) بناءً على القاعدة الشرعية : الاحتياط في باب الحرمة واجب. (البورنو، 1996).

**المطلب الثاني: ضابط الاعتماد المشروط**

لا يجوز الاعتماد الكلي على الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات الطبية، ويكون القرار النهائي للطبيب المختص؛ لأن الآلة تفتقر إلى إدراك المقصد والنية، وهي أمور معتبرة في الفقه الإسلامي عند معالجة الإنسان. وبناءً على القاعدة (التصرف على الرعية منوط بالمصلحة) فكل من ولي أمراً من أمور العامة عليه أن يتأكد من وجود المنفعة في ضمنها، لأنه مأمور من قبل الشارع أن يحوّلهم بالنصح، ومتوعد من قبله إن ترك ذلك بأعظم وعيد. (الزحيلي، 2006). ويشمل ذلك تقويم وسائل العلاج، وتحديد المسؤول عنها.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

فإذا باشر الممارس الصحي الماهر بالصنعة ما هو مأذون فيه شرعاً، ولم تجن يده باستخدامه الذكاء الاصطناعي في تشخيص أو علاج المريض، وترتب على ذلك تلف فليس بضامن؛ لأنه فعل مأذون فيه من المريض أو وليه، فكل ما ترتب على الفعل المأذون فيه فهو غير مضمون، وما ترتب على غير ذلك المأذون فيه، فإنه مضمون. ( الجار الله، 1412).

كاعتماد الممارس الصحي على برنامج دعم القرار السريري المدعوم بالذكاء الاصطناعي لوصف الدواء، وأصدر النظام توصية خاطئة كان يمكن ملاحظتها وتجاهلها الممارس الصحي فإنه يضمن ( القوصي، 2018)، أو أن يخطأ أخصائي التخدير أو التصوير الإشعاعي مثلاً يرمج الذكاء الاصطناعي على جرعة تخدير أو إشعاع خاطئة فيضر المريض أو يودي بحياته، مع علمه وخبرته، وهذا النوع من الخطأ لا يترتب عليه تأثيم فاعله، قال تعالى: (وليس عليكم جناح فيما أخطأتم به ولكن ما تعمدت قلوبكم) (الأحزاب: 33). (الشنقيطي، 1994)، عقيل، أ، الضوابط الشرعية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي وآثاره في المجال الصحي. (عقيل، 2024).

### المطلب الثالث: ضابط حفظ الخصوصية وسرية المعلومات

الذكاء الاصطناعي يتطلب تخزين كمية ضخمة من البيانات الصحية للمرضى، مما يفتح الباب أمام انتهاك الخصوصية، وهذا يتعارض مع مبدأ الستر وحرمة الاطلاع على عورات الناس أو معلوماتهم دون إذن، وهو ما نصت عليه الشريعة الإسلامية في قوله تعالى: (ولا تجسسوا) (الحجرات: 12). الأصل في المعلومات الخاصة الحرم؛ فلا يجوز نشر أو تحليل بيانات المريض دون موافقته.

جاء في المادة التاسعة من قانون مزاول مهنة الطب: ( اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة للمحافظة على خصوصية المريض وكرامته دون تمييز أو تفرقة على أساس الجنس أو الأصل، أو الدين، أو اللغة، أو أي أساس آخر) (قانون رقم 70، لسنة 2020) بشأن مزاول مهنة الطب والمهن المساعدة لها وحقوق المرضى والمنشآت الصحية.

وجاء في قرارات منظمة الصحة العالمية، حول الدستور الإسلامي العالمي للأخلاقيات الطبية والصحية، على أن القيم الأخلاقية تقوم على خمسة مبادئ: (أولها أن الإنسان مكرم بغض النظر عن جنسه ولونه ومعتقد، والثاني: أن لكل إنسان حقاً في المحافظة على حياته، والثالث: يجب تطبيق العدل عند تقديم الرعاية الصحية، الرابع: الإحسان من خلال الحرص على ضمان جودة الرعاية الصحية المقدمة، وآخرها أن لا ضرر ولا ضرار وذلك بعدم التعمد بتعريض المريض لأي إجراء تشخيصي أو علاجي فيه تسبب لتعريضه للخطر أو الضرر) (منظمة الصحة العالمية 2025).

### المطلب الرابع: ضابط العدالة وعدم التمييز

قد يقوم الذكاء الاصطناعي باتباع البرمجيات لتحقيق الأهداف بصرف النظر عن الاعتبارات البشرية فهو لا يعبأ بما ينتج عن تنبؤاته بتشخيص حالات المرضى، أو إجراءات العلاج من مشكلات أخلاقية، فالاحتمال يظل وارداً في قيام الذكاء الاصطناعي إلى التمييز العنصري بين المرضى وذلك بحسب ما تم برمجته عليه مما ينتج عنه تحيز الذكاء الاصطناعي في نتائج البحث على أساس الجنس أو العرق أو حالة التأمين كأن يقوم بترتيب أولويات علاج المرضى بحسب الوضع التأميني للمريض، مما قد يترتب عليه حرمان البعض من الرعاية الصحية بسبب وضعه المادي أو الاجتماعي. (حسن، 2021)

فالذكاء الاصطناعي قد لا يحفل بأخلاقيات الطب وما قد يترتب على نتائجه من تحيزات وتمييز عنصري، وبالتالي لا يجوز الاقتصار على الذكاء الاصطناعي في الإجراءات التشخيصية والعلاجية، بل يجب على القائمين بالعمل الإداري أو الأطباء دراسة النتائج المقدمة من الذكاء الاصطناعي، وتحري مدى تطابقها لأحكام الشريعة الإسلامية ومقاصدها، ولميثاق الأخلاقيات الطبية والصحية.

1- قال تعالى: (ومن أحيائها فكأنما أحيانا الناس جميعاً) (المائدة: 32)، أي من حافظ على حياة إنسان فأنقذه مما يهلكه فله أجر على ذلك كما لو قام بإحياء الناس جميعاً (الماتريدي، 2005).

2- فالذكاء الاصطناعي عندما يتحيز بتقديم بعض المرضى على غيرهم بسبب عرقهم أو جنسهم أو غير ذلك فسيؤدي هذا إلى عدم حصول غيرهم على الرعاية الطبية المناسبة وقد يترتب عليها هلاكهم، وهذا يتناقض مع أحكام الشريعة الإسلامية ومقاصدها التي تقوم على حفظ النفس، فمن الواجب على الطبيب التأكد من نتائج الذكاء الاصطناعي سواء المتعلقة بالعمل الإداري، أو التشخيصية، أو العلاجية حفاظاً على حياة الناس.

3- قال تعالى: ( ولقد كرّمنا بني آدم.....) (الإسراء: 70)، أي شرفهم وفضلهم على جميع المخلوقات، فكرامة الإنسان محفوظة يحرم الاعتداء عليها في الشريعة الإسلامية ( جمال، 2019)، ومن حفظ كرامة الإنسان أن لا يشعر بالذل والإهانة لعدم تلقيه العلاج و الرعاية الطبية بناء على خوارزميات الذكاء الاصطناعي التي أدت إلى انتهاكات أخلاقية، بل يجب على الطبيب أن يشرف على الذكاء الاصطناعي ويجهتد في التأكد من سلامة النتائج المقدمة؛ لتقديم أفضل رعاية صحية لمن يحتاجها حفاظاً على كرامة المريض.

4- تحقيقاً لمبدأ العدالة والمساواة الذي تقوم عليه جميع الشرائع السماوية، وذلك بتلقي جميع المرضى الرعاية الصحية المناسبة لهم. (الخيري، 2021).

يجب أن ترمج أظلمة الذكاء الاصطناعي الطبية بما يضمن العدالة بين المرضى، دون تمييز على أساس العرق، الجنس، الدين، أو الحالة المادية. والتمييز في تقديم العلاج يعد ظلماً، وهو محرم شرعاً لقوله تعالى: (إن الله يأمر بالعدل) ( النحل: 90). فالعدل أساس الحكم، وينطبق ذلك على الحكم الطبي أيضاً.



## المبحث الثاني: أمثلة تطبيقية لحكم استخدامات الذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي

إن استخدام الذكاء الاصطناعي باعتباره علماً من العلوم؛ يجوز بشرط أن يخلو من المحظورات الشرعية، إذ يكون من الأمور المباحة، لأن الأصل في الأشياء الإباحة والحل، حتى يأتي دليل على تحريمها، فالعمل بالذكاء الاصطناعي في المجال الصيدلي قد يكون تكليفاً شرعياً من الله؛ لما فيه من منافع للإنسانية، يعتقد الخبراء أنها تفوق المفسدات التي تخشى منه، بشرط بذل أقصى الجهود لمنع هذه المفسدات أو تقليلها إلى الحد الأدنى، وذلك بوضع الضوابط التي تكون شروطاً للحل والجواز، وكل ما فيه مصلحة مباحة فهو مطلوب شرعاً، وكل ما هو مضر فهو منهي عنه، وجميع الأحكام الشرعية تحقق مصالح العباد في الدارين، ومقاصد الشريعة هدفها تحقيق هذه المصالح.

## المطلب الأول: حكم استخدام المنصات الإلكترونية في الإرشاد الدوائي للمرضى.

## أولاً: صورة المسألة

يشكل توفير الرعاية الصيدلانية في المناطق الريفية لدى معظم الدول تحدياً، ومن هنا ظهرت الصيدلة-عن-بعد في أواخر التسعينيات استجابةً لهذا التحدي. وهي خدمة تُتيح الوصول عن بُعد إلى خبرات الصيادلة لردم الفجوة في تقديم الرعاية الصحية في المناطق الريفية (براون، 2019). وأظهر هذا المشروع عند تنفيذه درجات متفاوتة من النجاح، وتم تسجيل معظم القصص الناجحة في كندا وأستراليا، حيث تم دمج برامج الصيدلة-عن-بعد في نظام الرعاية الصحية الوطني لضمان المساواة في الوصول (بندلر، 2021). خلال جائحة كوفيد-19، أصبح تقديم الرعاية الصيدلانية لكل مريض تحدياً، إلا أن التواصل عبر الفيديو وظهور الوصفات الطبية الإلكترونية وتقنيات الأنظمة المدعومة بالذكاء الاصطناعي سُرّعت من نجاح هذه الخدمة. من المهم أن نضع في اعتبارنا أن هذه الخدمة تتطلب ممارسات تنظيمية متسقة لضمان الالتزام بالمعايير الأخلاقية (الملييري، 2023).

تتألف خدمة الصيدلة-عن-بعد (التقليدية) من ثلاثة أمور رئيسية يقوم بها الصيدلي المسؤول، وهي: أولاً إدارة الوصفات الطبية حيث أنها كانت مثلاً واضحاً تم إجراؤه في شبكة صيدليات عن بعد في الولايات المتحدة، وأدى استخدام منصة تعتمد على الذكاء الاصطناعي إلى تحديد تفاعلات دوائية أكثر أهمية بنسبة 15% مقارنة بالعملية اليدوية (ألكسندر، 2017). يليها الاستشارات الدوائية ثم مراقبة الالتزام بالعلاج (أميري، 2020). يقوم الصيدلي بمعالجة الوصفات الطبية يدوياً، ولكن عن بُعد، عبر الوصول إلى الأنظمة الرقمية لملفات المرضى لمراجعة الوصفات والموافقة عليها. بعد المراجعة، يقدم الصيدلي جلسات استشارية شخصية عبر مكالمات الفيديو أو خدمات الدردشة لشرح الاستخدام الصحيح للدواء وأي آثار جانبية محتملة. وأخيراً، توفر الصيدلة-عن-بعد (التقليدية) تنبيهات آلية لإعادة تعبئة الأدوية في مخازن الصيدلية بالإضافة إلى متابعة افتراضية لمدى التزام المريض بالوصفة الدوائية (زانا بوني، 2009). بسبب بعض التحديات في خدمة الصيدلة-عن-بعد (التقليدية)، أصبح استخدام الذكاء الاصطناعي ضرورة للتغلب على مشكلات إمكانية الوصول مثل الحواجز اللغوية التي يوفرها صيدلي محدد يتحدث لغة معينة أو حتى للتغلب على أخطاء الأدوية التي لا تزال تحدث في الصيدلة-عن-بعد (التقليدية) بسبب عدم تكامل السجلات الصحية الإلكترونية مع المنصات الإلكترونية الداعمة للصيدلة-عن-بعد (مباه، 2024). أدى دمج الذكاء الاصطناعي في الصيدلة-عن-بعد إلى إعادة تشكيل الخدمة وتمكين الصيدلي من التركيز بشكل أكبر على المهام الأكثر أهمية بدلاً من المهام الآلية الروتينية (كيسي، 2012). على سبيل المثال، يمكن استخدام نظام المخزون الإلكتروني الذي يعتمد على الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بمتطلبات الأدوية من خلال تحليل البيانات السابقة والأدوية الموسمية وسلوكيات الوصفات الطبية للمرضى في تلك المنطقة المعينة مما يضمن مستويات المخزون المثلى ويقلل من هدر المنتجات أو فرص نقص الأدوية في متجر الصيدلية وقت الأزمات. من الخدمات الجديدة الأخرى التي يوفرها الذكاء الاصطناعي، المساعد الافتراضي المُفعل، وهو أداة فعالة في الصيدلة-عن-بعد (الحديثة)، يدعم المرضى من خلال الاستشارات الافتراضية، مُقدِّماً لهم بعض التعليمات الدوائية قبل مقابلة الصيدلي. يكمن قُصور هذه الخدمة في التعامل مع الحالات الطبية المعقدة التي تتطلب حكماً بشرياً في تلبية احتياجات كل مريض على حدة، خاصةً عند تقديم المشورة للمريض بشأن أدويته المختلفة (ساراسمين، 2024).

## ثانياً: الحكم الشرعي

هذا يدخل في إطار التفاعل بين التطورات التقنية والمسؤولية الأخلاقية والشرعية للمختصين في الرعاية الصحية، وخصوصاً الصيادلة الذين يقدمون التعليم الدوائي، فما الضوابط الشرعية لـ "استيفاء حق المريض في التعليم الدوائي" إذا تم تقديمه عبر المنصات الإلكترونية بدلاً من اللقاءات وجهاً لوجه.

يجوز شرعاً تقديم التعليم الدوائي للمريض عن بُعد (عبر المنصات الإلكترونية) ما دام يؤدي الغرض العلمي والشرعي، بشرط الالتزام بضوابط شرعية تحفظ الحق، والخصوصية، والدقة، وعدم الإضرار بالمريض. (قرار مجمع الفقه الإسلامي الدولي، 2004، ص 347).

ومن الضوابط الشرعية لتقديم التعليم الدوائي إلكترونياً:



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

- 1- تحقيق مقصود التعليم الدوائي  
يجب أن تؤدي الوسيلة (المنصة الإلكترونية) الغرض الكامل من التعليم، كأن يفهم المريض: اسم الدواء، طريقة الاستعمال، التوقيت، الجرعة، التحذيرات، التفاعلات. إن لم تكن الوسيلة كافية لتحقيق هذا، وجب العودة للقاء المباشر (القرافي، 1998)، بناء على قاعدة "الوسائل تأخذ حكم المقاصد، فإن حققت المقصد فهي معتبرة" (مجمع الفقه الإسلامي الدولي، 2004).
- 2- وضوح المعلومة الطبية (الموسوعة الفقهية الكويتية، 1984).  
يجب التأكد أن المريض فهم المعلومة تمامًا، ويفضل توثيق الجلسة (نصًا أو تسجيلًا) لضمان الرجوع إليها عند الحاجة.
- 3- الخصوصية وحماية البيانات (مجمع الفقه الإسلامي الدولي، 2005).  
المنصة المستخدمة يجب أن تضمن سرية بيانات المريض، ولا يجوز عقد جلسات على تطبيقات غير مؤمنة أو قابلة للتسريب، وهذا يدخل في مقاصد الشريعة بحفظ العرض والسر.
- 4- مراعاة الفروق الفردية (الغزالي، 2004)  
بعض المرضى (كبار السن، الأميين تقنيًا، ذوي الإعاقة) قد لا يستطيعون التفاعل مع التعليم الإلكتروني، في هذه الحالات لا يُعفى المختص من أداء واجبه وجهًا لوجه. بناء على قاعدة: "الوسيلة المشروعة لا تُقدّم على الوسيلة الواجبة إذا لم تكف".
- 5- عدم التحايل على النظام (ابن تيمية، 1987)  
لا يجوز استخدام التعليم الإلكتروني كوسيلة شكلية فقط لتقليل الجهد أو تسريع العمل، دون التأكد من استفادة المريض، فالتعليم الصوري لا يُجزئ شرعًا إذا لم يفهم الدواء أو أسيء استخدامه.
- 6- توثيق التعليم  
• يُستحب توثيق التعليم (الموسوعة الفقهية الكويتية، 1984) إلكترونيًا: وقت وتاريخ الجلسة، من الذي قدمها، وسيلة الإرسال، تأكيد استلام وفهم المريض.  
وهناك بعض الحالات التي لا يجوز الاقتصار فيها على المنصة الإلكترونية منها:  
• إذا كان الدواء معقدًا أو عالي الخطورة.  
• إذا كان المريض لا يفهم اللغة/التقنية.  
• إذا احتاج الأمر عرضًا عمليًا (مثل الحقن، أو تركيب جهاز).  
• إذا كانت هناك عوائق سمعية أو بصرية.  
ومن الأدلة على ذلك:
- 1- قرار مجمع الفقه الإسلامي وفتاوى كبار العلماء المعاصرين أجازوا التطبيب عن بُعد، والتعليم الصحي، بشرط تحقيق المقاصد وعدم الضرر ومراعاة الفروق الفردية. (مجمع الفقه الإسلامي الدولي، 1997).
- 2- والقاعدة في ذلك: "ما لا يتم الواجب إلا به فهو واجب".  
وبناءً عليه يجوز شرعًا استخدام المنصات الإلكترونية لتقديم التعليم الدوائي كبديل عن اللقاء المباشر بشرط: أن يُحقق الغرض العلاجي والتعليمي، وألا يُحدث قصيرًا أو ضررًا للمريض، أن تُراعى الخصوصية، وأن يُستخدم مع من يستطيع التفاعل معه بفعالية، وأن لا يُستخدم كوسيلة للتحايل على الوقت أو الجهد.
- المطلب الثاني: حكم توظيف التحليلات التنبؤية القائمة على بيانات المرضى السابقين  
تطورت التحليلات التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في الطب، حيث باتت تتنبأ بخطر الإصابة بالأمراض المزمنة. فهي تستخدم علوم البيانات السريية واختبارات تشخيص الأعراض وعوامل الخطر الأخرى، وتُحللها للكشف المبكر عن العلامات المبكرة للسرطان أو الأمراض المزمنة أو الفشل الكلوي أو حتى العدوى (روزينبلوم، 2020).
- أولاً: صورة المسألة  
يستخدم نموذج الذكاء الاصطناعي بيانات ضخمة من مرضى خضعوا للفحص سابقًا، ويُحللها ليقارنها بمن لديهم عوامل خطر مشتركة، وذلك للتنبؤ بحدوث قادم لدى مرضى مختلفين يُظهرون عوامل سلوكية متشابهة. ومن الاستخدامات المهمة للذكاء الاصطناعي في التحليلات التنبؤية استخدام نماذج التعلم الآلي للتنبؤ بتلك الاستفسارات ذات الصلة (تشو، 2024). إن العملية التقليدية لمراجعة وصفات الأدوية للأطباء مثل عدد الجرعات اليومية، أو مكونات الدواء الصحيح يتم إجراؤها عادةً يدويًا بواسطة

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الصيديلي من أجل تحديد أي مشكلة متعلقة بالدواء في الوصفة الطبية المقدمة (وينغارت، 2009). دور التعلم الآلي هنا هو التحليل البحث للوصفات الطبية المقدمة سابقاً لمرضى مختلفين، وتحديد المشكلات الأكثر شيوعاً المتعلقة بالأدوية في تلك الوصفات الطبية وإجراء نموذج تنبؤي لتطبيقه على الوصفات الطبية الجديدة المقدمة (سيغال، 2019). يتيح هذا فحصاً آلياً وسريعاً للوصفات الطبية بواسطة أداة الذكاء الاصطناعي للكشف عن المشاكل، وتحديد أكثرها أهمية، واتخاذ الإجراءات اللازمة بشأن أخطرها. وقد ثبت أن هذه النماذج تقلل من الأخطاء البشرية، وتُسهّل سير عمل الصيدلي، وتتنبأ بالأخطاء الشائعة بسرعة. ومع ذلك، هناك قلق بشأن دقة كل عملية تحقق من خلال نموذج الذكاء الاصطناعي، والتي عادةً ما يتم مراجعة الخطوة الأخيرة من خلال عملية التأكيد اليدوية التي يقوم بها الصيدلي (لياس، 2021). هناك قلق آخر بشأن استخدام أدوات الإنتاج المدعومة بالذكاء الاصطناعي وهو التباين في الدراسات التي تتمحور حول اختبار مدى فعالية هذه الأدوات في عدة أماكن وليس الحصر في مكان واحد (جونسون، 2023).

## ثانياً: الحكم الشرعي

يُعد تحليل بيانات المرضى من الأدوات الفعالة في الكشف المبكر عن التفاعلات الدوائية الضارة وتحسين جودة الرعاية الصيدلانية. وتطرح هذه الممارسة تساؤلات شرعية حول مدى جواز استخدام بيانات تخص مرضى آخرين لأغراض بحثية أو تطويرية. أما من حيث الحكم الشرعي، فالأمر يُنظر فيه من خلال ضوابط الشريعة الإسلامية التي تحكم التعامل مع المعلومات الطبية وحقوق المرضى.

وفيما يلي بيان للحكم الشرعي بالتفصيل:

الأصل في الاستخدام الإباحة، بل قد يكون مستحباً أو حتى واجباً إذا ترتب عليه حفظ النفس أو منع الضرر، ما دام يُستخدم في أغراض علمية أو طبية مشروعة.

ومن الضوابط الشرعية لهذا الاستخدام:

1- **الحفاظ على خصوصية المرضى بناءً على القاعدة الفقهية:** (الأصل في الأسرار الكتمان)، وخصوصاً فيما يتعلق بالمرضى؛ فلا يجوز استخدام البيانات بشكل يُفضي إلى كشف هوية المريض، ويجب إزالة أي معلومات تعريفية (مثل الاسم، رقم الهوية، العنوان، إلخ). وهو ما يسمى بـ "تجريد البيانات" (Data anonymization) "في الفقه المعاصر".

- إذا كانت البيانات غير مجهلة (أي يمكن الربط بينها وبين هوية المريض)، فيُشترط الحصول على إذن مسبق من المريض، هذا يدخل في باب التراخي والوكالة في التصرف في المعلومات الشخصية.

2- **أن يكون الهدف مشروعاً:** مثل البحث العلمي، أو تطوير نظم الإنذار المبكر للتفاعلات الدوائية، وتحسين الرعاية الطبية

3- **ألا يُفضي إلى ضرر:** كأن تُستخدم البيانات بطرق تمييزية، أو يتم تسريبها، أو تُستخدم ضد المريض نفسه في المستقبل (مثل شركات التأمين).

**الأدلة على ذلك:**

1- **قوله ﷺ:** "المسلم على المسلم حرام: دمه وماله وعرضه." (رواه مسلم) – يُستأنس به في حرمة إفشاء خصوصيات المريض.

2- **مجمع الفقه الإسلامي الدولي** (قرار رقم 16/4/150)

"يجوز استخدام المعلومات الطبية الشخصية في البحث العلمي بشرط إزالة الهوية والمحافظة على الخصوصية".

3- **اللجنة الدائمة للبحوث العلمية والإفتاء – السعودية:**

"الاستفادة من بيانات المرضى في تحسين الخدمات الطبية مشروعة، ما لم تكن وسيلة لإلحاق الضرر بالمرضى أو التشهير به"، فاستخدام بيانات مرضى آخرين لأغراض تنبؤية دوائية جائز شرعاً بشرط توفر الخصوصية، وإزالة الهوية، وتحقيق المنفعة العامة الطبية، ومنع الضرر. ويُعد ذلك من التطبيقات التي تحقق مقصود حفظ النفس في الشريعة الإسلامية.

مثل: تطوير نظم الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالتفاعلات الضارة. أو دعم اتخاذ القرار الصيدلاني. أو دراسات تحسين سلامة الدواء.

## المطلب الثالث: حكم الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في استخدام المضادات الحيوية

إحدى الخطوات الرئيسية في إدارة مضادات الميكروبات تتم بواسطة صيدلي سريري متخصص بمجال الأمراض المعدية يقوم بالاختيار الأمثل للمضاد الحيوي الأولي الذي يُعطى بناءً على الأعراض الصحية للعدوى، ومراجعته بشكل دوري لتحسين جرعة الدواء المختار، ومدته، وضمان اختيار المضاد ذو النطاق المضيق في العلاج عند توفر نتائج الزراعة البكتيرية (هراندي، 2025).

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

## أولاً: صورة المسألة

يتم دمج الذكاء الاصطناعي في استراتيجيات إدارة المضادات الحيوية حتى يساعد الأطباء على تحسين العلاج للمرضى. ومن الأمثلة على ذلك تخفيف استخدام المضادات الحيوية ذات النطاق الواسع مع الحفاظ على ملائمة التغطية الأولية للمضادات الحيوية (كونيغ، 2019).

تستخدم هذه الاستراتيجية بيانات متعلقة بالمرضى السابقين مثل العمر والجنس، طريقة الدخول سواء كانت من جناح المستشفى أو وحدة العناية المركزة أو من الخارج، نتائج حساسية الميكروبات في الزراعة والتعرض السابق للمضادات الحيوية، لتحليلها بطريقة تتنبأ بخطر المقاومة البكتيرية والحاجة إلى تغيير المضاد الحيوي لنطاق أضيق لأي مريض بدأ في تناول مضاد حيوي أولي، والمساعدة في اتخاذ قرار اختيار العلاج الأمثل (إليغسن، 2021). من الاستخدامات الأخرى لخوارزميات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال تقييم دقة تحديد استخدام المضادات الحيوية في المستشفيات لمختلف المرضى، وهو أمر بالغ الأهمية لتقييم متغيرات عوامل المريض المختلفة التعقيد، لتحديد الحاجة إلى الاستمرار في استخدام الدواء، أو زيادة جرعته أو تقليلها، أو حتى إيقافه. يُدمج هذا النظام حصرياً في نظام المستشفى من خلال إرسال رسائل فورية للصيدلة السريريين بعد تحليل حاجة كل مريض يومياً، بدلاً من القيام بذلك يدوياً من قبل الصيدلي. (موهرنغ، 2021).

## ثانياً: الحكم الشرعي

استخدام الذكاء الاصطناعي لتخصيص العلاج بالمضادات الحيوية حسب جينات المريض، وهذا يدخل ضمن الطب الشخصي (Personalized Medicine) الذي يسعى إلى تقديم علاج يتناسب مع التركيب الجيني للمريض لتقليل المضاعفات وزيادة الفعالية. فالأصل في استخدام الذكاء الاصطناعي لأغراض طبية نافعة هو الإباحة، (مجمع الفقه الإسلامي الدولي، 2025) بل قد يكون مستحباً أو واجباً إذا أدى إلى:

- إنقاذ النفس.
- تقليل الأخطاء الطبية.
- تقديم علاج دقيق وآمن.

ومن الضوابط الشرعية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم علاج جيني بالمضادات الحيوية

- 1- أن يكون الهدف مشروعاً، كأن يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين التشخيص والعلاج، لا لأغراض تجارية فقط أو تجريبية على المرضى دون إذن، بناء على القاعدة: (المقاصد تُعتبر في الأفعال) (الشاطبي، ط، 1997).
- 2- موافقة المريض (الإذن الواعي) (قرار العلاج الطبي، 1992)، وذلك بإبلاغ المريض بوضوح بأن العلاج مُصمم بناءً على الذكاء الاصطناعي وتحليل جيني، ويُشترط موافقته على هذا الإجراء (خصوصاً تحليل الجينات)؛ لأنه يدخل في خصوصياته الجسدية، والقاعدة: "لا يجوز التصرف في بدن الإنسان إلا بإذنه".
- 3- حماية خصوصية المعلومات الجينية: فالمعلومات الجينية حساسة جداً، ويجب حمايتها من التسريب أو سوء الاستخدام، ويُمنع شرعاً استخدامها لتحديد الأنساب، أو أي تمييز عنصري، أو أغراض تجارية بحتة. (مجمع الفقه الإسلامي الدولي، 2013).
- 4- سلامة التقنية من الأضرار الجسيمة (مجمع الفقه الإسلامي، 1992): يجب أن تكون التقنية مدروسة علمياً وخاضعة للرقابة، فلا يجوز استخدامها بشكل تجريبي على البشر قبل التأكد من أمانها، لأن ذلك يدخل في باب الضرر والتجريب غير المشروع.
- 5- المسؤولية في حال الخطأ (الموسوعة الفقهية الكويتية 1984)، المسؤولية لا تُسند إلى الذكاء الاصطناعي نفسه، بل تقع على الفريق الطبي أو الجهة المطوّرة للبرنامج، أو الجهة التي وقّرت البيانات الجينية.
- 6- عدم مخالفة مقاصد الشريعة، مثل:

- التلاعب بالجينات الوراثية لأغراض تجارية.
- استخدام التقنية لتبرير الإجهاض غير المشروع.
- انتهاك حرمة الجسد أو إفشاء سره.

ويستأنس بما جاء في قرار مجمع الفقه الإسلامي الدولي: جواز استخدام الذكاء الاصطناعي والتقنية الجينية في الطب ما دام ذلك يخدم حفظ النفس ويُراعى فيه إذن المريض والخصوصية (مجمع الفقه الإسلامي الدولي 2013) كما أكدت اللجنة الشرعية على مشروعية تحليل الجينات لتحديد العلاج إذا كان في إطار طبي مشروع، وتحت إشراف مختصين، وبعلم ورضا المريض.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### الخاتمة

يُعدّ الذكاء الاصطناعي من أبرز التقنيات الحديثة التي أحدثت تحولاً عميقاً في المجال الصيدلي، سواءً في تطوير الأدوية أو تحسين جودة الرعاية الصحية المقدمة للمرضى. وقد أظهر البحث أنّ هذا التطور العلمي لا بد أن يُواكب بضوابط شرعية واضحة تنظم استخدامه، بما يحفظ مصالح المرضى وحقوقهم، ويحقق مقاصد الشريعة في حفظ النفس ودرء الفساد. وقد تبين أنّ الذكاء الاصطناعي وإن كان يُسهم في دقة التشخيص وتجنّب الأخطاء وتقليل الوقت والتكاليف، إلا أنّه يثير إشكالات شرعية متعلقة بسلامة المريض، واعتماد القرار الطبي على الأنظمة الذكية، والخصوصية، والعدالة، وتحمل المسؤولية عند وقوع الضرر. وتتضمن أهم النتائج والتوصيات:

#### أولاً: النتائج

- 1- يُعدّ الذكاء الاصطناعي تقنية فاعلة في تعزيز سلامة استخدام الأدوية، وتقليل الأخطاء الدوائية، وتسريع الاكتشاف الدوائي.
- 2- المجال الصيدلي من أكثر القطاعات حساسية لكونه مرتبطاً مباشرة بحياة الإنسان، مما يتطلب إطاراً فقهيّاً صارماً يُنظم ممارساته.
- 3- هناك أربعة ضوابط شرعية رئيسة ينبغي الالتزام بها في استخدام الذكاء الاصطناعي في الصيدلة: السلامة ومنع الضرر، والاعتماد المشروط على الذكاء الاصطناعي دون إلغاء دور الصيدلي، وحفظ الخصوصية وسرية بيانات المرضى، ومراعاة العدالة في تقديم الخدمة دون تمييز.
- 4- لا يمكن للأنظمة الذكية أن تُدرك المقاصد والنيات الإنسانية، مما يجعل قرار الصيدلي نهائياً ومقدّماً على توصيات النظام.
- 5- يُعد تحليل بيانات المرضى من الأدوات الفعالة في الكشف المبكر عن التفاعلات الدوائية الضارة وتحسين جودة الرعاية الصيدلية، ويجوز استخدامها بمراعاة الحفاظ على خصوصية المرضى، وأن يكون الهدف مشروعاً، وألا يُفرضي إلى ضرر: كأن تُستخدم البيانات بطرق تمييزية، أو يتم تسريبها، أو تُستخدم ضد المريض نفسه في المستقبل.
- 6- الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في استخدام المضادات الحيوية ومن الضوابط الشرعية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم علاج جيني بالمضادات الحيوية مثل حماية خصوصية المعلومات الجينية، وسلامة التقنية من الأضرار الجسيمة، وعدم مخالفة مقاصد الشريعة.

#### ثانياً: التوصيات

استناداً إلى النتائج، يوصي البحث بما يلي:

1. وضع تشريعات شرعية-قانونية موحدة تنظم توظيف الذكاء الاصطناعي في الصيدلة، خاصة في الدول العربية والإسلامية.
2. إلزام المؤسسات الصحية بالحوكمة الأخلاقية المتعلقة بخصوصية المرضى ومنع إساءة استخدام البيانات.
3. عدم الاكتفاء بالاعتماد على الأنظمة الذكية، مع ضرورة بقاء الصيدلي مسؤولاً أساسياً عن القرار الدوائي.
4. تدريب الصيادلة وطلبة التخصص على مهارات التعامل مع الذكاء الاصطناعي ودمجه بشكل آمن في الممارسة المهنية.
5. تشجيع البحوث التطبيقية المشتركة بين المتخصصين في الفقه والطب والصيدلة وتقنية المعلومات لتطوير ضوابط أكثر دقة.
6. إنشاء هيئات رقابية صحية تقنية لمتابعة أداء أنظمة الذكاء الاصطناعي وتقييم دقتها وتقليل الأخطاء.

### قائمة المصادر والمراجع

#### أولاً: قائمة المصادر العربية

- إبراهيم، ح. (2017). التداعيات الأمنية للتحولات التكنولوجية السريعة في العالم. مجلة اتجاهات الأحداث - مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمة، (24)، 13.
- البورنو، م. (1996) الوجيز في إيضاح قواعد الفقه الكلية، (5)، 238-258.
- الجار الله، ع. (1412) الهدى النبوي في الطب. مكتبة الرشد، (115).
- الخليفة، إ. (2019). مجتمع ما بعد المعلومات، دار العربي للنشر، (9-10).
- الشاطبي، إ. (1997). الموافقات. دار ابن عفان (1/ 251).
- الشنقيطي، م. (1994) أحكام الجراحة الطبية والآثار المترتبة عليها، مكتبة الصحابة. (481/1)

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

- الزحيلي، م. (2006) القواعد الفقهية وتطبيقاتها في المذاهب الأربعة، (493/1) الزركشي، (1402) المنشور في القواعد الفقهية، مؤسسة الفليج (75/1).
- السعدي، ع. (2000). تيسير الكريم الرحمن في تفسير كلام المنان (ط 1). مؤسسة الرسالة.
- العلمي، (2017) الإبداع والابتكار في سياق اقتصاد المعرفة، السجل العلمي لمنتدى أسبار الدولي، (78-74) الغزالي، (1993). المستصفى من علم الأصول (ط 1). دار الكتب العلمية.
- القوصي، ه. (2018). إشكالية الشخص المسؤول عن تشغيل الروبوت. مجلة جيل الأبحاث القانونية المعمقة، (43)، (23-22). مجموعة من العلماء، (1984)، الموسوعة الفقهية الكويتية ووزارة الأوقاف الكويتية. (261/12).
- هيثواي، ل. (2016). إتقان الثورة الصناعية الرابعة. مجلة فكر – مركز العبيكان للأبحاث والنشر، (14)، 113–112. شواب، ك. (2016). الثورة الصناعية الرابعة، المنتدى الاقتصادي العالمي. (20–26).
- عقيل، أ. (2024). الضوابط الشرعية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي وأثاره في المجال الصحي. مجلة جامعة الشارقة للعلوم الشرعية والدراسات الإسلامية، ع(4)، م(21)، (250).
- غازي، ع. (2005). الذكاء الاصطناعي: هل هو تكنولوجيا رمزية؟ مجلة فكر للعلوم الإنسانية والاجتماعية، (6)، (71). قانون رقم 70 لسنة 2020 بشأن مزاولة مهنة الطب والمهن المساعدة وحقوق المرضى والمنشآت الصحية.
- مجمع الفقه الإسلامي الدولي. (قرار التجارب الطبية على البشر (1992) (رقم 67، 123–126)، (قرار حول استخدام المعلومات الطبية (2004) (رقم 150/ص4-16)، (قرار الوراثة والهندسة الوراثية والجينوم البشري (2013) (رقم 21/9 /203).
- مسلم، ح. (2003). صحيح مسلم (كتاب الإيمان، حديث رقم 102، ط 2). دار إحياء التراث العربي.
- منظمة الصحة العالمية – المكتب الإقليمي لشرق المتوسط. (2025). الدستور الإسلامي العالمي للأخلاقيات الطبية والصحية، دورة 52، (1).
- موسى، أ. ح. (2019). الذكاء الاصطناعي: ثورة في تقنيات العصر. ط1، المجموعة العربية للنشر. (20).
- ابن منظور، لسان العرب، دار إحياء التراث العربي. (472 /34).
- الماتريدي، م. ب. م. (2005). تأويلات أهل السنة (تحقيق: مجدي باسلوم؛ الطبعة الأولى). دار الكتب العلمية
- الخير، طلال بن عقيل بن عطاس. (2021، ديسمبر). الأسس الإسلامية لأخلاقيات الذكاء الاصطناعي: دراسة تحليلية. مجلة جامعة تبوك للعلوم الإنسانية والاجتماعية، 1(4)، 210–185.
- القرافي، م، الفروق، (33 /2)، ط. دار الكتب العلمية، الطبعة الأولى، 1998م

### ثانياً: قائمة المصادر الأجنبية

- Stefanicka-Wojtas, D., & Kurpas, D. (2023). Personalised medicine—Implementation to the healthcare system in Europe (Focus group discussions). Journal of Personalized Medicine, 13(3), Article 380. <https://doi.org/10.3390/jpm13030380>
- American College of Clinical Pharmacy. (n.d.). Clinical pharmacy defined. ACCP.
- Varol, D. (2025). AI in pharma: Innovations and challenges. Scilife.
- Taherdoost, H., & Ghofrani, A. (2024). AI's role in revolutionizing personalized medicine by reshaping pharmacogenomics and drug therapy. Intelligent Pharmacy, 2(5), 643–650.
- Kuenzi, B. M., Park, J., Fong, S. H., et al. (2020). Predicting drug response and synergy using a deep learning model of human cancer cells. Cancer Cell, 38(5), 672–684.e6.
- Raza, M. A., Aziz, S., Noreen, M., et al. (2022). Artificial intelligence (AI) in pharmacy: An overview of innovations. Innovations in Pharmacy, 13(2), 13.
- Lee, S., & Kim, H. S. (2021). Prospect of artificial intelligence based on electronic medical record. Journal of Lipid and Atherosclerosis, 10(3), 282–290.
- Brown, W., Scott, D., Friesner, D., & Schmitz, T. (2017). Impact of telepharmacy services as a way to increase access to asthma care. Journal of Asthma, 54(9), 961–967.
- Bindler, R. J. (2020). The impact of telepharmacy services on the identification of medication discrepancies, high-alert medications, and cost avoidance at rural healthcare institutions. Journal of the International Society for Telemedicine and eHealth, 8, Article e9.



- Almilaibary, A. (2023). Using telemedicine in Saudi Arabia's healthcare system during COVID-19 pandemic. *Jordan Journal of Applied Science - Natural Science Series*, 17(1), 5–9. <https://doi.org/10.35192/jjoas-n.v17i1.1806>
- Alexander, E., Butler, C. D., Darr, A., et al. (2017). ASHP statement on telepharmacy. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 74(9), e236–e241.
- Ameri, A., Salmanizadeh, F., Keshvardoust, S., & Bahaadinbeigy, K. (2020). Investigating pharmacists' views on telepharmacy: Prioritizing key relationships, barriers, and benefits. *Journal of Pharmacy Technology*, 36(5), 171–178.
- Zanaboni, P., Scalvini, S., Bernocchi, P., Borghi, G., Tridico, C., & Masella, C. (2009). Teleconsultation service to improve healthcare in rural areas: Acceptance, organizational impact and appropriateness. *BMC Health Services Research*, 9(1), 238.
- Mbah, G. O. (2024). Smart contracts, artificial intelligence and intellectual property: Transforming licensing agreements in the tech industry. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(12), 317–332.
- Casey, M. M., Sorensen, T. D., Elias, W., Knudson, A., & Gregg, W. (2010). Current practices and state regulations regarding telepharmacy in rural hospitals. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 67(13), 1085–1092.
- Sarasmita, M. A., Sudarma, I. W., Jaya, M. K. A., Irham, L. M., & Susanty, S. (2024). Telepharmacy implementation to support pharmaceutical care services during the COVID-19 pandemic: A scoping review. *Canadian Journal of Hospital Pharmacy*, 77(1).
- Rozenblum, R., Rodriguez-Monguio, R., Volk, L. A., et al. (2020). Using a machine learning system to identify and prevent medication prescribing errors: A clinical and cost analysis evaluation. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 46(1), 3–10.
- Cho, J., Ra Lee, A., Koo, D., et al. (2024). Development of machine-learning models using pharmacy inquiry database for predicting dose-related inquiries in a tertiary teaching hospital. *International Journal of Medical Informatics*, 185, 105398.
- Weingart, S. N., Simchowitz, B., Padolsky, H., et al. (2009). An empirical model to estimate the potential impact of medication safety alerts on patient safety, health care utilization, and cost in ambulatory care. *Archives of Internal Medicine*, 169(16), 1465–1473.
- Segal, G., Segev, A., Brom, A., Lifshitz, Y., Wasserstrum, Y., & Zimlichman, E. (2019). Reducing drug prescription errors and adverse drug events using a probabilistic, machine-learning based clinical decision support system in an inpatient setting. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 26(12), 1560–1565.
- Lias, N., Lindholm, T., Pohjanoksa-Mäntylä, M., Westerholm, A., & Airaksinen, M. (2021). Developing and piloting a self-assessment tool for medication review competence of practicing pharmacists based on nationally set competence criteria. *BMC Health Services Research*, 21(1), 1274.
- Johnson, M., Patel, M., Phipps, A., van der Schaar, M., Boulton, D., & Gibbs, M. (2023). The potential and pitfalls of artificial intelligence in clinical pharmacology. *CPT: Pharmacometrics & Systems Pharmacology*, 12(3), 279–284.
- Cassini, A., Högberg, L. D., Plachouras, D., et al. (2019). Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: A population-level modelling analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, 19(1), 56–66.
- MacDougall, C., & Polk, R. E. (2005). Antimicrobial stewardship programs in health care systems. *Clinical Microbiology Reviews*, 18(4), 638–656.
- Harandi, H., Shafaati, M., Salehi, M., et al. (2025). Artificial intelligence-driven approaches in antibiotic stewardship programs and optimizing prescription practices: A systematic review. *Artificial Intelligence in Medicine*, 162, 103089.



König, R., Cao, X., Oswald, M., et al. (2019). Macrolide combination therapy for patients hospitalised with community-acquired pneumonia? An individualised approach supported by machine learning. *European Respiratory Journal*, 54(6).

Elligsen, M., Pinto, R., Leis, J. A., Walker, S. A. N., Daneman, N., & MacFadden, D. R. (2021). Improving decision making in empiric antibiotic selection (IDEAS) for Gram-negative bacteremia: A prospective clinical implementation study. *Clinical Infectious Diseases*, 73(2), e417–e425.

Moehring, R. W., Phelan, M, Lofgren, E., et al. (2021). Development of a machine learning model using electronic health record data to identify antibiotic use among hospitalized patients. *JAMA Network Open*, 4(3).

## تطبيق مقارنة DPSIR على الساحل المغربي: حالة ساحل شياظمة

د. الغالية شرينجة

كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة القاضي عياض بمراكش، المغرب.

### الملخص

يتعرض المجال الساحلي، مثل باقي مكونات المنظومة البيئية الطبيعية، لتدهور إيكولوجي متعدد الأبعاد ناجم عن الاستغلال غير الرشيد للموارد الطبيعية. وقد أدى هذا التدهور المستمر إلى تزايد الاهتمام على المستويات الجهوية والوطنية والدولية بحماية وصيانة النظم الساحلية. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل المنظومة البيئية الساحلية بشياظمة التي تمتد مجاليا من مصب واد تانسيفت إلى مصب واد لقصوب، وفهم مصادر الخلل البيئي بشكل دقيق، بالاعتماد على إطار DPSIR كمنهج تحليلي للكشف عن العلاقات السببية بين القوى الدافعة، الضغوط، الحالة، التأثيرات، والاستجابات (- Driving Forces - Pressures - State - Impact - Responses). وقد تم دعم هذا النهج بتوظيف أدوات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، من خلال حساب مؤشر اختلاف التغطية النباتية (NDVI) لتتبع تغيرات الغطاء النباتي لساحل شياظمة وغابة خروب الكوخل، بالاعتماد على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي Landsat، إضافة إلى قياس خط الساحل لرصد التطورات الزمنية والمكانية لديناميته، في إطار مقارنة دقيقة للتغيرات المسجلة ما بين 1984 و2024. وبذلك، ساهم هذا التكامل بين التحليل الميداني والتقنيات الفضائية في تقديم تشخيص دقيق لتدهور المنظومة الساحلية لشياظمة. أظهرت النتائج هيمنة القوى الدافعة المرتبطة بالنمو الديمغرافي، وتعدد الأنشطة الاقتصادية، والتوسع الحضري، والتي أدت إلى ضغوط بيئية متعددة مثل الاستغلال المكثف للرمال وتصريف النفايات الصلبة والسائلة في مجاري الأودية والمياه البحرية. كما كشفت الدراسة عن تدهور ملموس في حالة الموارد الطبيعية واختلال التوازنات الإيكولوجية، مع تداعيات سوسيواقتصادية واضحة على ظروف عيش الساكنة المحلية. ورغم تسجيل بعض الاستجابات المؤسسية والمحلية عبر مشاريع وبرامج بيئية، إلا أن هذه التدابير تبقى محدودة الفعالية، في غياب مقارنة شمولية تدمج التدبير البيئي الرشيد مع مشاركة السكان المحليين في عملية اتخاذ القرار.

**الكلمات المفتاحية:** المنطقة الساحلية، مقارنة DPSIR، الاستغلال البشري، العلاقات السببية، تدهور إيكولوجي.

## Applying the DPSIR Approach to the Moroccan Coast: The Case of Chiadma

Dr. Elghalia Chrinija

Cadi Ayyad University, FLSH Marrakech, Morocco

### Abstract

The coastal zone, like other components of natural ecosystems, is experiencing multidimensional ecological degradation due to the unsustainable exploitation of natural resources. This ongoing deterioration has increasingly attracted attention at regional, national, and international levels, emphasizing the need to protect and preserve coastal systems. This study aims to analyze the coastal ecosystem of the Chiadma region, which extends geographically from the mouth of the Tensift River to the mouth of the ksab River, and to identify the underlying sources of environmental imbalance with precision, using the DPSIR framework (Driving Forces – Pressures – State – Impact – Responses) as an analytical tool to reveal causal relationships. The approach was complemented by remote sensing and Geographic Information System (GIS) techniques, including the calculation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to monitor changes in vegetation cover along the Chiadma coast and the khroub al-kouhal forest, based on Landsat satellite imagery, alongside coastline measurements to track temporal and spatial dynamics between 1984 and 2024. This integration of field-based analysis and satellite technologies provided an accurate diagnosis of coastal ecosystem degradation. Results indicate that driving forces such as population growth, diverse economic activities, and urban expansion have generated multiple environmental pressures, including intensive sand extraction and the disposal of solid and liquid wastes into river channels and marine waters. The study also highlights significant deterioration in natural resources and disruption of ecological balances, with clear socioeconomic impacts on the livelihoods of local communities. Although some institutional and local responses were observed through environmental projects and programs, these measures remain limited in effectiveness, reflecting the absence of a comprehensive approach that integrates sustainable environmental management with local community participation in decision-making processes.

**Keywords:** Coastal area, DPSIR approach, Human activities, Causal relationships, Ecological degradation.

### مقدمة

يشكل المجال الساحلي منظومة بيئية شديدة الهشاشة والتكامل، إذ يتعرض لضغوط متزايدة ناتجة عن الاستغلال المكثف من طرف الإنسان لموارده الطبيعية المتنوعة. وقد جعلت هذه الخصائص منه مجالاً ذا جاذبية عالية على المستويين الوطني والدولي، من خلال استقطاب المشاريع السكنية والاستثمارات المرتبطة بالأنشطة السوسيو-اقتصادية، في ظل غياب أو ضعف الهاجس البيئي وآليات التدبير المستدام. وتزداد خطورة الوضع بفعل تزايد الضغط الديمغرافي، والأنشطة الصناعية والسياحية التي تفاقم اختلال التوازنات البيئية، وتهدد استمرارية النظم الإيكولوجية الساحلية.

في هذا السياق، يحظى المجال الساحلي المدروس "ساحل شياظمة" بإمكانات اقتصادية مهمة، لكن رغم منفعة هذه، تبقى الأنظمة الساحلية بهذا المجال عرضة للتهديد والتدهور البيئي. وبذلك، يتطلب تشخيص الحالة البيئية اعتماد مقاربة تحليلية قائمة على رصد العلاقات السببية في فهم التفاعلات بين الأنشطة البشرية والأنظمة البيئية، ويتعلق الأمر بمقاربة "DPSIR" بهدف إبراز الوضعية الراهنة للبيئة الساحلية.

إن نموذج DPSIR باللغة الإنجليزية أو نظيره بالفرنسية FPEIR، عبارة عن مقاربة تحليلية تستند في تقييم النظام البيئي إلى دراسة خمسة مؤشرات، وهي (العوامل المسببة / Driving Forces، الضغوط / Pressures، الحالة / State، التأثيرات / Impacts،

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الإجابات أو الاستجابة / Responses). وتسمح هذه المقاربة بتحليل الوضعية الراهنة للبيئة الساحلية في تسلسل منطقي وسببي في إطار التفاعل بين الإنسان وباقي عناصر البيئة، وهو ما يمكن من تحديد مكامن الخلل البيئي بساحل شياظمة.

تبدأ هذا المقاربة برصد جميع العوامل المسؤولة عن خلل النظام البيئي الساحلي، والمتمثلة في التطرق للأنشطة البشرية مثل (الفلاحة، الصناعة، العمر...)، وهي تشكل دوافعاً مباشرة في ظهور الضغوط البيئية. وتصنف هذه الأخيرة الناتجة عن العوامل السابقة الذكر، وباعتبارها تهدد توازن هذا النظام البيئي إلى نوعان إما ضغوط مباشرة أو غير مباشرة. أما حالة البيئة الساحلية فتقاس من خلال الكشف عن مجموع التغيرات التي تمس مكونات النظام البيئي، إضافة إلى تحديد التأثيرات المحتملة نتيجة تدهور المكونات البيئية، ثم أخيراً مجموع الإجراءات المتخذة من طرف الفاعلين في معالجة المشاكل البيئية، بغرض تعديل التغيرات التي لحقت بمكونات النظام البيئي، وهي تعد بمثابة استجابة المتدخلين للوضع البيئي الراهن، بهدف تحقيق استدامة بيئية ساحلية.

تناولت عدد من الدراسات السابقة الإشكاليات البيئية في المجالات الساحلية، مع التركيز على تشخيص البيئة الساحلية ورصد الاختلالات الناتجة عن التغيرات المناخية وعلاقتها بتغير نمط الاستغلال. ومع ذلك، تظهر معظم هذه الدراسات وجود فجوة معرفية واضحة، تتمثل في محدودية المقاربات التي توفر رؤية شاملة لفهم التغيرات البيئية بالسواحل المغربية، ولا سيما على مستوى ساحل شياظمة التابع إدارياً لجهة مراكش-آسفي. انطلاقاً من هذا الإطار العلمي، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النظام البيئي الساحلي باستخدام مقارنة DPSIR، وهو نموذج تحليلي دولي، يتيح تفسير العلاقات السببية بين الضغوط البشرية وحالة البيئة الساحلية، بما يساهم في بناء فهم علمي رصين لدينامية التدهور وإمكانات التدبير المستدام للمجال.

- السؤال الإشكالي: تتوخى هذه الدراسة العلمية الجواب على السؤال الإشكالي التالي: في ظل التزايد المستمر للتدخلات البشرية المكثفة ذات الأثر البيئي بساحل شياظمة، كيف يمكن توظيف مقارنة DPSIR في تحليل التغيرات البيئية وتقييم حالة النظام الساحلي بشياظمة؟

- فرضيات البحث: تفترض هذه الدراسة أن اعتماد مقارنة DPSIR يمكن أن يشكل أداة فعالة لتشخيص الحالة البيئية، وتوجيه الفاعلين لاتخاذ سياسات بيئية مستدامة للموارد الساحلية، خاصة في ظل تنامي الضغوط البشرية والإكراهات المرتبطة بالتغير المناخي التي تهدد توازن المنظومات الساحلية.

- الأهداف المرجوة: تهدف هذه الدراسة العلمية إلى تحقيق جملة من الأهداف، وتتمثل في:

- تقييم الحالة البيئية لساحل شياظمة من خلال تطبيق مقارنة DPSIR.

- تحليل العلاقة بين الأنشطة البشرية والاقتصادية وحالة النظم البيئية الساحلية.

- تقديم نتائج أولية للتحليل الكمي المتعلق بمؤشرات الخمسة لنموذج DPSIR، خاصة مؤشري القوى الدافعة والضغوط، باعتبارهما مدخلين أساسيين لفهم العلاقات السببية في النظام البيئي قيد الدراسة.

- تعزيز الوعي البيئي بأهمية استعمال المقاربات التكاملية مثل DPSIR في حماية النظم الساحلية.

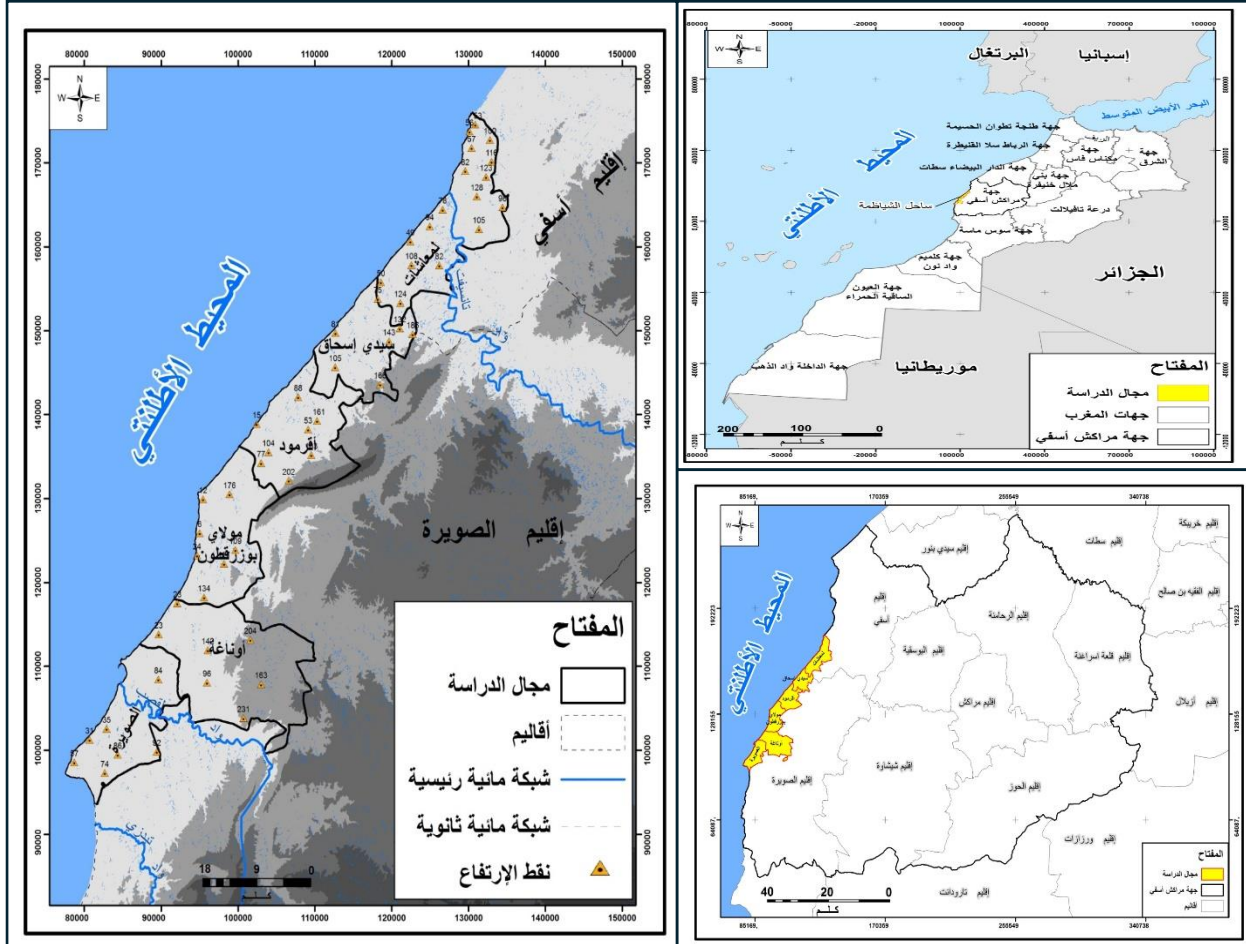
## 2. مجال الدراسة والمنهجية

### 1.2- مجال الدراسة

يقع ساحل شياظمة ما بين خطي عرض شمال خط الاستواء (31°27' - 32°02')، وبين خطي طول (9°20' - 9°41') غرب خط غرينتش، وهو يمتد من مصب واد تانسيفت إلى مصب واد لقصوب على مسافة تقدر بـ 75,60 كلم، مشكلاً بذلك الشريط الساحلي الغربي لهضاب شياظمة. تحد هضاب شياظمة شمالاً هضاب عبدة، وجنوباً هضاب حاحا، وشرقاً الأطلس الكبير الغربي، أما غرباً فنجد المحيط الأطلنطي. ينتمي ساحل شياظمة إدارياً إلى ساحل جهة مراكش-آسفي، المحدث في إطار التقسيم الجهوي الجديد (الجهوية المتقدمة 2015) للمملكة المغربية كجهة سابعة، يتكون هذا الساحل من ست جماعات ترابية ساحلية تتمثل في: جماعة المعاشات، سيدي أقرمود، سيدي إسحاق، مولاي بوزرقطون، أوناعة، الصويرة.

شكل 1

خريطة الموقع الجغرافي لساحل شياظمة

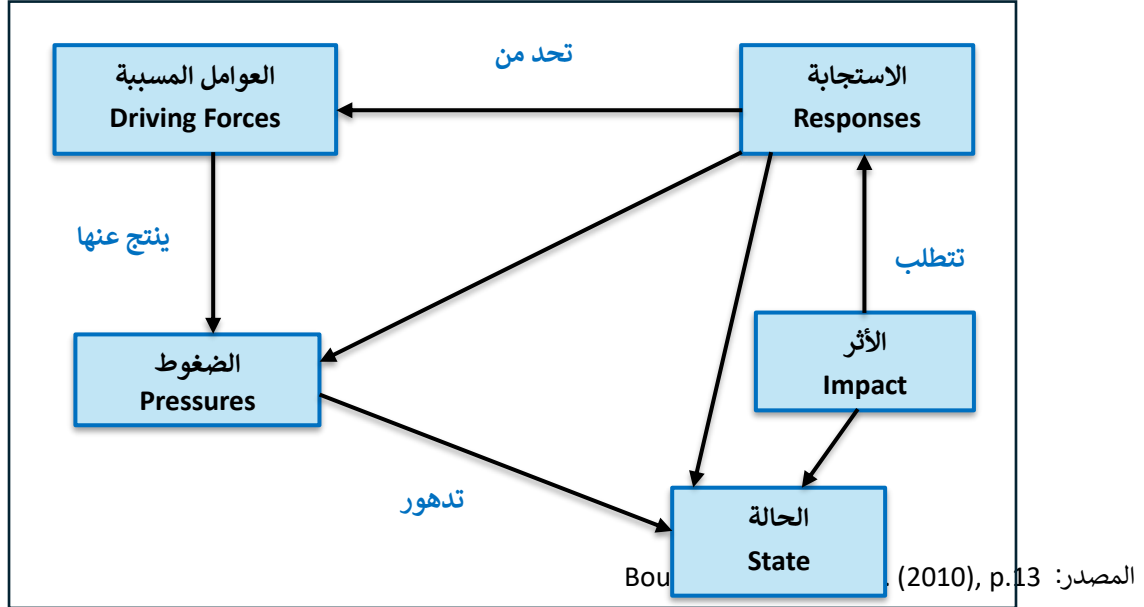


(Responses -State- Impact - Forces motrices - Pressions - État - Impact - Réponses) ، أما باللغة الإنجليزية فتعني (Responses -State- Impact - Driving Forces- Pressures).

يعتبر نموذج DPSIR أكثر تفصيلاً عن سابقه PER في دراسة الإشكاليات البيئية، حيث تمت إضافة مؤشرين، وهما القوى الدافعة أو العوامل المسببة والتأثيرات. ويلخص (الشكل رقم 1) المؤشرات الخمسة لنموذج DPSIR، حيث يتم عن طريق هذه المؤشرات استحضار مجموعة من الأبعاد في تقييم النظام البيئي، مبنية على دور الإنسان في التأثير على باقي عناصر النظم البيئية بشكل عام. بناء على ما سبق، يعتبر نموذج DPSIR مقارنة فعالة لتحليل العلاقة القائمة بين المجتمع والبيئة، وذلك من خلال اعتماد مبدأ السببية في الربط بين المؤشرات الخمس لتحليل الظواهر البيئية.

شكل 2

رسم توضيحي للعلاقات التفاعلية بين مؤشرات نموذج DPSIR



تم توظيف مقاربة DPSIR مع اعتماد المنهج الجغرافي الوصفي (الوصفي التحليلي)، الذي يتيح القيام بتشخيص شامل، وبطريقة دقيقة للخصائص البشرية والسوسيو-اقتصادية والبيئية للمجال الساحلي، مما يمكننا من تقييم متكامل لوضعية البيئة الساحلية بالمجال المدروس. كما تم دعم هذا النهج بتوظيف أدوات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، عبر حساب مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI) لتتبع تغيرات الغطاء النباتي، باعتماد المرئيات الفضائية للقمر الاصطناعي الأمريكي Landsat، إضافة إلى قياس خط الساحل لرصد تطور ديناميته المكانية والزمنية، باعتماد الصور الجوية والفضائية، مما سمح بفهم أدق لتدهور المنظومات الساحلية واتجاهاتها.

### 3. النتائج والمناقشة

#### 1.3- العوامل المؤثرة في توازن المنظومة الساحلية

##### 1.1.3 - استقرار بشري منذ القدم وتزايد ديمغرافي ملحوظ نسبيا

يحظى ساحل شياظمة بموقع متميز بحكم انتمائه للساحل الأطلسي، لذلك فقد شكل منذ القديم مجال جذب للفينيقيين بغرض ممارسة النشاط التجاري في القرن السابع قبل الميلاد، من خلال إقامة موانئ تجارية إحداها بالصويرة القديمة (مرسى أكوز)، والآخر ميناء الصويرة. كما عرفت توافدا هاما للقرطاجيين، ومن بعدهم البرتغاليين الذين احتلوا عدد من مناطق الساحل الأطلسي. بعد ذلك، عرف المجال استقطابا مهما للسكان خاصة مع الحماية الفرنسية سنة 1912م، والتي أحدثت تحولات عديدة نتجت عن استقرار المعمرين واستغلالهم لثروات المجال.

عموما، ساهمت العوامل التاريخية والاقتصادية في حدوث زيادة سكانية ملحوظة نسبيا بالمجال الساحلي المدروس، ولإبراز التطور الذي عرفه عدد السكان، تم الاعتماد على المعطيات الإحصائية للسكان والسكنى انطلاقا من إحصاء 1994 إلى 2024، وهو ما يظهره (الجدول رقم 1).



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### جدول 1

تطور عدد سكان الجماعات الساحلية بشياظمة بين 1994 و2024

| إحصاء 2024 | إحصاء 2014 | إحصاء 2004 | إحصاء 1994 | الجماعات الساحلية    |
|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| 15830      | 15 389     | 13 892     | 12 463     | جماعة المعاشات       |
| 10055      | 9773       | 9553       | 9662       | جماعة سيدي إسحاق     |
| 15981      | 15 662     | 15 037     | 14 584     | جماعة أقرمود         |
| 5608       | 6069       | 5969       | 5884       | جماعة مولاي بوزرقطون |
| 13310      | 12 461     | 12 188     | 11 440     | جماعة أوغانة         |
| 82962      | 77 966     | 69 493     | 56 074     | جماعة الصويرة        |
| 143 746    | 137 320    | 126 132    | 110 107    | المجموع              |

المصدر: المندوبية السامية للتخطيط سنة 2024

يتضح من خلال قراءة معطيات (الجدول رقم 1)، أن هناك ارتفاع نسبي في عدد السكان الشيء الذي يعكس التزايد السكاني بالمجال المدروس خلال الإحصاءات العامة للسكان والسكنى لسنوات 1994، 2004، 2014، و2024. لكنه تزايد بطيء مع تباين واضح بين الجماعات الساحلية لشياظمة، حيث تراوحت الزيادة السكانية ما بين 3367 نسمة بجماعة المعاشات و393 نسمة بجماعة سيدي إسحاق، بينما عرفت جماعة مولاي بوزرقطون تراجعاً في عدد السكان قدر بـ 276 نسمة. أما بخصوص الجماعة الترابية الحضرية الصويرة فقد سجلت زيادة تقدر بـ 26888 نسمة خلال نفس الفترة المدروسة.

### 2.1.3- التوسع العمراني بالمجال الحضري للصويرة نتيجة للزيادة السكانية:

ارتبط التوسع العمراني بمدينة الصويرة الساحلية بالتزايد السكاني الذي تغذيه تيارات الهجرة، إلى جانب حركية النشاط السياحي، وذلك وفق مجال عقاري محدود بفعل محدودية المجال الجغرافي.

لقد شكلت المدينة العتيقة النواة الأصلية للتجمع الحضري، قبل أن ينطلق التوسع بالجنوب بسبب توسيع الميناء سنة 1930، حيث تم بناء مجموعة من المنازل المتفرقة والفنادق بالمدينة الجديدة. وخلال الخمسينات عرفت المدينة توسعات عمرانية مهمة بجنوب المدينة، وذلك من خلال ظهور أحياء جديدة منها الغزوة وسيدي كاوكي ودوار العرب إثر التزايد السكاني الذي تغذيه تيارات الهجرة المحلية والجهوية. هذا إضافة إلى أهمية التنمية الاقتصادية للمدينة، وهو ما ساهم في إقامة مجموعة من المشاريع السكنية خلال الثمانينات ممثلة في (البحيرة، سقالة 1). واستمر التوسع الحضري خلال فترات التسعينات والألفينات، حيث تمت إقامة عدة تجزئات بالجهة الشرقية، ويتعلق الأمر بسقالة 2 و3، والبحيرة 4... زد على ذلك، ظهور مناطق سكنية وسياحية مهمة مثل مشروع الصويرة الجديدة الذي أنشئ على حساب الأراضي الفلاحية، وكذا المحطة السياحية موكادور التي أقيمت على حساب مجال الكتبان الرملية المتحركة، وبذلك فقد تمت هذه المشاريع على حساب تراجع الأراضي الفلاحية والغابوية بالشرق والجنوب الشرقي. وعموماً، فلقد فقد ساحل الصويرة أكثر من 1000 هكتار من المجال الكثيف- الغابوي، نتيجة التوسع العمراني بالمدينة خلال الفترة المتراوحة بين سنتي (1994 - 2011) (هلال، 2013، ص 29).

### 3.1.3- الأنشطة الاقتصادية تستفيد من تنوع المؤهلات الطبيعية

عرف ساحل شياظمة استغلالاً بشرياً منذ القدم، وذلك بفضل مؤهلاته الطبيعية (الشكل رقم 3). وتعود بدايات الاستغلال البشري بساحل شياظمة إلى ممارسة الأنشطة الفلاحية التقليدية، لكن مع دخول المعمّر الفرنسي تحولت الفلاحية التقليدية إلى فلاحية عصرية ذات إنتاج تسويقي مهم، وتحديدًا بالمجال الولجي بحكم مؤهلاته الخصبة المتمثلة في جودة التربة ووفرة الفرشة المائية. وقد أكد على ذلك بعض المؤرخين ومنهم "كولفن" بوصفه قائلاً "...هناك منطقة زراعية تعتبر هي كذلك مهمة، تمتد من شياظمة حتى الواليدية بجانب البحر... على مسافة عرضها 2 إلى 4 كيلومترات، إنها الولجة... هذه المنطقة تمنح شريطاً من الأراضي المسقية من الدرجة الأولى، ويوجد الماء على 3 إلى 4 أمتار من العمق..." (Goulven, 1917,p10).

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

بناء على ذلك، يقتصر النشاط الزراعي بالمنخفضات الولوجية الممتدة مجاليا من مصب واد تانسيفت إلى واد آيت الطاهرية. غير أن هذا القطاع تأثر بكثافة الاستغلال التي أثرت على جودة المياه الباطنية والترية، خصوصا بمنطقة أقرمود التي سجلت أوجه الازدهار إلى غاية سنوات الثمانينيات من القرن الماضي، حيث ظهرت مجموعة من التحديات التي شكلت عائقا كبيرا أمام مستقبل التنمية الزراعية بالولجة، وانتقاله إلى المجالات الهضبية المتميزة بقلّة الموارد المائية وضعف الغطاء الترابي، حيث ينتشر نظام فلاحي معاشي يتمثل في انتشار مساحات زراعية بورية.

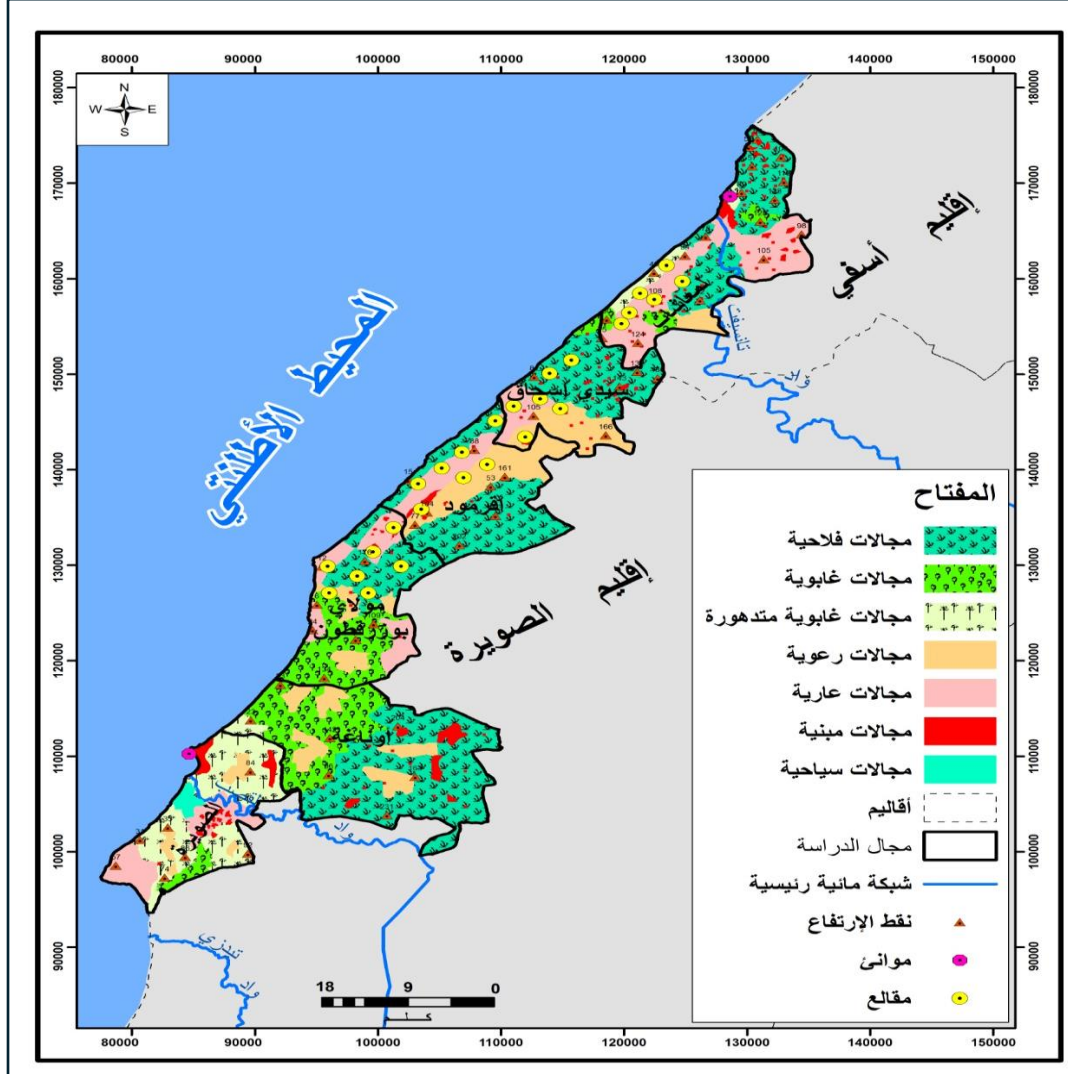
إضافة إلى النشاط الزراعي، ينتشر بالمجال عدد من المنشآت المينائية والإقامات السياحية، فضلا عن نشاط مقالع الرمال. بخصوص نشاط الصيد البحري، يعتبر ميناء الصويرة الميناء الرئيسي بساحل شياظمة، وهو مخصص لوظيفة الصيد. يتوفر الميناء على أسطول مهم، يتكون من 52 مركبا للصيد بالجر الخاصة بالأسماء، و16 مركبا للصيد بالجر الخاصة بالسردين و02 مركبا للصيد بالخيوط (سفن الصنوريات)، و40 مركبا للصيد السردين، وأكثر من 793 قاربا تقليديا، ويشغل هذا الأسطول حوالي 3252 حسب آخر إحصاء للمندوبية الإقليمية للصيد البحري بالصويرة. يتواجد كذلك، بساحل شياظمة قرى للصيد أو نقاط التفريغ تتمثل أولا في مرسى الصويرة القديمة بشمال مصب واد تانسيفت قرب القلعة البرتغالية، الذي يعتبر مزودا رئيسيا للسوق المحلي بالموارد السمكية المتنوعة التي تلقى إقبالا كبيرا من طرف سكان مدينة آسفي بفضل جودتها. وثانيا نقطة التفريغ المجاورة لبحيرة هي عبارة عن مرسى تقليدي، تقع قرب الشاطئ الرئيسي لبحيرة، تابعة لإداريا لمندوبية الصيد البحري للصويرة. وقد ناهزت الكمية المفرغة من الأسماك بميناء الصويرة حوالي 16303 طن سنة 2022، بقيمة مالية وصلت إلى 173 مليون درهم. ورغم أن باقي نقاط التفريغ المتمثلة في مرسى الصويرة القديمة ولبحيرة لا يساهمان بشكل كبير في مداخل هذا القطاع، غير أنهما يلعبان دورا كبيرا في تزويد السوق المحلي بأنواع مختلفة من الأسماك بلغت بهما معا 2300 طن.

بخصوص النشاط السياحي، فتشهد مدينة الصويرة روجا سياحيا مهما، نظرا لما يزر به المجال من تنوع وغنى المؤهلات السياحية، إضافة إلى الموروث الثقافي المهم. ومن المتوقع أن يعطي البرنامج التكميلي لتأهيل وتثمين المدن العتيقة بالصويرة (2019 - 2023) نفسا جديدا للنشاط السياحي بمدينة الرياح والرفع من عدد السياح. ويشمل النشاط السياحي مجموعة من المحطات الشاطئية الأخرى التي تعرف روجا سياحيا كبيرا خاصة في فصل الصيف، مثل مركز الصويرة القديمة الذي يشهد تدفقا كبيرا للمصطافين خلال هذه الفترة، إذ يقبل عليها العديد من الزوار من مدينتي آسفي ومراكش، إضافة إلى شاطئ لبحيرة الذي يعرف استقطابا محدودا للسياح بسبب هشاشة البنية التحتية، وصعوبة التنقل. أما جنوب مدينة الصويرة وتحديدا على بعد ثلاث كيلومترات تتواجد المحطة السياحية موكادور، هذه الأخيرة تتضمن تجهيزات فاخرة من وحدات فندقية، ومرافق ترفيهية، ملاعب للغولف، مطاعم وقاعات رياضية. تبلغ مساحة هذه المحطة الإجمالية 580 هكتاراً، بتكلفة مالية وصلت إلى أربع مليارات وعشرين مليون درهم.

وأخيراً، يعتبر نشاط مقالع الرمال من أهم الأنشطة الاقتصادية على طول الشريط الساحلي الممتد من جنوب مصب واد تانسيفت إلى رأس حديد (من منطقة الصويرة القديمة إلى مولاي بوزرقطون)، حيث يدر أرباحا مالية هامة تضفي لخزينة الجماعات الترابية التي تنتشر بها، مداخل كبيرة من خلال فرض ضريبة تقدر بقيمة 5 دراهم لكل متر<sup>3</sup>. ويمتد هذا النشاط بشكل واسع على خط الساحل، وبالكثيب الشاطئي المتحرك، وكذا على الكثبان البليورباعية المتصلبة. يعود تزايد الاهتمام بهذا النشاط لوفرة الذخيرة الرملية، التي تعتبر مادة حيوية في قطاع البناء والأشغال العمومية، وذلك لكون هذا الإرث المورفولوجي يشكل ثلثي تركيبة البنايات العمرانية الإسمنتية، ومع تسارع حركة التوسع العمراني الذي شهدته المجالات الحضرية الكبرى والمراكز الصغرى بالمجال، عرف عدد المقالع تزايداً كبيراً انعكس بشكل سلبي على هذا الرأسمال الإيكولوجي. وبذلك، تساهم المقالع الرملية إلى جانب توفير فرص الشغل لعدد من الشباب في ربح مادي هام لمستغلي هذه المقالع، حيث يتراوح ثمن ملء الشاحنة الواحدة ما بين 1500 و2000 درهم.

شكل 3

خريطة استعمال التربة بالجماعات الساحلية لشياطمة



المصدر:

2.3 - أش

## 1.2.3 - تصريف الملوغوات بمجاري الأودية وبالوسط البحري

ينتمي ساحل شياطمة إلى الحوض النهري تانسيفت، حيث يشكل واد تانسيفت المجرى المائي الرئيسي بالحوض، ويقطع مسافة تصل إلى 270 كلم من مجراه بشرق الأطلس الكبير إلى مصبه بالساحل الأطلسي عند الصويرة القديمة. ونظرا لكون واد تانسيفت يصرف الحمولة السائلة من العالية نحو السافلة، فإن كميات كبيرة من النفايات الصلبة والسائلة يتم التخلص منها بطريقة عشوائية ينتج عنها تدهور بيئي خطير لمياه مصب الواد. ومن أخطر هذه النفايات، المخلفات الناتجة عن وحدات عصر الزيتون سواء كانت تقليدية أو عصرية، وتكون مياه هذه المخلفات عند تصريفها غنية بالزيت والنوى المكسرة، إضافة إلى تواجد مادة المرجان وهي مادة سامة وملوثة، ومشبعة بالمواد العضوية. يتم قذف هذه المخلفات بشكل عشوائي من طرف أرباب هذه المعاصر، خاصة التي تتواجد عند السافلة من خلال قنوات الصرف الصحي، أو إلقتها مباشرة في الواد. ويبلغ عدد المعاصر المتواجدة داخل إقليم آسفي حوالي 112 وحدة، حيث ينتشر أكبر عدد من هذه الوحدات التقليدية بجماعتي اثنين الغياث والمعاشات بمركز خميس ولاد الحاج. ويقدر عموما الحجم الذي يتم قذفه من مادة المرجان خلال كل موسم فلاحي ما يناهز 11000 م<sup>3</sup>، مما يتسبب في أضرار بيئية كبيرة، تظهر من خلال نفوق عدد هائل من الأسماك التي كانت تعتبر الواد وسطا بينيا لعيشها وتكاثرها (الصور رقم 1). هذا إلى جانب، تضرر الأراضي الزراعية بسبب تلوث الفرشة المائية للآبار بمنطقة الولجة. نفس الشيء ينطبق على واد لقصوب بجنوب ساحل الشياطمة، ويظهر هذا التدهور البيئي بمصبه.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

ناهيك عما سبق، فالوسط البحري لمدينة الصويرة يستقبل جزءا مهما من الملغوظات السائلة التي يتم تصريفها دون معالجة كاملة، سواء الناتجة عن الصرف الصحي أو عن الأنشطة المينائية، وتقدر بحوالي 580 م<sup>3</sup>/ اليوم ( , Royaume du Maroc, 2019 pp.27-28). يعكس حجم الملغوظات السائلة الضغط البيئي الراهن على البيئة البحرية. فرغم توفر مدينة الصويرة على محطتين لمعالجة المياه العادمة، الأولى رئيسية داخل المجال الحضري، والثانية حديثة بمنطقة الغزوة. غير أن بعض الأعطاب التقنية، مع محدودية الطاقة الاستيعابية مقارنة بحجم الملغوظات الناتجة عن التوسع الحضري، وكذا تزايد التدفقات خلال الفترات السياحية، كلها عوامل ساهمت في الرفع من الضغوط البيئية البحرية.

## صور 1

نفوق الأسماك نتيجة التلوث المائي بمصب واد تانسيفت



المصدر: التقاط شخصي بتاريخ 2020/07/11.

## 2.2.3- استغلال الرمال الساحلية:

يُناهِز عدد مقال الرمال القانونية (المرخصة) حوالي 95 مقلعا، تحتكر فيها جماعة المعاشات لوحدها ما يفوق 45 مقلعا، أما غير القانونية (غير المرخصة) فيقارب عددها 58 مقلع، وفق ما أبانت عنه الزيارات الميدانية. ولعل الخطورة البيئية لهذا النشاط الاقتصادي لا تتجلى فقط في عدد المقالع وطبيعة عملها، لكن كذلك في عدم الالتزام بالحمولة المسموح باستخراجها، حيث تتجاوز الكمية التي يتم شحنها عبر الشاحنات 20 متر<sup>3</sup> للشاحنة الواحدة، بينما تقدر الكمية المسموح بشحنها 18 متر<sup>3</sup>. هذه الكمية المشحونة تعكس ضخامة حجم الرمال المقتلعة، مما يشير إلى خطورة هذا الاستغلال المكثف الذي من شأنه أن يتسبب في تفكير الرصيد الرسائي، ومنه إحداث خلل في توازن الميزانية الرسابية الموروثة عن الرباعي علما أنها غير قابلة للتجديد. ذلك أن غالبية المقالع القانونية تتركز على الكثيب الشاطئي، أما المقالع غير القانونية فتستغل رمال الكثيب المتصلب أو الرمال المتراكمة عند الساحل. وعليه فتأثير هذا الاستغلال سيكون واضحا على الميزانية الرملية الساحلية عن طريق إزالة الكثبان الرملية الحاجزية التي توفر حماية ظهر الشاطئ، الأمر الذي ينشط التعرية والنقل الريحي بشكل مكثف. كما أن الدور الميكانيكي الذي تلعبه الرمال الشاطئية في امتصاص طاقة الأمواج خلال الظروف الجوية المضطربة، خاصة إذا أخذنا بعين الاعتبار معطى التغيرات المناخية وأثارها على الساحل، المتمثلة في شكل الفيضانات وارتفاع مستوى سطح البحر سيعرف تراجعا كلما تقلصت الذخيرة الرملية، وهذا يعكس بدون شك أن التأثير سيُطال المنظومة الساحلية البيئية ككل.

## 3.3- الحالة البيئية الراهنة للمجال الساحلي المدروس:

## 1.3.3- تدهور جودة المياه السطحية لواد تانسيفت ولقصوب:

تختلف جودة مياه واد تانسيفت بين العالية والسافلة، وقد أجمعت عدد من الدراسات العلمية التي تناولت جودة هذه المياه، بعد القيام بتحليل كيميائي للمياه السطحية لحوالي 23 محطة بالحوض المائي لتانسيفت، وذلك بتعاون بين المختبر العمومي للدراسات والتجارب (LPEE)، ووكالة الحوض المائي لتانسيفت، عن تدهور مياه واد تانسيفت بالسافلة وواد لقصوب (الجدول رقم 2)، وذلك ارتباطا بحجم المخلفات الملوثة الناتجة عن الأنشطة الاقتصادية بهذا المجال. هذا عكس العالية الهيدروغرافية لواد تانسيفت التي تمتاز نسبيا بمياهها بجودة متوسطة إلى ممتازة.

جدول 2

جودة مياه الأودية بالمحطات المتواجدة بسافلة الحوض المائي لواد تانسيفت

| اسم المحطة      | اسم الواد       | الجودة     |          |         | الجودة   |               |            | الحالة العامة | العناصر الملوثة                                                    |
|-----------------|-----------------|------------|----------|---------|----------|---------------|------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|
|                 |                 | الفوسفاتية | الآزوتية | العضوية | المعدنية | البكتريولوجية | الفيزيائية |               |                                                                    |
| سيدي عبد الجليل | سيدي عبد الجليل | متوسطة     | سيئة     | متوسطة  | متوسطة   | متوسطة        | متوسطة     | سيئة          | CF                                                                 |
| تالمست          | تانسيفت         | متوسطة     | متوسطة   | جيدة    | سيئة     | متوسطة        | متوسطة     | سيئة          | Na <sup>+</sup><br>SO <sub>4</sub>                                 |
| العبادلة        | تانسيفت         | سيئة       | متوسطة   | سيئة    | سيئة     | متوسطة        | سيئة       | سيئة          | DCO -<br>DBO <sub>5</sub><br>NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -<br>Na+ |
| ادمنة           | لقصوب           | جيدة       | جيدة     | متوسطة  | جيدة     | متوسطة        | سيئة       | سيئة          | P                                                                  |

المصدر: Smaij, 2011, p. 63

2.3.3- تدهور جودة البيئة البحرية:

يظهر تقييم جودة البيئة البحرية بساحل الصويرة تفاوتاً واضحاً في الحالة البيولوجية والكيميائية للمياه تبعاً لتركز الأنشطة البشرية. فقد بينت نتائج الدراسة المعتمدة على النبات القاعي *Saccorhiza polyschides* أن غنى وتنوع الطحالب القاعية يتراجع بشكل ملحوظ في محطتي الميناء وباب دكالة القريبتين من مناطق النشاط الصناعي، حيث سجل اختفاء نحو 46% من الأنواع مقارنة بمحطة مولاي بوزرقطون التي تعتبر بيئتها البحرية أقل تلوثاً. كما كشفت معطيات نفس الدراسة، عن ارتفاع تركيز المعادن الثقيلة (الزنك، الرصاص، الكروم) في المحطات المتأثرة بالنشاط البشري، خاصة خلال فصلي الربيع والخريف، مما يعكس تدهوراً بيئياً موسمياً مرتبطاً بمصادر التلوث الساحلي (Cherifi et al., 2018, pp. 55-57).

3.3.3 - تدهور الغطاء النباتي بساحل شياظمة:

يضم ساحل شياظمة بعض الغابات الشاهدة على غنى المنطقة قديماً بالغطاء النباتي الطبيعي، رغم أنها تمتاز بضعف مساحتها مقارنة مع الغابات المغروسة المتمركزة بالشريط الساحلي، التي تتضمن أصنافاً تتلاءم وطبيعة الوسط المستقبل. وبالرغم من ضعف مساحة الغابات الطبيعية، فإن الاحتفاظ بأصناف نباتية مميزة (الأركان والعراعر والأحمر) تشهد على أن المجال المدروس كان يزخر بغطاء غابوي هام تعرض للانقراض والتدهور.

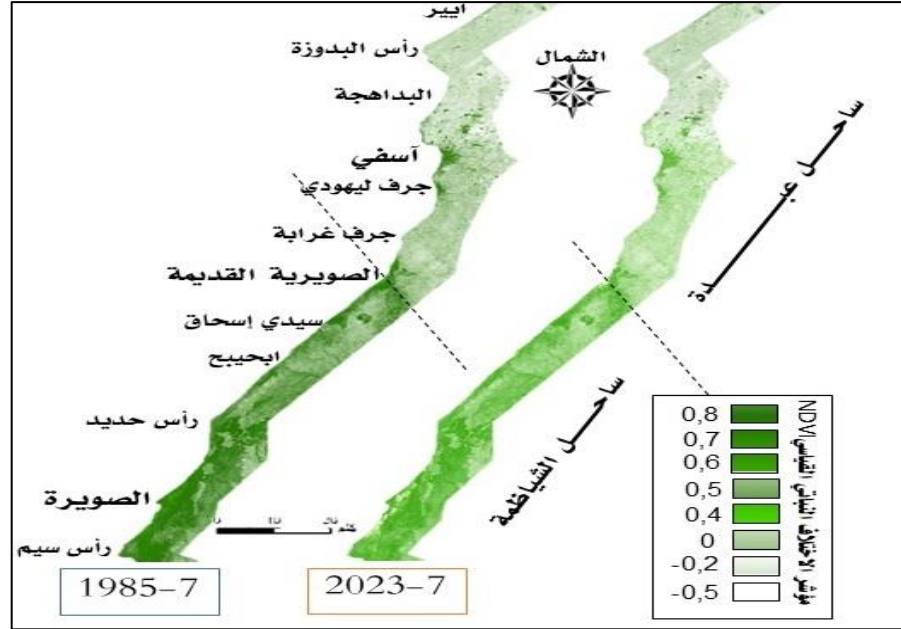
لرصد دينامية الغطاء النباتي، تم اعتماد مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI) بالاعتماد على صور الأقمار الاصطناعية لسنتي 1985 و2023، كما يوضح (الشكل رقم 3). ولتحديد وضعية الغطاء الغابوي بدقة أكبر، تم تطبيق المؤشر على غابة خروب الكوخل (الشكل رقم 4)، وهي من الغابات المهمة بشمال ساحل شياظمة لاحتوائها على أشجار الأركان، وتحديدًا ضمن النفوذ الترابي لجماعة المعاشات. وتمتد هذه الغابة على مساحة تقدر بحوالي 4500 م<sup>2</sup>، وتتكون أساساً من أشجار الأركان والكاليببتوس، كما تشهد ضغطاً واستغلالاً مكثفاً من طرف ساكنة المنطقة في الرعي، مما ساهم في تدهور حالتها. وقد أبرزت النتائج المسجلة تغيرات واضحة في كثافة الغطاء النباتي، تعكس تحولات زمنية مهمة في قيم مؤشر NDVI خلال الفترة المدروسة.



### شكل 3

مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI) بساحل عبدة - شياظمة خلال سنتي 1985 و2023

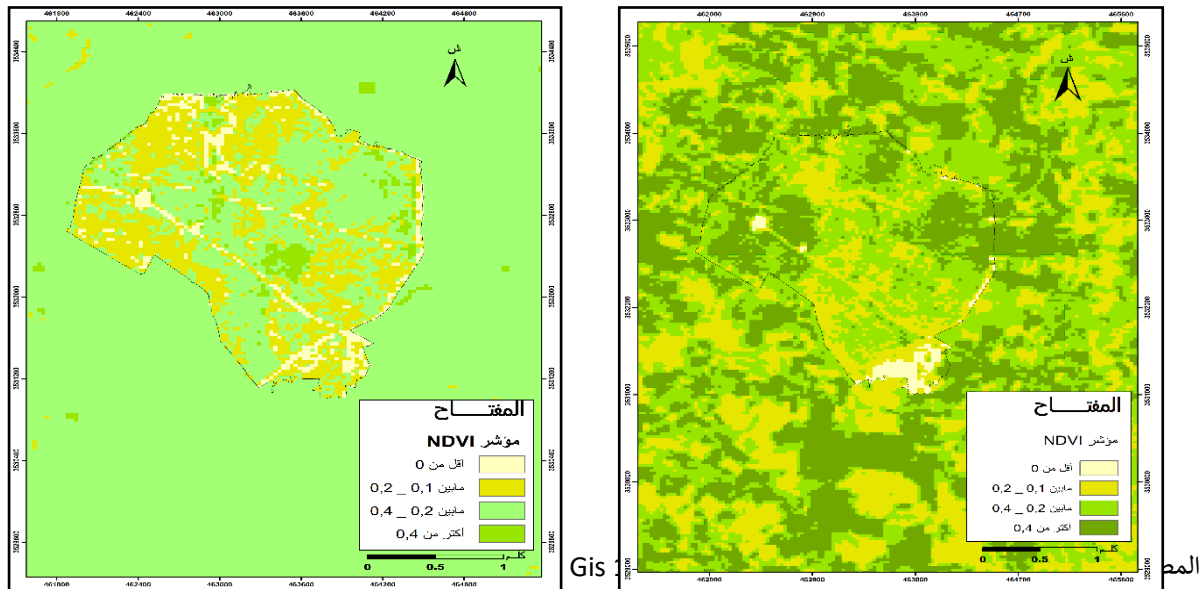
**ملاحظة.** يظهر الشكل رقم 3 مقارنة بين ساحل عبدة وساحل شياظمة من نتائج مؤشر NDVI، حيث سجل كلا الساحلين تراجعاً واضحاً في الغطاء النباتي بين سنتي 1985 و2023. وقد كان هذا التدهور أكثر حدة بساحل عبدة، إذ انخفض المؤشر من 0.5 إلى أقل من 0.1، بينما انخفض بساحل شياظمة من نحو 0.7 إلى أقل من 0.4. كما ازدادت المساحات الخالية من الغطاء النباتي من 1.02% إلى أكثر من 3.5%، مع تركيز هذه الزيادة في المناطق العمرانية بساحل عبدة. أما المساحات ذات الغطاء الغابي



الكثيف فتقلصت بشكل ملحوظ، من 17% إلى نحو 9% على مستوى ساحل عبدة-شياظمة، ومن أكثر من 39% إلى أقل من 23% بساحل شياظمة. المصدر: المرئيات الفضائية للقمر الاصطناعي الأمريكي Landsat لسنتي 1985 و2023.

### شكل 4

خرائط مؤشر الغطاء النباتي بغابة خروب الكوخل بين سنتي 1986 و2024





## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

كشفت نتائج اعتماد مؤشر (NDVI) بغابة خروب الكوحل عن وجود تراجع ملحوظ في كثافة الغطاء الغابوي، ويظهر ذلك من خلال المؤشرات التالية:

- يشكل المؤشر من فئة (أقل من 0) المساحة العارية من الغطاء النباتي، وقد سجلت بغابة خروب الكوحل ما يقارب 3,92% سنة 1986 لتصل إلى 9,58% سنة 2024.

- يمثل المؤشر من فئة (0,1 و 0,2) الغطاء النباتي ضعيف الكثافة والمتفرق، وقد وصلت نسبة هذا الصنف سنة 1986 26,06% و 41,75% سنة 2024.

- يشير المؤشر من فئة (0,2 و 0,4) إلى الغطاء النباتي متوسط الكثافة، وقد انتقلت نسبة التغطية من 45,56% سنة 1986، إلى 43,95% سنة 2024.

- يمثل المؤشر من فئة (أكثر من 0,4) الغطاء النباتي الكثيف، وقد بلغت نسبته سنة 1986 حوالي 24,46% و 4,71% سنة 2024.

#### 4.3- الأثر البيئي والسوسيواقتصادي:

##### 1.4.3- الأثر البيئي: تطور خط الساحل:

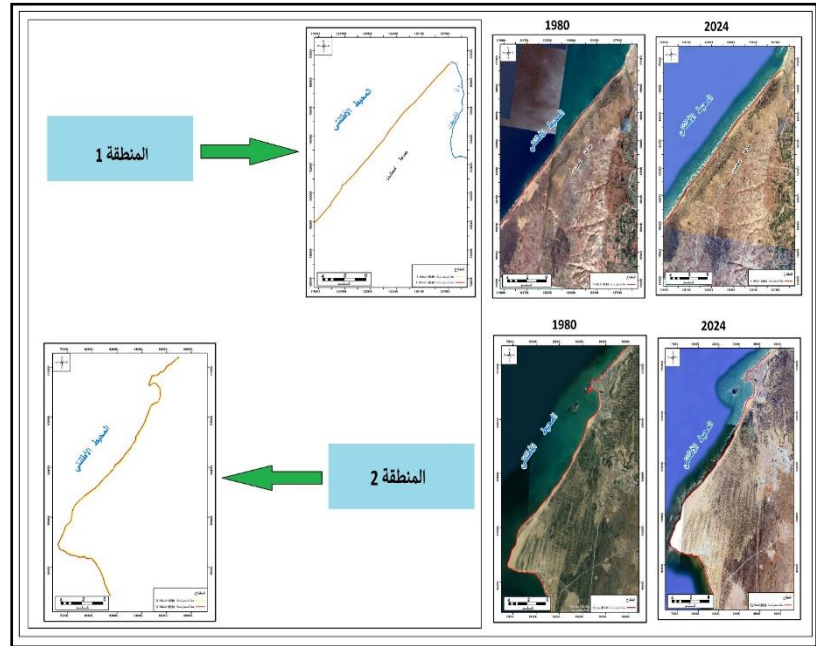
تم تقييم دينامية خط الساحل باعتماد صور الأقمار الاصطناعية وصور جوية، وفق سلسلة من التقنيات التي تمكن من إجراء تحليل مكاني وزمني لخط الساحل، في إطار مقارنة دقيقة للتغيرات المسجلة ما بين 1984 و 2024.

#### شكل 4

خريطة تطور خط الساحل بين 1980 و 2024 بالمنطقة 1 (الجزء الشمالي لساحل شياظمة) والمنطقة 2 (الجزء الجنوبي لساحل شياظمة)

المصدر: Google earth pro – Landsat

أظهرت نتائج قياس خط الساحل تغيرات هامة وواضحة ما بين سنتي 1980 و 2024، فقد سجلت المنطقة الأولى الممتدة جنوب مصب واد تانسيفت (الجزء الشمالي لساحل شياظمة)، تراجعاً واضحاً في خط الساحل بحوالي 12 متر خلال الفترة المدروسة، أما المنطقة الثانية (الجزء الجنوبي لساحل شياظمة)، فتوافق الشريط الساحلي الممتد من مدينة الصويرة إلى واد سيم، وقد عرفت بدورها تراجعاً ملحوظاً لخط الساحل يقدر بحوالي 7.56 متر. وبخصوص سرعة التغير فقد بلغت وثيرة التراجع خلال سنة 2024 في الجزء الشمالي لخط الساحل إلى 0.60م/سنة، بينما وصلت وثيرة التراجع خلال نفس السنة في



المنطقة الثانية أي الجزء الجنوبي لساحل شياظمة إلى 0.38م/سنة.

#### 2.4.3 - الأثر السوسيواقتصادي:

عرفت المجالات الولجية بالمجال تدهوراً كبيراً في الإنتاجية الزراعية الحالية مقارنة مع سنوات سابقة، نتيجة تدهور المنظومة البيئية الساحلية. وقد أكد عدد كبير من فئة الفلاحين خلال الزيارات الميدانية عن تراجع مهم في المساحة المزروعة بالمجالات الولجية، فبعدما كانت ولجة أقرمود تشتهر بإنتاج الجلبان والبصل والجزر بشكل كبير، حيث كان أغلب الإنتاج يوجه للتصدير بالأسواق الوطنية. تراجع الإنتاج الزراعي نتيجة تراجع الموارد المائية، وتدهور جودتها بفعل الملوحة المرتفعة، إضافة إلى تعرض بعض الآبار للردم بفعل ظاهرة الإرمال بساحل شياظمة. هذا ناهيك عن تضرر قطاعي السياحة والصيد البحري بالصويرة، وقد تمثل ذلك من

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

خلال تراجع عدد معامل تصبير سمك السردين، حيث كان عدد هذه المعامل في العقود الماضية حوالي 24 معمل، إضافة إلى تراجع في عدد الفنادق ودور الضيافة الحالية، بعدما كانت تتجاوز قديماً 90 فندق.

في هذا السياق، يسجل مجال الدراسة تنامياً ملحوظاً لظاهرة الهجرة الداخلية، إذ تعد جهة مراكش - آسفي التي ينتمي إليها المجال إدارياً أكثر الجهات المغربية تأثراً بهذه الظاهرة، حيث تفقد سنوياً نسبة مهمة من ساكنتها القروية، خصوصاً إقليم الصويرة، الذي يسجل هجرة داخلية تتراوح ما بين 18% و25%، وتتجه هذه الهجرات أساساً من الجماعات الساحلية مثل **مولاي بوزرقطون، إسحاق، أفرمود، أوناغة والصويرة** نحو المراكز الحضرية المجاورة كمدينة الصويرة ومراكش، أو نحو مدن كأكادير والدار البيضاء. وترتبط هذه الدينامية بعدة عوامل، من أبرزها التدهور البيئي وانعكاساته السلبية على المستوى الاقتصادي والاجتماعي.

### 5.3 - الاستجابات والتدابير المتخذة في تدبير الساحل:

تشكل الاستجابة الحلقة الأهم ضمن مقاربة **DPSIR**، فهي تعكس مجموع الإجراءات والتدابير المتخذة من طرف الفاعلين والمعنيين بتدبير المجال الساحلي، والتي من شأنها الحد أو التخفيف من المشكلات البيئية الناتجة عن تعدد الأنشطة البشرية. ومن أهم التدابير التي تمت برمجتها بساحل شياظمة نذكر:

#### - تدبير النفايات السائلة:

تم إنجاز محطة معالجة المياه العادمة بالصويرة سنة 2012 على مساحة تبلغ 15 هكتار. وشرع في توسيعها في يوليوز سنة 2021، وهي تعمل بواسطة الأحواض الطبيعية المشبعة بالهواء، للتخفيف من حدة الروائح الصادرة منها، بقدرة استيعابية حالية تبلغ 5500 متر<sup>3</sup>/اليوم، أي حوالي 2 مليون متر<sup>3</sup> سنوياً. ومن المرتقب كذلك، انطلاق أشغال مشروع محطة معالجة المياه العادمة في الصويرة الجديدة (الغزوة)، ويتوخى هذا المشروع معالجة المياه العادمة لحوالي 20 ألف من الساكنة بطاقة استيعابية تقدر بحوالي 1000 متر<sup>3</sup>/اليوم.

#### صورة 2

أشغال توسيع محطة معالجة المياه العادمة بالصويرة



المصدر: التقاط شخصي بتاريخ 2022/07/26

#### - برامج إعادة تأهيل الغطاء الغابوي وتثبيت الكثبان الرملية:

تمت برمجة عدة برامج بهدف صيانة وتعزيز هذه الوظائف كركيزة أساسية للتخفيف أو الحد من اختلالات النظم البيئية الغابوية. وسنعمل على جردها كالتالي:

- البرنامج العشري لتأهيل غابة الأركان ما بين 2015 - 2024: هو برنامج يهدف إلى إعادة تأهيل غابة الأركان بإقليم الصويرة بشكل عام، امتد على مدى 10 سنوات ابتداء من سنة 2015 إلى غاية 2024، وقد حقق مجموعة من الإنجازات خلال الفترة الممتدة ما بين (2015 - 2019)، تم توضيحها في (الجدول رقم 3).

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### جدول 3.

#### تفاصيل البرنامج العشري لتأهيل غابة الأركان ما بين 2015 - 2024

| المشاريع               | الإنجازات (2015 - 2019) | العملية            | الوحدة | الأهمية سنوياً | الاعتمادات (درهم/ سنوياً) | الأهمية | الاعتمادات (درهم) |
|------------------------|-------------------------|--------------------|--------|----------------|---------------------------|---------|-------------------|
| تخليف الغابات الطبيعية | 2361                    | 21 مليون و 249 ألف | هكتار  | 6000           | 78 مليون                  | 820     | 2 مليون و 460 ألف |
| تحسين المراعي          | 10 مليون                | 2000               |        |                |                           |         |                   |
| إنتاج الشتائل          | 2 مليون و 700 ألف       | 1.800.000          |        |                |                           | 600.000 | 900 ألف           |

المصدر: المديرية الإقليمية للمياه والغابات ومحاربة التصحر بالصويرة 2022

- البرنامج العشري لتأهيل غابة العرعار ما بين 2015 - 2024: هو برنامج يهدف إلى إعادة تأهيل غابة العرعار، يمتد على مدى 10 سنوات ابتداء من سنة 2015 إلى غاية 2024، ولازال البرنامج قائماً على غرار البرنامج السابق إلى غاية اكتمال الأهداف المرجوة.

### جدول 4

#### تفاصيل البرنامج العشري لتأهيل غابة العرعار ما بين 2015 - 2024

| المشاريع               | الإنجازات (2015 - 2019) | العملية            | الوحدة | الأهمية سنوياً | الاعتمادات (درهم/ سنوياً) | الأهمية | الاعتمادات (درهم)  |
|------------------------|-------------------------|--------------------|--------|----------------|---------------------------|---------|--------------------|
| تخليف الغابات الطبيعية | 2500                    | 20 مليون و 150 ألف | هكتار  | 5000           | 58 مليون                  | 2500    | 20 مليون و 150 ألف |
| إنتاج الشتائل          | 2 مليون                 | 2.000.000          |        |                |                           | 600.000 | 900 ألف            |

المصدر: المديرية الإقليمية للمياه والغابات ومحاربة التصحر بالصويرة 2022

### 4. الاستنتاجات والتوصيات

يظهر تحليل المنظومة البيئية الساحلية لسياظمة وفق مقاربة DPSIR تداخلا معقدا بين العوامل الطبيعية والعوامل البشرية، الشيء الذي نتج عنه تدهور ايكولوجي متعدد الجوانب. فقد أبانت هذه الدراسة عن هيمنة القوى الدافعة المرتبطة بالنمو الديمغرافي وتعدد الأنشطة الاقتصادية، إلى جانب التوسع الحضري، وما رافقها من ضغوط بيئية تمثلت في الاستغلال المكثف للرمال الساحلية، مع تصريف الملغوظات في مجاري الأودية وبالوسط البحري. أثرت هذه الضغوط بشكل مباشر على حالة النظام البيئي من خلال اختلال التوازنات الإيكولوجية وتدهور الموارد الطبيعية، مما انعكس سلباً على المستوى البيئي والسوسيواقتصادي للسكان المحلية. أمام هذه الوضعية، برزت مجموعة من الاستجابات المحلية والمؤسسية، تمثلت في برمجة عدد من المشاريع والتدابير البيئية. غير أن فعاليتها تبقى محدودة ما لم تواكب برؤية تكاملية تجمع بين التدبير البيئي الرشيد، ومشاركة الساكنة المحلية في اتخاذ القرار. وبذلك، فإن مقاربة DPSIR تؤكد أن تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية وحماية البيئة الساحلية يقتضي فهماً شاملاً للعلاقات السببية بين الضغوط البشرية وحالة البيئة، من أجل صياغة استراتيجيات استباقية قادرة على ضمان استدامة الموارد الساحلية، وخلق ديناميكية اقتصادية على المستويين المحلي والوطني.

ورغم أهمية النتائج التي خلصت إليها هذه الدراسة العلمية، فإنها تظل محكومة بعدد من الحدود المنهجية والبياناتية التي ينبغي الإشارة إليها لضمان قراءة موضوعية للنتائج. فطبيعة المقاربة المعتمدة، إلى جانب خصوصيات المجال الساحلي المدروس، فرضت بعض القيود، من أبرزها محدودية المعطيات الميدانية المتعلقة بكميات الرمال المستغلة، وكذا توسع الأنشطة السياحية، وما يترتب عنها من تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على البيئة الساحلية. كما أن بعض المؤشرات البيئية، خاصة

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

تلك المرتبطة بجودة المياه الساحلية، ومياه مصبي وادي تانسيفت ولقصبوب، كانت تستدعي إجراء تحليلًا كيميائيًا وفيزيائيًا مفصلاً لتقييم خصائص هذه المياه على نحو أدق. وتبقى هذه الجوانب من المواضيع التي تستوجب تعميق البحث فيها مستقبلاً.

وختاماً، من بين التوصيات المقترحة لضمان استدامة البيئة الساحلية، نذكر:

- ✓ تعزيز المراقبة البيئية المستمرة عبر اعتماد نظم رصد عن بعد لتتبع تغير الغطاء النباتي ودينامية خط الساحل بشكل دوري.
- ✓ إنشاء مؤسسة مستقلة مختصة في الحوكمة البيئية كفيلة بالتنسيق مع مختلف الفاعلين والشركاء في وضع التصورات المستقبلية المزمع إقامتها في احترام تام لمقتضيات قانون الساحل رقم 81.12.
- ✓ إدماج نتائج الدراسات العلمية في التخطيط الترابي، خصوصاً عند إعداد وثائق التعمير وبرامج التهيئة الساحلية، لضمان توافق المشاريع التنموية مع قدرات النظام البيئي المحلي.
- ✓ تطوير بدائل اقتصادية مستدامة للسكان القرويين والساحليين (الصيد التقليدي المستدام، السياحة الإيكولوجية، تجميع المنتجات البحرية والمحلية) للحد من دوافع الهجرة.
- ✓ تحفيز الوحدات الصناعية على الأخذ بالإجراءات البيئية، واعتمادها في صناعاتهم من أجل التخفيف من الآثار البيئية المتولدة عن هذه الصناعات.
- ✓ توعية الساكنة المحلية بأهمية المحافظة على البيئة الساحلية من خلال تنمية الوعي المجتمعي.
- ✓ تعزيز البحث العلمي التطبيقي حول ديناميات السواحل المغربية، وربط نتائجه مباشرة بسياسات التنمية المستدامة والتهيئة المجالية.

### المراجع

#### المراجع العربية

- سبيلمان، ف. ر.، & وايتنغ، ن. إ. (2012). علم وتقانة البيئة: المفاهيم والتطبيقات (ترجمة الصديق عمر الصديق). بيروت، لبنان: مركز دراسات الوحدة العربية.
- شريعة، غ. (2024). الاختلالات البيئية بين التدخلات البشرية والتغيرات المناخية بساحل عبدة – شياظمة (أطروحة دكتوراه). كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة القاضي عياض، مراكش.
- هلال، ع. م. (2013). التشاور والتشارك: أهمية متزايدة في التدبير المندمج للمجالات الساحلية. مجلة المصباحية، سلسلة العلوم الإنسانية، العدد 10، ص 26-43.

#### المراجع الأجنبية

- Ahmadi, H., & Nusrath, A. (2012). *Vegetation change detection of Neka River in Iran by using remote sensing and GIS*. Journal of Geography and Geology, 2(1), 58–67.
- Cherifi, O., Sabri, H., Gharmali, A., Maarouf, A., Hasni, M., Cherifi, K., Ait-Hmane, A., Derhem, A., Bahammou, N., & Sbihi, K. (2018). *Variation spatio-temporelle des métaux traces (Cr, Cu, Pb, Zn) chez la laminariale Saccorhiza polyschides au niveau du littoral de la région d'Essaouira*. SMETox Journal, 1(1), 53–58.
- Goulven, J. (1917). *Le cercle des Doukkala au point de vue économique* (p. 10). Paris: Ed. Emile Larose.
- Huang, S., et al. (2020). *A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing*. 32(1), 1–6.
- <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Royaume du Maroc. (2019). *Monographie locale de l'environnement - Essaouira* (pp. 27–28). Maroc.

Smaij, Z. (2011). *Typologie de la qualité des ressources en eaux du bassin de Tensift Al-Haouz et cadre juridique de protection et de préservation* (Mémoire de Master). Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech.

## أهمية الاستشعار عن بعد في رصد ومقاومة التصحر حالة مدينة البيض

بكري فاطيمة الزهراء

المركز الجامعي نور البشير البيض / البيض ، الجزائر

### الملخص

يعتبر التصحر من أبرز الظواهر البيئية التي تمثل تحدياً بالنسبة لدول العالم، ويميز خاصة المناطق الجافة والمناطق شبه الجافة، تتداخل فيه العديد من العوامل منها ما هو طبيعي ومنها ما هو بشري، وله العديد من الآثار السلبية التي تساهم في تدهور الأراضي الزراعية ومشاكل على مستوى التنوع البيولوجي وكذلك تراجع الغطاء النباتي. وفي هذا السياق، ظهرت تقنية الاستشعار عن بعد كأداة محورية لتتبع تطور ظاهرة التصحر ورصد مظاهرها، حيث تهدف هذه الدراسة إلى استخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد للحفاظ على البيئة ومتابعة أهم التغيرات، معتمدين بذلك على المنهج الوصفي التحليلي للإحاطة بالموضوع في إطاره النظري، لننتقل بعدها إلى استخدام منصة الحوسبة المكانية GEE لتحليل مدينة البيض كحالة لدراستنا، التي تم فيها التركيز على تقييم كثافة وتغير الغطاء النباتي خلال عشر سنوات انطلاقاً من سنة 2014 إلى 2024. لتتوصل أخيراً إلى فهم أهم الاختلافات التي حصلت في هذه المدة، كما توصلت الدراسة إلى جملة من الاستنتاجات وأهمها أن المدينة تعاني من خطر التصحر والترمل وتغيرات على المستوى البيئي وهذا ما تبين من خلال تفسير وتحليل المراثيات الفضائية ولمجابهة هذه التحديات والتحكم فيها تم وضع مجموعة الاستراتيجيات التي اتخذتها الدولة الجزائرية في مكافحة التصحر والتصدي له عن طريق إطلاق مشروع إعادة تأهيل السد الأخضر، وذلك في إطار تجسيد مبادئ التنمية المستدامة خاصة بعد تطبيق مجموعة من التشريعات والآليات القانونية وظهور القانون رقم 21-23 الصادر في جمادى الثانية عام 1445 الموافق لـ 23 ديسمبر 2023 والمتعلق بالغابات والثروات الغابية والذي أولى أهمية كبيرة للحفاظ على الثروة الغابية وحماية الأراضي ومكافحة التصحر، وهو خطوة مهمة لحماية الثروة الغابية الوطنية والتنوع الإيكولوجي والبيئي للبلاد.

**الكلمات المفتاحية:** التصحر، الاستشعار عن بعد، مؤشر الغطاء النباتي الحوسبة المكانية. إعادة تأهيل السد الأخضر



## The Importance of Remote Sensing in Monitoring and Combating Desertification - Case of El Bayadh City –

Bekri Fatima Zohra

Nour El Bachir University Center Of El Bayadh

### Abstract

Desertification is considered one of the most prominent environmental phenomena, posing a significant challenge for countries worldwide. It particularly affects arid and semi-arid regions and results from the interplay of multiple elements, both natural and anthropogenic. It has numerous negative impacts, including the degradation of agricultural lands, threats to biodiversity, and the decline of vegetation cover. In this context, remote sensing technology has emerged as a central tool for monitoring and tracking the progression of desertification and its consequences. This study aims to employ remote sensing applications to support environmental preservation and monitor key changes. The research adopts a descriptive analytical approach to examine the subject within its theoretical framework. Additionally, the study utilizes the Google Earth Engine (GEE) platform to analyze the city of El Bayadh as a case study. It focuses on assessing vegetation density and its changes over a ten-year period, from 2014 to 2024. The study reached a set of conclusions, the most important of which is that the city suffers from the danger of desertification and sand encroachment and changes at the environmental level. This was shown through the interpretation and analysis of satellite images. To face these challenges and control them, a set of strategies has been put in place that the Algerian state has adopted in combating and addressing desertification through the launch of the Green Dam Rehabilitation Project. This is within the framework of embodying the principles of sustainable development, especially after the application of a set of legislations and legal mechanisms and the emergence of Law Number 23-21 issued in Jumada al-Thani 1445 corresponding to December 23, 2023, related to forests and forest wealth, which gave great importance to preserving forest wealth, protecting lands, and combating desertification. It is an important step for protecting the national forest wealth and the ecological and environmental diversity of the country.

**Keywords:** Desertification, Remote Sensing, Vegetation Index, Geospatial Computing, Green Dam Rehabilitation.

### المقدمة :

التصحّر هو "تغيّر شامل في العوامل الاقتصادية والاجتماعية والطبيعية منها وغير الطبيعية والتي تؤدي إلى الإخلال بالتوازن القائم ما بين التربة والغطاء النباتي والماء في المناطق المعرضة للمناخ الجاف" (مخلوف، 2020، ص5) وهو "كلمة مستحدثة لغويا جاءت من الصحر والصحرة ويقال أصرح المكان والجمع صحاري، ويعتقد أن كلمة تصحر désertification المعروفة في اللغات الأوروبية اليوم جاءت في الأصل من اللفظة المصرية القديمة deserr ومعناها المكان المهجور ومنها اشتق الفعل اللاتيني deserve والتي تعني المكان القاحل desetutus وتعني أيضا مكانا متروكا ومهجورا" (المحبشي، البطيحي، 1999، ص16).

وحسب نص المادة 1 من الاتفاقية الدولية حول مكافحة التصحر فإن التصحر هو عبارة عن تردي الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة شبه الرطبة، نتيجة للعديد من العوامل المختلفة. وعرفه (عابد، 2008، ص60) "تدهور عنصر أو أكثر من عناصر النظم الإيكولوجية مؤديا بذلك إلى تراجع خصائصها النوعية، وتدني قدرتها الإنتاجية إلى درجة أن تصبح فيها النظم عاجزة عن إعالة من يعيش فيه".

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

وأصبح يعرف حديثاً بمفهومه العام يعني "تجريد الأرض من غطاءها النباتي وتدهور قدرة التربة على الإنتاج سواء كان ذلك نتيجة عوامل التعرية والانجراف الناتج عن ظروف مناخية جفافية أو نتيجة لممارسات بشرية جائرة في عمليات قطع الأشجار أو الرعي أو الزراعة المختلفة وتبدو ملامح التصحر في شكل زيادة تكرار العواصف الغبارية، وزحف الكثبان الرملية على الطرق والمزارع والواحات، وانحسار الغطاء النباتي، وتناقص التنوع الحيوي الذي يظهر في شكل انقراض لكثير من الأنواع النباتية والحيوانية" (مقلي، 2025، ص29)

ومن خلال التعاريف السابقة يمكننا أن نحصل تعريف التصحر على أنه من بين الأزمات البيئية التي تداخلت فيها مجموعة من العوامل البشرية والطبيعية أبرزها تغير المناخ التي أدت بدورها إلى العديد من العواقب المتمثلة في تراجع وتدهور الغطاء النباتي، نقص الموارد الطبيعية، تدهور التربة واختلال التوازن البيئي.

ولمواجهة ومقاومة ظاهرة التصحر، عملت الجزائر على تنفيذ أليات واستراتيجيات تشمل مشاريع إعادة تأهيل السد الأخضر بعد "تناقص مساحة الغابات من 5 إلى 3 مليون هكتار" (فندوشي، 2025) في العديد من ولايات الوطن حيث ركزت الاستراتيجية على عمليات التشجير وإعادة الحيوية للمناطق المتدهورة عن طريق برنامج دعم فلاحي في المناطق المتضررة.

ركزت هذه الدراسة إلى التطرق إلى تقنية الاستشعار عن بعد واستخدام منصة الحوسبة السحابية لدراسة وتحليل ظاهرة التصحر، معتمدين بذلك على تقييم مؤشر الغطاء النباتي الذي يساعد في رصد الظاهرة وتحديد المناطق المتضررة وتتبعها.

**مشكلة الدراسة :** يمكن صياغة مشكلة الدراسة على النحو الآتي:

1- كيف يمكن لتقنية الاستشعار عن بعد أن تساهم في دراسة وتحليل مظاهر التصحر وتتبعها زمنياً ومكانياً وماهي أهم الاستراتيجيات العملية للحد منه ومقاومته؟

2- ماهي أهم الاستراتيجيات المعمول بها في الجزائر لمكافحة التصحر والتصدي له؟

**أهداف الدراسة:** يمكن توضيح أهداف الدراسة كالآتي :

المخطط (01) يوضح أهداف الدراسة

تحديد فعالية تقنية الاستشعار عن بعد في تقييم مؤشرات



التطرق إلى أهم المؤشرات الطيفية الأكثر استعمالاً في هذا



إبراز بعض النماذج العملية والتطبيقية في المناطق المتدهورة بالتصحر



تقديم رؤية شاملة مع إعطاء بعض التوصيات في مجال حماية البيئة

ومن أجل تحقيق أهداف الدراسة تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي المحدد بمجموعة من الطرق الدقيقة، الأقرب لموضوعنا، حيث تم التطرق إلى مفهوم التصحر وتم مراجعة الأدبيات العلمية التي تناولته وتطبيقات الاستشعار عن بعد في رصد ظاهرة التصحر وذلك للإحاطة بمشكلة البحث في إطارها النظري لننتقل فيما بعد إلى الاعتماد على الأليات العملية في تحليل منطقة

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الدراسة والتي تم فيها اختيار مدينة البيض التي تقع في الجنوب الغربي للجزائر كدراسة حالة مستخدمين بيانات الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية ودورهما في تقييم الغطاء النباتي .

### 1- مفهوم الاستشعار عن بعد

يعرف الاستشعار عن بعد أنه "علم وفن الحصول على معلومات عن جسم أو ظاهرة ما من مسافات أو ارتفاعات مختلفة باستخدام أجهزة تحسس واستشعار متنوعة ودقيقة تكون محمولة في الطائرات أو الأقمار الصناعية أو المركبات الفضائية ومن ناحية فيزيائية يعرف انه مراقبة وقياس قوة الاشعاع الممتص والمنعكس من الظواهر الموجودة على سطح الأرض أو المحيطات أو المجال الجوي وذلك ضمن موجات كهرومغناطسية ذات أطوال مختلفة" (المتشيري، الزريعي 2021، ص39)

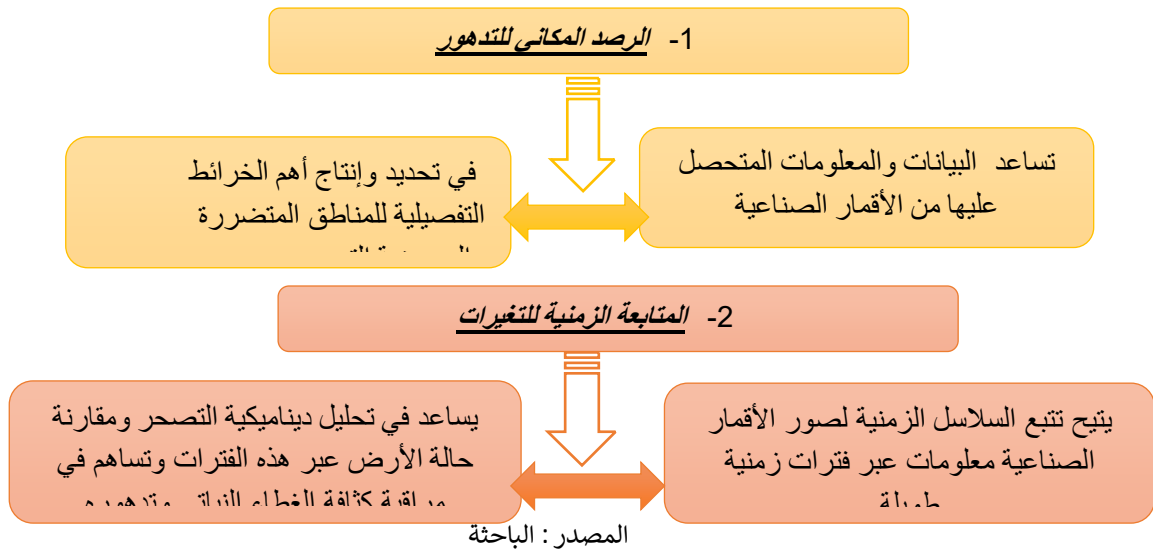
2- **مظاهر التصحر القابلة للرصد:** تعتبر صور الأقمار الصناعية "إحدى أقوى وأهم المصادر للحصول على البيانات التي تقدم معلومات أنية وقيمة عن أي منطقة وتعطي تمثيل واقعي ودقيق لما يحصل في جميع المناطق المختلفة" (المتشيري، الزريعي 2021، ص39). ومن خلال الصور الفضائية يمكن تحديد مؤشرات دقيقة تدل على التدهور البيئي كما هي موضحة في المخطط الموالي:

المخطط (02) يوضح أهم المؤشرات التي توضحها الأقمار الصناعية

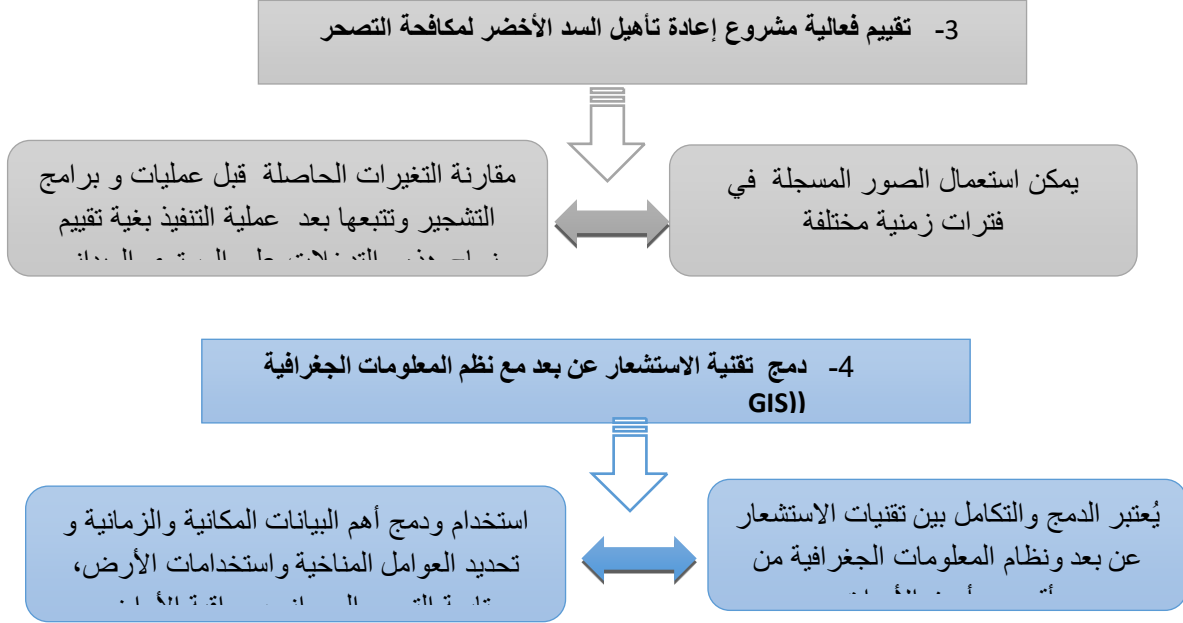


3- **تطبيقات الاستشعار عن بعد في مكافحة التصحر:** يمكن لتقنية الاستشعار عن بعد تتبع ورصد ظاهرة التصحر مكانيا وزمانيا:

المخطط (03) يوضح كيفية تتبع الظاهرة مكانيا وزمانيا



المخطط (04) يوضح كيفية تقييم مشاريع مكافحة التصحر



المصدر : الباحثة

#### 4- تعريف مؤشر الغطاء النباتي :

يعتبر مؤشر الغطاء النباتي المعياري ( NDVI من "المؤشرات الطبيعية الأكثر استخداما في مجال تحليل صور الأقمار الصناعية ودراسة الغطاء النباتي، حيث يعطينا الحالة الصحية للنبات ومقدار قيمة الغطاء النباتي في أي منطقة، وكذلك لتقدير حساسية الأراضي للتصحر وغيرها من الظواهر الطبيعية " ( بوبكرو أجبالي، 2023، ص43).

و"يحسب وفق معادلة رياضية بسيطة تستخدم لتقدير نمو الغطاء النباتي بنشاط في موقع محدد ؛ تم إنشائه حيث يتوافق مع أن القيم الأكبر تشير إلى احتمالات أعلى للعثور على نباتات خضراء فعليا في الموقع المحدد ووقت المراقبة" (نوفل ، 2021، ص 54)

تستخدم مختلف أجهزة الاستشعار عن بعد العديد من المؤشرات ومنها مؤشر الغطاء النباتي ويعود الأساس في تطوير هذا المؤشر إلى أن بعض النطاقات الطيفية في الاستشعار عن بعد يمكن أن تكشف عن معلومات عن الغطاء النباتي ومنها (هيكل الغطاء النباتي، حالة الغطاء النباتي، قدرته على التمثيل الضوئي، كثافة الأوراق وتوزيعها، محتوى الماء في الأوراق، نقص المعادن) وتلك النطاقات الطيفية تكون حساسة لعامل واحد أو أكثر من العوامل المذكورة (Genesis, 2015, p 10)

وهو "مؤشر يمثل دلي على كثافة الغطاء النباتي ويعتمد في حسابه على تباين خصائص تفاعل الكلوروفيل الموجودة في النبات مع الإشعاع الكهرومغناطيسي ويستخدم على نطاق واسع في مراقبة الجفاف ، ومراقبة الإنتاج الزراعي والتنبؤ به ، والمساعدة في التنبؤ بمناطق الحرائق الخطرة . ولحساب NDVI يجب أن تتوفر ضمن بيانات الاستشعار نطاق يغطي المنطقة الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي ونطاق آخر يغطي المنطقة تحت الحمراء .

- حيث في حالة النبات السليم والذي يوجد فيه عملية التمثيل الضوئي عند سقوط الإشعاع الكهرومغناطيسي "الأشعة الحمراء" على هذا النبات جزء كبير منها يتم امتصاصه ولكن عند سقوط الأشعة تحت الحمراء على هذا النبات يتم امتصاص قسم منها ويعكس نسبة كبيرة .

- في حالة النبات المريض عند سقوط "الأشعة الحمراء" يعكس جزء كبير وعند سقوط "الأشعة تحت

الحمراء فإن الكمية المنعكسة من هذه الأشعة أقل منها في حالة النبات السليم .

تتدرج قيمة NDVI ما بين (1 و-1)

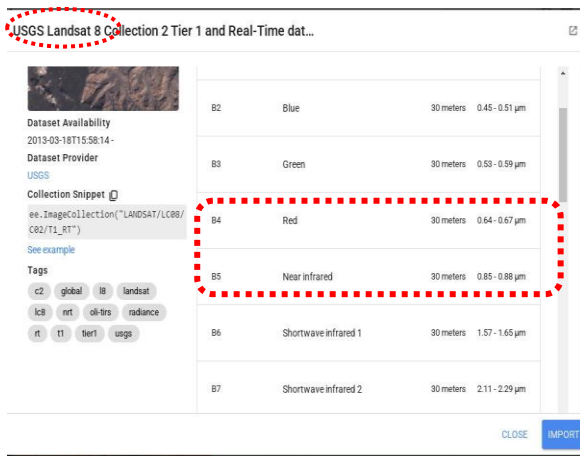
ما بين (1 و 0) تمثل غطاء نباتي سليم ومناطق نباتية

ما بين (صفر و-1) لا يمثل غطاء نباتي فيمثل أي شيء لا يحتوي على الكلوروفيل مثل الأراضي الفارغة والمناطق المائية والحضرية" (بارود، 2019، ص388)

وفيما يخص المرئيات (8) Landsat، فيستخرج مؤشر الغطاء النباتي فيها من النطاقين (4 BAND و 5 BAND)، أما المرئيات ( ) Sentinel فيستخرج مؤشر الغطاء النباتي فيها من النطاقين (4 BAND و 85). كما هو موضح في الصورة التالية.

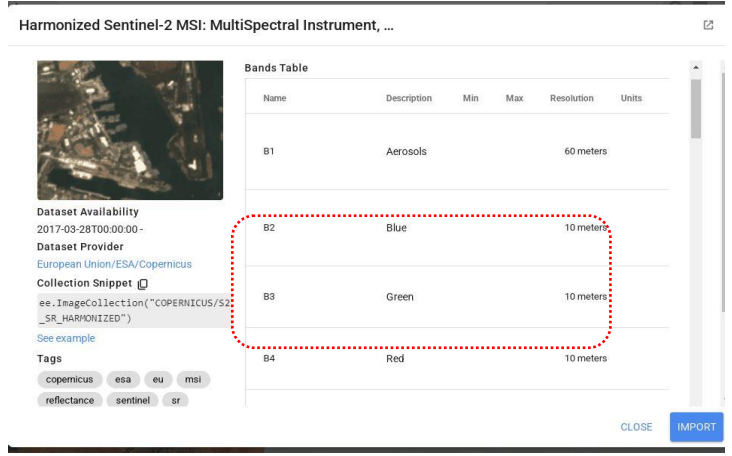
الصورة (01، 02) توضح أهم النطاقات المستعملة في الأقمار الصناعية

USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data...



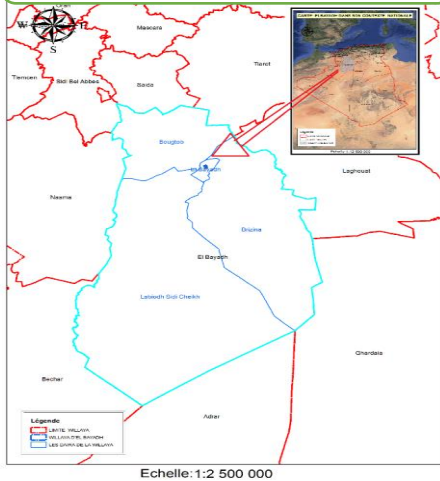
| Band | Color                | Resolution | Wavelength Range |
|------|----------------------|------------|------------------|
| B2   | Blue                 | 30 meters  | 0.45 - 0.51 µm   |
| B3   | Green                | 30 meters  | 0.53 - 0.59 µm   |
| B4   | Red                  | 30 meters  | 0.64 - 0.67 µm   |
| B5   | Near Infrared        | 30 meters  | 0.85 - 0.88 µm   |
| B6   | Shortwave Infrared 1 | 30 meters  | 1.57 - 1.65 µm   |
| B7   | Shortwave Infrared 2 | 30 meters  | 2.11 - 2.29 µm   |

Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, ...



| Band | Color    | Resolution |
|------|----------|------------|
| B1   | Aerosols | 60 meters  |
| B2   | Blue     | 10 meters  |
| B3   | Green    | 10 meters  |
| B4   | Red      | 10 meters  |

الصورة (03) موقع مدينة البيض و حدودها الادارية



##### 5- التعريف بمنطقة الدراسة :

تقع ولاية البيض في الجنوب الغربي للجزائر وتربع على مساحة تقدر ب 696.70 71 كلم<sup>2</sup> (PATW, 2008, P19) كما توضحها الصورة (03) ،تغطي ولاية البيض ما يقارب نصف المجال الطبيعي ذي الطابع السهبي في البلاد. ويمنحها مناخها شبه الجاف القاري البارد، الذي تتراوح كمية التساقط فيه بين 100 و 300 ملم، صفتها كولاية سهبية. حيث تعد إقليما سهبيا مميزا من حيث المناخ والمورفولوجيا، إذ تتسم بمناخ شبه جاف بارد وتضاريس منبسطة يتميز بتنوع مورفولوجي يتجلى في ثلاث وحدات كبرى:

السهول العليا السهبية بما فيها منخفض الشط الشرقي، والأطلس الصحراوي ، والمنطقة ما قبل الصحراوية الممتدة إلى غاية مشارف العرق الغربي الكبير. ويعد استواء التضاريس والغطاء النباتي السهبي المتناثر من أبرز مكونات المشهد الطبيعي لهذا الإقليم، إذ تسوده نباتات سهبية متفرقة مثل الشج والحلفاء . كما تمتلك الولاية ما يقارب ثلاثة أرباع القدرات الرعوية في منطقة



الهضاب العليا الغربية ما يجعلها عنصرًا محوريًا في المنظومة الجغرافية-الاقتصادية للمنطقة (PATW, 2013, P6))

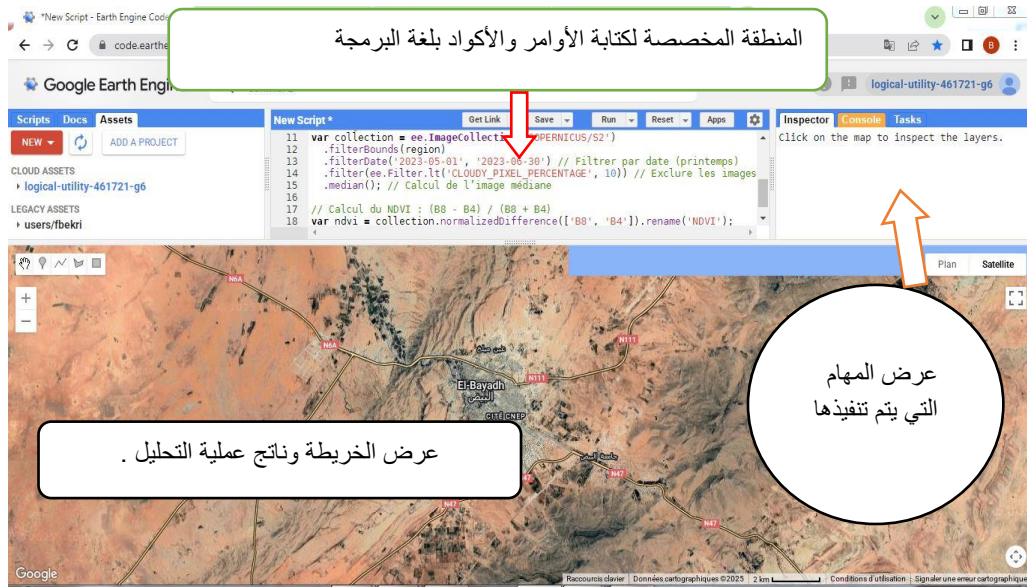
#### 6- رصد حالة الغطاء النباتي بالاعتماد على منصة Google Engine Earth

تعتبر ظاهرة التصحر من أبرز التحديات البيئية خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يتناقص معدل الإنتاج الأراضي نتيجة لتغير المناخ والأثر السلبي للعامل البشري. ويبرز دور الرصد والتنبؤ لهذه الظاهرة ومراقبتها وتتبعها خطوة أساسية في و تسيير الموارد الطبيعية، عن طريق وضع آليات واستراتيجيات للتخفيف والحد من عواقبها. ومع التطور التكنولوجي لتقنيات الاستشعار عن بعد، أصبحت المنصات السحابية مثل Google Earth Engine أدوات قوية وفعالة في تحليل ودراسة هذه الظاهرة بصفة دقيقة عبر فترات زمنية مختلفة قصد تتبع ومراقبة تطور ظاهرة التصحر. حيث اعتمدنا على منصة GOOGLE EARTH ENGINE نظرا لاحتوائها على "البيانات الضخمة للاستشعار عن بعد" كما تقوم بتحليل هذه البيانات وعمل معالجات لها بكل سهولة ومرونة؛ حيث قامت شركة Google بدمج مجموعة البيانات الكبيرة جدا بيانات الاستشعار عن بعد وربطها بموارد الحوسبة السحابية لإتاحة واحدة من أكبر المنصات المستخدمة لمجموعات البيانات لدراسة موارد الأرض للمجتمع العلمي" (نوفل، 2021، ص 4)، ومن مزايا استخدام هذه المنصة

"سهولة الحصول على البيانات الصحيحة وإمكانية تنزيلها بسهولة لتوفرها على الانترنت.

-إمكانية اجراء العمليات الحسابية المعقدة والتي يصعب القيام بها على برامج الخاصة بتحليل بيانات الإستشعار عن بعد".  
(نوفل، 2021، ص 8)

الصورة (04) توضح واجهة المنصة



باستخدام منصة Google Earth Engine يمكن تحليل تطور الغطاء النباتي في مدينة البيض، والتي "تعد من المناطق شبه الجافة الأكثر تضررا من الاشكالية البيئية المرتبطة بتدهور السهوب نظرا لامتداد هذه الأخيرة من نصف مساحتها الاجمالية بأكثر من 50 بالمئة" (PATW, 2013, p24). حيث تم اختيار بيانات Landsat من سنة 2014 إلى غاية سنة 2024، وحساب NDVI لكل سنة، ثم إنشاء مخطط بياني يوضح التغيرات الحاصلة، والتمثلة في إنخفاض تدريجي في قيم المؤشر الذي يدل على تدهور حاد في الغطاء النباتي بسبب عامل الجفاف وتناقص نسبة الأمطار السنوية والنشاط البشري خاصة في مجال الرعي الجائر الذي هو من أهم المشاكل التي تهدد المنطقة.



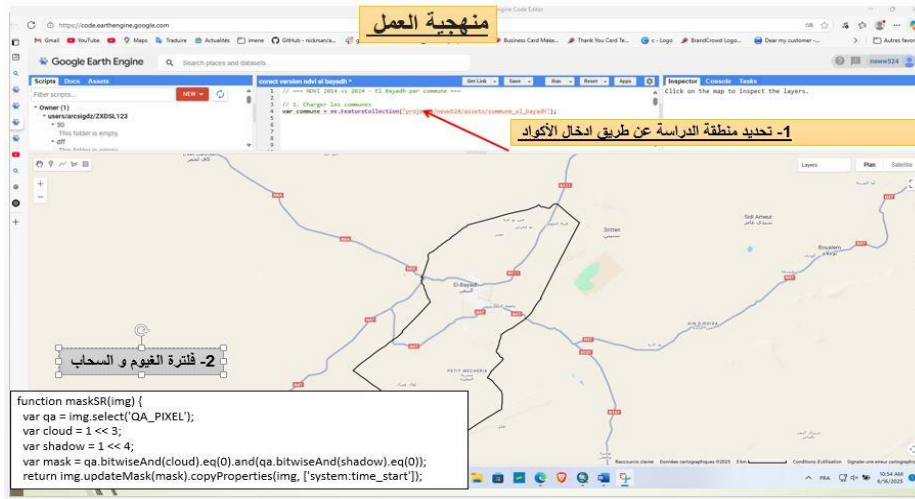
## 7- خطوات تحليل ظاهرة التصحر على Google Earth Engine

أ- اختيار الصور الفضائية المناسبة لتحديد منطقة الدراسة بإدخال الكود الموضح في الصورة المالية

```
var commune = ee.FeatureCollection("projects/neww524/assets/commune_el_bayadh");
```

ب- فلتر الغيوم والسحاب

الصورة (05) توضح تحديد منطقة الدراسة



المصدر: الباحثة

يتم فلتر واستبعاد الصور التي تحتوي على الغيوم أو السحب والتي قد تؤثر على النتائج: من خلال تحديد Google Cloud Score والذي يتم تطبيقه من خلال مجموعة أوامر والأكواد المحددة في بيئة GEE، وقد تم تطبيق هذه الفلتر على منطقة الدراسة من خلال إدراج الكود الخاص بالبرمجة كما توضحها الصورة التالية

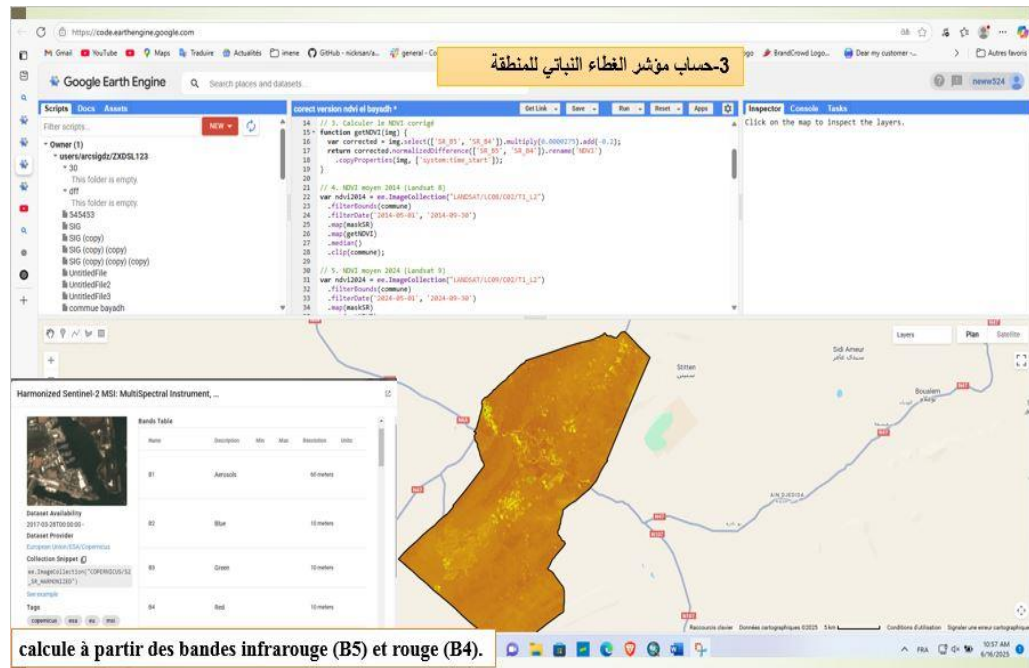
```
function maskSR(img) {
  var qa = img.select('QA_PIXEL');
  var cloud = 1 << 3;
  var shadow = 1 << 4;
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloud).eq(0).and(qa.bitwiseAnd(shadow).eq(0));
  return img.updateMask(mask).copyProperties(img, ['system:time_start']);
}
```

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

ت- حساب مؤشر NDVI لكل سنة على حدى يتم حساب NDVI لكل سنة : تم تحديد الأطياف التي يتم العمل عليها من أجل اجراء التحليل و التي تتضمن النطاقين B4, B5 ،وقد تم تطبيق الكود البرمجي التالي

```
function getNDVI(img) {
  var corrected = img.select(['SR_B5', 'SR_B4']).multiply(0.0000275).add(-0.2);
  return corrected.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('NDVI')
  .copyProperties(img, ['system:time_start']);
}
```

الصورة(06) توضح : أماكن تواجد الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة



المصدر: الباحثة

يعتبر مؤشر الغطاء النباتي المعياري ( NDVI) أحد أكثر المؤشرات استخداما و شيوعا في تقييم حالة وتطور الغطاء النباتي. فهو يعتمد على تحليل الانعكاس الطيفي للنباتات (الأشعة الحمراء والقريبة من تحت الحمراء) لتحديد مدى كثافتها وصحتها. حيث يشير انخفاض قيم ال NDVI عادة إلى تراجع الغطاء النباتي ، وهو ما يمكن اعتماده كمؤشر لرصد و تتبع ظاهرة التصحر بالمنطقة .

ث- تحليل التغير الزمني:

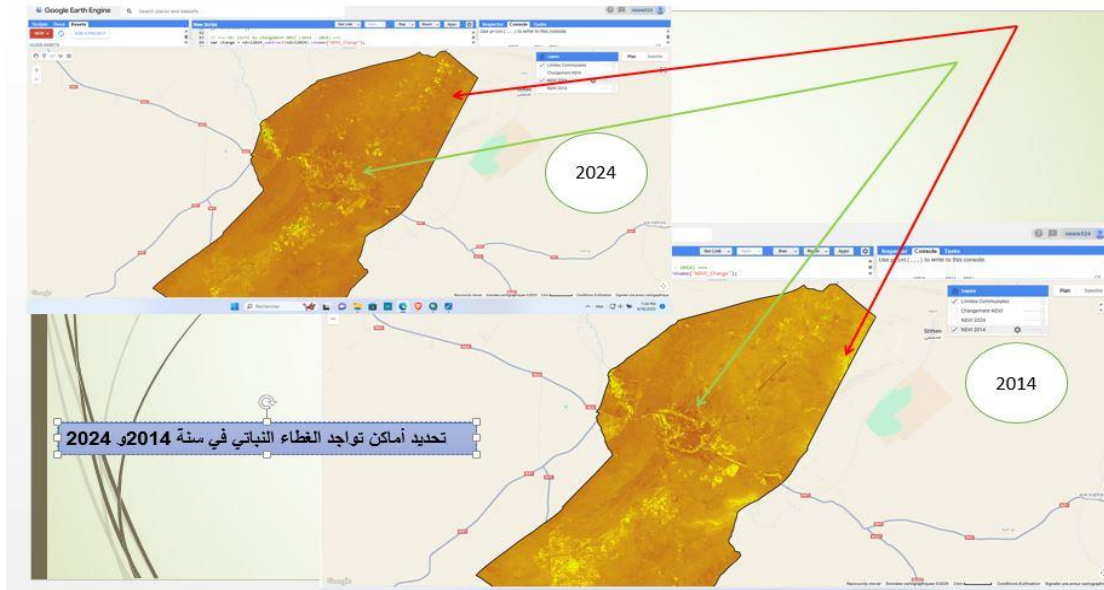
يسمح استخدام منصة الحوسبة السحابية ( GEE) لحساب مؤشر الغطاء النباتي المعياري ( NDVI) عبر عدة فترات زمنية طويلة ومقارنة النتائج المتحصل عليها من أجل انتاج خرائط توضح أهم التغيرات الظاهرة وتحديد المناطق المعرضة للتدهور, حيث يتم استخراج متوسط NDVI لكل سنة أو موسم محدد ثم مقارنة هذه الفترات المختلفة للتنبؤ بمدى تراجع مستوى الغطاء النباتي أو مدى تحسنه في المنطقة .حيث تم مقارنة التغير الزمني خلال 10 سنوات من سنة 2014 إلى غاية سنة 2024 من شهر ماي إلى سبتمبر حيث تم استخدام الكود البرمجي كما هو موضح في الصورة الموالية

```
var ndvi2014 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
  .filterBounds(commune)
  .filterDate('2014-05-01', '2014-09-30')
  .map(maskSR)
  .map(getNDVI)
  .median()
  .clip(commune);
```

```
var ndvi2024 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_L2")
  .filterBounds(commune)
  .filterDate('2024-05-01', '2024-09-30')
  .map(maskSR)
  .map(getNDVI)
  .median()
  .clip(commune);
```

```
Map.centerObject(commune, 8);
Map.addLayer(ndvi2014, {min: 0, max: 0.6, palette: ['brown', 'yellow', 'green']},
'NDVI 2014');
Map.addLayer(ndvi2024, {min: 0, max: 0.6, palette: ['brown', 'yellow', 'green']},
'NDVI 2024');
```

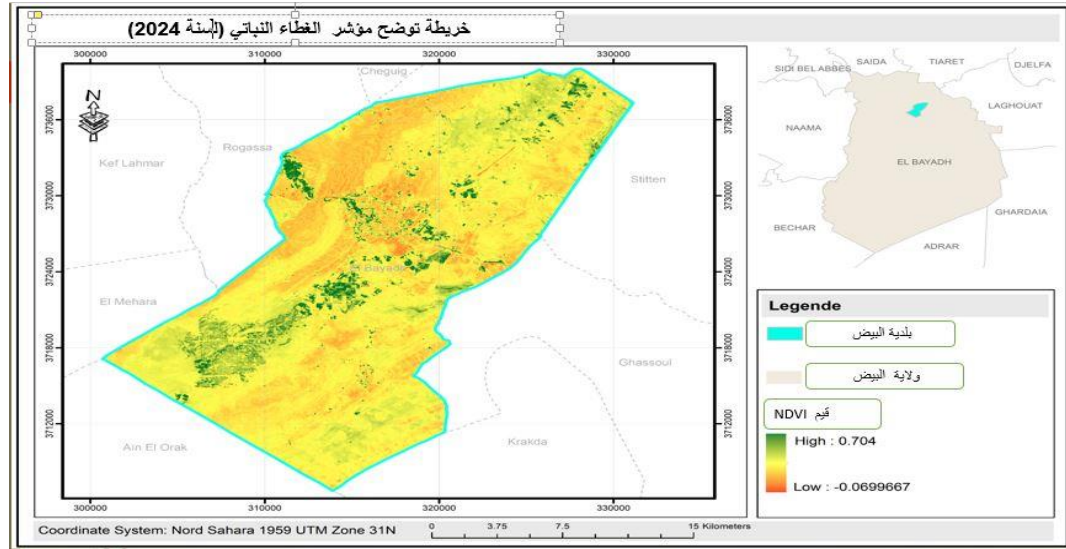
الصورة توضح (07) تناقص مؤشر الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة خلال 10 سنوات



المصدر: الباحثة

ج- إنتاج الخرائط وعرض النتائج

تتيح منصة الحوسبة المكانية ( GEE عرض مجموعة من الخرائط مباشرة أو استخراجها وبصيغ مختلفة ( GeoTIFF ليمت استخدامها ومعالجتها ودمجها في برامج نظم معلومات جغرافية مثل ( QGIS أو ArcGIS ) الصورة (07) توضح مؤشر الغطاء النباتي في سنة 2024



المصدر: الباحثة

#### 8- مناقشة النتائج :

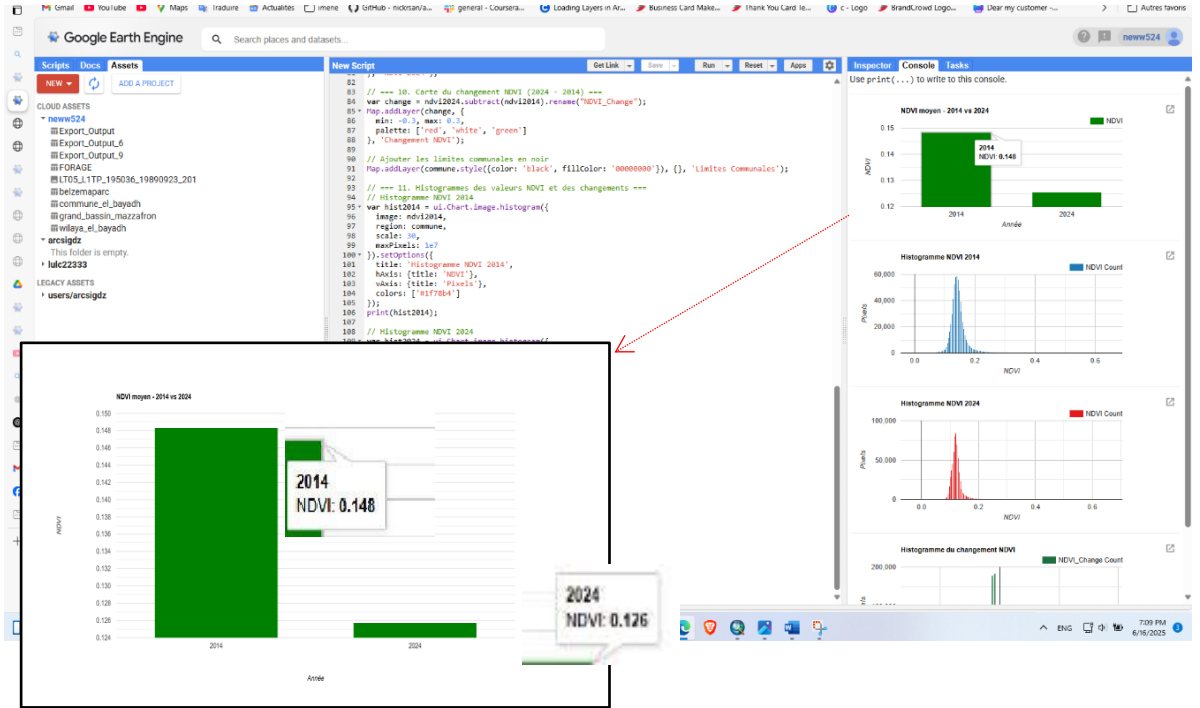
أظهرت النتائج المستخرجة من تحليل مؤشر الغطاء النباتي المعياري ( NDVI للفترة الممتدة ما بين سنة 2014 إلى سنة 2024 بعد إدخال الكود البرمجي أدناه انخفاضاً تدريجياً في قيم المؤشر في المدينة حيث سجل في  $NDVI_{2014} \approx 0.146$  و  $NDVI_{2024} \approx 0.123$  بمعدل انخفاض تقريبي يساوي 0,023 كما هو موضح في الصورة (08) يعكس هذا الانخفاض التدريجي تدهوراً واضحاً على مستوى الغطاء النباتي نظراً للعديد من العوامل الطبيعية والبشرية منها.

ويرتبط هذا الانخفاض ارتباطاً وثيقاً خاصة مع ارتفاع موجات الجفاف التي تعاني منها المنطقة بالإضافة إلى الاستغلال البشري الغير عقلاني للموارد المتاحة والمتمثل في الرعي الجائر، واستغلال الأراضي للزراعة غير المستدامة.

```
var chartData = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(null, {'year': '2014', 'NDVI': mean2014.get('NDVI')}),
  ee.Feature(null, {'year': '2024', 'NDVI': mean2024.get('NDVI')}),
]);
```

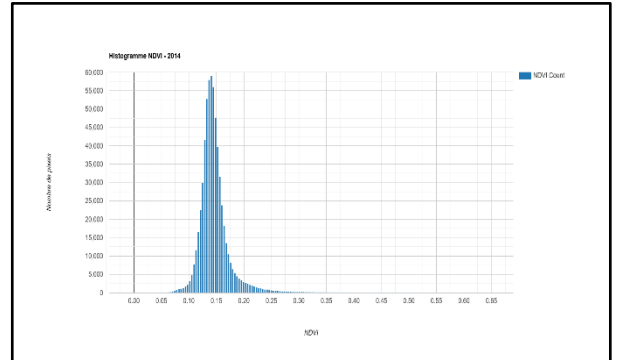
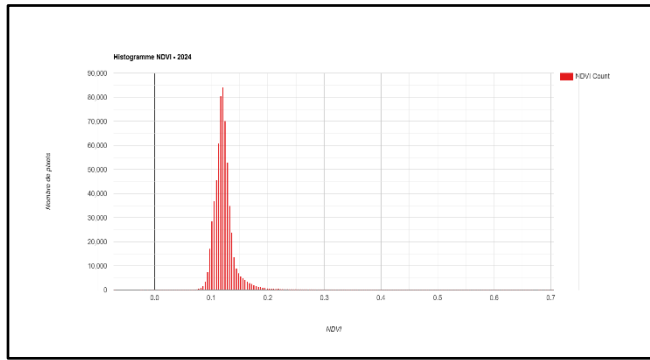
```
var chart = ui.Chart.feature.byFeature(chartData, 'year', 'NDVI')
  .setChartType('ColumnChart')
  .setOptions({
    title: 'NDVI moyen - 2014 vs 2024',
    hAxis: {title: 'Année'},
    vAxis: {title: 'NDVI'},
    colors: ['green'],
    legend: 'none'
  });
print(chart);
```

الصورة (08) توضح مقارنة تناقص الغطاء النباتي ما بين سنة 2014 و 2024



المصدر: الباحثة

الصورة (09) توضح المتوسط السنوي للغطاء النباتي



المصدر: الباحثة

يوضح التمثيل البياني المتوسط السنوي للغطاء النباتي من سنة 2014 إلى 2024 في منطقة الدراسة حيث نلاحظ تدهور ملحوظ للغطاء النباتي كما يوضحه الجدول الموالي



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الجدول (01) أسباب تدهور الغطاء النباتي بالمدينة

| الأسباب الرئيسية لتدهور الغطاء النباتي |                       | قيم المؤشر NDVI | السنة         |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| العوامل البشرية                        | العوامل الطبيعية      |                 |               |
| الرعي الجائر                           | الجفاف                | 0,146           | 2014          |
| الاستغلال غير العقلاني للغابات         | أثر التغيرات المناخية | 0,123           | 2024          |
| التوسع العمراني                        |                       | 0,023           | معدل الاختلاف |

المصدر: الباحثة

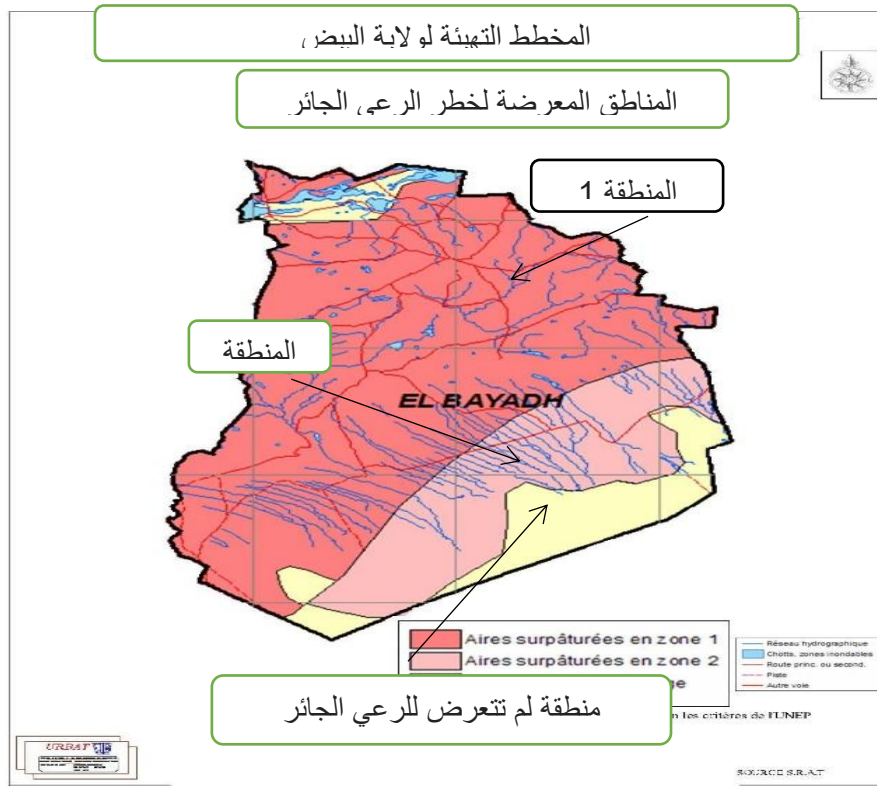
### 8-1-ارتباط النتائج بالظروف المناخية المحلية

تتسم منطقة البيض بمناخ شبه جاف، مما يجعلها عرضة لتقلبات المناخ وتراجع مستويات الأمطار السنوية. إن ضعف الغطاء النباتي في مثل هذه المناطق يزيد من سرعة التدهور البيئي، حيث يساهم في فقدان التربة لخصوبتها، وتعزيز ظاهرة انجراف التربة، ما يؤدي بدوره إلى ظهور ما يعرف بالأراضي المتصحرة.

### 8-2-دور الإنسان في تسريع التصحر

أظهرت الخرائط الزمنية المستخرجة من منصة Google Earth Engine بالاعتماد على بيانات Landsat و Sentinel وجود مناطق شهدت تغيرا سريعا ومكثفا، خاصة في ضواحي المناطق الحضرية أو على طول الطرق الرئيسية. ويفترض أن هذا التغير يعود إلى الأنشطة البشرية غير المنظمة، مثل قطع الأشجار، أو توسيع المساحات الرعوية التي حددت كخطر كما أفاد به تقرير المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير تم تقسيم المناطق المهددة بالخطر إلى منطقتين وفق ما توضحه الصورة الموالية (10).

الصورة (10) توضح المناطق المعرضة لخطر الرعي الجائر



المصدر: (مديرية التعمير والبناء، 2022)



بتصرف الباحثة

### 8-3- مكافحة التصحر ومشروع إعادة تأهيل السد الأخضر

كرست الجزائر مجموعة من التشريعات والأليات القانونية في إطار تجسيد مبادئ التنمية المستدامة خاصة بعض ظهور القانون رقم 21-23 الصادر في جمادى الثانية عام 1445 الموافق ل 23 ديسمبر 2023 والمتعلق بالغابات والثروات الغابية والذي أولى أهمية كبيرة للحفاظ على الثروة الغابية وحماية الأراضي ومكافحة التصحر حيث تطرق القانون ضمن مواده على العديد من المفاهيم الأساسية الترميل، إعادة التشجير، إعادة التأهيل والصمود ضد مخاطر التصحر والتي عرفت في المادة الثانية منه على أنه تدهور الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة اليابسة نتيجة عوامل مختلفة من بينها التغيرات المناخية والأنشطة البشرية و عرف القانون أهمية الصمود ضد مخاطر التصحر حيث يعبر عن النظام البيئي أنه صامد إذا عاد إلى مساره السابق من التعاقب التدريجي بعد اختفاء الاضطرابات الخارجية التي انحرفت عنه و لتحقيق الصمود وجب التدخل لاستعادة الظروف الإنتاجية كما هو مطلوب في بيئة الاستعادة وإعادة التأهيل (قانون رقم 21-23، 2023)

و يعتبر هذا القانون خطوة هامة لتعزيز سبل أليات حماية الثروة الغابية الوطنية والتنوع الإيكولوجي والبيئي للبلاد حيث يهدف إلى تحديد وضبط قواعد تسيير وحماية وتوسيع الثروة الغابية في إطار التنمية المستدامة واستغلال الغابات والأراضي الغابية وحمايتها من كل اشكال التعرية والانجراف وحماية الحيوانات والنباتات البرية ومكافحة التصحر وتثمين الغابات والثروات الغابية بمساهمة مختلف القطاعات (بوشقوة، معروش، 2024، ص04) الأمر الذي أدى إلى إنشاء هيئة وطنية تنسيقية للتصدي لظاهرة التصحر تكلف بضمان التنسيق بين القطاعات في إطار برامج العمل الوطنية لمكافحة التصحر والترميل ومخطط العمل لإعادة تأهيل وتوسيع وتنمية السد الأخضر (المادة 67) و تم إبراز مهامها في مجال مكافحة التصحر ومكافحة الترميل وفي مجال إعادة تأهيل السد الأخضر وتشكيلتها بموجب المرسوم التنفيذي 24-376 بتاريخ 18 نوفمبر 2024 المتضمن إنشاء الهيئة التنسيقية لمكافحة التصحر وإعادة بعث السد الأخضر

### قائمة المراجع :

- أجبالي، ص، بوبكري، (2023). تقييم التصحر من خلال تحليل مؤشري NDVI وBSI جنوب شرق طبرق، ليبيا. مجلة السلفيوم للعلوم والتقنية، 03(01)، 42-49
- المحبشي، ع. البيطحي، ع. (1999). التصحر مفهومه وانتشاره المكاني وأسبابه ونتائجه وسبله مكافحته. دار الكتب الوطنية طرابلس.
- المنتشري، م. الزريعي، و. (2021). نظم المعلومات الجغرافية والتعلم العميق. جامعة الملك سعود الجمعية الجغرافية السعودية. DOI : 005-001-016-1544/10.33948
- بارود، خ. (2019). تطبيقات الإستشعار عن بعد في برنامج نظم المعلومات الجغرافية Argis. [https://drive.google.com/file/d/1Udc63K6PtV1uINS-iRTtXUVKwMChHg-My/view?fbclid=IwDGRjcAO0ThjbGNrA6fRMWV4dG4DYWVtAjExAHNydgMGYXBwX2IkDDM1MDY4NTUzMTcyOAAHBn2PdykAgM6mxZT-pB7I6iXtCNfbl-LrkTVZ1b2Eriji5H-XlQGuFHc2u29\\_aem\\_nt8uT91Co2yuuMTs8WvwLw](https://drive.google.com/file/d/1Udc63K6PtV1uINS-iRTtXUVKwMChHg-My/view?fbclid=IwDGRjcAO0ThjbGNrA6fRMWV4dG4DYWVtAjExAHNydgMGYXBwX2IkDDM1MDY4NTUzMTcyOAAHBn2PdykAgM6mxZT-pB7I6iXtCNfbl-LrkTVZ1b2Eriji5H-XlQGuFHc2u29_aem_nt8uT91Co2yuuMTs8WvwLw)
- عابد، ع. (2008). أساسيات علم البيئة. دار وائل. الأردن.
- فندوشي، م. (2025). مدخله شفوية مقدمة ملتقى وطني إعادة تأهيل الأنظمة البيئية السهبية ومكافحة التصحر [مداخلة شفوية]. البيض، الجزائر، 17 جوان 2025
- قانون رقم 21-23 المؤرخ في 10 جمادى الثانية 1445 هـ الموافق 23 ديسمبر 2023 والمتعلق بالغابات والثروات الغابية. (2023). الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، العدد 83.
- مديرية التعمير والبناء. (2022). النسخ الرقمية الموفرة للباحثة من طرف المديرية.
- مخولف، ع. (2020). تقييم الأليات القانونية الدولية الخاصة بمكافحة التصحر في إطار علاقته بالثروة الغابية – دراسة في ضوء أحكام القانون الدولي للبيئة. مجلة الباحث للدراسات القانونية والسياسية، 04 ( 02)، 1481- 1505
- مقلي، إ. ع. م. (2025). مشاكل البيئة الحديثة والمعاصرة. منشورات مركز البحوث والاستشارات سرت دار الكتب الوطنية. <http://dspace-su.server.ly:8080/xmlui/handle/123456789/2708>

نوفل، ر. (2021). الحوسبة السحابية في تحليل بيانات الاستشعار عن بعد الضخمة .  
<https://drive.google.com/file/d/12KZDyShM7vCC4B9yHa8qPfpBZWvKo14f/view>

Genesis, y. and Others (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales (Current Status, Future Trends, and Practical Considerations. Springer Briefs in Environmental Science DOI: 10.1007/978-3-319-24112-8

Urbat (2008). Plan d'aménagement du territoire de la wilaya d'el Bayadh : rapport partie1

Urbat (2013). Plan d'aménagement du territoire de la wilaya d'el Bayadh : rapport finale troisième phase. Minisère de l'environnement.

## دور نظم المعلومات الجغرافية في تثمين واستدامة التراث العمراني والمعماري حالة مدينة وهران

بكري فاطيمة الزهراء

المركز الجامعي نور البشير البيض / البيض ، الجزائر

### الملخص:

يعتبر التراث العمراني والمعماري أحد عناصر الهوية التي تشهد على حضارات الأمم، ويعد رمزا لتاريخها الثقافي والاجتماعي، ومع تزايد التحديات البيئية، العمرانية والاقتصادية ظهرت بوادر الحفاظ عليه في العديد من دول العالم وبرزت الحاجة إلى آليات تضمن استدامة هذا التراث دون أن تؤدي إلى إهماله وتهميشه.

فتنوعت أساليب الحفاظ عليه وصيانتها ليبقى صامدا محافظا على أصالته، و تعددت القوانين والتشريعات التي ترمي إلى حمايته، زعتبر الجزائر من بين الدول التي عملت على سن مجموعة من القوانين والتي نذكر أهمها قانون الحفاظ على التراث الثقافي وقانون التدخل على الأنسجة العمرانية القديمة في كبريات المدن التي تحتوي على مواقع ومبان أثرية وتراثية ومن بينها مدينة وهران و التي اخترناها كدراسة لحالتنا التي أردنا فيها تتبع أهم مشاريع التدخل على التراث العمراني، حيث تعتبر مدينة وهران من أبرز الأمثلة التي تبرز تعددا وتنوعا في المباني التراثية الثقافية والعمرانية في الجزائر ذات الطابع العثماني والفرنسي والإسباني، حيث تواجه المدينة اليوم تهديدات متزايدة بفعل التدهور الفيزيائي للمباني التاريخية وعدم إدماج التراث العمراني خاصة في المركز التاريخي ضمن التخطيط الحضري الحديث.

وتكمن أهمية الدراسة في مناقشة أهم الآليات المعتمدة لضمان استدامة التراث العمراني والمعماري في المدينة، وذلك من خلال التعرف على الإطار القانوني لحماية التراث في الجزائر، أهم التدخلات العمرانية المتمثلة في عمليات التأهيل والترميم التي تعمل على التوفيق بين المحافظة عليه وتكييفه مع متطلبات العصر الحديث، وإضافة إلى توثيق هذا التراث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وأدوات الذكاء الاصطناعي، معتمدين بذلك على المنهج الوصفي التحليلي لنتوصل فيما بعد إلى تحديد المناطق التي يشملها مشروع إعادة التأهيل مع إبراز أهم المشاريع التي استفادت منها المدينة بغية إنشاء قاعدة بيانات وتوثيق مراحل التدخل.

**الكلمات المفتاحية:** التراث العمراني، الاستدامة، التأهيل والترميم، نظم المعلومات الجغرافية، وهران.

## The Role of Geographical Information System in the Valorization and Sustainability of Urban and Architectural Heritage – The Case of Oran

Bekri Fatima Zohra

Nour El Bachir University Center Of El Bayadh

### Abstract

Urban and architectural heritage represents an essential element of identity that demonstrates the civilizations of nations and stands as a symbol of their cultural and social history. With the integration of environmental, urban, and economic challenges, preservation initiatives have emerged in many countries, reflecting the urgent need for mechanisms that ensure the sustainability of this heritage without leading to its neglect or marginalization. Preservation methods have varied to maintain its resilience while preserving its authenticity, and legislation and laws aimed at protecting it have multiplied. Algeria is among the countries that have worked to enforce a set of laws, most notably the Law on the Preservation of Cultural Heritage and the Law on Intervention in Old Urban Fabrics in major cities containing archaeological and heritage sites and buildings, including the city of Oran, which serves as the focus of this case study to trace the most important heritage intervention projects. Oran is considered one of the most prominent examples in Algeria, distinguished by the diversity and richness of its cultural and architectural heritage buildings of Ottoman, French, and Spanish styles. However, the city is currently facing growing threats due to the physical deterioration of historical buildings and the limited integration of urban heritage, particularly within its historic center, into modern urban planning. The importance of this study lies in examining the main mechanisms adopted to guarantee the sustainability of urban and architectural heritage in the city. This is achieved through identifying the legal framework for heritage protection in Algeria and the main urban interventions, notably rehabilitation and restoration processes, which seek to reconcile heritage preservation with adaptation to contemporary requirements. Additionally, the study emphasizes the documentation of this heritage using Geographic Information Systems (GIS) and Artificial Intelligence (AI) tools, employing a descriptive analytical approach to identify the areas covered by rehabilitation projects and highlight key initiatives, with the aim of creating a comprehensive database documenting the intervention stages.

**Keywords:** urban heritage, Sustainability, Rehabilitation and restoration, Geographic Information Systems, Oran

### المقدمة :

ينظر إلى استدامة التراث العمراني على أنها حماية المباني والمواقع التاريخية بآليات تضمن استمرار القيمة والهوية التاريخية والثقافية في البيئة العمرانية و يؤكد (Araoz, 2011) أن الاستدامة لم تعد ترتبط فقط بصون المكون المادي للتراث، بل تشمل كذلك المحافظة على الرمزية الثقافية والهوية التي يجسدها الموقع داخل المجتمع.

و تركز استدامة التراث العمراني على أبعاد منها ما يخص المبنى في حد ذاته من إطالة عمره عن طريق إعادة استخدامه بما يضمن أهداف التنمية، والتي يصفها (Bullen & Love, 2011) بأنها من أكثر الاستراتيجيات فاعلية في تحقيق التوازن بين الحفاظ ومتطلبات التنمية الحديثة، والبعد الاجتماعي الذي يتجلى في كيفية إشراك السكان في عمليات الترميم والحفاظ، إذ توضح دراسة

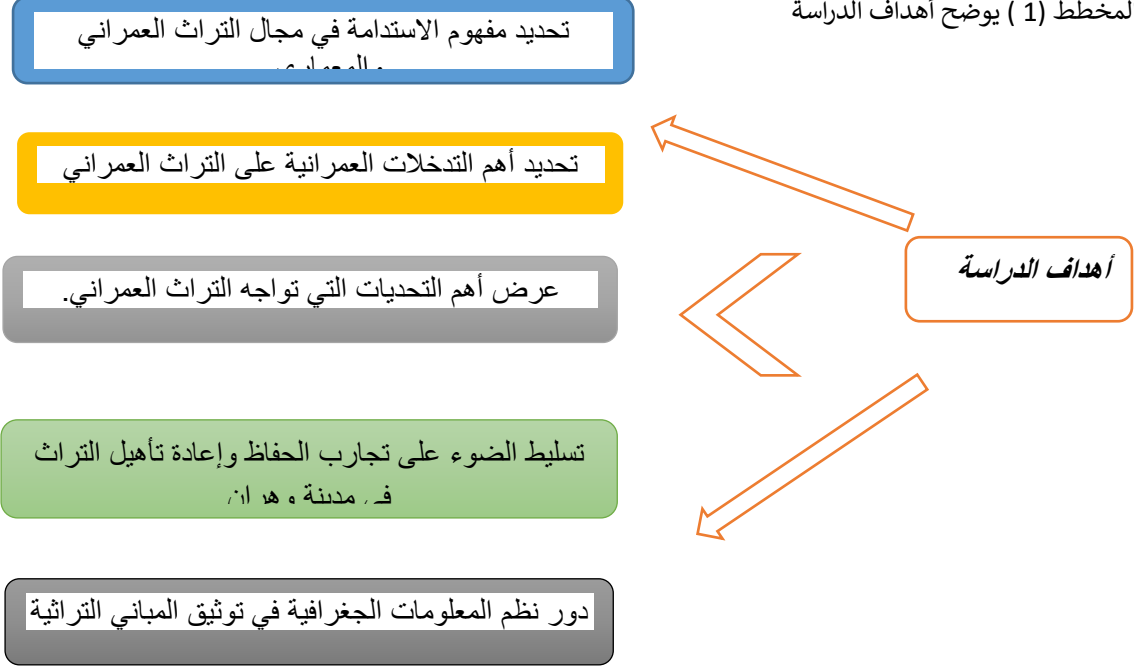
(Yung & Chan, 2012) أن نجاح مشروع صيانة والحفاظ على التراث تقوم أساسا على المشاركة الشعبية للسكان التي تضمن لهم الشعور بالانتماء للمكان وأكد (الباسيلي، 2023) على ضرورة إيجاد توازن بين حماية التراث العمراني وبين التنمية المستدامة، حيث

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

أن العمل الاجتماعي التطوعي يعتبر من أهم الوسائل المستخدمة للمشاركة في النهوض بالمجتمعات في عصرنا الحالي، وتقودنا هذه المفاهيم إلى صياغة مشكلة وأهداف الدراسة والتي سنبرزها على النحو التالي :

✓ كيف يمكن تحقيق استدامة التراث العمراني والمعماري، مع الحفاظ على قيمته التاريخية والثقافية، دون عرقلة للتنمية الحضرية المستدامة؟

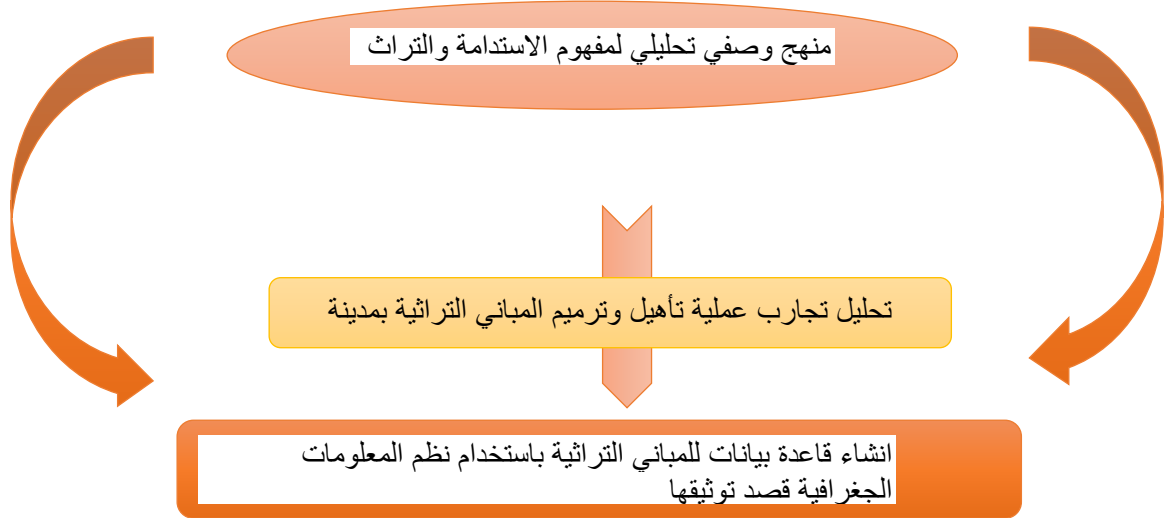
المخطط ( 1 ) يوضح أهداف الدراسة



المصدر: الباحثة

أما بالنسبة للمنهجية المتبعة تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي للإحاطة بموضوع الدراسة في إطاره النظري ثم الإنتقال بعدها إلى تحليل أهم المشاريع الي مست المباني التراثية كما سنوضحه في المخطط الموالي:

المخطط ( 02 ) يوضح المنهجية المعتمدة في الدراسة



المصدر: الباحثة

## 1- الأساليب والتقنيات المستخدمة لتحقيق الاستدامة للتراث العمراني

“يتعرض التراث العمراني والمعماري لخطر الإهمال أو الهدم مما يتطلب وضع استراتيجيات فعالة لحمايته وصيانته ، وتأتي أهمية هذه الاستراتيجيات من كونها تساهم في الحفاظ على الإرث فضلا عن كونها تساهم في الحفاظ على الإرث الثقافي للأجيال القادمة، وتعزز الانتماء والهوية الوطنية المستخدمة من خلال تحويل المواقع التاريخية إلى معالم سياحية تجذب الزوار وتدعم الاقتصاد المحلي” (العمرى، 2024، ص385) ومن أهم هذه التقنيات :

### 1-1- سياسة الحفاظ المعماري والصيانة (Conservation):

“ تتميز هذه السياسية عن سياسة إعادة التأهيل بأنها لاتصون وتهتم بالنواحي المعمارية لمباني المنطقة التاريخية فقط بل أيضا تتعامل مع التغيير في المجالات العمرانية والاجتماعية والإقتصادية والتكنولوجية ،أي انها تنتهج نهجا متكاملًا في التعامل مع بيئة المنطقة التاريخية بكل أبعادها وتهدف هذه السياسة إلى صيانة استمرارية الإحساس بالقيمة التاريخية و التأكيد على شخصية المكان والمجتمع المحلي ” (البيلي، 2014، ص58)

### 1-2- سياسة إعادة التأهيل (Réhabilitation):

“ تهدف هذه السياسة إلى الحفاظ على المباني التاريخية من حيث (ترميمها وتجديدها وحمايتها وصيانتها وإعادة استعمالها) بالإضافة إلى الحفاظ على محيطها العمراني من حيث (تحسين الطرق وتزويدها بالنية التحتية والمرافق والخدمات العامة)، ومن خلال هذه السياسة يتم تهئية المبنى وإعادة استعماله مرة أخرى إما بنفس وظيفته الأصلية او بوظيفة أخرى بعد إجراء التعديلات التي تتناسب مع وظيفته الجديدة، وتضمن هذه الطريقة بقاء المبنى التاريخي في حالة عمرانية جيدة بسبب أعمال الصيانة المستمرة له من قبل الأشخاص المستفيدين منه كما تضمن استرداد المبالغ المصروفة على المبنى عند صيانته ” (المالكي، 2004).

### 2- الإطار المرجعي لسياسة إعادة تأهيل التراث العمراني في الجزائر:

#### 1-2- قرارات الحفاظ على المواقع الأثرية والتاريخية:

تعد الجزائر من أوائل الدول العربية التي أولت اهتمام كبير للتراث من خلال عدة قرارات هدفت إلى الحفاظ على هذه المناطق منها القانون رقم 167/ لعام (1961م) الخاص بحماية الآثار والذي عني بالأماكن والمواقع التاريخية والأثرية والحفاظ عليها وإعادة الاستعمال مع إحياء الطابع المتميز في المناطق الجديدة (البهنسي، 2002).

وفي عام (1973م) تم عقد ملتقى للبحث في تجديد وإعادة بناء المراكز التاريخية وكان من أبرز نتائجه تشكيل العامل الهام والمنطلق الأساسي لكافة نشاطات وأعمال المجلس الشعبي لبلدية الجزائر، حيث تم التوصل إلى أن المدينة التاريخية كيان عمراني منعزل بتكوينه الاجتماعي ونشاطاته الاقتصادية وظروفه العامة وموروثه الثقافي والفني (البناء، 2002)

### 2-2- قانون التراث الثقافي الوطني رقم 98-04/ لعام (1998م):

يعد قانون التراث الثقافي الوطني 98 - 04 الصادر في عام 1998 ،هو القانون الرئيسي الذي يحكم العمليات المتعلقة بالتراث العمراني في الجزائر، الذي أحدث تغريا في المفاهيم والمعايير والضوابط المتعلقة بحماية وصيانة التراث العمراني والمتبوع بمجموعة من النصوص التنظيمية . ويعالج هذا القانون في مواده القواعد العامة والمعايير المتعلقة بالمعالم التاريخية والمواقع الأثرية والمجموعات الحضرية أو الريفية (مراكز المدن التاريخية المصنفة أو القطاعات المحفوظة) الموروثة عن مختلف الحضارات المتعاقبة، منذ عصر ما قبل التاريخ الى يومنا هذا، وغيرها من المواد التنظيمية التي لها تأثير مباشر في المحافظة وإعادة تأهيل المباني والمواقع التراثية (حطاب،زيان،2010،ص2 ) وقد تزودت المعالم والمواقع ومراكز المدن التاريخية وفق قانون التراث الوطني 98-04/ السابق بالعديد من المخططات الخاصة والمتمثلة فيما يلي:



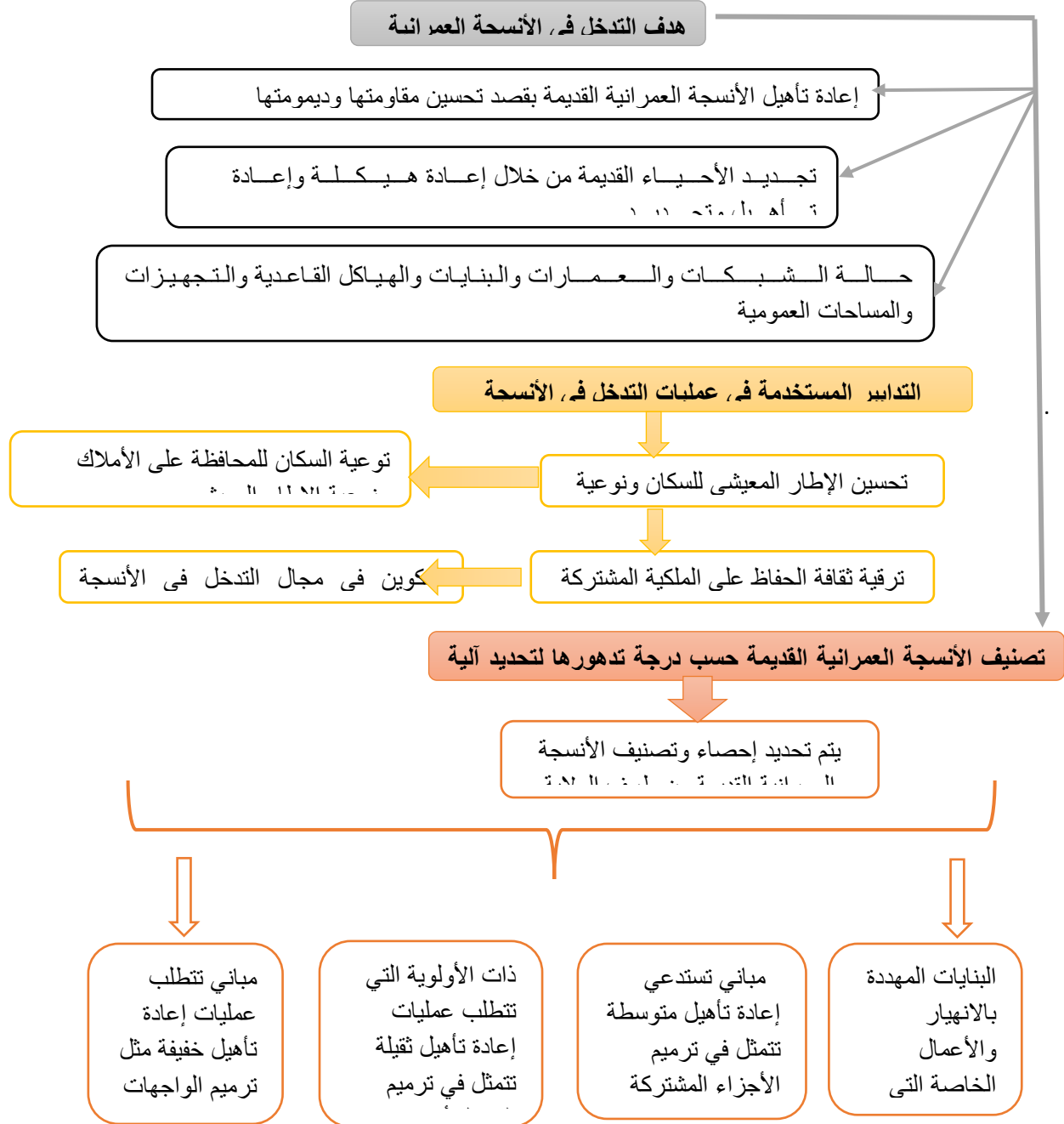
المخطط (03) يوضح تصنيف المعالم والمواقع وفق قانون التراث الثقافي



### 3-2- كيفية التدخل على الأنسجة العمرانية القديمة وفق القانون الجزائري :

تم وضع القانون بهدف تحديد شروط وآليات التدخل في الأنسجة العمرانية القديمة ومنح التراخيص الإدارية، وقد تم توضيح النسيج العمراني القديم المتطلب عمليات التدخل وفق هذا القانون بأنه " مجموعة العقارات والبنائات التي هي في حالة قدم ولا تتوفر فيها شروط النظافة وبها نقائص بالنظر للمتطلبات التنظيمية من حيث صلاحية السكن والراحة والأمن والهياكل القاعدية والتجهيزات والمساحات العمومية (المرسوم التنفيذي، رقم 16-55، 2016) كما سنوضحها في المخطط الموالي:

المخطط (04) يمثل كيفية التدخل على الأنسجة العمرانية القديمة



المصدر: الباحث

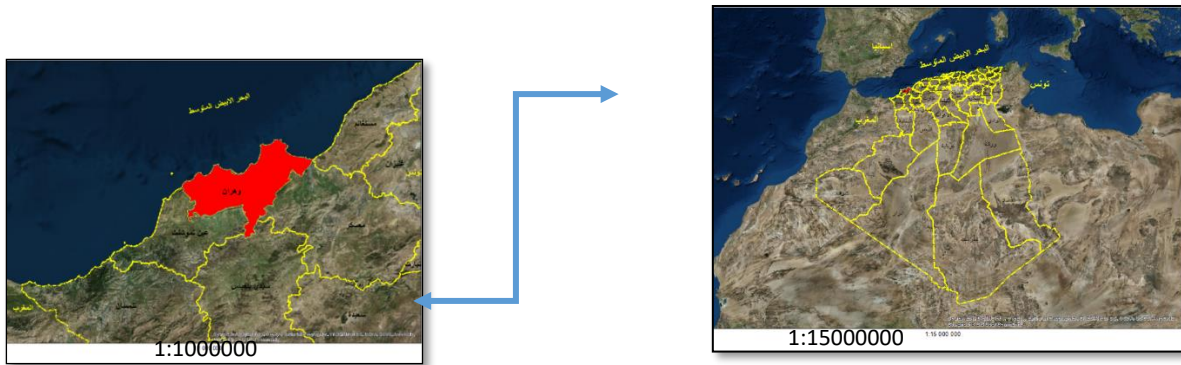
### 3- تقديم منطقة الدراسة مدينة وهران :

تعتبر مدينة وهران ثاني أكبر مدن الجزائر بعد العاصمة وأحد أهم مدن المغرب العربي، تقع في شمال الغرب الجزائري، بالارتفاع عن مستوى البحر يقدر 0.9 أمتار، وعلى بعد 450 كيلومترا عن الجزائر العاصمة، مظلة على خليج وهران في غرب البحر الأبيض المتوسط، ظلت المدينة منذ عقود عديدة ولا تزال مركزا اقتصاديا وميناء بحريا هاما.

يحد ولاية وهران من الشرق مستغانم ومن الغرب ولاية عين تموشنت ومن الشمال البحر الأبيض المتوسط ومن الجنوب سيدي بلعباس بعد 80 كلم ومن الجنوب الشرقي ولاية معسكر بعد 100 كلم (Pdaou, 2010, P3)

تواجه المدينة تهديدات متزايدة بفعل: الزحف العمراني العشوائي على المركز التاريخي سيد الهواري وتجاوزات البناء داخل أهم المباني التاريخية التراثية كما توضحها الصور الأتية، والتدهور الفيزيائي للمباني التاريخية

الصورة(01) توضح موقع مدينة وهران



المصدر:الباحثة

الصورة(02) توضح تجاوزات البناء في المناطق التراثية



الصورة (03) توضح حالة المعلم التاريخي باب كانستال وجامع الباشا



المصدر:الباحثة

#### 4- مشاريع وتجارب الحفاظ على التراث العمراني بمدينة وهران

استفادت مدينة وهران من العديد من عمليات الترميم وإعادة التأهيل خاصة بعد العناية الكبيرة التي أولتها الدولة الجزائرية للنسيج العمراني القديم والتي كانت بدايتها بتشخيص المباني القديمة داخل النسيج الحضري لكبريات المدن الجزائر عنابة، وهران وقسنطينة خاصة المبنية ما قبل الفترة الاستعمارية وخلال الاستعمار. (Mazouz,2015 p.153)

شملت مرحلة التشخيص بمدينة وهران تحديد مناطق التدخل حسب الأولوية والتي آلت إلى تصنيف مستويات التدهور بالمناطق، التي تقود بدورها إلى تحديد نوع التدخل وحسب تقرير ديوان الترقية والتسيير العقاري بمدينة وهران الذي كلف بعملية التشخيص حيث تمت عملية التصنيف كالآتي:

- ✓ "الدرجة الأولى: حالة تدهور متقدمة للغاية تتطلب إعادة التأهيل للإطار المبني الذي يتطلب الإخلاء الكلي للسكان بغرض الهدم أو ترميم وتأهيل الإطار غير مبني.
- ✓ الدرجة الثانية: تتطلب تأهيل بعض الطوابق وإخلاء جزئي للسكان.
- ✓ الدرجة الثالثة: تتطلب إعادة تأهيل الأجزاء المشتركة، ويمكن تنفيذ العملية دون نقل للسكان." ( OPGI Rapport, 2008, (p.6

#### 1-4- الانطلاقة الفعلية لمشروع لإعادة تأهيل البنايات (200 بناية )

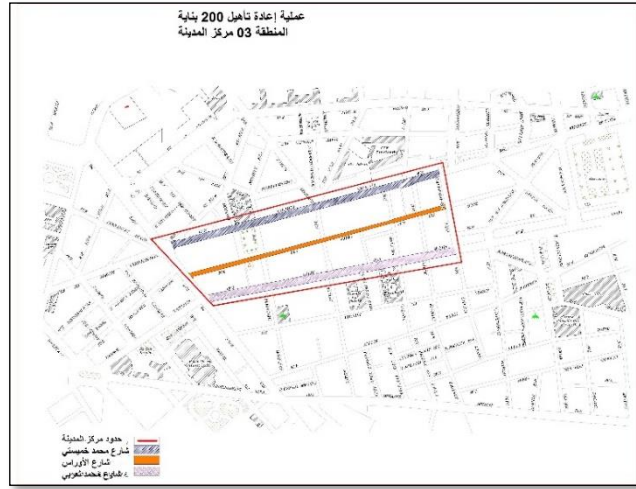
كان الهدف من المشروع إعادة الحيوية لمركز المدينة حيث تم التركيز على البنايات المتواجدة في الساحات العمومية والشوارع الرئيسية حيث تقسيم المشروع إلى ثلاث مناطق:

| الجدول (01) يوضح تقسيم المناطق التي شملتها عملية إعادة تأهيل 200 بناية |                |                |                  |                                                                |         |
|------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------------------------------------------------------|---------|
| المجموع                                                                | الملكية العامة | الملكية الخاصة | الملكية المشتركة | الموقع                                                         | المنطقة |
| 31                                                                     | 0              | 5              | 26               | شارع خديم مصطفى (ستالين غراد) المركز القديم سيد الهواري        | 1       |
| 47                                                                     | 0              | 8              | 39               | حي معطى مركز المدينة الحالي                                    | 2       |
| 120                                                                    | 3              | 24             | 93               | مركز المدينة الحالي, شارع محمد خميسي، العربي بن مهيدي، الاوراس | 3       |
| 200                                                                    | 3              | 37             | 158              | المجموع                                                        |         |

المصدر: (OPGI Rapport, 2008, p.6)

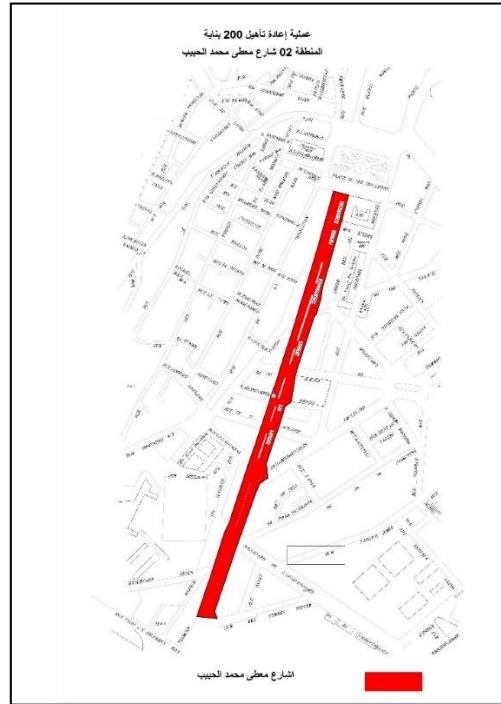
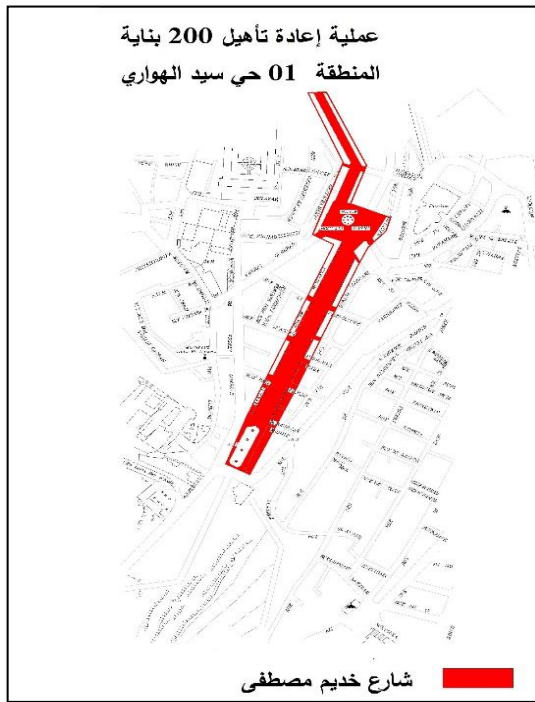
حيث استفادت ولاية وهران سنة 2007 من مبلغ مالي قدر ب 700 مليون دينار، تمت العملية بإشراف من قبل ستة مكاتب دراسات للدراسة والمتابعة، ممثلة عن مديرية التعمير والبناء كصاحب مشروع رئيسي ونيوب عنه ديوان الترقية والتسيير العقاري كصاحب مشروع ممثل (Décision du SG de la Wilaya d'Oran n°04, 2008)

الصورة (04) حدود منطقة التدخل رقم 03



حدود منطقة الدراسة  
200 بناية

الصورة (04،05) توضح  
رقم 1 و 2 التي شملها مشروع



المصدر: الباحثة

#### 2-4- عملية إعادة تأهيل 400 بناية

يعتبر مشروع 400 بناية عملية لإعادة تأهيل المباني القديمة ومكملا ومتمما لمشروع 200 بناية سجل أيضا في سنة 2008 (Opération d'un montant AP, 2008) استفادت ولاية وهران بمبلغ مالي قدر 1500 مليون دينار خص لإنجاز الدراسة التشخيصية للمباني وإنجاز أشغال الترميم للواجهات والأجزاء المشتركة بما فيها القبو والأدراج والبهو الداخلي، وترميم السطح. شمل المشروع خمس مناطق: ثلاث مناطق تشمل مدينة وهران والمنطقة الرابعة والخامسة خارج المدينة

كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

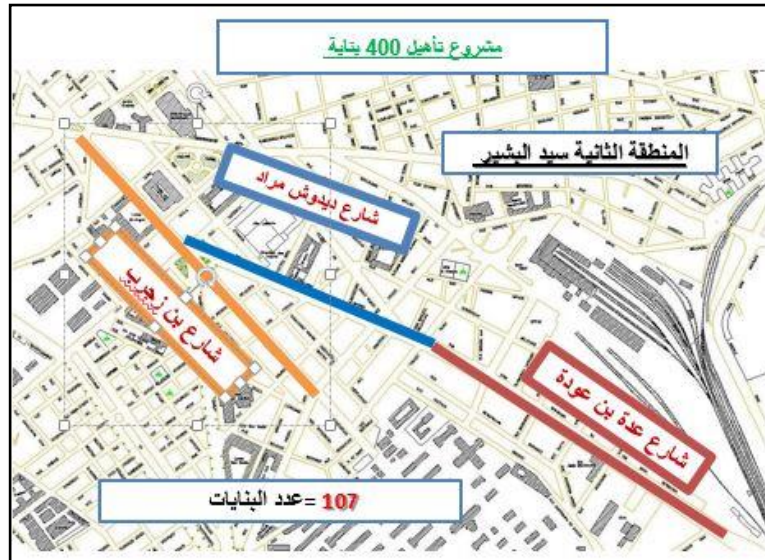
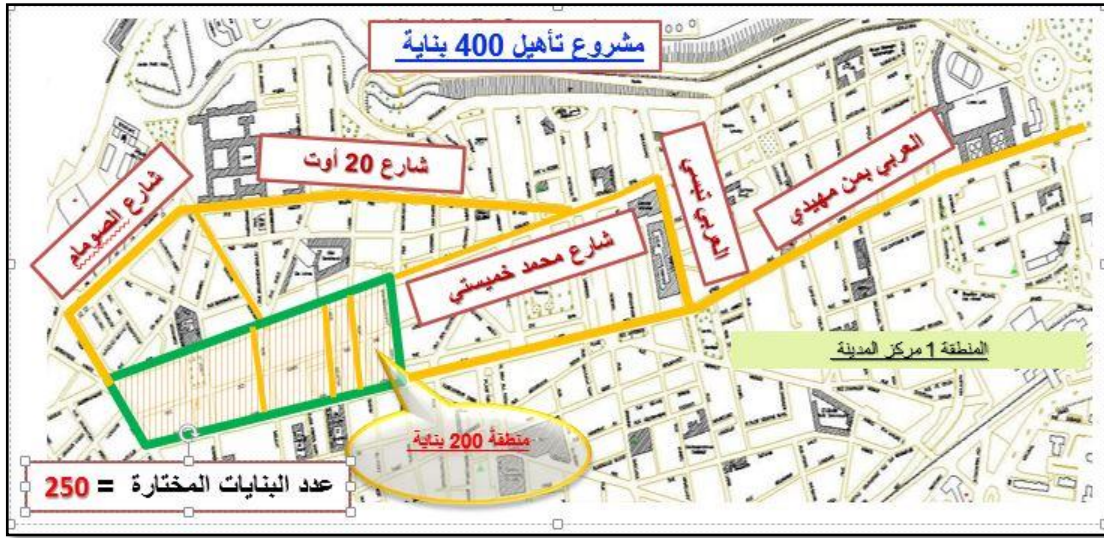
الجدول (02) يوضح مناطق التدخل لمشروع 400 بناية

| مكان التدخل         | موقع البنايات                                                                                             | عدد البنايات المبرمجة |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| بلدية وهران         | شارع معطى محمد الحبيب                                                                                     | 03                    |
|                     | مركز المدينة القطاع الحضري الأمير<br>شارع العربي بن مهيدي- شارع محمد خميسي- شارع<br>الصومام - شارع 20 أوت | 250                   |
|                     | القطاع الحضري سيد البشير<br>- شارع بن دزجرب ، شارع ديدوش مراد ، شارع<br>عدة بن عودة                       | 107                   |
| خارج بلدية<br>وهران | بلدية أرزيو                                                                                               | 09                    |
|                     | بلدية المرسى الكبير                                                                                       | 31                    |
|                     | المجموع                                                                                                   | 400                   |

المصدر: (OPGI Rapport, 2008)

الصور(06،07) توضح حدود منطقة الدراسة لمشروع 400 بناية





المصدر: الباحثة

#### 3-4- برنامج ترميم البناء القديم 1,6 مليار

عبارة عن برنامج تكميلي للعمليات السابقتين لترميم البنايات القديمة سجل سنة 2012 بمبلغ مالي قدر ب 1,6 مليار دينار جزائري لترميم البناء القديم بالمدينة ، وشمل خاصة التجهيزات العمومية الواقعة في الساحات الرئيسية للمدينة ( Cahier de charge , 2014, p4):

#### 4-4- برنامج تأهيل البناء القديم 1x2 (MDA)

سجلت العملية سنة 2014 خصصت لتأهيل البناء القديم وقسم إلى منطقتين الأولى مركز المدينة وتم اختيار الشارعين الرئيسيين شارع خميسي وشارع العربي بن مهدي، والمنطقة الثانية حي الحمري التي حول المبلغ المخصص له إلى إعادة تأهيل المباني القديمة بمركز المدينة، وتم اختيار 29 بناية واقعة في الشارع الرئيسي العربي بن مهدي و 19 بناية واقعة في الشارع الرئيسي خميسي محمد. (décision n°604 , 2014)

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الجدول (03) يوضح ملخص لأهم العمليات التي مست المدينة

| اسم العملية                                    | عدد البناءات المبرمة | سنة تسجيل العملية | رقم التسجل               | المبلغ المخصص للعملية | الهدف من المشروع                                                                                              | المتدخلون                                                                                    | عملية التدخل                          |
|------------------------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| مشروع إعادة تأهيل 200 بناية                    | 200                  | 2007              | 5 722<br>9.262.131.09.01 | 700 مليون دينار       | إعادة تأهيل وترميم البنايات المتواجدة في الساحات العمومية والشوارع الرئيسية لمركز المدينة                     | صاحب مشروع رئيسي ديوان الترقية والتسيير العقاري ينوب عنه مديرية التعمير والبناء لولاية وهران | التدخل على الواجهات والأجزاء المشتركة |
| مشروع إعادة تأهيل 400 بناية                    | 400                  | 2008              | 5 722<br>9.262.131.08.01 | 1500 مليون دينار      | إعادة تأهيل وترميم البنايات المتواجدة في الساحات العمومية والشوارع الرئيسية لمركز المدينة وأيضاً خارج المدينة |                                                                                              |                                       |
| مشروع إعادة البناء 1,6 القديم                  | 4                    | 2012              |                          | 1,6 مليار دينار       | إعادة تأهيل وترميم التجهيزات                                                                                  |                                                                                              | ترميم البناية كاملة                   |
| مشروع إعادة تأهيل 1x2 البناء القديم 2008 مليار | 49                   |                   |                          | 2 مليار دينار         | إعادة تأهيل وترميم البنايات المتواجدة في الساحات العمومية والشوارع الرئيسية                                   | صاحب مشروع ديوان الترقية والتسيير العقاري                                                    | التدخل على الواجهات والأجزاء المشتركة |

المصدر: الباحثة

### 5- استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الحفاظ على التراث العمراني

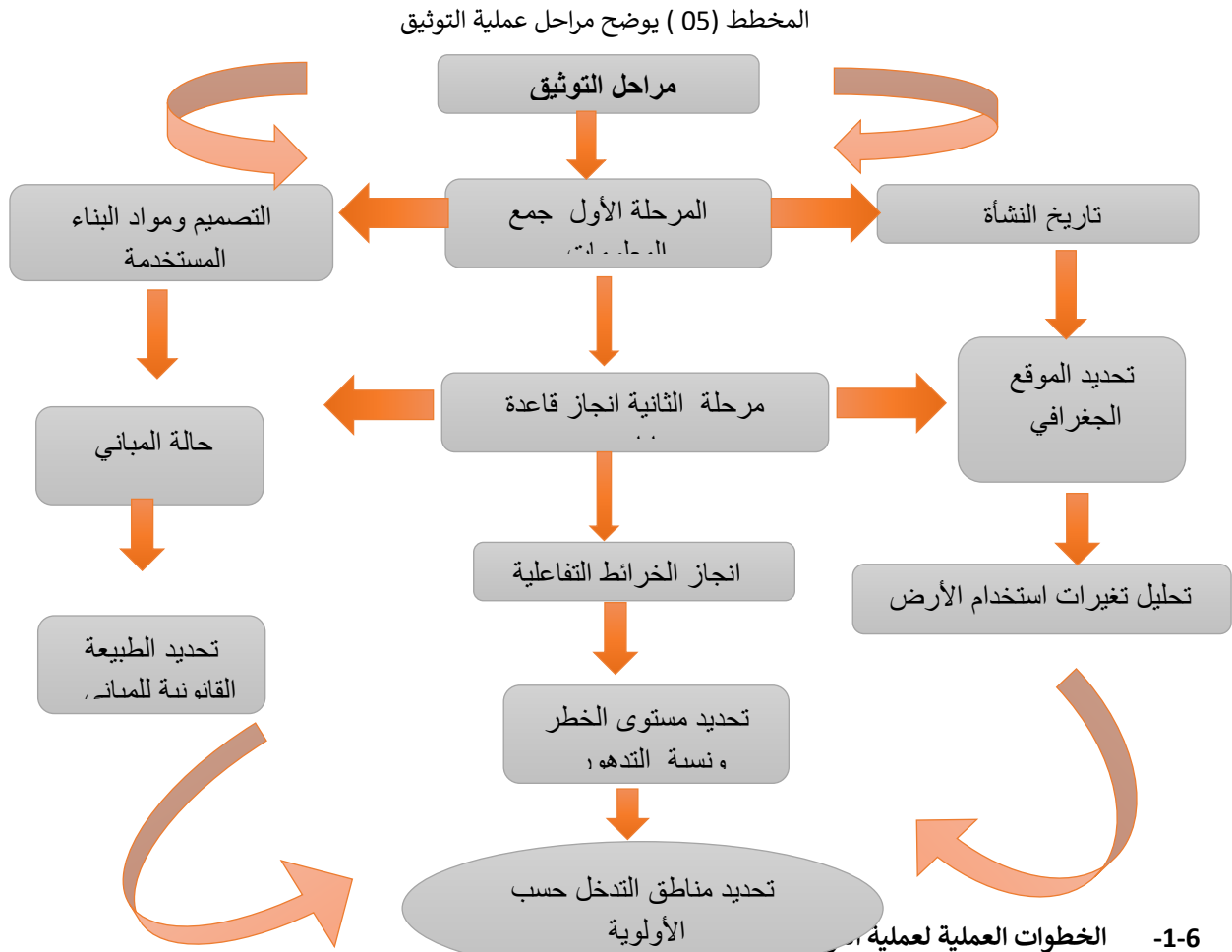
”تهتم نظم المعلومات الجغرافية بجمع وإدخال ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج وربط المعلومات الوصفية، ويقصد بها الأسماء والجدول، بالمعلومات المكانية التي يقصد بها الخرائط والصور الجوية والمرئيات في مكانها وعمل خرائط متعددة ومختلفة بأحجام متنوعة “ (المنتشري والزريعي، 2021، ص62)

”وبعد استخدامه من أهم الاستراتيجيات في الحفاظ على التراث المعماري في المناطق الحضرية وهو أداة تساعد في عملية التوثيق الشامل للمباني التاريخية، وذلك بجمع معلومات دقيقة حول تاريخها وتصميمها ومواد البناء المستخدمة فيها. هذا التوثيق يساهم في فهم قيمة هذه المباني وأهمية الحفاظ عليها، كما يشكل قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها في أعمال الترميم والصيانة المستقبلية. إضافة إلى ذلك، يعتبر الترميم باستخدام تقنيات ومواد تتوافق مع الأصل المعماري من أبرز الممارسات التي تضمن الحفاظ على الطابع التاريخي للمباني، حيث يساعد في إعادة إحياء الأماكن التراثية بطريقة تحترم هويتها الأصيلة“ (العمرى، 2024، ص385)

ويسمح توثيق المواقع التراثية بتحديد جغرافيا وربطها بقاعدة بيانات تبين تاريخ نشأتها، الوضعية الحالية للبنانيات، الطبيعة القانونية للبنانية وتحديد نوع الملكية، وتحديد مستوى الخطر والتدهور، كما يمكن أيضاً من دراسة وتحليل تغيرات استخدام الأرض والتوسعات حول المواقع وذلك لمتابعة الزحف العمراني وتفاديه إضافة إلى إبراز مناطق التدخل حسب الأولوية ومستوى ودرجة التدهور والتي تساعد بدورها في اتخاذ القرارات.

#### 6- توثيق عمليات إعادة التأهيل بمدينة وهران

تعد تقنية نظم المعلومات الجغرافية من أهم التقنيات الحديثة التي تمكننا من تجميع وتخزين ومعالجة وتحليل كم هائل من البيانات باستخدام برامج الحاسب الآلي (داود، 2012، ص1) حيث يساعد البرنامج في تحديد البيانات المكانية للموقع الجغرافي بإحداثياته على سطح الأرض للظاهرة أو المعلم المكاني قيد الدراسة (داود، 2012، ص4) بينما البيانات غير مكانية التي تسمى البيانات الوصفية فعلى سبيل المثال في دراستنا هذه سيتم دمج المعلومات المتمثلة في الموقع الجغرافي للبيانات المبرمجة للترميم والبيانات التي تم التدخل عليها، عدد الطوابق والطبيعة القانونية للمبنى والمخطط التالي يوضح أهم مراحل توثيق المباني التراثية



تعرض هذه المرحلة الأولى من عملية التوثيق أهم الإعدادات الأولية التي يتم فيها خلق مشروع جديد ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية، وهي نقطة أساسية يعتمد عليها سير العمل فيما بعد، وبعد فتح البرنامج يتم التحضير لإنشاء مجلد العمل الرئيسي وتنظيم الملفات بداخله بطريقة تدرجية تحتوي ملفات للبيانات والصور والإخراج النهائي للصور، مما يساعد في إدارة وتسيير المشروع بطريقة تضمن عدم ضياعه، كما يتم اختيار نظام الإحداثيات العالمي الافتراضي الذي سنعتمده لتوحيد المرجعية المكانية لموقع التدخلات العمرانية والمباني التي تم اختيارها.

توضح الصورة (08) أدناه واجهة البرنامج وكيفية إنشاء المشروع الجديد، اسمه وموقع تخزينه وحفظه، وتعتبر هذه المرحلة من أبرز المراحل لكيفية تأسيس منهجية واضحة داخل البرنامج تمهيدا لبيئة عمل يتم فيها إنشاء قاعدة بيانات وإنتاج خرائط في منتهى الدقة كما سنوضحها لاحقا

تليها مرحلة إنشاء قاعدة بيانات جغرافية (Create Geodatabase) ويتم وضع إسم واضح لها وفقا للصور التي سنعرضها فيما بعد وقصد توثيق كل عملية حددنا فيها خصائص وميزات البيانات والطبقات.



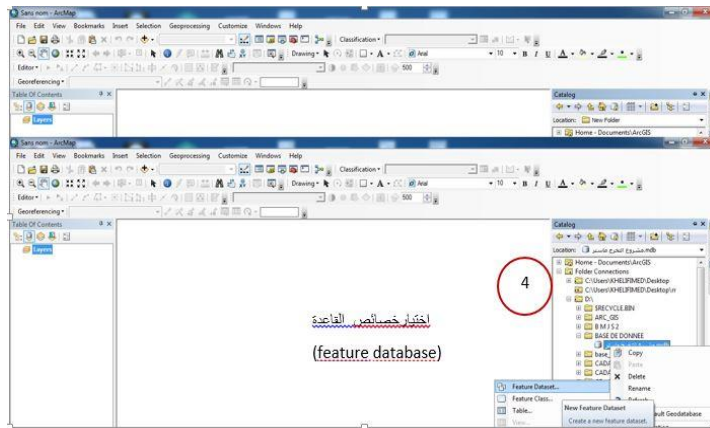
## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الصورة (08) توضح الخطوات العملية لإنشاء ملف جديد وإنشاء قاعدة بيانات



المصدر: الباحثة

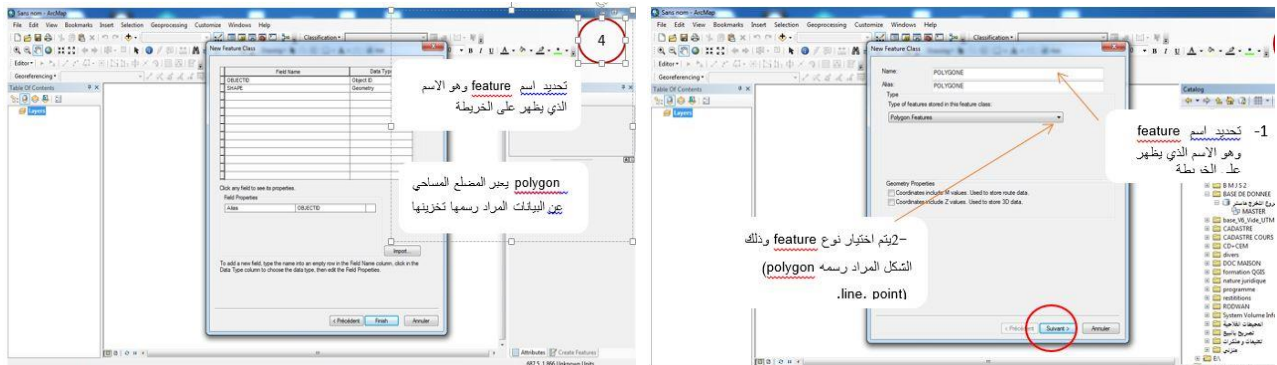
يتم تصميم الطبقات (Feature Classes) والجداول الوصفية (Attribute Tables) لكل طبقة، مع تحديد نوع الهندسة المستخدمة (المضلع (Polygon)، نقطة (Point)، الخط (Line)).



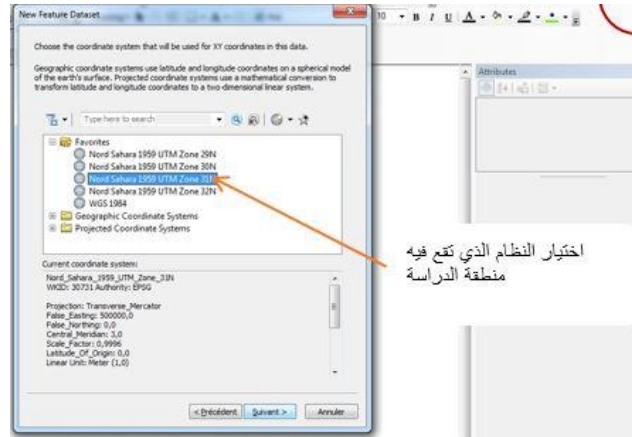
الصورة (09) توضح مرحلة تحديد الميزات والخصائص (Feature)

المصدر: الباحثة

يتم في هذه المرحلة تصميم الطبقات (Feature Classes) والجداول الوصفية (Attribute Tables)



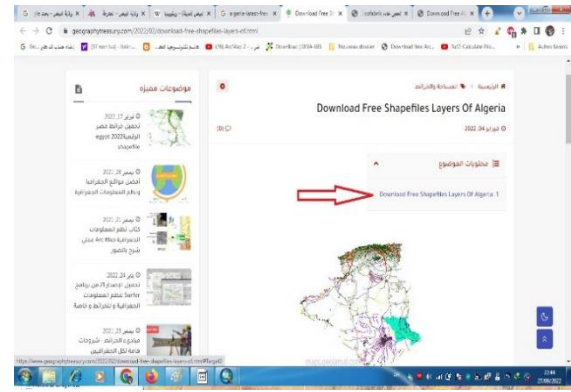
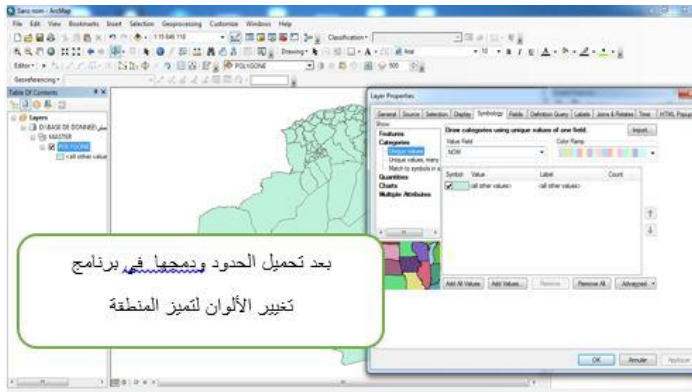
الصورة (10) توضح تحديد نظام الإحداثيات



اختيار النظام الذي تقع فيه منطقة الدراسة

الصورة أعلاه توضح تحديد نظام الإحداثيات الافتراضي للمشروع WGS84 والنظام المحلي المناسب (North Sahara) وبعد إنشاء أهم الطبقات التي يتم العمل عليها تم الاستعانة بموقع (Aleria-latest-free.shp) لتحميل الحدود الإدارية لمدينة وهران كما سنوضحها في الصور الموالية لتبدأ مرحلة رسم المباني في منطقة الدراسة معتمدين بذلك على المراثيات الفضائية التي يتيحها البرنامج لنتنقل بعدها إلى مرحلة إدخال المعلومات والبيانات الوصفية لكل بناية،

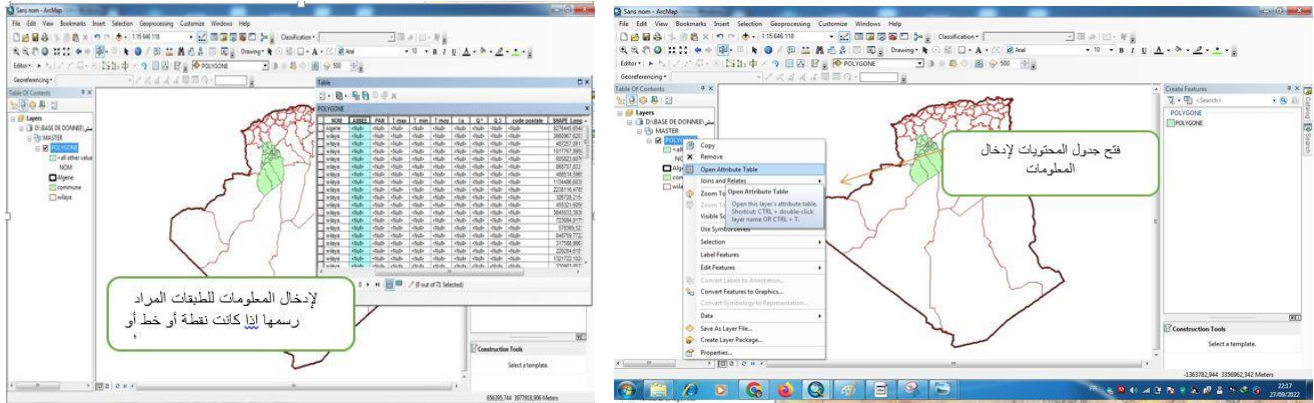
الصورة(11) توضح تحديد تحميل الحدود الادارية لمنطقة الدراسة



المصدر: الباحثة

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### الصورة (12) توضح مرحلة ادخال المعلومات الوصفية للبيانات



المصدر: الباحثة

### 2-6- مرحلة إنتاج الخرائط

مرحلة إنتاج الخرائط تمت بعد استيراد المراثيات الفضائية المتاحة والتي يوفرها برنامج نظم المعلومات الجغرافية ، كما تم استخدام أدوات الارجاع الجغرافي ( وذلك للحصول على Georeference) تطابق النقاط المرجعية على الصورة مع نقاط الخريطة التي تم رسمها، وتحويل المعلومات المكانية إلى خرائط ساعدتنا في تفسير واقع عملية إعادة تأهيل المباني التراثية وقد تم الحصول على مجموعة من الخرائط التي تبرز موقع المباني التراثية وتوزيعها وخصائص عملية التدخل التي ركزت عليها عملية الترميم وإعادة التأهيل، ليتم بعدها تحديد عدد البيانات المبرمجة ونقوم بتوقيعها لنمربع ذلك وأخيرا لتحديد حصيلة ما أنجز في مخطط شامل كما توضحها في الصور الموالية

### الصورة (13) توضح مرحلة الرسم

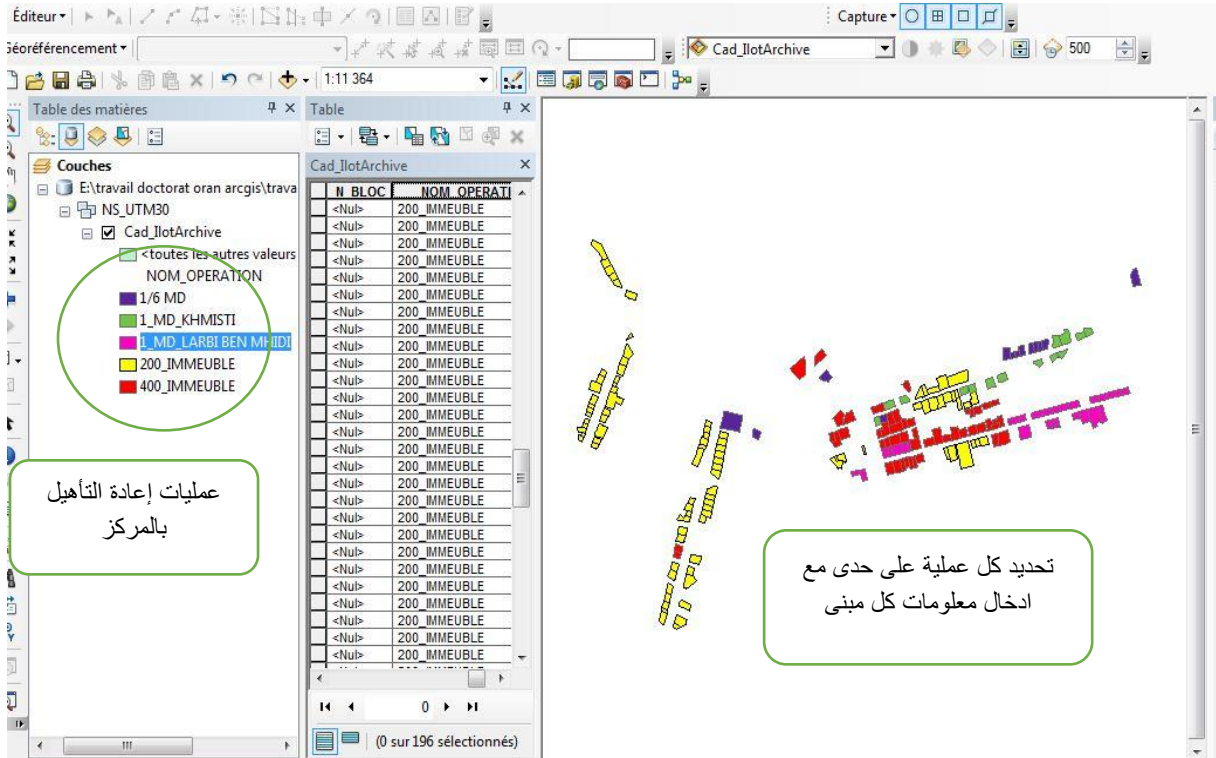


المصدر: الباحثة



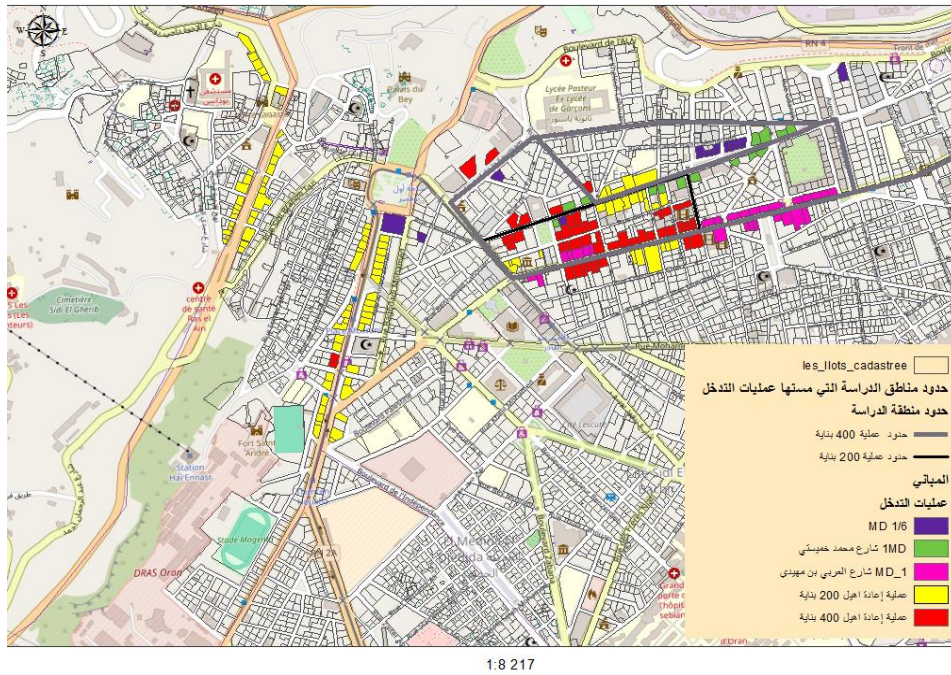
## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الصورة 14() توضح مرحلة ادخال المعلومات المكانية والوصفية لكل مبنى



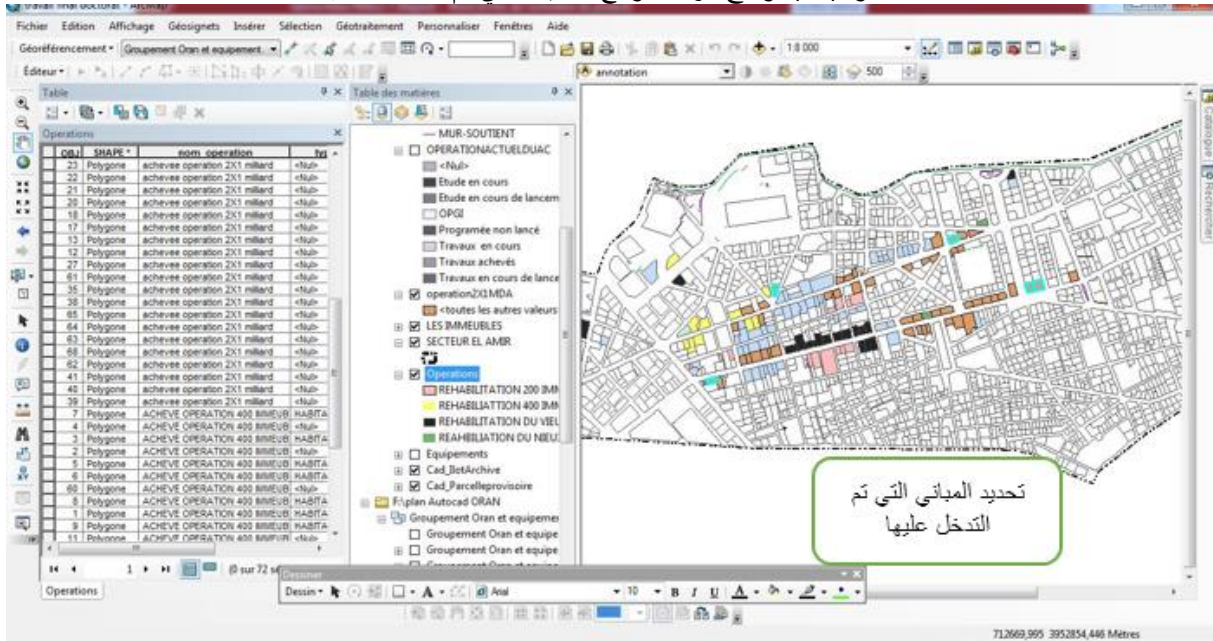
المصدر: الباحثة

الصورة 15() توضح موقع البنايات حسب كل مشروع



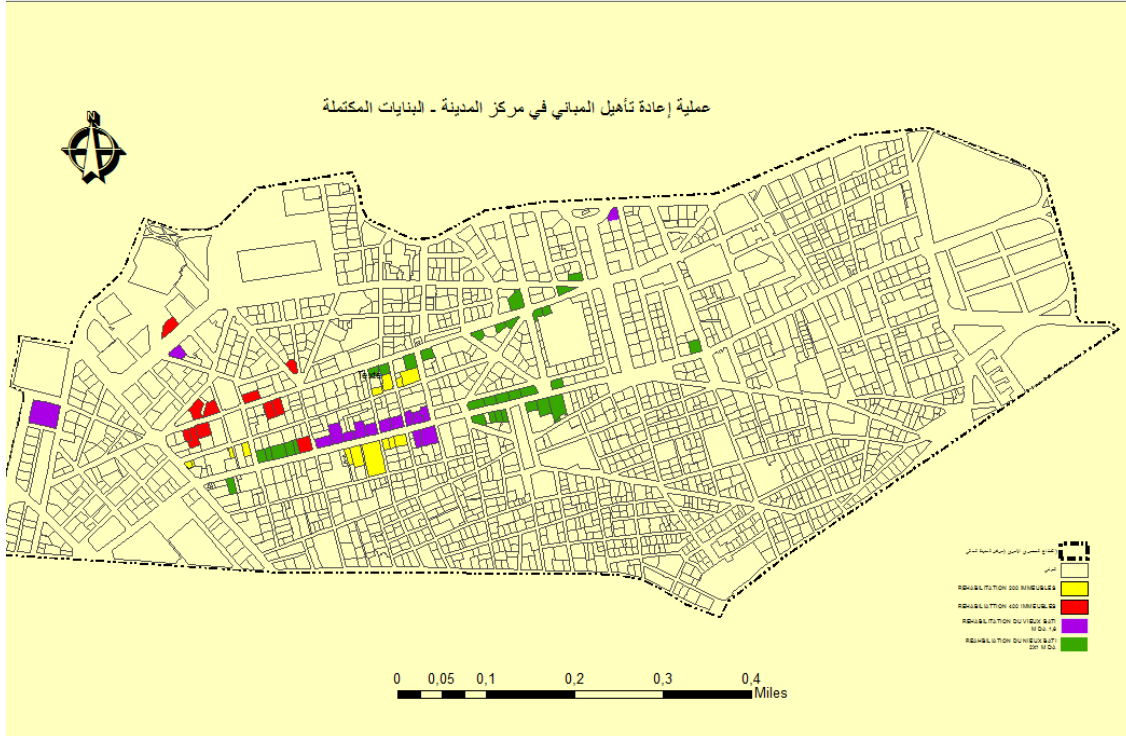
المصدر: الباحثة

الصورة (16) توضح مرحلة توفيق البناء التي تم التدخل عليها



المصدر: الباحثة

الصورة (17) توضح حصيلة البناء المكتملة في كل المشاريع المبرمجة



المصدر: الباحثة

بدأت عملية التوثيق للتراث العمراني بعدة مراحل كانت أولها مرحلة جمع البيانات المكانية والوصفية التي تتعلق بالمباني التراثية، وذلك من خلال الخرجات الميدانية التي تم فيها مسح المنطقة ثم جرت عملية ترتيب البيانات المجمعة داخل قاعدة بيانات.

وقد تضمنت هذه القاعدة مختلف الطبقات المكانية للمباني التراثية، إضافة إلى المعلومات الوصفية التي تم إدراجها في الجداول الوصفية والتي تحتوي بدورها على خصائص كل بناية عدد المباني، عدد الطوابق نوع الملكية، نوع المشروع الذي مس البناية، حالة التدهور والاستخدام الحالي للبناية والتي مثلناها في الخرائط التي تم إنجازها والتي حاولنا فيها إبراز دور وأهمية نظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع والمناطق التي تم التدخل عليها وهذا ما يساعد في فهم وتقييم واقع عمليات التدخل على التراث العمراني .

## 7- دور واستخدام الذكاء الاصطناعي في استدامة التراث العمراني

- يكمن دور استخدام الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلم الآلي إلى المساهمة في التعرف على مختلف الأنماط المعمارية التاريخية من خلال الصور.

- كما يمكن تطوير العديد من النماذج ثلاثية الأبعاد لتوثيق الحالة الأصلية للمباني بغية المحافظة على أصلها.

- استغلال الذكاء الاصطناعي في التحليل والتنبؤ بالتدهور بتقنياته ومواقعه المتاحة إلى تحديد المباني المتدهورة حيث تم الاستعانة بالموقع المجاني teachablemachine الذي يعمل تلقائيا في تحدد المباني المتدهورة وفقا للمراحل الأتية:

فتح الموقع من الرابط أدناه

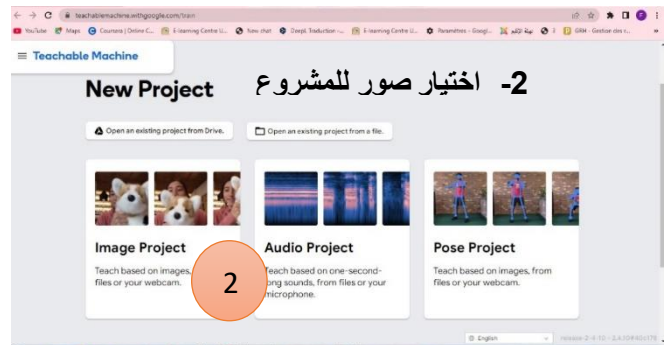
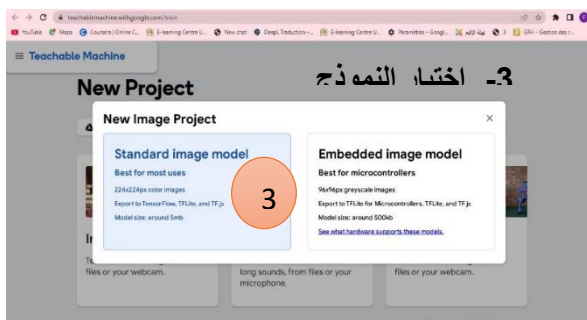
<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

الصورة (18) توضح واجهة الموقع



المصدر: الباحثة

الصورة (19) توضح المرحلة التحضيرية لإنشاء المشروع





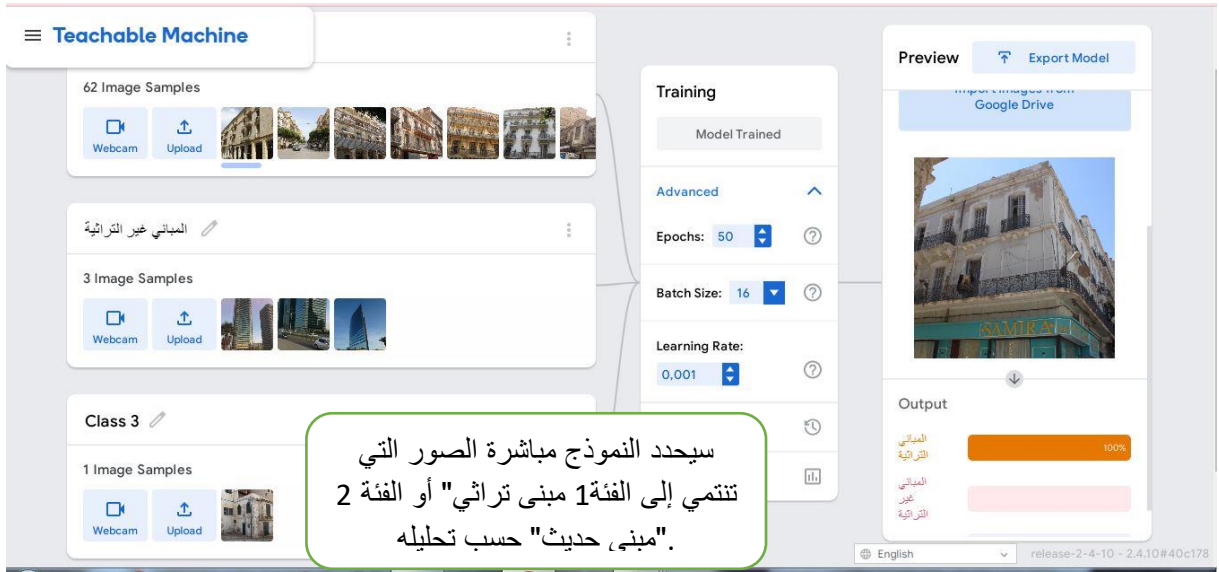


المصدر: الباحثة

الصورة (20) توضح مرحلة ادخال الصور وتدريب النموذج على التصنيف



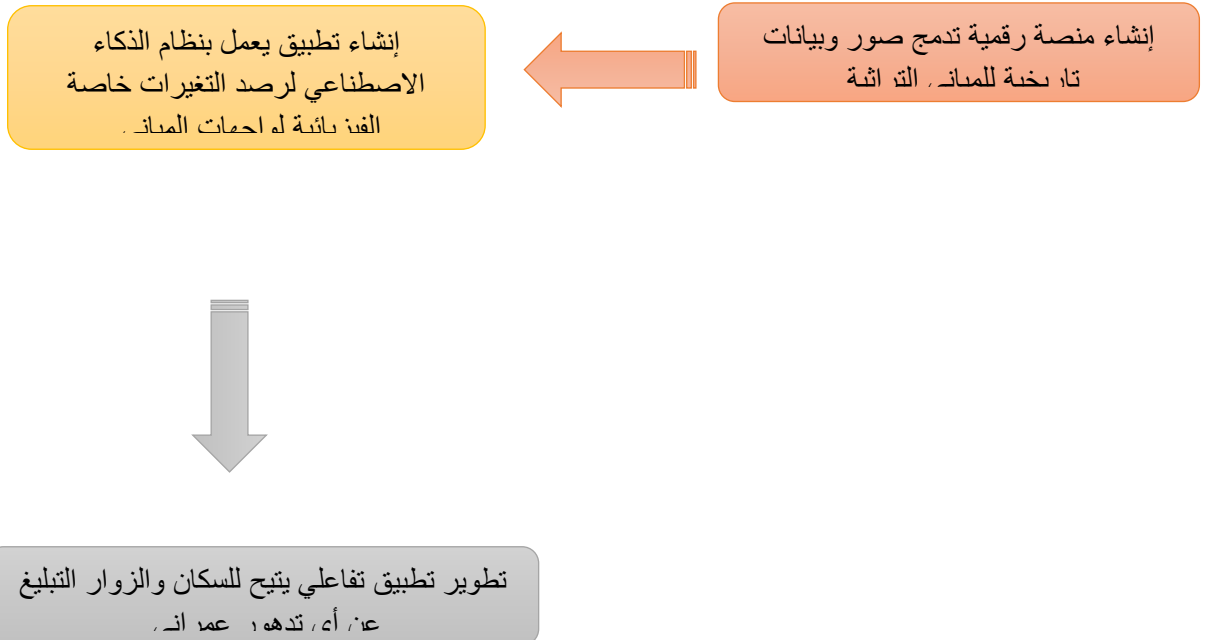
المصدر: الباحثة



الصورة (21) توضح الناتج النهائي بعد التصنيف

المصدر: الباحثة

#### 8- اقتراحات قائمة على الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### 9- التوصيات والاستنتاجات

من خلال ما توصلنا إليه يمكننا القول أن إستدامة التراث العمراني تتطلب رؤية متكاملة تجمع بين العديد من المتطلبات ولعل أهمها المشاركة المجتمعية وذلك للوصول إلى الحلول التقنية التي ترمي إلى حمايته و الحفاظ عليه وفيما يلي بعض الاقتراحات التي يمكن استغلالها عند الانطلاق في عملية إعادة تأهيل المباني التاريخية والتي نقدم منها ما يلي:

- مراعاة متطلبات عمليات إعادة تأهيل المباني التاريخية التي تتمثل في دؤاسة خصائص المنطقة و التي تمكننا من فهم وإدراك المشاكل المتواجدة بالمنطقة وتحديد المحتوى الاجتماعي للسكان وطبيعتهم والإطار الفيزيائي للحي وذلك الوظائف المتواجدة بها، وتحديد أماكن التدهور ومستوياته.

-فرض على مكاتب الدراسات المكلفة بعملية الترميم وعمليات إعادة التأهيل القيام بتريصات وتكوينات تساعد على استدامة الماني بعد عملية التدخل

-التركيز على مرحلة التحليل العمراني و التشخيص و هي المرحلة الرئيسية للتعرف على المجال

- التركيز من معرفة مرحلة التحليل والتشخيص على الجانب الاجتماعي .

-فتح مكاتب إعلامية قبل الشروع في عملية التدخل لعرض مخطط مبدئي للمشروع وهي فرصة لكسب ثقة السكان ومجال للتداول وللمشاركة .

-الإلمام بالمعطيات عن المباني وأرشفتها باستعمال تقنيات رقمية حديثة يوثق فيها التراث وأهم العمليات الي مست كل بناية و الفنيات المستعملة..

- البحث عن مصادر وطرق جديدة للتمويل لترميم المباني .

- تشجيع المستثمرين الخواص في مجال عمليات الترميم وإعادة التأهيل المباني

-تشجيع وتعزيز العمل الجموعي في المناطق التراثية والتاريخية لما له دور في عملية التوعية و التحسيس.

### قائمة المراجع :

- 1- الباسيلي،إ.(2003). أساليب الحفاظ على التراث العمراني المستدام لإعادةإحياء قرية شالي التراثية بواحة سيوة .مجلة العمارة والفنون والعلوم، 08(39) ، 31-51. DOI: 10.21608/MJAF.2021.81609.2378.51-31
- 2- البهنسي، ع. (2002). العمارة العربية -الجمالية والوحدة والتنوع. المجلس القومي للثقافة العربية. الرباط.
- 3- البيلي،ع.(2014).أساليب التعامل مع المناطق التاريخية وذات القيمة. مجلة معية المهندسين المصرية. 53(01)، 51-71  
[https://egsen.journals.ekb.eg/article\\_182860.html](https://egsen.journals.ekb.eg/article_182860.html)
- 4- البناء،م. (2002). المدن التاريخية خطط ترميمها وصيانتها. مكتبة زهراء الشرق. القاهرة. مصر.
- 5- المالكي. قبيلة، ف. (2004). التراث العمراني والمعماري في الوطن العربي (الحفاظ، الصيانة، إعادة التأهيل). مؤسسة الوراق عمان.
- 6- المنتشري ، م. الزريبي ، ع.(2021). نظم المعلومات الجغرافية والتعلم العميق.
- 7- المرسوم التنفيذي رقم 16-55 المؤرخ في 22 ربيع الثاني الموافق ل01فيفري 2016 المتعلق بالتدخل على الأنسجة العمرانية القديمة. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية ،العدد 07.
- 8- العمري،ص.(2024).استراتيجيات الحفاظ على التراث المعماري في المناطق الحضرية . مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية، 53، 385- 395 / <https://jasps.com>
- 9- داود، ج. (2012).أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية .  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3328.4322>
- 10- خطاب، س. وزيان، م. (2010). التراث العمراني بين الإهمال والإدماج نموذج مدينة دلس، الجزائر،المؤتمر الدولي الأول للتراث العمراني الإسلامي.(1-17)



- Araoz, G. F. (2011). Preserving heritage places under a new paradigm. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 1(1), 55–60.
- Bullen, P. A., & Love, P. E. D. (2011). Adaptive reuse of heritage buildings. *Structural Survey*, 29(5), 411–421.
- Cahier de charge.(2014 ) .Opération de Réhabilitation Vieux Bâtis d’Oran.
- Décision. (2008). du SG de la Wilaya d’Oran n°04, portant gestion du programme de la réhabilitation de 200 immeubles à Oran par l’OPGI d’Oran du 08/03/2008
- Décision. /2008. n°61 portant numéro d’opération 57229.262.131.09.1 inscrite en 2007.
- Opération d’un montant AP de 1 500 millions de Dinars.” (2008). “Ins-crite en 2008 visant la réhabilitation de portant n°5 722 9.262.131.08.01 .
- OPGI Rapport. (2008). Situation du vieux bâti à Oran et actions me-nées par l’Opgi dans le cadre de la réhabilitation, texte dactylogra-phié. OPGI.
- Mazouz, F. (2015). Le renouvellement du patrimoine bâti vétuste en Algérie. Le cas du centre-ville d’Oran., *Droit des société* , 01(89),151-170. DOI 10.3917/drs.089.0151
- PDAU . (2010). Plan Directeur d’Aménagement et d’Urbanisme de la wilaya d’Oran.
- Yung, E. H. K., & Chan, E. H. W. (2012). Critical social sustainability factors in urban conservation: A case study of the Central Police Station Compound in Hong Kong. *Habitat International*, 36(2), 352–362.

دراسة وتحليل التدخلات العمرانية وإعادة التأهيل في المدينة القديمة لمدينة وهران\*

بكري فاطيمة الزهراء

المركز الجامعي نور البشير البيض / البيض ، الجزائر

الملخص:

تعد مدينة وهران إحدى المدن الجزائرية المطلة على البحر الأبيض المتوسط وقد لعبت دورا بارزا واستراتيجيا منذ نشأتها على سفح جبل مرجاجو الذي كان موقعا جغرافيا أكسبها هذه القيمة عبر العصور وظلت المدينة منذ القدم ولا تزال أهم المراكز الاقتصادية. شهدت المدينة حكما إسبانيا لمدة طويلة وحكما عثمانيا وفرنسيا، ترك كل منها بصمة واضحة على طرازها المعماري. مما جعلها غنية بتراث شاهدها على كل الطبوع المعمارية والعمرانية التي مرت بها والمتمثلة في التصاميم المعمارية والعمرانية للمباني لكن ما لوحظ وسجل في الفترة الأخيرة ظهور العديد من المشاكل على مستوى المباني التراثية والتاريخية، حيث يواجه التراث العمراني بمدينة وهران العديد من التحديات تتعلق بالتدهور الفيزيائي للمباني التاريخية والتراثية التي تشهد على هوية الأمم وتبرز أهم الحضارات التي تعاقبت على المدينة، تناولت هذه الدراسة تحليل مجموعة التدخلات والمشاريع العمرانية القائمة في المدينة، والمتمثلة في عمليات إعادة تأهيل وترميم المباني، من أجل التعرف على كيفية التدخل على المباني القديمة والتاريخية في مدينة وهران مع التركيز على واقع سير هذه العمليات من حيث الدراسة التقنية والتشخيصية للمباني، أهم الفاعلين والمتدخلين، وصولا إلى تحديد نوع التدخل الذي يلائم كل مبنى حسب خصائصه والمواد التي استعملت في تصميمه، لنقوم بعدها بتقييم عملية التدخل على التراث العمراني وفهم أهم الأسباب الكامنة وراء نجاح أو قصور المشروع، كما هدفت هذه الدراسة إلى التعريف بالتراث العمراني بمدينة وهران وأهم مميزاته مع إبراز قيمته التاريخية والتراثية، خاصة في المركز التاريخي حي سيدي الهواري باعتباره النواة الأولى للمدينة والذي يحتوي على العديد من المعالم التاريخية منها ما هو مصنف ومنها ما لم يصنف بعد والمركز الحالي القطاع الحضري الأمير الذي ركزت عليه جل التدخلات العمرانية.

الكلمات المفتاحية: عمليات إعادة التأهيل، المباني التاريخية والتراثية، تقييم التدخلات العمرانية، مدينة وهران .

## Study and Analysis of Urban Interventions in Preserving the Architectural Heritage in the City of Oran

Bekri Fatima Zohra

Nour El Bachir University Center Of El Bayadh

### Abstract

The city of Oran is one of the Algerian cities overlooking the Mediterranean Sea and has played an essential and strategic role since its establishment on the slope of Mount Murdjadjo, which was a geographical location that gave it this value throughout the ages. The city has remained since ancient times and still is one of the most important economic centers. The city witnessed Spanish rule for a long period, Ottoman rule, and French rule, each one left a clear mark on its architectural style. This made it rich in heritage that showcases all the architectural and urban styles it has gone through, represented in the architectural and urban designs of buildings. However, what has been observed and recorded in a recent period is the emergence of many problems at the level of heritage and historic buildings. The urban heritage of the city of Oran faces numerous challenges related to the physical deterioration of historic and heritage buildings, which reflect the identity of nations and highlight the major civilizations that have succeeded in the city. This study focuses on analyzing the range of interventions and urban projects implemented in the city, particularly the rehabilitation and restoration of buildings. With emphasis on the current state of these processes in terms of technical studies and building assessments, the main factors involved, ultimately determining the type of intervention suitable for each building based on its characteristics and the materials used in its construction. We evaluate the impact of these interventions on urban heritage and seek to understand the main reasons behind the success or shortcomings of the projects. This study aimed to introduce the urban heritage of the city of Oran and its most important features while highlighting its historical and heritage value, especially in the historic center of Sidi El Houari neighborhood as the first core of the city, which contains many historical landmarks, some of which are classified and some not yet classified, and the current center, the Emir urban sector, on which most urban interventions have focused.

**Keywords:** Rehabilitation processes, historic and heritage buildings, evaluation of urban interventions, city of Oran.

### المقدمة

تزخر مدينة وهران بتراث ثري تاريخيا انعكس عبر الحضارات التي شهدتها المدينة منذ القرن العاشر وما قبله، بدءا من تشكيل النواة العربية الإسلامية، ومرورا بالاحتلال الإسباني، ثم الاسترجاع العثماني، وصولا إلى الاحتلال الفرنسي الذي أسهم بشكل كبير في تكوين التراث المبني الحالي. حيث تضم المدينة العديد من الأنماط المعمارية المختلفة خاصة: الحصون الإسبانية، العمارة ذات الطابع العثماني، الأندلسية-المغربية، الموريسكية والنيوموريسكية، إضافة إلى المباني ذات الطراز الأوروبي مثل الكلاسيكي الجديد، والمباني ذات الطابع الهوصماني. (URBORE, 2019)

### 1- تقييم التراث العمراني

"يمثل التراث العمراني إرثا حيث أنه يعكس تطور الحضارة الإنسانية عبر التاريخ وتعرضت المناطق التراثية إلى تغيرات حضارية واجتماعية أدت إلى تدهورها في كثير من البلدان وبدأ ظهور التيارات الفكرية من القرن الماضي التي تنادي بالحفاظ على المناطق التراثية العمرانية وذلك لما تمثله من قيم تراثية وتاريخية وثقافية واقتصادية واجتماعية بالإضافة إلى ما تحمله من ثروة قومية" (باسيلي، 2023، ص31) وفي هذا السياق أخذ مفهوم التراث في بلادنا يتوسع ويتطور ولم يعد منحصر على الوثائق التاريخية بل أصبح

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

يتجلى في الاهتمام بالمواقع التاريخية والمباني التراثية ذات القيمة فسعت الدولة إلى تبني سياسات الحفاظ على المباني وترميمها لتبقى صامدة تشهد على الفترات الزمنية والتاريخية التي طبعت تاريخ المدن منذ تشكيلها وشملت المدن المتوسطة الكبرى كتجربة نموذجية منها مدينة وهران .

### 2- التراث العمراني بمدينة وهران

تمتلك مدينة وهران مبان تراثية ذات قيمة كبيرة، وتتميز بتنوع كبير في المواقع الحضرية التي تشمل إرثا ثقافيا ومعماريا، إلا أن جزءا مهما منه يعاني اليوم من التدهور والاهمال بسبب نقص وعي الساكن بمفهوم الملكية المشتركة وعدم درايتة بالقيمة الوظيفية للمبنى ضف إلى ذلك عدم إدراج المشاركة الشعبية في عملية الترميم وإعادة التأهيل. ومن أهم مراحل الحفاظ على التراث العمراني الدراسة التحليلية والتشخيصية التي تسير وفقا لمنهج علمي وحل وظيفي أكثر فاعلية تبرز فيه الهوية العمرانية للمبنى التراثي قبل البدء في أعمال وأشغال التدخل وفقا لاستراتيجية تبرز الحلول لمواجهة تدهور المباني (Temmar, 2008).

الصورة (01) توضح بناية تاريخية تقع في الشارع الرئيسي محمد خميسي



المصدر : الباحثة

### 3- إشكالية الدراسة: يمكن صياغة مشكلة الدراسة على النحو الآتي:

ماهي أهم التدخلات العمرانية الي مست المدينة وكيف يمكن لهذه المشاريع أن تحقق مبدأ الحفاظ على الهوية التاريخية في ظل التدهور الشديد التي تعاني منه معظم المباني؟

### 4- هدف الدراسة: تهدف الدراسة إلى:

✓ في تقييم دراسة وتحليل التدخلات العمرانية في مدينة وهران

✓ فهم آلية التحليل العمراني والمعماري

### 5- منهجية البحث

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي المحدد بمجموعة من الطرق الدقيقة، الأقرب لموضوعنا، حيث تم التطرق إلى مفهوم التراث العمراني وتم مراجعة الأدبيات العلمية التي تناولته وذلك للإحاطة بمشكلة البحث في إطارها النظري لننتقل فيما بعد إلى اعتماد الأليات العملية في تحليل التدخلات العمرانية بالاستناد على مراجعة أعمال الترميم السابقة، مقارنة بين التدخلات بين المواقع المقترحة.

### 6- تصنيف التراث العمراني في مدينة وهران

يتكون التراث المادي في وهران من صنفين:

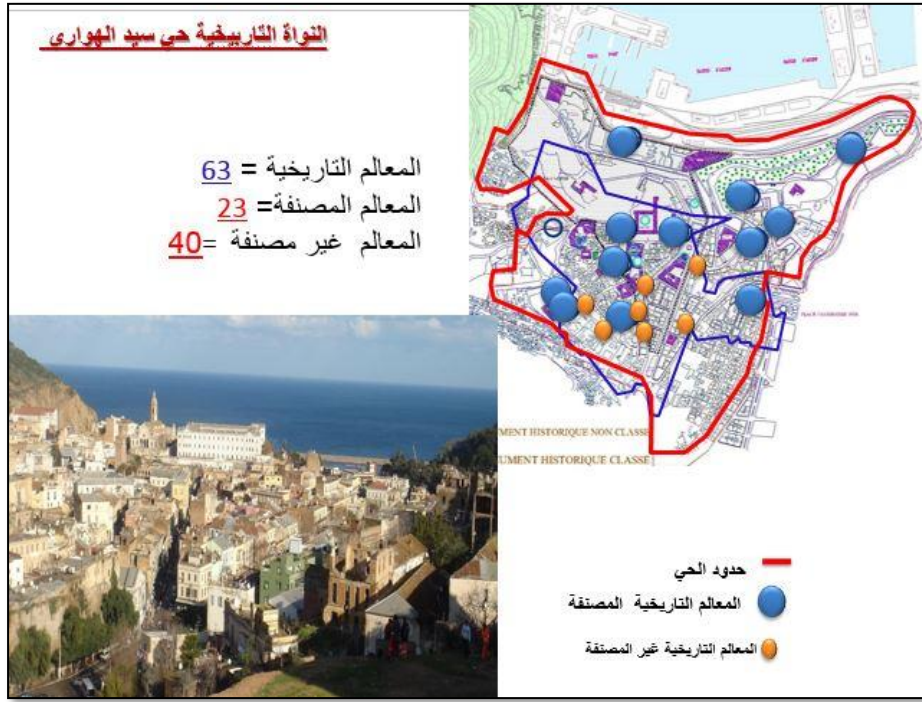
- المعالم التاريخية: مبانٍ أو منشآت تاريخية منفردة، يتم تحديدها وتصنيف بعضها.

- التراث الحضري: قطاعات عمرانية متجانسة تشمل المباني والفضاءات العامة المحيطة بها، لكنها غير مصنفة رسميا وتحتاج إلى دراسات استشرافية لتحديدها بدقة (PDAU, 2014).

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

يمكن تحديد أهم المباني التراثية التاريخية داخل النسيج العمراني القديم الاستعماري الذي يمتد من المدينة السفلية (النواة التاريخية حي سيدي الهواري) إلى حدود الطريق الدائري الثالث (PDAU, 2014) الذي يعد القطاع الوحيد المقترح للتصنيف كقطاع محمي (المرسوم التنفيذي رقم 13-15، 2015) والذي يحتوي على العديد من المعالم التاريخية منها ما هو مصنف ومنها ما هو غير مصنف كما توضحه الصورة الموالية

الصورة (02) توضح موقع المعالم المصنفة وغير مصنفة بالنواة التاريخية

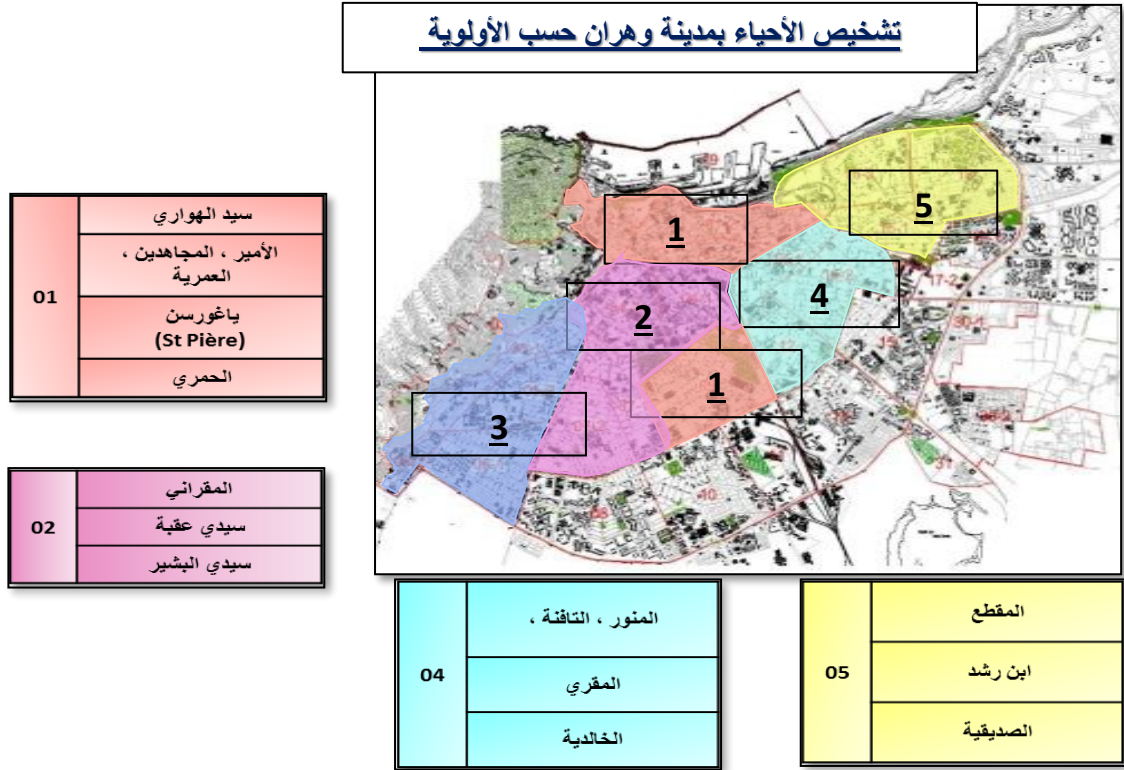


المصدر: (مديرية التعمير والبناء، 2019)

### 7- تشخيص النسيج العمراني بالمدينة

لفهم الطريقة التي تم بها دراسة الدراسة التحليلية والتشخيصية، قمنا بتحليل جميع المراحل المتبعة، وقد تمثلت طريقة التحليل العمراني، في بدايتها على تحديد الأنسجة العمرانية القديمة التي حددت فيها حالة البنايات ودرجة التدهور وذلك تحت إشراف الهيئة المكلفة بالمراقبة التقنية للبنايات ليتم بعد ذلك تقسيم المدينة إلى قطاعات حسب الأولوية ويعتبر القطاع الحضري الأمير الممثل في المركز الحالي للمدينة والمركز القديم سيد الهواري ذات الأولوية لتليها بعد القطاعات الأخرى.

الصورة (03) توضح مرحلة تشخيص النسيج العمراني بمدينة وهران



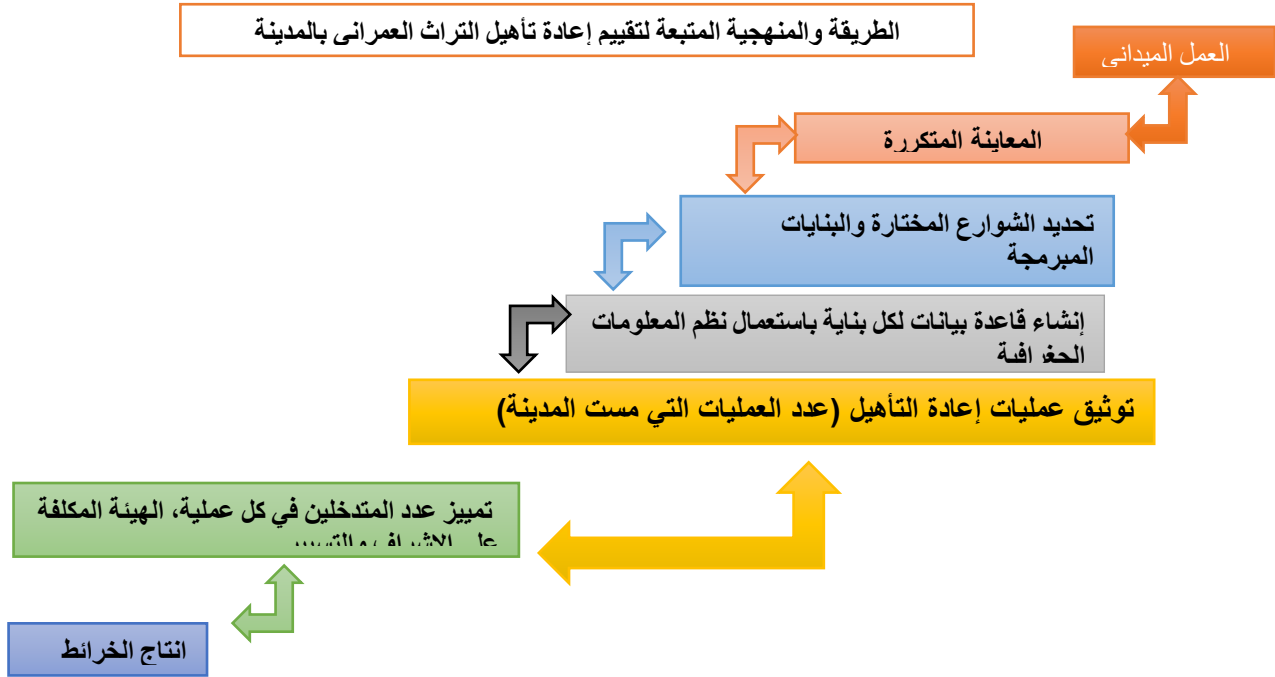
المصدر : مديرية التعمير والبناء بتصرف الباحثة

#### 8- تحليل إجراءات عملية التدخل بالمدينة

من أجل التعرف على كيفية التدخل على المباني القديمة والتاريخية في مدينة وهران بغية تقييمها والتي وجدنا أنها اتخذت عدة جهات حيث قمنا بتتبع مراحل عملية التدخل منذ الانطلاقة الفعلية لعمليات إعادة التأهيل حيث ركزنا في البداية على الدراسة الميدانية لمنطقة الدراسة، وإجراء المقابلات مع الهيئة المكلفة بعملية إعادة التأهيل والترميم من أجل الالمام بالمعلومات التي إرتينا أنه تخدم الموضوع

كما ساعدنا ذلك في فهم تقنية التدخل من مرحلة اتخاذ القرار إلى مرحلة الإنجاز والتي مكنتنا أيضا من التأكد من نقاط الضعف والقوة لكل مشروع، والأسباب الكامنة التي ساهمت بشكل أو آخر إما في نجاح عملية التدخل أو قصورها، يمكننا حوصلة عملنا الميداني في عدة مراحل كما هي موضحة المخطط الموالي



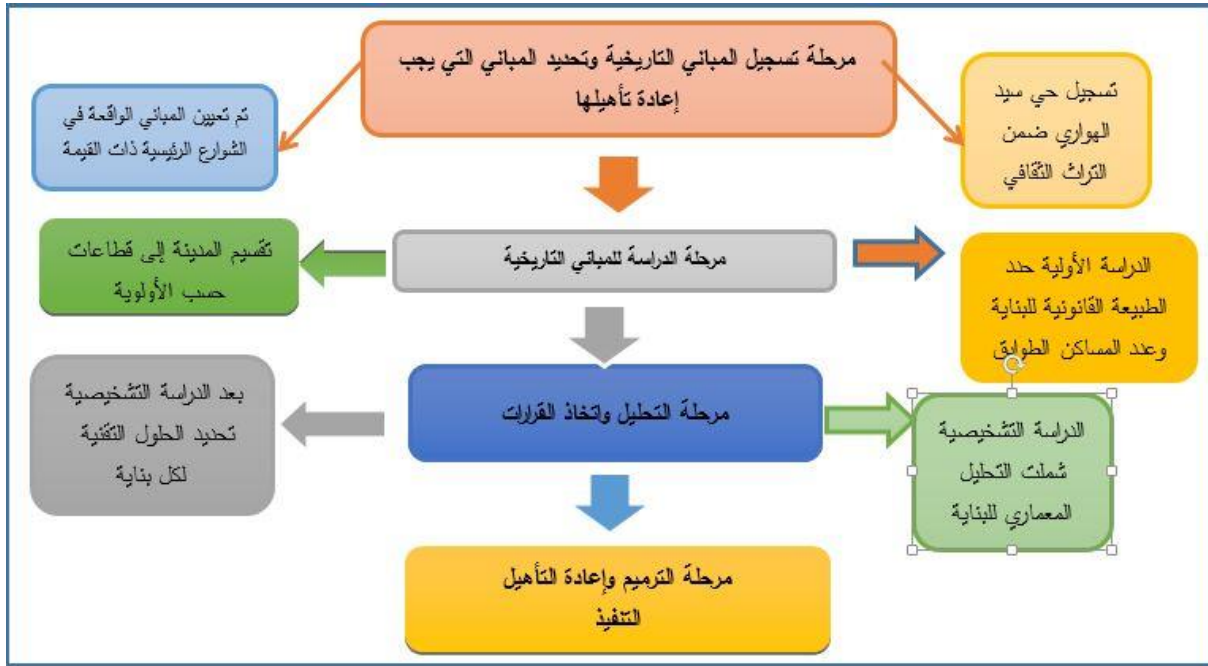


المصدر: من إعداد الباحثة

#### 9- طريقة التقييم المعتمدة

بدأت عملية تقييم التدخلات العمرانية من المركز التاريخي حي سيد الهواري باعتباره النواة الأولى للمدينة، ثم انتقلنا بعدها إلى دراسة المشاريع التي استفاد منها المركز الحالي والمسمى بالقطاع الحضري الأمير كما هو موضح في المخطط (01) حيث سنتطرق إلى شرح تقييمي لكل عملية حسب عدد البنائات المبرمجة وإبراز دور المتدخلين عن طريق عرض نتائج التقييم، ومقارنة كل العمليات

المخطط (01) يوضح ملخص عام للتدخلات العمرانية بالمدينة



المصدر: من إعداد الباحثة

#### 1-9- تقييم العمليات المنجزة بالمركز القديم النواة التاريخية سيد الهواري

يعتبر المركز القديم حي سيد الهواري تراثا غنيا لا يزال يحافظ على مظهره التراثي وخصوصياته وتصميمه العمرانية التي تبرز الحضارات المختلفة التي تعاقبت عليه رغم الإهمال الذي يشهده جراء العوامل السلبية التي عملت بشكل أو آخر إلى إنقاص قيمته التاريخية والعمرانية والجمالية والتي كان من الممكن استغلالها كمناطق جذب سياحي تبرز تاريخ إنشاء مدينة وهران والذي يتطلب بدوره التوصل إلى مشروع واقعي لحمايته وصيانته خاصة بعد تصنيفه كمناطق تراثية محمية لما تحمله من معالم تاريخية قيمة يتوجب الحفاظ عليها.

- تعتبر سنة 2008 الانطلاقة الرسمية لعمليات الترميم والحفاظ على النسيج العمراني القديم حيث تم اختياره كهدف محوري في عملية إعادة تأهيل 200 بناية التي مست بدورها وركزت على الشارع الرئيسي ستالين غراد المسمى حاليا خديم مصطفى الذي تم اختياره كمناطق رئيسية وذات أولوية وتم اختيار 31 بناية منذ سنة 2008 رشحت لعملية إعادة التأهيل.
- ترميم بعض البنائات حيث تم التدخل على الواجهات العمرانية فقط لعدة أسباب نستطيع ذكر الرئيسي منها العامل المادي ولما تحتاجه هذه البنائات من تقنيات مكلفة لترميم البناية.
- تجدر الإشارة على توقف الأشغال بالحي ولم يرمج به أي عملية إلى يومنا الحالي.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

- كما أثر غياب وعي السكان بمدى قيمة المباني التي تترك عملية ترميمها على عاتق الدولة بالمقارنة مع الدول الأوروبية التي يتم فيها تقسيم أعباء المشروع بمساهمة المالك للمبنى والذي بدوره يعبر عن المستفيد الأول لمثل هذه المشاريع وفي هذا الإطار يمكن القول أن نجاح مثل هذه المشاريع لا يكمن إلا إذا تجسدت المشاورة الفعلية للسكان عن طريق عرض المشروع في ندوة عامة يتم فيها شرح مراحل سير المشروع لتسهيل عملية الترميم والوصول إلى مخطط تنفيذي ومستدام الذي يعبر عن مبدأ من مبادئ التنمية المستدامة. (بكري، 2025)

### 9-2- تقييم العمليات المنجزة بمركز المدينة الحالي

تعتبر سنة 2008 الانطلاقة الفعلية للاهتمام بمركز المدينة الحالي بدأت بوادره في مشروع إعادة تأهيل 200 بناية حيث شملت العملية "الشارع الرئيسي منه والمتمثلة في شارع العربي بن المهدي وشارع الأوراس وشارع خميسي بمعدل 120 بناية مرشحة للترميم وإعادة التأهيل قسمت إلى ثلاث مناطق وكل منطقة بدورها إلى مناطق" (OPGI, 2008) تمت الدراسة الأولية إلى تشخيص كل بناية من حيث الطبيعة القانونية للملكية وعدد المساكن وعدد الطوابق ليحدد فيما بعد نوع التدخل فبالنسبة للبنائيات ذات الملك الخاص ترمم فيها الواجهات فقط أما ذات الملكية العامة فتم ترميم فيها الواجهات والأجزاء المشتركة للعمارة.

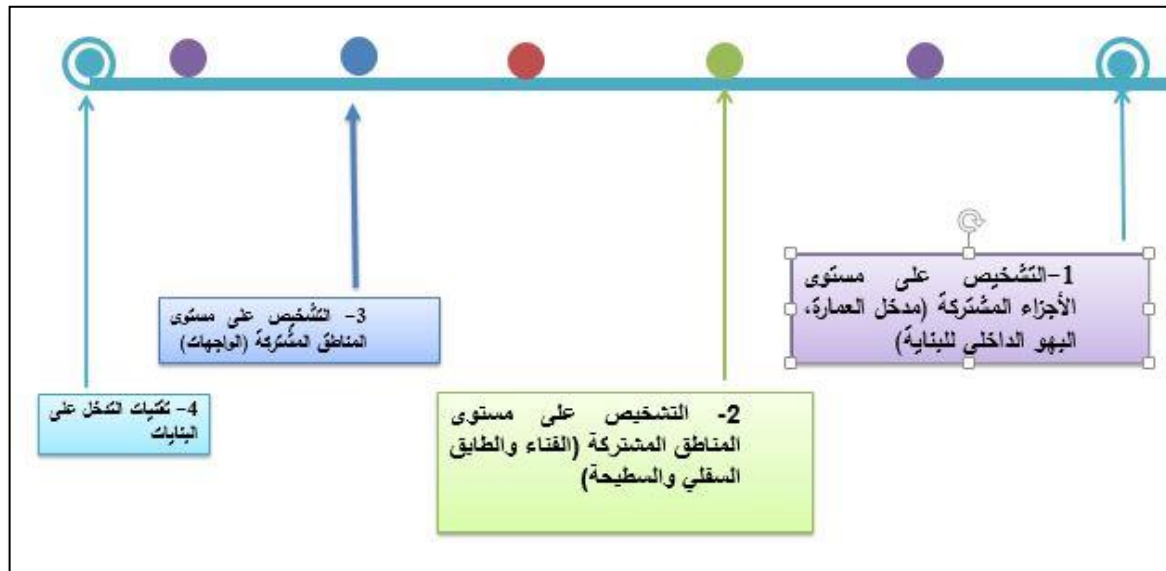
أما بالنسبة لمشروع إعادة تأهيل 400 بناية شملت ولاية وهران وهو مشروع مكمل للسابق والذي أيضا ركز على المركز الحالي للمدينة وأضاف بعض الشوارع الرئيسية .

### 10- تحليل الطريقة المتبعة في التحليل والتشخيص

تعتبر هذه المرحلة من مراحل التحليل من أهم المراحل لما لها أهمية في تحديد تقنية التدخل فيما بعد والتي تحددها نتائج التشخيص لكل بناية انطلاق بدياته التحليل العمراني في الدراسة الأولية للبنائيات الواقعة في الشوارع الرئيسية والتي تمثلت في تحديد الموقع، تحديد عدد المساكن والطوابق، عدد السكان في بعض الأحيان، تحديد الوظيفة إذا كان سكني أو مخصص لوظيفة إدارية كانت أو تجارية، وتحديد الطبيعة القانونية للبنائيات والتي كانت سبب في اختيار البنائيات واقتراحها للترميم.

وسيتيم عرض نموذج لدراسة التشخيص التي توافقت مع زيارتنا الميدانية للبنائيات بغية تقصي أهم المشاكل رفقة المكلفين والاطلاع على معظم الدراسات ورفع المشاكل التي تعاني منها البنائيات التاريخية والتي سنحوصلها في المخطط الموالي بالتفصيل كالآتي:

المخطط (02) يوضح تحليل الطريقة المتبعة في التحليل والتشخيص

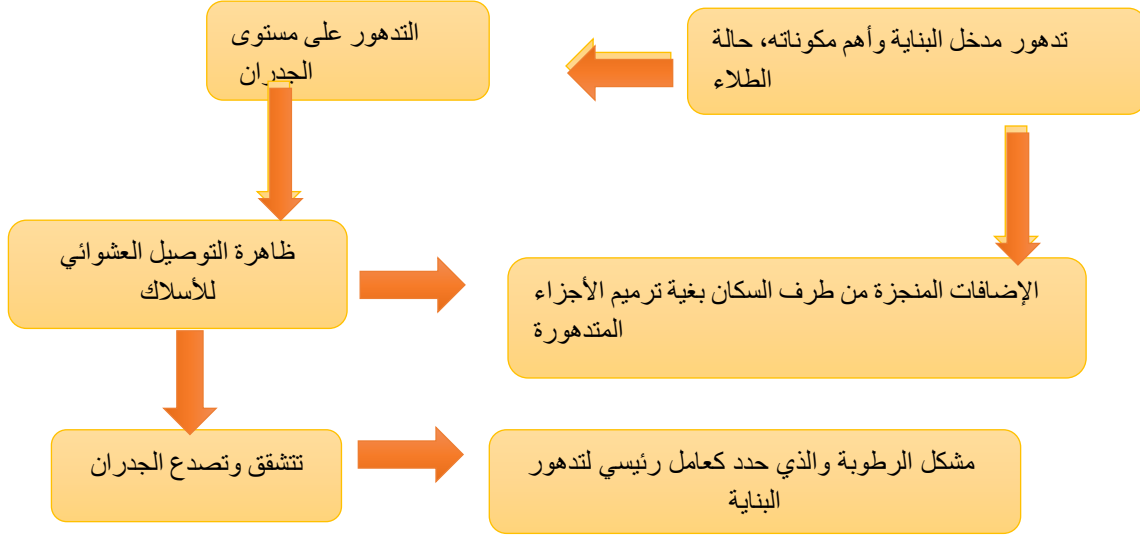


المصدر: من إعداد الباحثة

#### 10-1- التشخيص على مستوى الأجزاء المشتركة (مدخل العمارة، البهو الداخلي للبنية)

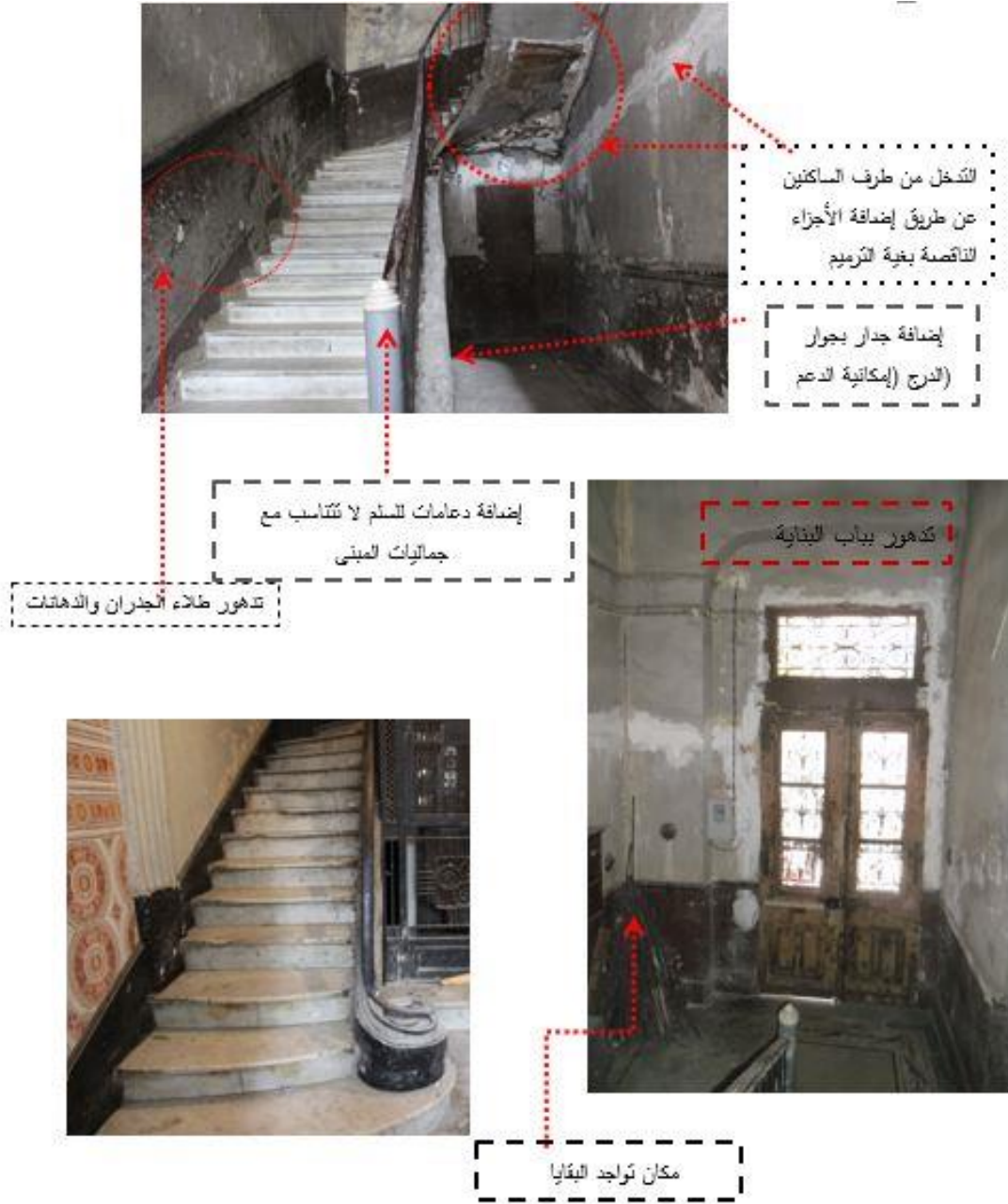
تم في هذه المرحلة التشخيص التفصيلي للأجزاء المشتركة والمتمثلة في مداخل العمارة والبهو الداخلي والتي تم فيها الرصد الدقيق لكل المشاكل التي تظهر على مستوى هذه الأجزاء كما توضحها الصور المأخوذة كنموذج متبع لإحدى مكاتب الدراسات لأحد البنايات الواقعة في الشارع الرئيسي لعربي بن مهدي ، ركزت العملية في رفع أهم المشاكل بدءاً من:

المخطط (03) يوضح أهم مشاكل التدهور على مستوى البهو الداخلي للبنية



المصدر: من إعداد الباحثة

الصورة (04) توضح التشخيص على مستوى مدخل العمارة والبهو الداخلي



المصدر: Hattou, S. (s.d.).

بتصرف الباحثة

## 10-2- التشخيص على مستوى المناطق المشتركة (الفناء والطابق السفلي والسطح )

يمكن أن نحصل مراحل التشخيص على مستوى المناطق المشتركة والمتمثلة في الفناء الداخلي للبنية، الطوابق السفلية (القبو) والطابق الأخير (السطح) والتي هي مشتركة بين كل البنايات التي قمنا بتفقدتها والتي سنوضحها في المخطط التالي:

المخطط (04) يوضح أهم المشاكل التي تم رفعها على مستوى الفناء



المصدر: من إعداد الباحثة



الصورة (05) التشخيص على مستوى الأجزاء المشتركة (الفناء والطابق السفلي والسطح)



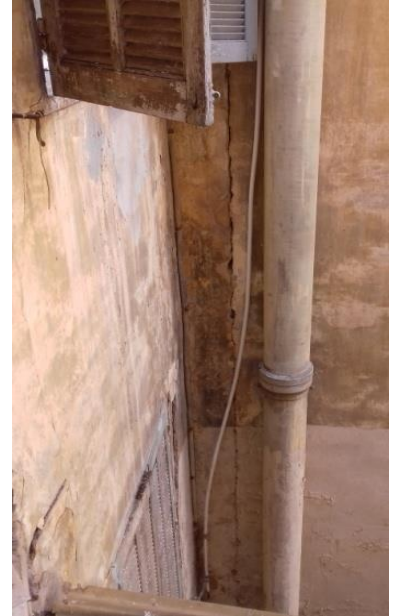
تراكم القمامة في الفناء

الدرج المؤدي إلى الطابق السفلي  
مسدود بالقمامة.



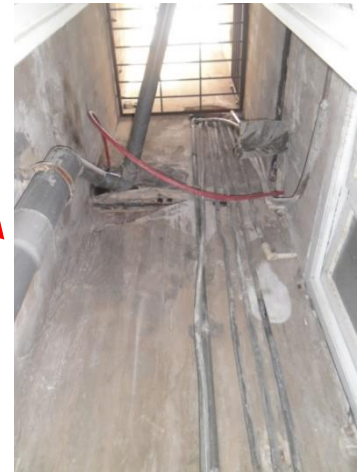
ظهور تشققات في الواجهة  
الداخلية (الفناء).

ظهور تشققات في عدة  
مستويات من المبنى.



شبكة مياه وصرف صحي  
فوضوية (تحولات  
واضحة)

إضافة جدار من الطوب  
يفصل بين مبنيين



المصدر: Hattou, S. (s.d.).

بتصرف الباحثة

الصورة (06) التشخيص على مستوى الأجزاء المشتركة (الواجهة والسطح)



استعمال طلاء للعزل المائي.

ظهور شقوق تحت المادة العازلة للماء وتكاثر النباتات يدل على تسرب المياه.



تركيب ماسورة صرف جديدة لتصرف مياه الأمطار.

استخدام ملاط أسمنتي غير مناسب لتلييس الجدار الحجري



تدهور الواجهات



سقوط بعض العناصر المعمارية للواجهة.

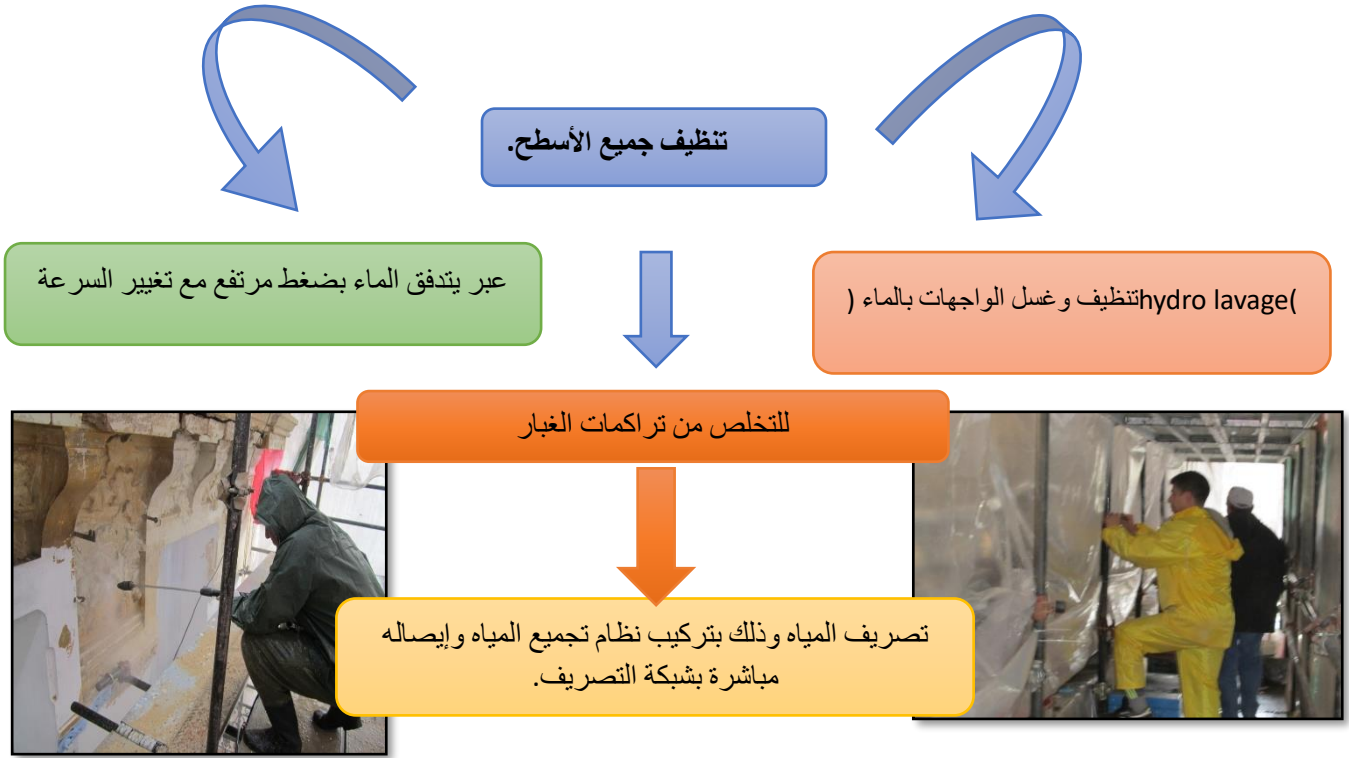


المصدر: Hattou, S. (s.d.).

بتصرف الباحثة

3-10- تقنية الحفاظ والتدخل: تمت عملية التدخل على المباني المبرمجة لإعادة التأهيل والترميم كالآتي:  
المرحلة الأولى : تنظيف جميع الأسطح.

المخطط (05) مرحلة التحضير لعملية تنظيف الواجهات



ثم تنظيف العناصر الزينية بعد عملية الغسل والتنظيف بالماء وذلك لإزالة الرواسب من الطلاء والمتمثلة في زخارف معمارية (Moulure) التي تضاف إلى حواف الجدران أو الأسقف أو الأعمدة وتتنوع فيها الاشكال، الحافة المعمارية (corniche) تكون بارزة وتستعمل لتزيين الواجهة وخاصة الجزء العلوي منها وتضفي طابع جمالي كما سنوضحها في الصورة الموالية

الصورة (07) توضح تنظيف وإزالة الرواسب والبقايا من العناصر الزخرفية

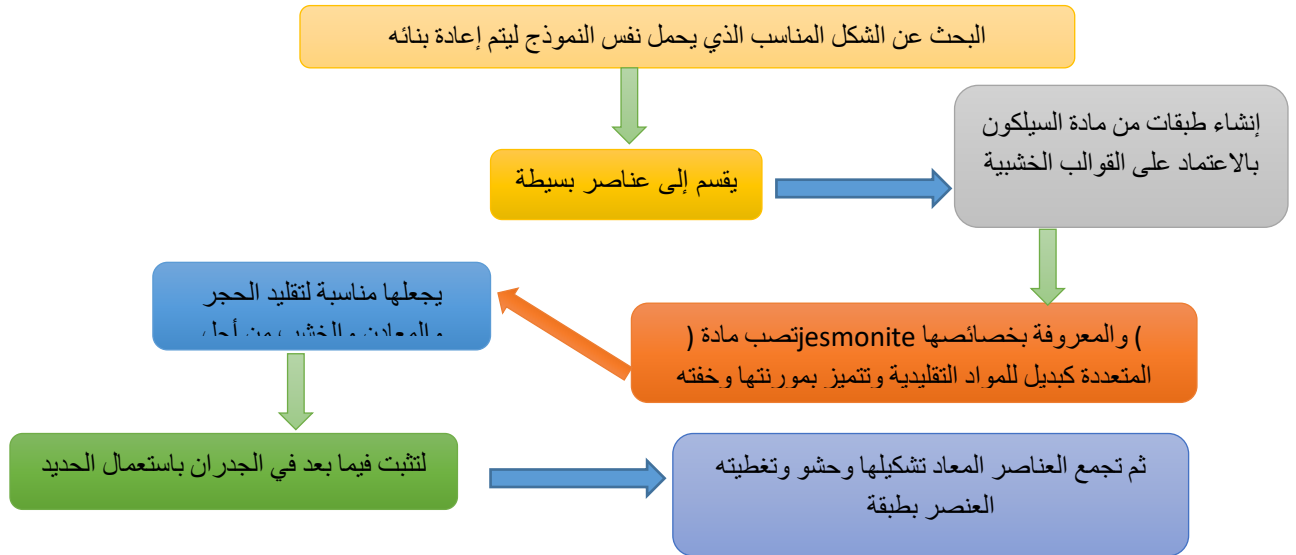


المصدر: Hattou, S. (s.d.)<sup>24</sup>

تجدر الإشارة على أن عمليات الترميم المقترحة في المدينة ارتكزت في بدايتها على الاعتماد على الأيدي الأوروبية لما تكتسبه من خبرة في مجال وإعادة ترميم المباني التاريخية والتلاشية والتي قامت بدورات تكوينية ورشات عمل داخل البناية التي ستخضع لعملية الترميم وإعادة التأهيل (école chantier) وذلك لتكوين ليد العاملة ومكاتب دراسات، والصورة أعلاه توضح الورشة التكوينية لمكتب دراسات.

#### 10-4- إعادة بناء وتشكيل العناصر الزخرفية (Modillon)

المخطط (06) يمثل مرحلة إعادة إنشاء العناصر الزخرفية



Le projet a été réalisé pour le compte de la Direction de l'urbanisme et de la construction, avec une maîtrise d'ouvrage déléguée assurée par l'Office de gestion et de promotion immobilière d'Oran, et exécuté par l'entreprise Refit SARL Algeria.<sup>24</sup>



المصدر: من إعداد الباحثة

الصورة (10،09،08) توضح إعادة إنشاء العنصر الزخرفية لبناية



المصدر: Hattou, S. (s.d.).

10-5- مرحلة تدعيم الهيكل الخاص بالشرفات .

الصورة (11) توضح مرحلة تدعيم الهيكل



المصدر: Hattou, S. (s.d.).

10-6- عملية الترميم الواجهات : شملت العملية المراحل التالية :  
الصور (12،11،13) على التوالي توضح مرحلة ترميم الزخارف وتدعيم الأرضيات



المصدر: Hattou, S. (s.d.).

يستخدم لترميم عنصر زخرفي الجير الهيدروليكي وهو نوع يتميز بقدرته على التصلب في وجود الماء ويستخدم كثيرا في أعمال البناء والترميم لما يتميز به من خصائص ميكانيكية وهو مقاوم للرطوبة واستعمال أيضا مادة صديقة للبيئة وتسمى (éco-pouzzolane) تضاف للإسمنت لزيادة القوة والمتانة كما تعمل على تقليل الانبعاثات الكربونية وتستخدم بكثرة في ترميم المباني الأثرية لتعزيز الخائص الكيميائية والفيزيائية.

10-7- العزل ضد تسرب الماء

تتم عملية العزل باستعمال مادة تسمى (élastomère léger) وهي مادة مرنة تشبه السيليكون وهي مقاومة للتآكل توضع على أرضية السطح كمادة عازلة كما توضحها الصورة التالية



الصورة (13) توضح طريقة العزل المائي للأسقف



المصدر: Hattou, S. (s.d.).

بعد ذكر تقنيات التدخل على المباني قصد إعادة تأهيلها وترميمها سنتعرض بعض الصور للبنى التي تم التدخل عليها

الصورة ( 14 ) توضح ترميم دار البلدية الواقعة بساحة أول نوفمبر الصورة ( 15 ) توضح بناية بعد عملية الترميم



المصدر: الباحثة

#### الخاتمة

ناقشت الدراسة سياسات وممارسات المنتهجة على التراث العمراني والمباني التاريخية في مدينة وهران والجزائر بشكل عام كما تهدف إلى تزويد صانعي القرار والمخططين والممارسين بأساس قوي لتطوير استراتيجيات وبرامج ترميم أكثر استدامة وشمولا مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد العمرانية، الاجتماعية والاقتصادية والثقافية والتقنية وهذا ما كان غائب تماما في هاته مشاريع المبرمجة التي تدرس المبنى على أنه كتلة منفصلة عن النسيج العمراني، حيث قمنا أولا بتصنيف المعلومات المتاحة وتحليلها، بالإضافة إلى تحليل الجوانب المتعلقة ببرمجة واختيار البنايات والمناطق التي ركزت عليها التدخلات، وأولويات الترميم وأهمية مشاركة المجتمع التي كانت غائبة تماما في هاته المشاريع، وتطوير المهارات في عملية الترميم وإعادة التأهيل.

### قائمة المراجع

- الباسيلي،إ.(2003). أساليب الحفاظ على التراث العمراني المستدام لإعادة إحياء قرية شالي التراثية بواحة سيوة. *مجلة العمارة والفنون والعلوم*، 08(39)، DOI: 10.21608/MJAF.2021.81609.2378.51-31
- المرسوم التنفيذي رقم 13-15 مؤرخ في أول ربيع الثاني عام 1436 الموافق 22 يناير سنة 2015، يتضمن إنشاء القطاع المحفوظ للمدينة العتيقة لسيدي الهواري وتعيين حدوده
- بكري، ف.(2025). تقييم إعادة تأهيل المباني التاريخية حالة مدينة وهران(التقنيات الحضرية رسالة دكتوراه). جامعة المسيلة. معهد تسيير التقنيات الحضرية .
- مديرية التعمير والبناء (2019) نسخ رقمية وفرتها المديرية للباحثة.
- Hattou, S. (s.d.).Projet de réhabilitation des immeubles de la ville d’Oran: Rapport technique.Bureau d’études d’architecture Hattou Said.
- Hattou, S. (s.d.). Diagnostic Et Expertise Pour La Rehabilitation Des Immeubles De La Rue Larbi Ben M’hidi N°73, 74, 75, 76, 77- Oran(raport technique non publier ). bureau d’études d’architecture hattou said
- OPGI Rapport. (2008). «Situation du vieux bâti à Oran et actions menées par l’Opgi dans le cadre de la réhabilitation, texte dactylographié. » OPGI
- Révision du PDAU Du Groupement Des communes: Oran – Bir Eldjir – Es Senia – Sidi Chahmi – El Kerma /PHASE 01 / Septembre 2014
- Temmar, A. (2008). Problématique de la rénovation Urbaine à Oran, Collque International à Oran, 19 au 21 Octobre, Actes du Col-loque, pp. 90-93.
- URBORE .(2019). Plan Directeur d’aménagement et d’urbanisme de la wilaya d’Oran

## استدامة التراث الثقافي المتحفي في ضوء التصميم الرقمي: المتحف الوطني بباردو نموذجًا

د.هندة بوحامد

أستاذة مساعدة بالمعهد العالي للفنون والحرف بصفاقس، جامعة صفاقس، تونس.

### الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على مشروع إحياء التراث الثقافي المتحفي في تونس في ضوء التصميم الرقمي الذي عبر استعراض التجربة الغامرة التي شهدتها "المتحف الوطني بباردو" والتي تعدّ بادرة أولى من نوعها نحو تعزيز ورقمنة التراث الوطني في ظل التحولات الرقمية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي وذلك عملاً على استدامته بوسائل العرض الحديثة تحت رعاية وكالة إحياء التراث والتنمية الثقافية. وفي هذا الصدد تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لإبراز المفاهيم المتعلقة باستدامة هذا الإرث الفني وتقنيات "حفظه" و"عرضه" و"ترميمه" رقمياً عبر تحويل الواقع المتحفي المادي إلى واقع افتراضي ومنتج رقمي ثلاثي الأبعاد لإعادة اكتشاف تاريخ قرطاج بطريقة تفاعلية مع تسليط الضوء على مسألة التعاون الفعال بين المختصين من "علماء آثار" و"فنانين" و"فوتوغرافيين" و"مؤرخين" إلى غير ذلك من مختصين في علوم المعلومات للوصول إلى تحقيق أفضل النتائج لحفظه خاصة أمام تصاعد التهديدات بسرقة وتزايد النزاعات الإيديولوجية التي تهدده بالتدمير والتقويض. وتوصلنا إلى أن هذا المتحف قد أصبح اليوم نموذجاً وبرهاناً على التزام تونس بعرض تراثها الثقافي وحفظه وإتاحته رقمياً ليكون في متناول الجميع عبر استخدام العرض التفاعلي وتقنيات "الواقع الافتراضي" و"الواقع المعزز" لخلق بيئة متحفية مستدامة عبر فضاءات عرض غامرة، خلافاً إلى المساهمة الفعالة في تحقيق التنمية الاقتصادية من خلال دعم السياحة الافتراضية عبر الانفتاح على جمهور أكبر وأوسع.

**الكلمات المفتاحية:** استدامة التراث الثقافي، متحف باردو بتونس، التصميم الرقمي، السياحة الافتراضية، الذكاء الاصطناعي.

## Sustainability of Museum Cultural Heritage in the Light of Intelligent Digital Design:

### The National Museum of Bardo as a Model

#### Abstract

This study aims to shed light on the project of revitalizing museum cultural heritage in Tunisia through smart digital design, by reviewing the immersive experience at the "National Museum of Bardo" this initiative is considered the first of its kind, aimed at enhancing and digitizing national heritage in the context of digital transformations and artificial intelligence applications, while working to ensure its sustainability through modern exhibition methods, under the patronage of the Heritage Revival and Cultural Development Agency. In this regard, the descriptive-analytical approach was relied upon to highlight the concepts related to the sustainability of this artistic heritage and the techniques of "preserving," "displaying," and "digitally restoring" it by transforming the physical museum reality into a virtual reality and a 3D digital product to rediscover the history of Carthage in an interactive manner. The focus was also placed on the issue of effective collaboration between specialists such as "archaeologists," "artists," "photographers," "historians," and other experts in information sciences, in order to achieve the best results in preserving this heritage, especially in light of the growing threats of theft and the increasing ideological conflicts that threaten it with destruction and undermining. We have concluded that this museum has become, today, a model and evidence of Tunisia's commitment to displaying, preserving, and digitally making its cultural heritage accessible to all, using interactive displays and "virtual reality" and "augmented reality" techniques to create a sustainable museum environment through immersive exhibition spaces. Additionally, it actively contributes to achieving economic development by supporting virtual tourism through reaching a larger and wider audience.

**Keywords:** Cultural Heritage Sustainability, Bardo National Museum, Tunisia, Digital Design, Virtual Tourism, Artificial Intelligence.

#### المقدمة

إن بحثنا في مسألة استدامة التراث الثقافي المتحفي يشكّل موضوعاً على أقصى من الأهمية خاصة في هذا العصر ونحن نعيش في زمن التحول الرقمي وسطوة الذكاء الاصطناعي. ويعتبر هذا البحث جزءاً من أبحاثنا في مجال الصورة وتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في ارتباط هذا المجال بالتصميم الرقمي الذي ودوره في الحفاظ على التراث الوطني في تونس. وفي هذا الصدد، يدور تفكيرنا حول التوجهات التكنولوجية الجديدة للتجارب المبتكرة في المتاحف لنستحضر مفهوم التجربة الغامرة باعتبارها ديناميكية معاصرة لبناء المتحف الافتراضي عبر بيئات رقمية تفاعلية. فنحن اليوم أحوج من أي فترة مضت لنستكشف مساهمات تقنيات التصميم الرقمي الذي في تعزيز التراث وإعادة تعريفه والتفاعل معه على المستويين المحلي والدولي من خلال تسهيل عمليات الوصول إلى الموارد الثقافية والفنية التي تشكّل هويتنا وأصالتنا وتاريخنا المادي. فعندما نبحت في تاريخنا ونتجول في متاحفنا الأثرية مثل متحف "باردو" و"قرطاج" و"أوتيك" و"كركو" وغيرها من المواقع المتحفية التي تشهد على تاريخنا وتراثنا وثقافتنا، لنا أن نتساءل ماذا عن متاحفنا اليوم؟ هل من إمكانيات للاستفادة من "ثورة الذكاء الاصطناعي" (النشر، 2014، ص. 177) وتطبيقاته في تحويل المواقع الأثرية أو المتحفية إلى بيئات غامرة تفاعلية؟ وهل يمكن إثارة تصورات جديدة للعرض المتحفي تركز على فردية الزائر في خضم تجربة "الواقع المعزّز" «la réalité augmenté» و"الواقع الافتراضي" «la réalité virtuelle».

ورغم الآراء المؤيدة التي تجد في الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات الرقمية وعداً بمستقبل أفضل وأسهل وأكثر ثراءً، فإن الآراء الرافضة له تجده مشكّل خطر وابتزاز وتضليل ونزع للصفة الإنسانية، ونرى بوضوح كيف يتأرجح النقاش العالمي العام الحالي بين تيارين وكيف تُبنى أسطورة الذكاء الاصطناعي في العالم. لذلك بعيداً عن سلبيات هذا المجال الرقمي الذي، نحن معنيون بهذه الثورة، حيث يتوجب علينا أخذ الحيطة والحذر منها ولكن علينا التفكير أيضاً في مساهمتها في حفظ وحماية التراث الثقافي خاصة أمام تصاعد التهديدات بسرقة وتزايد النزاعات الإيديولوجية التي تهدده بالتدمير والتقويض. فقد أثبتت أدوات الذكاء الاصطناعي أنها أداة قوية في أيدي المتخصصين في أعنى المتاحف العالمية الافتراضية «Les musées virtuels» (Deloche, 2005, p. 22)؛ مثل "الوفر" بباريس و"فان غوغ" بأمستردام و"المتحف الفني للفنون المعاصرة" في كوريا و"متحف ريكز" في هولندا و"متحف ديل باردو" في مدريد و"المتحف الوطني للأنثروبولوجيا" في المكسيك و"المتحف الوطني للفنون" في واشنطن وغيرها. وقد انضمت

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

تونس في المدة الأخيرة لهذه القائمة من خلال رقمنة "المتحف الوطني بباردو" باعتماد تقنيات التكنولوجيا الغامرة، التي فتحت إمكانيات جديدة وفعالة لطرق الحماية والحفظ والرقمنة والتوثيق والتحليل والترميم عبر تقنيات المسح الآلي والنمذجة ثلاثية الأبعاد وتطبيقات الواقع الافتراضي والواقع المعزز مما يسهل اليوم إمكانية الوصول للتراث من قبل الباحثين والطلبة والجمهور الواسع. فالحفاظ على مواقع التراث الثقافي من خلال اعتماد تقنيات العرض المتحفي هي خطوة نوعية ذات أهمية قصوى بالنسبة للأجيال المستقبلية وكذلك بالنسبة للزائرين من كافة أنحاء العالم، هذا وقد أشار هانس جورج غادامير Hans-Georg Gadamer إلى هذه الرؤية المستقبلية مؤكداً أن التراث هو تجربة مستمرة، يعيشها الإنسان عبر فهمه وتأويله، وهو ما يجعل حفظه وتثمينه عملية تفاعلية مستمرة فـ **"التراث ليس شيئاً من الماضي؛ بل هو حوار حي بين الماضي والحاضر"** <sup>25</sup> (Gadamer, 1989, p.269).

فالمتاحف اليوم لم تعد مجرد أماكن أو جدران تحتضن بداخلها التّاريخ لتجسّد جوهر الإبداع البشري، بل هي كنوز لا تقدر بثمن، إذ تمثل الهوية والتقاليد وتاريخ الشعوب، هي واجهة للتراث وعنوان للحضارة وذاكرة نابضة حياة، تروي قصصاً خالدة عن الأسلاف والأجداد. وحتى تكون متاحفنا مواكبة للتحوّلات الرقمية في العالم وكذلك متعددة في أسلوبها وخطابها وجمهورها، وضعت وكالة إحياء التراث والتنمية الثقافية في تونس سياسة اتصالية حديثة عبر خطة ترويجية معاصرة تستثمر تكنولوجيا المعلومات وثورة الاتصالات لتوظيف المحامل الذكية حتى تكون المتاحف للجميع عبر استقطاب فئات جديدة من الزوّار. ففي تجربة أولى جديدة من نوعها، نفّذت وكالة إحياء التراث والتنمية الثقافية سنة 2019 مشروع نموذجي خاص بالمتحف الوطني بباردو يرتكز على أربعة منجزات، أولها "العرض المتحفي الرقمي ثلاثي الأبعاد" للتعريف بمكونات متحف باردو من لوحات فسيفسائية ومنحوتات رومانية عبر تطبيق رقمية قابلة للتحميل بصفة مجانية وسهلة الاستعمال بثلاث لغات وهي (العربية والانجليزية والفرنسية) علاوة على لغة "البراييل" بالنسبة لذوي الاحتياجات الخصوصية، أما المنجز الثاني هو صناعة مسمى التجربة الغامرة ثلاثية الأبعاد باستعمال تقنية "الواقع الافتراضي"، والمنجز الثالث هو تعزيز الزيارة المتحفية عبر إعادة ترميم وتشكيل التراث الفني باستعمال تقنية "الواقع المعزز"، أما المنجز الرابع فيتمثل في استثمار تقنيات "الطباعة الرقمية ثلاثية الأبعاد" عبر مسح وتصميم وطباعة القطع الأثرية المعروضة في المتحف، ووضع المجسمات على ذمة الزائرين. في هذا السياق أصبح هذا المتحف نموذجاً وطنياً استثنائياً من نوعه حيث يمكن للجميع التّفاذ إلى التراث الثقافي والأثري الذي تحتويه المجموعات المعروضة في "المتحف الوطني بباردو" باعتماد أحدث التطبيقات الذكية وآخر أجهزة التّحديثات التكنولوجية في حفظ المواقع الأثرية. فكان مشروعاً تعاونياً وتشريكياً بين أصحاب الخبرة في الذكاء الاصطناعي وذوي الاختصاصات الفنية والمعلوماتية التي تعمل مناهجهم المتنوعة على إثراء وتوسيع المعرفة بالبيئة المتحفية الدولية وهي التجربة الوحيدة في شمال إفريقيا والمنطقة العربية المنجزة بإمكانات تونسسية بحتة. وبالتالي من المهم استكشاف عوالم هذا الموقع المتحفي المثير وتقديم لمحة عامة عن الإجراءات والتجارب التي قامت بها الكفاءات التونسية في السنوات الأخيرة من أجل تحسين تجربة الزوّار وتثمين وفهم التراث الثقافي وتعزيز البحث العلمي سواء كان الأمر يتعلق برقمنة المجموعات الفنية الأثرية أو مسار إنشاء التجارب الافتراضية الغامرة والتفاعلية مع الزوّار. ويشدّد بول ريكور Paul Ricoeur على هذه التجارب الحديثة في التفاعل مع التراث وما يتطلبه تفاعل الإنسان معه ليس فقط بالحفظ، بل بالفهم وإعادة القراءة بقوله: **"التراث هو ذاكرة المجتمع، ولا وجود له إلا من خلال تكراره وتفسيره"** <sup>26</sup> (Ricoeur, 2009, p. 80). فالهجرة اليوم إلى العالم الرقمي أصبحت ضرورة ملحة للترويج للأعمال الفنية وحفظ وتثمين التراث، فمن المهم فهم وتعقب هذا النهج المتحفي الديناميكي الذي صار يقدم حلولاً تقنية فريدة من نوعها وفي نفس الوقت يأخذ بعين الاعتبار التحدّيات وعواقب التقنيات الرقمية في حياة المتحف. لذا سنحاول توضيح مفهوم التجربة المتحفية في سياق التصميم الرقمي الذكي المعزز بتكنولوجيا "الواقع الافتراضي" و"الواقع المعزز"، وسنسلط الضوء على الدور متعدّد الأوجه للذكاء الاصطناعي في الحفاظ على المتاحف، ونكشف إمكاناته الكامنة في تغيير طرق التفاعل مع التراث الثقافي. كما سنخوض في صميم هذه التجربة الثقافية الغامرة والرائدة من نوعها لإيضاح الأبعاد التفاعلية وأهميتها في توفير أفضل تجربة للزائرين ودورها في استدامة التراث الثقافي المتحفي وتأثيراته الجلية في التنمية الاقتصادية، كذلك سنتعمق في التقنيات والأساليب المبتكرة للذكاء الاصطناعي ودوره في تحريك الأحاسيس والمشاعر التي تؤدّي لفهم محتوى التراث وتحقيق المتعة والفرجة والمعرفة.

1- ثورة الذكاء الاصطناعي في حماية وحفظ التراث الثقافي المتحفي

### 1- الذكاء الاصطناعي ودوره في الحماية والعرض المتحفي

تعمل متاحف العالمية اليوم على حماية التراث الثقافي للإنسانية من خلال حفظ وعرض الأعمال الفنية التاريخية وغيرها من العناصر المهمة التي تشهد على عراقة المجتمعات وأصالتها وهويتها، فهي تلعب دوراً حاسماً في توفير تجارب تعليمية فريدة عبر تحفيز الفضول الفكري للزوار والسياح من كافة أنحاء العالم. كما أصبحت معارض اليوم توفر عروضاً تفاعلية وفعاليات خاصة وأنشطة جذابة بالاعتماد على تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، خلافاً إلى دورها الهام في تعزيز البحث الأكاديمي من خلال السماح للباحثين بدراسة وتحليل الأشياء المتحفية، وكذلك الحفاظ على الهوية الثقافية من خلال الاحتفاء بالتنوع وتبسيط الضوء على التقاليد والثقافات وتاريخ الشعوب. هذا وقد أحدث التحول الرقمي ثورة في العديد من المجالات الاجتماعية والإنسانية والفنية والتعليمية وقطاع

<sup>25</sup> « Heritage is not something of the past; it is the living dialogue between past and present. »

<sup>26</sup> « Heritage is the memory of the community, and it exists only through its repetition and interpretation. »



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

المتاحف الذي لم يعد استثناءً بالنسبة لهذا المجال، إذ تعمل التقنيات المدعومة بالذكاء الاصطناعي على تقديم طرق مبتكرة لتحسين وحفظ المواقع والقطع الأثرية وتعزيز تجربة الزائر عبر "رقمنة" « Numérisation » مجموعات المتاحف

و"نمذجتها" « Modélisation » (Welger Barboza, 2001, p. 124) خلافاً إلى "أتمتة" عملية تصنيف القطع الأثرية وتوفير بيانات وصفية مفصلة تُسهّل على الباحثين والجمهور الواسع استكشاف المجموعات الفنية الأثرية عبر الزيارة الافتراضية ثلاثية الأبعاد.

هذا التفاعل عن بعد عزّفته الباحثة جونيڤيار فيدال Genevière Vidal في كتابها "إسهامات في دراسة التفاعل: استخدامات الوسائط المتعددة المتحفية" *Contribution à l'étude de l'interactivité : les usages du multimédia du musée*، بقولها: "التفاعلية مفهوم محوري في الاستقلالية و"إعادة تقييم المستخدم"، لأنها تلعب دوراً رئيسياً في المخيال الاجتماعي المرتبط بتطور تكنولوجيا المعلومات والاتصال" <sup>27</sup> (Vidal, 2006, p.64). وتطور هذا التفاعل بفضل الخوارزميات الذكية المساعدة على إنشاء نماذج واقعية ثلاثية الأبعاد للقطع الأثرية، مما يسمح للمستخدمين بفحصها بأسلوب تفاعلي جذاب ومثير في هذا الفضاء الافتراضي والتفاعلي الذي وصفه نور الدين الهاني بقوله: "تعتبر الانترنت الفضاء المثالي لتجاوز المتلقي بالعمل الفني، إذ يوفر إمكانية التواصل في أمكنة مختلفة وذات الزمن والفورية والتفاعلية" (الهاني، 2007، ص 56). كما استفادت المتاحف العالمية أيضاً من تقنيات الواقع الافتراضي (RV) والواقع المعزز (RA) المدعومة بالذكاء الاصطناعي لإنشاء تجارب غامرة وجذابة حيث يمكن للزوار استكشاف الأعمال الفنية أو التفاعل مع النماذج الافتراضية للمواقع التاريخية والمتحفية. فتجربة الواقع الافتراضي قد تنقل المستخدمين إلى الماضي، مما يتيح لهم التفاعل مع الأحداث التاريخية وعيشها كما لو كانوا جزءاً منها. وهو ما يُمثّل انتقالاً نحو تجربة غامرة في بيئة ثلاثية الأبعاد، تجعل الزيارة المتحفية أكثر متعة وإثراءً، مع تعزيز الفهم والمعرفة بالأحداث التاريخية وأصول القطع الأثرية والفنية.

### 2- التصميم الرقمي للتراث المتحفي العالمي

في الوقت الحاضر، أصبح استمثار الذكاء الاصطناعي في الحفاظ المتحفي و"رقمنة المتاحف" (حجي، 2014، ص. 22) جلياً في كافة متاحف العالم التي لجأت إلى اعتماد تقنيات التصميم الرقمي الذكي لتحويل متاحفها لمساحات افتراضية ثلاثية الأبعاد، ولنا في ذلك عدة أمثلة مثل "متحف اللوفر" بباريس (صورة-1) و"متحف فان غوغ" « Musée van Gogh » (صورة-2) بامستردام و"متحف ساو باولو" في البرازيل « Musée à São Paulo » (صورة-3) و"المتحف الوطني للفن الحديث والمعاصر في كوريا" « National Museum of Modern and Contemporary Art, Korea » (صورة-4)، كذلك متحف ريكرز في هولندا و"متحف ديل باردو" في مدريد، والمتحف الوطني للأنثروبولوجيا في المكسيك والمتحف الوطني للفنون في واشنطن وغيرها، حيث تحول الذكاء الاصطناعي بتقنياته الجديدة أداة قوية للحفاظ على الذاكرة المتحفية وعرضها.

<sup>27</sup> « L'interactivité est une notion centrale de l'autonomie et de "la réévaluation de l'utilisateur" car elle joue un rôle majeur dans l'imaginaire social en relation avec le développement des technologies d'information et de communication. »

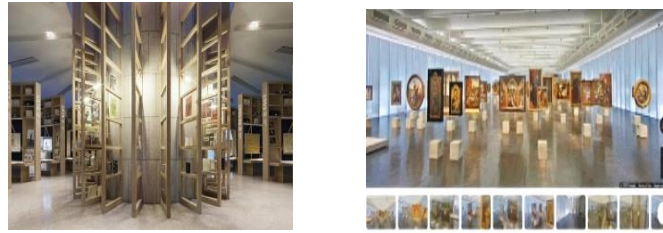


## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال



صورة-1-  
متحف اللوفر الافتراضي

صورة-2-  
المتحف الافتراضي لفان غوغ



صورة-3-  
المتحف الافتراضي ساو باولو في  
البرازيل

صورة-4-  
المتحف الافتراضي الوطني للفن  
الحديث والمعاصر في كوريا

### صور لمتاحف افتراضية عالمية

لقد أثارت هذه التكنولوجيا نقاشات كبيرة حول أهميتها في العرض المتحفي، وأججت العديد من الأسئلة الأخلاقية حول شفافيته. وهنا جاءت إجابة كارولين بومان Caroline Baumann مديرة متحف كوبر هيويت الوطني للتصميم في نيويورك في افتتاح مؤتمر "الدكاء الاصطناعي والمتاحف في القرن الحادي والعشرين" بقولها: "يمكن لأدوات الذكاء الاصطناعي أن تحدث ثورة في قطاعنا، لكنها تتطلب منا أيضًا معالجة قضايا أخلاقية تتعلق بتصميمها، وشفافيتها، وموافقة المستخدمين" (Les Échos, 2023) والواقع، أن هذه التقنيات الجديدة أصبحت مساهمة في خلق تجارب غامرة متجددة، إذ فتحت آفاقًا جديدة للأشياء التي كان من الصعب الوصول إليها قديمًا مثل المساحات التفاعلية والافتراضية ثلاثية الأبعاد والواقع المعزز وما إلى ذلك. ويمكن أن تكون هذه التقنيات بمثابة حلول لترسيخ التراث في الذاكرة البشرية، مما يسمح لنا بالانغماس في المتاحف والأعمال التراثية وتكييفها مع عصرنا وتقنياته. فقد غيرت التكنولوجيا الرقمية علاقتنا بالعالم جذريًا لتتحول لظاهرة فعلية تتميز بالتفاعل (الفعل/التفاعل) لندخل في علاقة مع المادة المحسوسة من خلال الأجهزة والشاشات الإلكترونية الذكية، فعلى حدّ تعبير لويز بواسان Louise Poissant "الشاشة تأثير على طريقة الشعور والتصرف داخل النظام التفاعلي، فهي تحدد "نمط الوجود" الذي يمكننا تجربته مع هذا النظام" (Poissant, 2003, p.96)<sup>29</sup> ، بمعنى أن التكنولوجيا الذكية تمتلك القدرة على غمرنا في بيئات أخرى من خلال المحاكاة والانغماس نفسيًا وجسديًا عبر تجربة رقمية أشبه بـ "مصفوفة أنطوفانية" أو "مصفوفة وجودية-تجلية"<sup>30</sup> une matrice « onto-phanique » (Vial, 2013, p.109) ؛ تساعد على إدراك الأشياء من خلال نظام تقني رقمي ذي يرسّخ الشعور بالحضور المفرط للأشياء لتكون مصدرًا للمتعة التي تثيرها دلالة العلاقة الإيمائية بين المستخدم والآلة. ويبدو لنا أن هذه المتعة تتكشف

<sup>28</sup> « Les outils d'intelligence artificielle peuvent révolutionner notre secteur, Mais cela nous demande aussi d'aborder des questions éthiques sur leur conception, leur transparence, le consentement des utilisateurs... », indiquait Caroline Baumann, directrice du Cooper Hewitt National Museum of Design de New York, en ouverture d'un colloque sur l'IA et les musées au XXI<sup>e</sup> siècle. Le 20 septembre, le musée a inauguré une exposition d'artistes détournant des technologies de reconnaissance faciale ».

<sup>29</sup> Louise Poissant explique : « l'écran a un effet sur la façon de sentir et d'agir dans un système interactif, il détermine ainsi « le mode d'être », que nous pouvons éprouver avec ce système »

<sup>30</sup> Selon Stéphane Vial, le numérique est « une matrice onto-phanique » ce mot vient du grec ontos signifiant être et phanie qui signifie apparaître.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

باعتبارها شعورًا بالحضور تجاه الأشياء طوال التفاعل الإيمائي للوسائط التكنولوجية سواءً عبر الشاشات أو الهواتف الذكية أو النظارات الذكية بما تعكسه من صور وفيديوهات ومحتوى بخاصية تفاعلية ممتعة في البيئة الرقمية.

خلافًا للمتاحف العالمية التي وقع عرضها والتي استفادت من تقنيات العرض والتصميم الرقمي الذكي، فمن المهم عرض التجربة التونسية التي اتجهت بدورها نحو الحفاظ على تراثها وعرضه من خلال اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي والتصميم ثلاثي الأبعاد في المتحف الوطني بباردو ليكون أكثر ديناميكية وسهولة في الوصول لجمهور أكبر وأوسع. ونود في هذا السياق تسليط الضوء على هذا المشروع الثقافي التونسي النموذجي من نوعه والذي صمّم وأنجز بأيادي تونسية في محاولة لاستثمار أدوات التكنولوجيا الذكية لإعادة بناء التراث بمساعدة التصميم الذكي وتقنيات الواقع في جانبه "الافتراضي" و"المعزز".

### II- حفظ التراث المتحفي بالتكنولوجيا الذكية : المتحف الوطني بباردو نموذجًا

في ظل التطور التكنولوجي المتسارع في عصرنا هذا، كان للتراث المتحفي نصيب في تونس وقد تجلّى ذلك في المتاحف الافتراضية التي بدأت تزامنًا مع المتاحف العادية، فمتاحفنا اليوم انفتحت على التكنولوجيا الرقمية السّمعية والبصرية، من أجل التعريف بها وحمايتها وحفظها. فمن المتحف الاعتيادي والمادي بوصفه مساحة كلاسيكية محدّدة بالجدران، إلى المتحف كمساحة افتراضية ديناميكية مصمّمة بتقنيات "الواقع الافتراضي" و"الواقع المعزز"، يتأسّس ذلك النهج العلائقي بين التقنيات الحديثة والتصميم الرقمي الذكي الذي هو في جوهره ممارسة للحفاظ على التراث وتصوره ومشاركته. وخير مثال على ذلك "المتحف الوطني بباردو" الذي يعتبر نموذجًا استثنائيًا في تونس عرف باستثمار التكنولوجيا الغامرة المساعدة على تحسين تفاعل الجمهور، وتسهيل الوصول للآثار والأعمال الفنيّة عبر خلق تجربة تفاعلية فريدة من نوعها. وبالعودة إلى تاريخ هذا المتحف فقد ورد في العديد من المراجع التاريخية أن التّأسيس الرسمي له كان بتاريخ 7 ماي 1888 وكانت تسميته آنذاك "المتحف العلوي" نسبة إلى الباي الحاكم في تلك الفترة "علي باي" (1882-1902)، وبعد مرور 68 سنة وتحديدًا في شهر مارس 1956 أصبحت تسميته الرسمية "المتحف الوطني بباردو". ونذكر أن بناية المتحف في الأصل تعدّ قصرًا ملكيًا للبايات يعود للقرن 19 (p.10, AMVPPC, 1899)، مشيّد حسب طابع معماري يمزج بين مختلف تأثيرات الحضارات الكبرى لتلك الفترة مثل الحضارة "الأندلسية" و"الموريسكية" و"العثمانية" و"الإيطالية" (Ris, 1966, p.7).

نذكر أن سنة 2021 تم إعادة فتح جناح الكنوز الذي يعرض به القطع الأثرية الاستثنائية على المستوى العالمي، وشهد هذا الجناح أعمال صيانة وترميم كبرى، كذلك عرف سينوغرافيا جديدة عبر تفعيل التكنولوجيا الذكية في العرض والتصميم. وبالتالي سننطلق إلى هذه التجربة التي استفادت من التكنولوجيا الغامرة الذكية عبر استخدام "العرض المتحفي ثلاثي الأبعاد" لتعزيز الزيارة الافتراضية واعتماد "الواقع الافتراضي" لإعادة إنشاء بيئة تاريخية في التحام بمعروضات الموقع، إضافة إلى استخدام "الواقع المعزز" للتفاعل مع الأعمال الفنيّة وكذلك ترميمها لإنشاء تجارب غامرة تركز بالأساس على فردية المشاهد ليكتشف التاريخ والأزمنة الماضية، هذا خلافًا إلى اعتماد تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد لحفظ الأعمال المعروضة ونسخها. واختيارنا تحديدًا للمتحف الوطني بباردو لم يكن بغرض استعراض التقنيات الحديثة التي أصبحت جزءًا هامًا منه بقدر الاحتفاء به كونه كنز ثقافي وتاريخي، وهو حلقة الوصل بين الماضي باعتباره موروث أجدادنا وإرث أبنائنا وعنوان هويتنا. من هذا المنطلق تسارعت الجهود للحفاظ على هذا الإرث المادي من الاندثار ومن الانحلال في ثقافات أخرى وكذلك من أجل توسيع دائرة الزيارات في الواقعين المادي والافتراضي.

### العرض المتحفي الرقمي ثلاثي الأبعاد لمتحف باردو



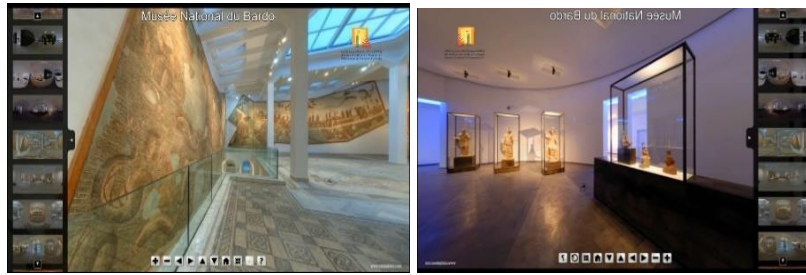
صورة-5-

### التصميم الرقمي ثلاثي الأبعاد لمتحف باردو

يمثّل "متحف باردو" نموذجًا رقميًا ثلاثي الأبعاد (صورة-5-) للمعروضات المتحفية في فضاء افتراضي باستخدام العديد من المصادر التعليمية الرقمية كالنصوص والصور ومقاطع الفيديوهات والرسومات ثلاثية الأبعاد وغيرها. حيث يمكن للمتلقي عن بعد استكشاف التاريخ والأزمنة الماضية بطريقة سلسلة من خلال جولة افتراضية في أرجاء هذا الفضاء المشابه للمتحف الواقعي مع إمكانية الحصول على العديد من المعلومات من خلال قاعدة بيانات ضخمة. ويعتمد هذا التصميم اعتمادًا كبيرًا على البرمجة الذكية التي تسمح بإضافة

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

ديناميكية ثلاثية الأبعاد، لخلق فضاء تفاعلي تتم فيه الجولة الافتراضية. ويعتمد التصميم العام المتحفي على البرمجة بلغة (VRML) « Virtual Reality Modeling Language » التي تسمح بإضافة ديناميكية ثلاثية الأبعاد لصفحة الويب. أما مراحل التصميم فتتم وفق ثلاثة مراحل تبدأ بـ "جمع المعلومات" (الأرشفة) ثم "التصوير الفوتوغرافي" وأخيراً "التصميم الرقمي"؛ فجمع المعلومات يكون من أجل بناء قاعدة بيانات تكون شاملة من تعريف بالمعروضات وثقافة المجتمع، أما التصوير الفوتوغرافي فهو البداية لإعطاء صفة الافتراضية للمعروضات، لتأتي بعدها مرحلة تحويل الصور بعدة تقنيات رقمية إلى معلومات تشكّل بها قاعدة بيانات يتم استعمالها في المتحف الافتراضي. كذلك تسهّل اليوم منصة "آرستابس" « Artsteps » إنشاء معارض افتراضية تمكن الزوار من كافة العالم من التنقل بسهولة من عمل إلى آخر وهو ما أطلقت عليه جاكلين ألمان Jacqueline Eidelman عبارة "انغماس الجسم البشري" « immersion du corps humain » (Eidelman, 2017, p.106)، عالم افتراضي غامر يوقظ أحاسيسه عبر استعمال الشاشات الرقمية، فكل شيء ينزلق تحت نبضة الإصبع. وقد أحدثت هذه الواجهة اللمسية هزة في العلاقة بين الإنسان والآلة من خلال الاستخدام المباشر لهذا الجهاز دون اللجوء إلى أدوات وسيطة، علاقة وصفها ماثيو تريكلوت Mathieu Triclot بأنها اتصالات مستحدثة بالآلة، وأنظمة جديدة من الخبرة، وطرق جديدة للاستمتاع بالشاشة (Triclot, 2011, p.15). هذا الاستمتاع نستشعره أثناء التجول في البيئة الافتراضية لمتحف باردو عبر "وحدات الذاكرة الرقمية" « Des unités mémorielles numériques » (Kaplan, 2009, p. 13) التي تعتمد على التفاعل بين الإنسان والشاشة لنلج في عالم من التجارب المحاكاة للزيارة الواقعية (للمشاهد أو المستخدم)، حيث أن جميع الخوارزميات تعمل على تطوير مستشعرات موضع الإصبع مع السماح بالتلاعب بأوضاع العرض من خلال الاستخدام المباشر لشاشات الهواتف الذكية لنعيش إحساساً بالحضور والتفاعل الطبيعي مع البيئة الافتراضية عبر دمج الإدراكات اللمسية والسمعية والبصرية، وهذا ما توضّحه لنا (الصورتين 6- 7).



صورة-7-

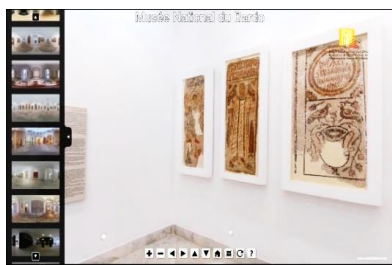
أعمال فسيفسائية من داخل متحف باردو الافتراضي

صورة-6-

أعمال نحتية من داخل متحف باردو الافتراضي

أثناء الزيارة الافتراضية، يبدو المشاهد منخرطاً عاطفياً في المتحف دون الشعور بالانفصال عن العالم الخارجي، وهذه العاطفة هي علامة على إدراك المستخدم للتجربة المعاشة خاصة عندما يتم تحفيز جميع حواس الشخص من أجل خلق زخم عاطفي، وهذا ما يعزّز المتعة والمشاركة الأفضل سواء المعرفية أو العاطفية أو السلوكية. وإن افترضنا أن هذا الزخم العاطفي يضمن المتعة إلا أننا نعتقد أن هذا الشعور المتزايد بالمتعة هو وليد هذا التحول الرقمي لتحسين الشعور بالموجود عبر النظر والاستماع والتنقل في المساحة ثلاثية الأبعاد الافتراضية كما هو الأمر في المتحف الواقعي، وذلك عبر توليد كمية هامة من البيانات والتصوص حول الأعمال الفنية والقطع الأثرية، والتي غالباً ما نجدها نماذج ثلاثية الأبعاد يتم تصميمها عموماً باستخدام برامج شائعة في النمذجة مثل "داستوديو ماكس 3" « Dstudios Max 3 » التي تساعد على عمليات المحاكاة الغامرة وتوليد تفاعلات جديدة مع القطع الأثرية. ففي قلب الجهاز الثوري ندرك أن تكنولوجيا التصميم الرقمي تحفز التفاعل عبر نهج غامر، ويتعامل هذا النهج مع الشاشة باعتبارها كائناً يحول علاقة المستخدم بالصورة؛ فهو يغمر المشاهد والمستخدم في قلب تجربة متعددة الحواس ليصل إلى الإدراك الحسي الواقعي، وبهذه الطريقة، يزيد "وهم الحضور" « l'illusion de la présence » (Woolard, 2006, p. 108) المادي حيث تسمح التقنيات الجديدة بدمج العمل الفني التراثي في أدق تفاصيله وفحصه والتلاعب به دون أي تلامس أو تدخل مادي ما يسهّل بالانغماس في المتحف مع إدراك جديد للفن التراثي، وهذا ما توضّحه (الصورتين 8-9). وانطلاقاً من هذا المبدأ تقدّم هذه التجربة الافتراضية للمستخدمين أو المشاهدين متعة أخرى لتغيّر الإدراك والعلاقة بالمعنى وما إلى ذلك مع التراث الثقافي.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال



صورة-9-

إمكانية تفحص القطع الأثرية واللوحات الفنية



صورة-8-

إمكانية تفحص القطع الأثرية الفسيفسائية

يعمل المتحف الافتراضي على التفاعل والتواصل مع الجمهور داخل مساحة العرض بالمتحف باستخدام التكنولوجيا الاصطناعية فتعمل التطبيقات الذكية كمرشد سياحي للجولات الافتراضية لمساعدته الزوار على إنتاج مساراتهم الخاصة عبر مساحات المتحف، إنها "زيارة لفضاءات افتراضية وتفاعلية عن بعد لتحقيق التواصل من خلال ازدواجية المحتوى وتعدد الوسائط في عرض ونقل الأعمال الفنية" (سعيد، 1998، ص. 108). هذا ما يفسر نسب المشاهدة العالية "للمتصفح" « les internautes » عن بعد لهذا المتحف الافتراضي لاحتوائه على خدمات وبيانات إعلامية تعطي خيارات ومسارات متنوعة في التنقل وسط إحداثيات المكان الافتراضي مثل "الصوت" و"الصور" و"النصوص" المتوفرة، إحداثيات تدفع بـ "المستخدم" « L'utilisateur » للتفاعل مع الفضاء الافتراضي بسلاسة. وقد بينت جونيفيا فيدال Genevieve Vidal العلاقة بين مستخدمي الإنترنت وهذه النوعية من المتاحف بقولها: "من الضروري، أخذ عامل المسافة بعين الاعتبار عند تقييم العلاقة المرقمنة بين مستخدمي الإنترنت والمتاحف. فعندما تبني هذه العلاقة من خلال المنتجات والخدمات متعددة الوسائط، تتمثل التفاعلية أساساً في إتاحة إمكانية الجمع بين العناصر بفضل الروابط الفائقة، مما يمنح المستخدم قدرًا معينًا من حرية التنقل، خصوصًا وفق بنية تشعبية، انطلاقًا من الصور والأصوات والنصوص، وهو ما يُحدّد نوعية الوصول إلى محتويات المتحف" <sup>31</sup> (Vidal, 2006, p.67).

هذه التجربة هي مشروع جديد لعرض التراث الأثري المتحفي عبر إعادة بناء الحضارات القديمة بجمع المعلومات التاريخية والبيئية التي كانت موجودة آنذاك، ويقوم البعد الثالث أو التجسيمي بدور رئيسي في الزيارة الافتراضية، إذ تحال كافة المخرجات إلى نماذج شبيهة بالواقع وتمكن المتعامل معها من الاندماج تمامًا كأنه مغموس في البيئة المتحفية الحقيقية، حيث يستخدم الوسائط المتعددة مثل الصوت والصور المدمجة للتفاعل من خلال الشاشة الحاسوبية لتحقيق الفاعلية في الاستكشاف والتعلم والتثقيف، وهذا التفاعل هو من أساسيات بناء المتحف الافتراضي. كذلك فإن استخدام النظم التكنولوجية لتحويل المعلومات إلى محسوسات وخبرات إدراكية هو عنصر مهم في تعزيز البيئة التفاعلية من خلال تحريك الزائر بكل حرية ودون قيود ما يسهل بذلك إشراكه في هذه العملية الافتراضية و"التخيلية" « Imaginaire » (Levecq, Collin, & Gob, 2005, p.19) دون معوقات. وهذه الزيارة الافتراضية عبر الموقع التخييلي ثلاثي الأبعاد متاحة على شبكة الانترنت وتمثل فرصة للزوار للتعرف على محتوى المتحف ومعرضاته بواسطة التفرع على محتويات الخريطة التي تظهر لهم منذ بداية دخولهم للموقع للقيام بالزيارة بصفة فردية أو حتى جماعية. ومن جانب آخر يوفر المتحف الافتراضي مقومات جذب للجمهور عبر استثارته للتعلم وتوفير خبرات تعليمية متكاملة عن تاريخ الحضارات والثقافات القديمة. ومن خلال ذلك أمكن التغلب على عائق المسافة والمشكلات المكانية والزمانية خاصة أمام صعوبة الرحلات الميدانية، وهذا ما يمنح الزيارات الافتراضية القدرة على الاستجابة لمختلف احتياجات الجمهور الواسع بمختلف شرائحه العمرية عبر التعلم الفعال والتشاركي عن بعد.

<sup>31</sup> « Il faut bien entendu, prendre en compte le paramètre de la distance, pour évaluer la relation médiatisée entre internautes et musées. Quand cette relation s'établit avec les produits et services multimédias, l'interactivité consiste prioritairement à faire des combinaisons grâce aux hyperliens, donnent un certain choix dans la navigation notamment arborescente, à partir d'images, de sons et de textes, et définissent un type d'accès au contenus museaux. »



## 1- المتحف المادي والواقع الافتراضي: تجربة غامرة ثلاثية الأبعاد



صورة-10-



صورة-13-

صورة-12-

صورة-11-

### إمكانية تفحص القطع الأثرية والفنية بتكنولوجيا الواقع الافتراضي

خلافا لتجربة العرض المتحفي ثلاثي الأبعاد، احتفى المتحف الوطني بباردو بتجربة رائدة من نوعها بالتعاون مع المعهد الفرنسي في تونس، وكانت رواية "سلامبو" لفلوير Flaubert المنشورة سنة 1862 هي المحفز الأول لصناعة هذه التجربة الافتراضية الغامرة التي تعرف بمعرض "سلامبو... من فلوير إلى قرطاج" «l'exposition Salammbô. De Flaubert à Carthage» التي تسمح للزائرين بالتفاعل مع فضاء متحف باردو من خلال أجهزة الوساطة الافتراضية (صورة-10-). وكانت الجملة الأولى من الرواية هي المحفز الأول لهذه التجربة الأولى من نوعها حيث قال فلوير: "الغاذبية القاتلة بين سلامبو، كاهنة تانيت، وماتو، زعيم المرتزقة المتمردين، وكذلك قرطاج الفخمة وأسوارها التي لا تقهر، والفيلة المحترقة والأسود المصلوبة" <sup>32</sup> (Institut français de Tunisie, (n.d.).

كل شيء في هذه الرواية الأدبية المذهلة كان على نحو ملائم لإشعال الخيال من أجل تعزيز تجربة الواقع الافتراضي في متحف باردو، ويُلقى معرض "سلامبو... من فلوير إلى قرطاج" الضوء على سلسلة من الصور والقصص التي تحولت إلى "أماكن ثالثة" تعمل على إثارة الوعي بوجود الأشياء والكائنات وما إلى ذلك وتمكن المستخدم من استكشاف هذا "المكان الثالث" والغوص فيه، وهنا نلاحظ غوصاً افتراضياً؛ بالمعنى الذي يغمس فيه (المتفرج-المستخدم) (الصور: 11-12-13) داخل هذا المتحف، وهذا الانغماس يحفز رغبته في المعرفة ويعزز فضوله لاستكشاف الماضي. وفهم هذه المساحة لا يتم إلا من خلال إدراك الفضاء بواسطة الجسم الذي يكون في حالة حركة، وهو إدراك لا يتم دون رابط بين التجريب والفهم والإحساس ما يتيح التحكم في القصة وبالتالي التنقل في الفضاء القصصي والسردي بأريحية. وتفسر ماري جولي كاتوار-بريسون Marie Julie Catoir-Brisson هذا المشروع بقولها: "تكمّن خصوصية المشروع في السرد القصصي المكاني؛ نموذج أولي لسرد القصص يعتمد على تقنية الجيروسكوب، التي تستخدم موقع المستخدم في الفضاء، الشاشة حساسة لحركات المستخدم، ما يتيح التحكم في القصة. صُمم السيناريو غير الخطي من سيناريو مكاني صغير بزاوية 360 درجة، مما يتيح حرية التنقل في الفضاء السردية" <sup>33</sup> (Catoir Brisson, 2015, p. 394).

<sup>32</sup> « L'attraction fatale entre Salammbô, prêtresse de Tanit, et Mathô, chef des mercenaires révoltés, mais aussi l'opulente Carthage et ses invincibles murailles, les éléphants incendiés et les lions crucifiés.»

<sup>33</sup> Selon Marie Julie Catoir-Brisson « La spécificité du projet réside dans le spatial storytelling (ou narration spatiale) ; un prototype de narration fondé sur la technologie du gyroscope, qui utilise la position de l'utilisateur dans

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

وتُستخدم في هذه الفضاءات الافتراضية أجهزة ووسائط من أكثرها شيوعاً هي "النظارة الافتراضية" «Lunette Virtuelle» التي تأخذ المستخدم لواقع افتراضي فيتفاعل بكافة حواسه (الصورتين 14-15) لاستطلاع البيئة الغامرة، وهذه التجربة لا تقتصر بالشاشة بل يصبح الزائر حاضراً في المكان الافتراضي حيث يمكن أن يتدخل في السرد القصصي ويكتشف أحداثاً تاريخية غابرة (الصورتين 16-17)، مما يؤدي إلى نشوء علاقة "تفاعلية تشبه نشاطاً حوارياً بين الفرد والمعلومة المقدمة من الآلة" (Gueneau, 1992, p.117). وبذلك يتم تتبع التجربة العاطفية التي يعيشها الزائر أو المستخدم من خلال ملاحظة ردود الأفعال الفسيولوجية لمختلف الفئات العمرية المتلقية لهذه التجربة.



صورة-15-



صورة-14-



صورة-17-

صورة-16-

### الانغماس في الجولة الافتراضية بتقنية الواقع الافتراضي

تعمل أيضاً النظارات الافتراضية الغامرة على تحويل الشاشة إلى نافذة تُخترق من خلالها النظرة، أما الجسد فيصبح قادراً على الحركة في البيئة الغامرة فتولد عبر ذلك تأثيرات وتفاعلات جديدة بين المتلقي وهذه البيئة الافتراضية، وهذا التفاعل مع الجهاز الهجين يوفر إحساسين، وهما "التأمل في مساحة المتحف" من جهة و"عيش القصص" التي يتابعها أثناء الفرجة الافتراضية من جهة أخرى. وتعمل هذه التجربة على تحفيز كافة الأحاسيس من خلال سهولة الاستخدام والتنقل عبر ترسيخ الشعور بالإثارة وبالحضور المفرط للأشياء وللكائنات وللآخرين. وتحقيق المتعة والإثارة ليس فقط من خلال الأشكال والألوان والقصص المحبكة، بل أيضاً من خلال تأثير معنى العلاقة الإيمائية بين المستخدم والآلة مما يعزز الشعور بأن المشاهد أصبح جزءاً من الفضاء الافتراضي ويمكن له العودة إلى أقدم الحضارات الإنسانية وإنشاء تفاعل مع القطع الأثرية وعيش تجربة التفاعل مع الأحداث التاريخية بالانغماس في هذه التجربة الغامرة أو ما يسمى بالسفر إلى الماضي.

تعتبر عملية سرد القصص التاريخية في هذه التجربة شيئاً فريداً من نوعه حيث تمكن من استكشاف كل من الملموس وغير الملموس في وقت واحد، وبالتالي المساهمة في الحفاظ على التراث وإدامته من خلال التفاعل الخطابي والحسي والجسدي، مما يساعد الخيال

*l'espace. L'écran est sensible aux mouvements de l'utilisateur et le récit est donc manipulable. Le scénario non linéaire est conçu à partir d'une micro-scénarisation spatiale à 360°, qui permet une navigation libre dans l'espace diégétique .»*

<sup>34</sup> « L'interactivité est une activité de dialogue entre un individu et une information fournie par une machine. »



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

على فهم القصة الخيالية المحبوبة، وغالبا ما يتم استخدام أسلوب السرد في العرض المتحفي لحسن تفسير القطع المتحفية والأثرية. فعلى سبيل المثال يمكن استخدام السرد القصصي في عرض القطع التحتية أو الفسيفسائية في علاقة بسياقها التاريخي أو الاجتماعي الذي تم فيه إنشاؤها مع إمكانية توفير معلومات إضافية حول الشخصيات والأماكن التاريخية المذكورة في السرد والتي يمكن أن تساعد الزائر على فهم الروابط بين هذه الشخصيات والأماكن والتاريخ. فيلعب القص والسرد دورا مهما في ربط القطع الأثرية بالتجارب الإنسانية الشخصية سواء للزوار أو الطلبة أو الباحثين في مجال الفنون والتاريخ. وهنا يضع المتحف زواره في رحلة متجددة مع الحضارة القرطاجية من خلال هذه التجربة التفاعلية التي يتم فيها استخدام أحدث أجهزة العرض الرقمية ليتمكنوا من رؤية أنفسهم في تاريخ قرطاج وينطلقوا في رحلة "سمعية بصرية" تمتد لأكثر من ثلاثة آلاف عام من التاريخ ليكتشفوا عجائب وأسرار تاريخنا ويدخلوا في معاشية جديدة مع عرض بصري بزاوية 360 درجة مقرونة بموسيقى تصويرية تزيد في تعزيز هذه التجربة. هذا التفاعل وضعه فريد فورست Fred Forest وفق ثلاث فئات حيث قال: "تعتمد الفئة الأولى على أجهزة أولية مثل حاسوب بسيط، وفي هذا السياق يجد المستخدم نفسه في مواجهة آلة لا تحيط بداخل فضاء معين. أما في فئة أخرى، فإن الأعمال تتيح تفاعلاً مادياً مع التركيب الفني، يمكن ممارسته على أشياء "حقيقية" أو "افتراضية"، ضمن حالة من الغمر داخل الصورة. بينما تستخدم الفئة الثالثة "مجسات من مختلف الأنواع"، يتم تفعيلها استجابةً لإيماءات وحركات الجمهور، ما يفترض منذ البداية، في النية الفنية، بناء فضاء حسي" (Forest, 2008, p. 64). وبالتالي تقوم نظم تكنولوجيا الواقع الافتراضي بخلق رؤية محيطية ومجسمة، حيث يمكن تحقيق الرؤية ثلاثية الأبعاد بطرائق التحوار بين الثقافات المجتمعية المنتمية للتاريخ القديم، بمعنى يمكن استخدام التقنيات الحديثة لإعادة بناء مدينة أثرية قديمة قد دمرت على مر العصور والحضارات، وكذلك إعادة إحياء الأحداث المرافقة لها، كما يمكن إدخال معلومات عن موضوع محدد ويعد تركيب نماذج تخيلية لنماذج أثرية بواسطتها يقع تكوين صور مجسمة ثلاثية الأبعاد للمواقع أو المباني الأثرية فضلا عن تقديم عروض افتراضية من المكتشفات الأثرية التي عثر عليها في هذه المواقع وما يرافقها من عروض وشروحات وصور توضيحية متاحة للتواصل مع "التراث الملموس وغير الملموس" (حجي، 2013، ص. 197) مع فهم أفضل للتاريخ.

### 2- المتحف والواقع المعزز: إعادة ترميم وتشكيل التراث الفني



صورة-18-

#### تطبيق الواقع المعزز "باردو آب" « Bardo UP »

بعد نجاح تجربة الواقع الافتراضي تم إطلاق تطبيقية الكترونية بالمتحف الوطني بباردو خاصة بـ "الواقع المعزز" « RA » وتحمل اسم "باردو آب" (صورة-18-) « Bardo UP » لمستعملي الهواتف الذكية واللوحات الرقمية التي يمكن تنزيلها من برمجة "بلاي ستور" « Play Store » حيث تم التعاون مع خبراء مختصين في تقنيات الترميم المتحفي الرقمي (صورة-19-). هذه التطبيقات مشفوعة بنصوص تقديمية مقتضبة حول اسم بعض المنحوتات وتاريخها ومكان اكتشافها بالاعتماد على ثلاث لغات: العربية

<sup>35</sup> « La première fait appel à des dispositifs élémentaires comme un simple ordinateur, Dans ce cas de figure l'utilisateur se retrouve face à une machine qui n'englobe pas l'intérieur d'un espace. Dans une autre, les œuvres offrent une manipulation physique de l'installation qui peut s'exercer, sur des objets « réels » ou « virtuels », en immersion dans l'image. La troisième catégorie emploie "des capteurs de toutes sortes, dont les déclenchements s'effectuent en relation avec les gestes et mouvements des publics, ce qui suppose à l'origine dans l'intention artistique la construction d'un espace sensible. »

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

والفرنسية والأنجليزية. وتمت هذه البادرة في إطار فعاليات شهر التراث الذي يندرج تحت عنوان "تثمين التراث والتنمية السياحية من الصناعة الإبداعية"، وفي هذا السياق تضع وكالة إحياء التراث والتنمية الثقافية هذه التطبيقات على ذمة كافة زوار المتحف.



صورة-20-

إعادة ترميم منحوتة فينوس الأثرية  
بتكنولوجيا الواقع المعزز



صورة-19-

استعمال تقنيات الترميم المتحفي الرقمي

توفر اليوم تطبيق "بارد وآب" لرواد المتحف إمكانية الاستمتاع بتجربة تفاعلية مع القطع الأثرية التي يمكن مشاهدتها من زوايا متعددة أو تكبيرها لإجراء فحوصات أقرب، بالإضافة إلى إضفاء حيوية على هذه القطع وترميمها رقمياً مثل إعادة المنحوتات المكسورة إلى نسختها التاريخية الأصلية قبل أن تخرب. كما يمكن للزوار استكشاف عملية إعادة البناء الافتراضية لهذه النماذج والتفاعل معها في الوقت الفعلي والفوري (صورة-20-). ويتم استعمال تكنولوجيا الهواتف الذكية كوسيط تقني جديد للمشاركة في إعادة ترميم المنحوتات من خلال الشاشات التفاعلية الذكية التي تعتبر جزءاً لا يتجزأ من تجربة الواقع المعزز.

هذا الفعل الفني المقترن بالّلحظة الزمنية التي يعيشها الزائر بمختلف تجلياتها ينعكس لديه في شكل ردود أفعال بصرية، فتجربة الواقع المعزز التي عرفها متحف باردو مؤخراً للتفاعل مع الأعمال الأثرية تصنف كتجربة فريدة واستثنائية من نوعها للوصول إلى تحقيق التفاعل الديناميكي مع الأعمال الفنية. بهذا المعنى، تعمل التجربة الغامرة على تغيير تصور المستخدم من خلال ما احتفظ به وما اختبره، وهذه الخبرة صنفها الناقد الجمالي جان ماري شيفر Jean Marie Schaeffer في كتابه "التجربة الجمالية" *« l'expérience esthétique »* (Schaeffer, 2015, p. 31) وفقاً لأربع درجات توضح تطور العلاقة بين "الإنسان" و"العمل الفني" من مجرد خبرة سطحية إلى خبرة انفعالية وجمالية، بدءاً بـ: "خبرة الإدراك اليومي" *« Expérience perceptive »* (هنا *ordinaire*) (لا يكون فيها أي بعد جمالي أو تفاعلي تأملي)، ثم "خبرة الانتباه الجمالي" *« Expérience attentionnelle »* (هنا يبدأ المتلقي بإيلاء انتباه خاص بالأشياء)، وصولاً إلى "الخبرة الجمالية الأولية" *« Expérience esthétique »* (التي تنتج تأثيراً على المتلقي)، لينتهي بـ "الخبرة الجمالية الخالصة" *« Expérience esthétique pure »* (التي يدركها المتلقي ويتحقق فيها انفصال شبه كلي عن العالم الخارجي ويتحقق عبرها اللذة الجمالية). ومن المؤكد أن الخبرة الأخيرة قد يصل إليها المتلقي مع تجربة الواقع المعزز مهما كانت الفئة العمرية أو الاجتماعية التي ينتمي إليها، والتي تتجدد باستمرار لتكون شاملة ومتكيفة مع متطلبات المعاصرة، ولكن الأهم من ذلك أنها تعمل على تغذية العقل البشري فنياً وبشكل فعال.



صورة-22-

صورة-21-

إعادة ترميم لوحة فسيفسائية بالتكنولوجيا الذكية

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

اليوم تم تطوير خوارزميات التطبيقات الذكية في سياق حفظ التراث من حيث إمكانية معالجة القطع الفنية واستكشاف الأضرار الواقعة عليها عبر استخدام "تقنية الاستشعار البصري" «*optical sensing techniques*» المساعدة على الفحص البصري والبحث عن الأضرار التي لحقت بالقطع الفنية والأثرية. وقد اكتسبت تقنية تحديد الأضرار الذكية القائمة على خوارزمية التعلم الآلي اهتماما كبيرا وعرفت نتائج مبهرة في الكشف عن الأضرار السطحية ثنائية الأبعاد في الهياكل التراثية، حيث يتم دمج تقنية الاستشعار مثل "السحب النقطية ثلاثية الأبعاد" «*3D.point clouds*» والاستشعار بالأشعة تحت الحمراء للترميم الفعال والمساهمة في حفظ القطع التاريخية والمتحفية (الصورتين 21-22). وتلعب هذه التقنية دورا حاسما في عمليه "الترميم" التي كانت في السابق تعتمد على التقنية اليدوية لإصلاح القطع الأثرية التالفة والتي تستغرق وقتا طويلا ومجهودا جسديا وماليا، وبهذا يكون للتطبيقات الذكية تأثير فعال في مجال الرقمنة التراثية عبر إعادة إنشاء القطع الأثرية الموجودة أو المفقودة أو التالفة. وهنا يلعب "التصميم الذكي" (روكس، 2004، ص. 281) دورا رئيسيا في هذه العملية مما يساعد في الحفاظ المستدام لمواقع التراث مع تحقيق التنوع الثقافي في المستقبل للأجيال القادمة.

## 3- تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد وأهميتها في الحفاظ التراثي

خلافا إلى اعتماد تطبيقات الواقع المعزز إلا أن الجهود اليوم تتجه أيضا نحو الاستفادة من المسح الرقمي و"تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد" «*Les techniques d'impression 3D*» ، حيث وقع طباعة العديد من النسخ المصغرة لقطع أثرية تم وضعها على دمة زوار المتحف من أصحاب الإعاقات البصرية (صورة-23-). ويعد المسح الضوئي بالليزر إحدى أهم التقنيات المستخدمة في هذا المجال، فهو يساعد على إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد من القطع الأثرية المعروضة والتي يمكن التحكم فيها وتحسينها وفهمها (صورة-24-). وقد تم مؤخرا بعث وحدة طباعة رقمية لإنتاج وترجمة النصوص العلمية المنشورة لذوي الإعاقات البصرية لتسهيل نفاذهم إلى المعروضات الموضوعة على دمة العموم، ومن المؤكد أن "هذا المسار سيكون مشتركا بين أفراد يتماهون معه، ويسعون إلى إثراء ذواتهم ليورثوه للأجيال القادمة" <sup>36</sup> (Pittet, 2020, p. 16).



صورة-23-

صورة-24-

## اعتماد تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في متحف باردو

بهذا المسار التكنولوجي والرقمي الحديث والأول من نوعه في تونس تحول متحف باردو إلى نموذج يحتذى به في إفريقيا والعالم العربي ليكون برهانا على التزام تونس بعرض تراثها الثقافي وحفظه من خلال التجارب الرقمية والأنشطة الثقافية التي عرفها في السنوات الأخيرة حتى تكون المعروضات الفنية والتراثية في متناول الجميع. وتعتبر التجربة المتحفية الرقمية التي عرفها هذا المتحف استثنائية وفريدة من نوعها لمساهمتها الفعالة في التنمية الاقتصادية ودعم السياحة في الواقعين المادي والاقتصادي عبر استخدام الشاشات التفاعلية وتقنية الواقع الافتراضي والواقع المعزز ووسائل العرض الحديثة لرفع المستوى المعرفي لدى الزائرين من كافة الفئات العمرية (كهول، شباب، أطفال، أو حتى أصحاب الاحتياجات الخاصة) عبر المساهمة في خلق بيئة متحفية مستدامة وأكثر جاذبية من قبل. فدمج الذكاء الاصطناعي في القطاع الثقافي يعتبر خطوة ناجحة من أجل حفظ وتعزيز تراثنا المادي خاصة أمام تصاعد التهديدات بسرقة وتزايد النزاعات الإيديولوجية التي تهدده بالتقويض.

وإن كانت هذه التجربة الرقمية نموذجية، إلا أننا بحاجة اليوم لخطوة استراتيجية مستقبلية لرقمنة أكبر عدد ممكن من المتاحف والمواقع الأثرية في المجال المادي لتثمين التراث وتنمية السياحة الثقافية مع التأكيد على مواصلة التعاون الفعال بين المؤرخين وعلماء الآثار والفنانين والمختصين في علوم الاتصال والمعلومات لتحقيق أفضل النتائج. و"يبقى الذكاء الاصطناعي هو خيارنا لتحسين تجربة الزائر وإدارة البيانات والاستفادة من هذه البيانات لصالح الأجيال القادمة" (المنجد، 2020، ص. 23). فلا يكون

<sup>36</sup> « Cette démarche sera partagée par des individus qui se retrouvent dans celle-ci qui vont s'enrichir pour la transmettre aux générations futures. »



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

تراثا محفوظا بقدر ما يكون تراثا حافظا لهويتنا، فعلى رأي إدوارد سعيد: "التراث ليس مجرد ماضي محفوظ، بل هو ساحة للصراع والهوية"<sup>37</sup> (Said, 1993, p. 27).

### الخاتمة

ننتهي بالقول أن التجربة الرقمية التي شهدناها "متحف باردو" تعدّ استثنائية من حيث استثمار التصميم الرقمي الذي لعرض التراث الثقافي المتحفي عرضا جديداً بالمزج بين الخبرة والثقافة والتراث بأحدث التقنيات الرقمية والتكنولوجيا. حيث أدى التصميم الذي إلى توليد محتوى متحفي ثري وفريد من نوعه، بدءاً من "التصميم ثلاثي الأبعاد"، مروراً بتجربة "الواقع الافتراضي" و"الواقع المعزز" وصولاً إلى "تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد". هذا المسار يعتبر مغيراً لتجربتنا الثقافية، التي يمكن أن تكون محفزة ومثيرة للزوار وكذلك متجددة وملتبسة بالحياة فـ "الثقافة الرقمية والمجتمعات الرقمية والأنظمة الرقمية والطباعة الرقمية وغيرها من المصطلحات دالة على التصاق التكنولوجيا بكل أوجه الحياة" (الهاني، 2007، ص. 61). فاليوم أمكن لوكالة إحياء التراث في تونس من أن تستثمر في التحوّل الرقمي من أجل طرق أبواب جديدة للتعريف بالتراث خاصة منه المتحفي وفتح آفاق أخرى لتثمينه وترويجه عبر توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصال الحديثة للتعريف بخصوصياته من خلال استعمال مختلف المحامل الذكية بهدف جلب وتشجيع جميع الفئات العمرية من (أطفال وكهول وأصحاب الاحتياجات الخصوصية).

هذا التوجّه هو استراتيجي تم توحيها لمزيد التعريف بالمنتج السياحي الثقافي التونسي محلياً ودولياً باعتماد مقاربة تواصل عصرية ورقمية عبر مشاريع تكنولوجيا نوعية تعتمد على الآليات والبرمجيات الإعلامية الحديثة منها "الذكاء الاصطناعي" و"الواقع المعزز" و"الزيارات الافتراضية" و"الدليل الرقمي" للمتاحف والمعالم التاريخية والمواقع الأثرية للعمل على مزيد ترسيخ الثقافة الرقمية وتحسين جودة الخدمات المقدمة للزوار من كافة أنحاء العالم. وما تزال إلى اليوم وكالة إحياء التراث والتنمية الثقافية تعمل على تثمين التراث وتنمية السياحة الثقافية من خلال الاستئجار بالتكنولوجيا الحديثة من خلال جملة من المشاريع الرقمية المبرمجة ضمن خطتها الاستراتيجية القادمة لحفظ التراث المادي واللامادي.

وعلى الرغم من أن الذكاء الاصطناعي يقدم لنا اليوم العديد من السبل التقنية، إلا أنه يثير أيضاً بعض المخاوف الأخلاقية التي ينبغي على المتاحف أن تأخذها بعين الاعتبار والتي من أهمها "التحيز" و"العدالة الخوارزمية"، إذ يجب تدريب خوارزميات الذكاء الاصطناعي على بيانات غير متحيزة لتجنب الممارسات التمييزية والعمل أيضاً على "خصوصية البيانات"؛ فيجب على المتاحف التأكد من استخدام بيانات الزوار التي تم جمعها من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل مسؤول ووفقاً لقواعد الخصوصية، هذا خلافاً للأخذ بعين الاعتبار مسألة "الأصالة والتفسير"، بمعنى يجب أن يدعم المحتوى الذي يتم إنشاؤه بواسطة الذكاء الاصطناعي خبرة المختصين البشريين وليس استبدالهم أو الاستغناء عنهم، وإذا ما أخذنا بعين الاعتبار هذه المخاوف، فـ "سيعمل بذلك الذكاء الاصطناعي لصالحنا وبالتالي سيساهم في تعزيز تجربة المتاحف من خلال تحسين إدارة المعروضات وبياناتها، وتخصيص تجارب الزوار وتعزيز البحث والتدريس" (المركز العربي للبحوث التربوية، 2024، ص. 20). وقد توصلنا من خلال عرضنا لتجربة "المتحف الوطني لباردو" إلى كشف تأثيرات تطبيقات الذكاء الاصطناعي على هذا التراث الثقافي خاصة في مجال الرقمنة والتوثيق والترميم والحفاظ على الأعمال الفنية والقطع الأثرية وتحسين تقنيات العرض المتحفي باعتماد تقنية المسح الآلي والنمذجة ثلاثية الأبعاد وتطبيقات الواقع الافتراضي والمعزز التي سهّلت على الباحثين والطلبة إمكانية الوصول للتراث. هذا المسار المعرفي والثقافي تحقّق من خلال هذه التقنيات التي ساهمت في خلق تجارب متحفية مخصّصة تتكيّف مع الاستجابات العاطفية للزوار وفجوات المعرفة لديهم مع فتح إمكانيات جديدة لتحسين تجربة الزيارة المتحفية، إضافة إلى تعزيز البحث العلمي سواء كان الأمر يتعلق برقمنة المجموعات أو إنشاء تجارب افتراضية غامرة. وقد أثبتت تقنيات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي أنها أداة قوية في أيدي المتخصصين في المتحف. فمع تطور هذه التقنيات يمكننا أن نتوقع المزيد من التطبيقات الثورية التي من شأنها أن تغبّر الطريقة التي نتفاعل بها مع التراث الثقافي والمتحفي، فعلى رأي جاك دريدا Jacques Derrida: "التراث لا يُعدّ نصّاً ثابتاً، بل نصّاً متحرّكاً يتشكّل بفعل التأويل ويتحوّل عبر الزمن"<sup>38</sup> (Derrida, 1981, p. 45).

في الختام يمكن القول أننا بحاجة اليوم للعرض المتحفي "الافتراضي" و"الواقعي" فالاثنين يشتركان في كثير من الأمور الأساسية ولكن طبيعة التكوين والبناء لكل منهما مختلف عن الآخر؛ فطبيعة كل نوع من هذه المتاحف ترتكز على نشاط منفرد إضافة للخدمات والنشاطات كالمحاضرات والجولات الموجهة. أما المتاحف الافتراضية فتتسم بالتحزّر من المكان والزمان وتكون في طريقة التفاعل مع المعروضات حسب رغبات الزوار وضمن قواعد أكثر راحة وجاذبية وإثارة لما يوفره من زيارة استكشافية تفاعلية «Interactive» (Breakwell, 1999, p. 29) فردية أو جماعية من كافة أنحاء العالم. وفي خضم هذه النقلة، تستعيد المتاحف جوهرها الفلسفي، فهي ليست مجرد أماكن للعرض، بل فضاءات للتفكير، حيث يتجاوز الماضي مع الحاضر في ضوء المستقبل، وقد شرح ميشال فوكو Michel faucut هذه الفكرة في كتابه "أركيولوجيا المعرفة" «l'archéologie du savoir» (Foucault, 1969, p. 10) بما معناه أن التاريخ ليس سلسلة من الوقائع، بل شبكة من الانقطاعات والتقاطعات، فالذكاء الاصطناعي، عندما يُستخدم بإبداع

<sup>37</sup> « Heritage is not merely a preserved past, but a site of struggle and identity. »

<sup>38</sup> « Heritage is not a fixed text, but a moving text that changes with interpretation and time. »

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

ومسؤولية يمكن أن يساعدنا على قراءة هذه الشبكة بدقة غير مسبقة. فليكن الذكاء الاصطناعي إذن أداة للتمكين لا للمحو، وسيظل للفهم لا للاستبدال، مكملاً للذاكرة لا ناسقاً لها، وكما حلم والتر بنيامين Walter Benjamin باستنقاذ التاريخ من النسيان (Tiedemann, & Schweppenhauser, 1972, p. 689)، فإن الذكاء الاصطناعي قد يكون أداتنا الأخيرة في معركة الذاكرة ضد الزوال.

### قائمة المصادر والمراجع باللسان العربي

#### كتب

- المنجد، م. ب. (2020). *الآلة الذكية من ديكارت وحتى دماغ غوغل*. E-Kutub Ltd. النشر، م. (2014). *مدخل إلى فلسفة المستقبل*. منشورات الدار المصرية اللبنانية. بروكس، ر. (2004). *الجسد والآلة: كيف سيغير الإنسان الآلي حياتنا* (مترجم: م. م. الإمام). العبيكان للنشر. حجي، س. (2013). *علم المتاحف*. منشورات جامعة دمشق. سعيد، ج. د. (1998). *معجم المصطلحات والشواهد الفلسفية*. دار الجنوب للنشر. المركز العربي للبحوث التربوية لدول الخليج. (2024). *الذكاء الاصطناعي في التعليم: الوعود والتحديات*. مجلة مستقبلات تربوية، المجلد 6، العدد 5. حجي، س. (2014). *متاحف الآثار، هويتها وتطورها وواقعها المعاصر*. مجلة جامعة دمشق. (3-4) 30. الهاني، ن. (2007). *الفنون التشكيلية في رحاب التكنولوجيا*. مجلة الحياة الثقافية، 184.

### قائمة المصادر والمراجع باللسان الأجنبي

#### Ouvrages

- AMVPPC. (1899). *Un monument, un musée : Je suis Bardo*. Éd. AMVPPC.
- Breakwell, G. (1999). *Usages interactifs au musée*. In *Publics et musée*. PUL.
- Catoir Brisson, M.-J. (2015). *Analyser la matérialité médiatique et l'expérience immersive dans Sequenced : sémiotique, intermédialité et anthropologie de la communication* (Thèse de doctorat, Université de Luxembourg).
- Derrida, J. (1981). *Positions*. Éd. University of Chicago Press.
- Deloche, B. (2005). *Le musée virtuel*. In *L'objet de la muséologie*. Institut d'histoire de l'art de muséologie, Université de Neuchâtel.
- Dris, A. (1966). *Trésors du Musée National du BARDO*. Éd. S.T.D.
- Eidelman, J. (2017). *Inventer des musées pour demain*. Éd. La Documentation française.
- Forest, F. (2008). *Art et Internet*. Éd. Cercle D'art.
- Foucault, M. (1969). *L'Archéologie du savoir*. Éditions Gallimard.
- Gadamer, H.-G. (1989). *Truth and method*. Éd. Crossroad.
- Geneviere, V. (2006). *Contribution à l'étude de l'interactivité : les usages du multimédia du musée*. Éd. Presses Universitaire de Bordeaux.
- Kaplan, F. (2009). *La Métamorphose des objets*. Éd. FYP.
- Levecq, S., Collin, F., & Gob, A. (2005). « Vivre la préhistoire » au Préhistosite de Ramioul, près de Liège (Belgique). *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 44, 19–26.
- Pittet, C. (2020). *A quoi sert (encore) l'art en temps de crise sanitaire ?* Éd. Téraèdre.
- Poissant, L. (2003). *Interface et sensorialité*. Éd. Presse de l'Université de Québec.

Ricoeur, P. (2009). *Memory, History, Forgetting*. University of Chicago Press.

Robert, P. (1992). *Le Petit Robert : dictionnaire alphabétique analogique de la langue française*. Éd. Le Robert.

Schaeffer, J.-M. (2015). *L'expérience esthétique*. Éd. Gallimard.

Said, E. (1993). *Culture and Imperialism*. Éd. Alfred A. Knopf.

Tiedemann, R., & Schweppenhauser, H. (1972). *Walter Benjamin : Gesammelte Schriften*. Suhrkamp Verlag.

Triclot, M. (2011). *Philosophie des jeux vidéo*. Éd. La Découverte.

Vial, S. (2013). *L'être et l'écran*. Éd. PUF.

Woolard, V. (2006). *Accueil des visiteurs*. In *Comment gérer un musée manuel pratique*. UNESCO.

Welger Barboza, C. (2001). *Le patrimoine à l'ère du document numérique*. L'Harmattan.

### Webographie

Institut français de Tunisie. (n.d.). *Salammbô. De Flaubert à Carthage*. <https://www.institutfrancais-tunisie.com/salammb%C3%B4-de-flaubert-%C3%A0-carthage#/>

Les Échos. (2023). *L'intelligence artificielle entre au musée*. <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/lintelligence-artificielle-entre-au-musee-1134249>

Patrimoine de Tunisie. (n.d.). *المتحف الوطني بباردو*. <https://www.patrimoinedetunisie.com.tn/ar/%F9%85%F8%AA%F8%A7%F8%AD%F9%81/>



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

### آثار الكوارث الطبيعية على النظم البيئية وانعكاسها على السياسات التنموية

الدكتور محمد أشقير

جامعة عبد المالك السعدي/ كلية العلوم القانونية والاقتصادية والاجتماعية تطوان – المغرب

الباحث خالد أشقير

جامعة القاضي عياض / كلية العلوم القانونية والاقتصادية والاجتماعية بقلعة السراغنة مراكش - المغرب

#### الملخص:

ترتبط العديد من الكوارث الطبيعية بالتغيرات المناخية كالفيضانات والأعاصير وموجات الحر والجفاف وحرائق الغابات والعواصف، بالإضافة الى الأخطار الطبيعية كالزلازل وانزلاقات التربة، وحجم هذه الكوارث في تزايد مستمر بالرغم من كون العالم العربي اقل انتاجا للغازات الدفيئة للاحتباس الحراري لذلك يمثل موضوع التغيرات المناخية ومخاطر الكوارث الطبيعية التي يشهدها العالم من أهم انشغالات الدول و الشعوب بسبب تهديدها للحياة الطبيعية على كوكب الأرض وصحة الانسان والاقتصاد العالمي، وبسبب تغير المناخ فإن أغلب الدول معرضة بشدة لأخطار طبيعية وهشاشة الأنظمة البيئية وضعف اقتصادياتها ومحدودية قدراتها على مواجهة الأخطار الطبيعية وكل هذه المخاطر ستؤدي الى تفاقم الفقر وتدهور الظروف الاقتصادية والاجتماعية للسكان، لكن يبدو أن تسيير الأزمات الناجمة عن الكوارث وميدان الوقاية ليست في مستوى التحديات بالنظر للحوادث التي تعرفها البلاد على النظم البيئية وأنظمة الإنتاج الزراعي في جميع أنحاء العالم، كما تشكل الاخطار الطبيعية معضلة للإنسان وتهديدا للتوازن البيئي والسلام العالمي، وهو ما دفع مختلف الحكومات الى نهج استراتيجيات من اجل احتواء الوضع والحد من المخاطر المتفاقمة للتغيرات المناخية والأخطار الطبيعية، من خلال المعطيات الجغرافية وايضا من المعطيات الايكولوجية للمنظومة البيئية، حيث بدأت الدول تأخذ بمجموعة من الاحتياطات من اجل مساندة المنظومة البيئية العالمية والاستجابة للحاجيات الداخلية فهو واقع يفرض نفسه على مختلف السياسات العمومية من أجل تحقيق تنمية شاملة ومستدامة للموارد الطبيعية والبشرية، وتنمية ترابية، وصياغة سياسات ذات تأثير إيجابي في تشجيع المشاريع الخضراء الصديقة للبيئة خاصة أنه تزايد الاهتمام بالبيئة نتيجة العديد من المشاكل التي واجهتها، وظهر بما يسمى بالسياسة البيئية باعتبارها مجموعة من الأدوات والآليات التي تستعملها الدولة من أجل إيجاد حلول مناسبة للحفاظ على الموارد الطبيعية واستدامتها ووضع مجموعة من المشاريع الصديقة للبيئة مع تقييم الأثر البيئي للمشاريع المقترحة تنفيذها.

**الكلمات المفتاحية:** السياسة البيئية - التغيرات المناخية - الكوارث الطبيعية - الاستراتيجيات الخضراء - التنمية المستدامة - المخاطر البيئية

## **\_Impacts of Climate Changes on Ecosystems and Their Impact on Development Policies**

**Dr. Ouchkir Muhammad**

**Abdelmalek Saadi University/Faculty of Legal, Economic and Social Sciences Tetouan – Morocco**

**PhD Ouchkir Khaled**

**Cadi Ayyad University / Faculty of Legal, Economic and Social Sciences, Kelaat Sraghna, Marrakesh - Morocco –**

### **Abstract**

Many natural disasters are linked to climate change, such as floods, hurricanes, heat waves, droughts, forest fires, and storms, in addition to natural hazards such as earthquakes and landslides. The scale of these disasters is constantly increasing, despite the Arab world being less productive of greenhouse gases due to global warming. Therefore, the issue of climate change and the risks of natural disasters that the world is witnessing represent one of the most important concerns of countries and peoples due to their threat to natural life on planet Earth, human health, and the global economy. Because of climate change, most countries are highly vulnerable to natural hazards, fragile ecosystems, weak economies, and limited capabilities to confront natural hazards. All of these hazards will exacerbate poverty and deteriorate the economic and social conditions of the population. However, it seems that managing crises resulting from disasters and the field of prevention is not up to the challenges, given the incidents that the country is experiencing on ecosystems and agricultural production systems around the world. Natural hazards will also pose a dilemma for humans and a threat to ecological balance and world peace, which has prompted various governments to adopt strategies to contain the situation and reduce the worsening risks of climate change and natural hazards, through geographical data as well as ecological data of the ecosystem. Countries have begun to take a set of precautions in order to keep pace with the global environmental system and respond to internal needs. This is a reality that imposes itself on various public policies in order to achieve comprehensive and sustainable development of natural and human resources, territorial development, and the formulation of policies that have a positive impact in encouraging green and environmentally friendly projects, especially since interest in the environment has increased as a result of many of the problems they have faced. It emerged as what is called environmental policy, as a set of tools and mechanisms used by the state to find appropriate solutions to preserve and sustain natural resources, develop a set of environmentally friendly projects, and assess the environmental impact of proposed projects.

**Keywords:** environmental policy, climate change, natural disasters, green strategies, sustainable development, environmental risks

### **المقدمة**

تعد التغيرات المناخية والمخاطر البيئية من أهم التحديات التي تواجه العالم في القرن الحادي والعشرين. هذه التغيرات لا تقتصر على ارتفاع درجات الحرارة وقلّة التساقطات، بل تشمل أيضاً تزايد وتيرة الكوارث الطبيعية مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف، وبالتالي فتأثير هذه الظواهر على المنظومة البيئية يؤدي إلى تفاقم المخاطر بشكل يؤثر على السياسات التنموية، الأمر الذي يشكل تهديداً للنظام الاقتصادي والمالي والطبيعي، مما يستدعي خلق وتنفيذ مبادرات استثمارية تؤدي إلى الوصول للتحول الأخضر وصياغة سياسات ذات تأثير إيجابي في تشجيع المشاريع الصديقة للبيئة. لأن استنزاف هذه الموارد بكثافة، تسبب في إحداث أضرار ومخاطر كثيرة على البيئة، وظهور العديد من المشاكل البيئية التي دفعت بالمسؤولين إلى البحث عن اليات للتعامل مع هذه المشاكل ووضع سياسات واستراتيجيات الهدف منها مواجهة هذه التحديات والمخاطر.

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

إلا أن الكثير من دول العالم تعتمد على سياسات واستراتيجيات كوسيلة للتقدم والنمو مما ساهم في تدهور الوضع البيئي لأنها ركزت فقط على تحقيق الأرباح الاقتصادية وأهملت البعد البيئي للمشاريع التي تم تنفيذها مما تسبب في استنزاف الموارد الطبيعية والإضرار بمستقبل المجتمعات وضيق حقوق الأجيال القادمة، ونتيجة للعديد من هذه المشاكل تزايد الاهتمام بالبيئة، والمتمثلة خاصة في الماء والاستهلاك الكبير للأشجار، وظهور ما يسمى بالسياسة البيئية، باعتبارها مجموعة من الأدوات والآليات التي تستعملها الدولة من أجل إيجاد حلول مناسبة للحفاظ على الموارد الطبيعية واستدامتها ووضع مجموعة من المشاريع الصديقة للبيئة مع تقييم الأثر البيئي للمشاريع المقترحة تنفيذها بحيث لا بد لهذه المشاريع التنموية أن تستجيب لما تملّيه البيئة وما يتوافق معها، فالمغرب كباقي دول العالم الثالث يطمح إلى تحقيق تنمية شاملة ومندمجة، الأمر الذي يجعله مطالبا بالاستثمار في المجال البيئي وخلق مناخ للاستثمار وتوفير شروط وظروف اقتصادية وسياسية وقانونية، وقد تجسد موضوع حماية البيئة عالميا في عقد مجموعة من المؤتمرات الدولية ولاسيما مؤتمر ستوكهولم عام 1972، ومؤتمر قمة الأرض في ريو دي جانيرو البرازيلية عام 1992، ثم قمة التنمية المستدامة في جوهانسبورغ عام 2002 ناهيك عن تأسيس الأجهزة والمؤسسات والوكالات المعنية بحماية البيئة كما تجسد إقليميا في إنشاء مجلس من الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة عام 1986، يتولى تنسيق الجهود المبذولة لحماية البيئة وزاد الاهتمام محليا بإنشاء وزارات أو هيئات حكومية أو مجلس أو جهاز يتولى إدارة شؤون البيئة، و لمواجهة الظاهرة المناخية وتدير المخاطر البيئية وضع المغرب مجموعة من التدابير والخطط الاستراتيجية وصياغة مجموعة من النصوص القانونية المتعلقة بحماية البيئة من الأضرار المناخية، والحفاظ على صحة أفراد المجتمع. كما يعد المغرب من ضمن الدول السبّاقة في وضع أجهزة، ومؤسسات معنية بالشأن البيئي والمناخي وقد احتل المرتبة الأولى بين الدول الإفريقية والرابعة عالميا في مؤشر الأداء المناخي، بدعم من الجهود والمشروعات الضخمة الهادفة إلى خفض الانبعاثات وإحداث تحول كبير في مجال الطاقة مما يؤكد التزامه وطنيا ودوليا ضد هذه المخاطر.

.أهمية الدراسة:

وتكمن أهمية هذه الدراسة في توضيح ضرورة وأهمية تأطير وتدير الأخطار التي يواجهها المغرب جراء التغيرات المناخية التي لها انعكاسات سلبية على النظم البيئية، وكذلك انتهاج خطط وسياسات متكاملة وناجعة بإدماج البعد البيئي في السياسات العمومية للاستجابة للتغيرات المتسارعة في مجال إدارة المخاطر الكبرى على المستويين الوطني والدولي.

مشكلة الدراسة وتساؤلاتها:

إذن فموضوع: أثار الكوارث الطبيعية على النظم البيئية وانعكاسها على السياسات التنموية لازال يشكل إشكالية محورية للبحث والنقاش والتحليل وموضوعا خصبا من أجل معرفة الجهود المبذولة لمواجهة المخاطر البيئية في ظل التغيرات المناخية وهو ما يطرح إشكالية رئيسية: حول مدى تأثير التغيرات المناخية على النظم البيئية والسياسات العمومية التنموية؟ وكيف تسير الحكومات والمؤسسات الوطنية التحديات البيئية العالمية من خلال مختلف البرامج والمخططات؟

منهجية الدراسة

في هذا الإطار سنعتمد على مجموعة المناهج تتماشى وطبيعة الموضوع، فطبيعة الدراسة اقتضت اعتماد المنهج التاريخي والتحليلي والقانوني والمؤسسي لرصد المخاطر البيئية الناتجة عن التغيرات المناخية واثارها على السياسة التنموية، وبيان الاتفاقيات والمعاهدات التي نصت على حماية البيئة بغية الوقوف على تطوراتها المختلفة ودور المؤسسات الوطنية والدولية في حماية المنظومة البيئية.

تقسيم الدراسة:

وسنحاول الإجابة عن هذه الإشكالية وفق محورين:

المحور الأول: أثار الكوارث الطبيعية على المصادر البيئية والسياسات التنموية

المحور الثاني: دور الحكومات والمؤسسات الوطنية في مواجهة تحديات الكوارث الطبيعية

### المحور الأول: أثار الكوارث الطبيعية على المصادر البيئية والسياسات التنموية

ساهمت الأدبيات المتعلقة بمواضيع البيئة والمناخ في قلب نقاش السياسات التنموية، فأصبح تسليط الضوء على مسألة خطر تغير المناخ في مجال البحث العلمي والأكاديمي يتعلق بكل مواضيع البيئة، التي ماهي إلا جزء من التغيرات البيئية التي تشمل تغير كل من مستوى سطح البحر، والتجمعات النباتية، وزحف الصحراء، وانخفاض مستوى البحيرات وتصريف الأنهار، وتردد الأعاصير، وتراجع أجزاء شاسعة من الكتل الجليدية في القارة القطبية، وزيادة حجم الكتل المائية في المحيطات والبحار، وهو ما سيؤدي إلى ارتفاع منسوب سطح البحر بشكل ملحوظ ومؤثر وبالتالي طغيان البحر على أجزاء واسعة من اليابسة، بالإضافة إلى أمور أخرى كثيرة (مزور، سنة 2022)، مما ينعكس على المجموعات البشرية المهمشة بشكل خاص، وولد لديها عنفا إيكولوجيا واجتماعيا، نتيجة غياب إتاحة فرص المشاركة في اتخاذ القرارات المتعلقة بالأنشطة التي تؤثر في بيئتهم أو صحتهم. وقد زاد هذا التوتر في ظل النتائج البيئية السلبية

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الناجمة عن العمليات أو السياسات الحكومية والفوارق الاجتماعية والمجالية، مما أدى بالاهتمام بالموضوع الذي أصبح يتزايد يوماً بعد يوم، في ظل اكتساب مفهوم "العدالة البيئية" أبعاداً جديدة يصعب تصورها إلا أن هذا المفهوم أصبح مثيراً للاهتمام، خاصة من منظور جغرافي لأنه يجبرنا على التفكير في البيئة بأبعادها الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والتنموية في علاقة مع مختلف الفاعلين على مستويات وسياقات مختلفة.

أولاً: تدبير المخاطر البيئية المرتبة بالتغيرات المناخية

لذلك يشكل تغير المناخ مخاطر كبيرة على النظم الحيوية ورفاهية وصحة البشر، بالإضافة إلى العديد من العواقب الأخرى المرتبطة بالتغيرات البيئية الناتجة عن الضغوط البشرية مثل تلوث الهواء والماء والتربة وتدهور النظم البيئية لكل من التربة والمياه الناتج عن الأنشطة الصناعية والتمدد الحضري والنقل والاستخدام غير المستدام للموارد. وتؤثر المشكلات المرتبطة بهذه التغيرات على عدد من المجالات بما في ذلك الوصول الآمن إلى الموارد الطبيعية (المياه والغذاء) والحالة الصحية للنظم البيئية الجيدة وصحة الإنسان وأمنه تجاه الكوارث الطبيعية (المتوسط، سنة 2019)، وبالتالي فهذه الأزمات أصبحت تغزو الدول والمنظمات بشكل منتظم يبدأ في إحداث ارتباك.

فهذه المخاطر كبيرة وتؤثر على المجالات الاستراتيجية والتنموية والبيئية (Jouanne، 2016)، وتدبير هذه المخاطر أصبح اليوم علماً وتخصصاً كبيراً يدرس في الجامعات ومعاهد البحث، قصد بناء الاستراتيجيات والسياسات التنموية المناسبة لتدبير هذه المخاطر، وفي التجربة المغربية تم اعتماد استراتيجية شاملة ومندمجة لتدبير المخاطر البيئية الناتجة عن التغيرات المناخية في سياق تشاركي لإيجاد حلول مشتركة واستكشاف سبل التعاون الدولي والوطني حول القضايا المتعلقة بالنظم البيئية في ظل هذه التغيرات المناخية القاسية التي يشهدها العالم.

### النهوض بالبيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية

إن واقع الحال يحتم بذل جهد من أجل تحسين حالة البيئة والحفاظ على التوازن البيئي، من خلال مجموعة من الأنشطة والسياسات التي تهدف إلى الحد من التلوث والتدمير البيئي، وتعزيز استدامة الموارد الطبيعية مثل المياه والتربة والهواء، والحفاظ على التنوع البيولوجي

فالنهوض بالبيئة يتضمن تبني أساليب إنتاج واستهلاك أكثر استدامة، كاستخدام المعقلن للموارد الطبيعية، وتنفيذ سياسات للتحكم في التلوث وإدارة النفايات بشكل فعال، كما يدعم النهوض بالبيئة الجهود المبذولة للتكيف مع تغيرات المناخ والحفاظ على البيئات الطبيعية الهامة مثل الغابات والمحيطات، فالهدف النهوض بالبيئة هو خلق بيئة صحية ومستدامة للأجيال الحالية والمستقبلية، وتحقيق توازن بين احتياجات الإنسان واحترام البيئة التي يعيش فيها باعتبارها مسؤولية الجميع، وتحقيق التنمية من خلال مجموعة من الإجراءات والمبادرات التي يمكن تبنيها في هذا الخصوص.

كان الاعتقاد السائد لدى معظم الاقتصاديين القدامى أن الموارد الطبيعية (سطح الأرض) لا تهلك ولا تندثر، غير أن الفكر الاقتصادي المعاصر خالف تلك الرؤيا وبدأ ينظر إليها على أنها أشياء مادية تمثل المخزون الطبيعي من المعادن والغابات والمناخ والتضاريس والمساقط المائية والموقع الجغرافي، التي لها تأثير على الثروة القومية (القريشي، 2015).

فالبيئة وحدة متوازنة متكاملة تتكون من عناصر طبيعية وحيوية مرتبطة ببعضها ارتباطاً بالغ التعقيد، ويؤدي هذا التعقيد إلى المحافظة على التوازن الطبيعي للبيئة، ويمنع الإخلال به بصورة فجائية أو تدريجية، وقد استمر التوازن الطبيعي للبيئة قائماً حتى القرن العشرين، وظهر بشكل جلي خلال العقود الثلاثة الأخيرة من هذا القرن أن هذا التوازن معرض للاختلال نتيجة النشاط البشري (الناطوس، 2021).

### الاستثمار في الموارد الطبيعية وتدبير أزمة الماء والحد من الجفاف

إن الاستثمار في الموارد الطبيعية يمكن أن يكون أداة قوية للحد من المخاطر البيئية ووسيلة مهمة للحفاظ على تلك الموارد من خلال تطوير تقنيات استدامة وتنويع مصادر الطاقة المتجددة بما يمكن تقليل الاستهلاك الزائد للمواد والحد من التلوث، كما يساهم الاستثمار في تحسين إدارة المياه والغابات والمحميات الطبيعية في الحفاظ على التنوع البيولوجي والبيئات الطبيعية

لتدبير المخاطر البيئية والمناخية سهر المغرب أيضاً على صياغة مجموعة من النصوص القانونية المتعلقة بحماية البيئة من الأضرار المناخية، والحفاظ على صحة أفراد المجتمع. كما يعد المغرب من ضمن الدول السباقة في وضع أجهزة، ومؤسسات معنية بالشأن البيئي والمناخي كالمجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي الذي تم دستره سنة 2011، بالإضافة إلى وضع مجموعة من التدابير والخطط الاستراتيجية تهدف إلى التخفيف من غازات الدفيئة والتكيف مع تغير المناخ، وباعتباره عضواً ضمن الدول الموقعة على الاتفاقيات، والمعاهدات الدولية للأمم المتحدة المعنية بالتغيرات المناخية (المناخية، 2001).

❖ سياسة وبرنامج المغرب الأخضر التي تنص على تدابير التكيف، ولا سيما توفير المياه والحفاظ على التربة، وتعزيز زراعة الأشجار، ودعم الزراعة التضامنية حول المنتجات المحلية

❖ الاهتمام بالطاقة المتجددة من خلال المشاريع الكبيرة، المتعلقة بالطاقة الشمسية والريحية

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

- ❖ تعزيز القدرات البشرية والتقنية، لتأهيل نظام الإنذار بحدوث الكوارث المناخية من قبيل (الفيضانات موجات الحر والبرد) بالإضافة إلى تعزيز شبكة مراقبة الأرض، والمرفعات ووسائل الإشعار عن بعد.
- ❖ تعزيز القدرة على التكيف لدى سكان المناطق القروية، المعرضين لمخاطر التغيرات المناخية وذلك من خلال تطوير الخيارات التقنية والمؤسسية، والسياسات التنموية المناسبة
- ❖ إعادة التشجير وزراعة الغابات (بوخرسة، 2019/2020) الغابات تلعب دوراً مهماً في امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، مما يساعد على تقليل انبعاثات الغازات الدفينة في الغلاف الجوي.
- ❖ استراتيجية بناء السدود منذ منتصف القرن الماضي، والعمل على توفير احتياجات الماء للسكان والتنمية الاقتصادية، انطلاقاً من مخطط العمل 2010-2030 الذي يهدف إلى بناء 59 سدا كبير والف سد صغير ومتوسط. كما هدف البرنامج إلى تعزيز إعادة استخدام مياه الصرف الصحي وتطوير محطات تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة الشمسية، أو الطاقة الريحية.
- وتعتبر أزمة الماء واحدة من الأزمات التي تستدعي تعاوناً دولياً، بدعوى أن آثارها تطال عدة دول وتلحق أضراراً بكثير من القطاعات عبر العالم، فقلة التساقطات المطرية الذي عرفه المغرب أثرت على القطاع الفلاحي بشكل كبير، وهو ما يعني تضرر الأسواق الدولية المستهلكة للمنتجات الفلاحية المغربية.
- كما خلف الجفاف الذي عرفته الدولة المغربية، خلال السنوات الأخيرة (2021/2022) أزمة حادة في الماء، وذلك بسبب قلة التساقطات المطرية وتوالي سنوات الجفاف، وقد سجل المغرب خلال كل من المواسم الفلاحية : 2018/2019 و 2019/2020، و 2020 و 2021 معدلات سنوية للتساقطات على التوالي : 296.7 و 255.6 و 299.7 ملمتر (للتخطيط، 2022)، وهذه النسب السنوية تبقى جد ضعيفة مقارنة مع احتياجات المغرب من الماء... وقد طالت تداعيات هذه الأزمة مجموعة من المجالات، وهو ما دفع بملك المغرب إلى تخصيص خطاب ملكي في افتتاح الدورة الأولى من السنة التشريعية الثانية من الولاية التشريعية الحادية عشرة، يوم 14 أكتوبر 2022 حيث إن إشكالية تدبير الموارد المائية تطرح نفسها بالحاح، خاصة أن المغرب يمر بمرحلة جفاف صعبة، هي الأكثر حدة، منذ أكثر من ثلاثة عقود.... ولمواجهة هذا الوضع، بادرنّا منذ شهر فبراير الماضي، باتخاذ مجموعة من التدابير الاستباقية، في إطار مخطط مكافحة آثار الجفاف، بهدف توفير ماء الشرب، وتقديم المساعدة للفلاحين، والحفاظ على الماشية... وقد أصبح المغرب يعيش في وضعية إجهاد مائي هيكلي. ولا يمكن حل جميع المشاكل بمجرد بناء التجهيزات المائية المبرمجة، رغم ضرورتها وأهميتها البالغة (السادس، 2024).

### المحور الثاني: دور الحكومات والمؤسسات الوطنية في مواجهة تحديات الكوارث الطبيعية

ان اهتمام المغرب بالمشاكل البيئية والمتعلقة بالكوارث الطبيعية جعله يرصد مجموعة من القطاعات والمؤسسات الحكومية كانت اولها احداث وزارة مكلفة بمواجهة هذه التحديات وحماية البيئة والتي مهدت لبناء الاسس الأولى لسياسة وطنية في مجال المحافظة على البيئة، الى جانب مجموعة من المؤسسات الحكومية الأخرى.

كالوكالة الوطنية للمياه والغابات التي تسهر على حماية الطبيعة والمحافظة على التنوع البيولوجي، حيث تمارس الشرطة الإدارية التابعة لها مجموعة من الأنشطة المرتبطة بحماية المجال الغابوي والمنتزهات والمحميات الطبيعية بالإضافة إلى السلطة التشريعية التي تعمل على تتبع الدراسات واقتراح مشاريع النصوص التشريعية والتنظيمية المتعلقة بالمجال البيئي، بالإضافة إلى السلطة القضائية باعتبارها سلطة مهمة ولها دور في تطبيق القواعد البيئية ومتابعة المخالفين، كما نجد مؤسسات أخرى لها دور مهم في الحفاظ على المجال البيئي والنهوض بالتنمية الترابية والحفاظ على حقوق الأجيال الحاضرة والقادمة كالمجلس الوطني لحقوق الإنسان والمجتمع المدني ووزارة التعليم العالي ووزارة التجهيز والنقل ووزارة المكلفة بالقطاع الماء، ولعل هذا التعدد المؤسسي ليس سوى دليل على العناية الكاملة للمملكة المغربية بمجال البيئة ووعيتها بضرورة الإحاطة بكل العناصر التي تشكل مكون من مكونات البيئة ويخضع في تنظيمه لقطاع مختلف ومغاير عن الآخر، كما خلق مزيج مهم بين المؤسسات الراعية للبرامج الخاصة بعنصر من عناصر البيئة والمؤسسات التي تعنى بالسياسة البيئية ككل.

وكذا المؤسسات الاستشارية التي تضم خبراء ومختصين في مجال البيئة يقدمون التقارير والتوصيات التي يجب اعتمادها في تبني البرامج والسياسات الوطنية البيئية، وإحداث المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي كآلية دستورية تجمع كل الفعاليات السياسية الاقتصادية (بالقاسمي، 2022)، القانونية المهنية وممثلي المجتمع المدني والقطاع الخاص لتتبع السياسات العمومية في هذا المجال، وكذلك لوضع مقترحات لكل ما يمكن أن يساهم في التنمية المستدامة على المستوى الوطني والاقليمي.

### أولاً : المؤسسات التنفيذية والرقابية

يساهم الملك ومعه السلطة التنفيذية ممثلة في الحكومة في السياسة البيئية المتعلقة بتدبير وحماية الموارد الطبيعية وكذا تحقيق التنمية، بحيث له أدوار طلائعية بالغة الأهمية في هذا الجانب.

فتتنوع الاختصاصات الملكية بحسب الصفة التي يتولى بمقتضاها رئيس الدولة سلطاته وصلاحيته ، بصفته رئيساً للدولة وممثلاً الأسمى، ورمز وحدة الأمة، وضامن دوام الدولة واستمرارها، والحكم الأسمى بين مؤسساتها " ، فإن الملك هو من يسهر على احترام الدستور، وحسن سير المؤسسات الدستورية، وعلى صيانة الاختيار الديمقراطي، وحقوق وحرريات المواطنين والمواطنات



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

والجماعات، وعلى احترام التعهدات الدولية للمملكة " كما أنه يعتبر "ضامن استقلال البلاد وحوزة المملكة في دائرة حدودها الحقة"، وهو يمارس هذه الاختصاصات أيضا بمقتضى ظهائر، من خلال السلطات والمسؤوليات المخولة له صراحة بنص الدستور (الفصل 42) (بلمحج، 2012)، ويتضح لنا من خلال هذا الفصل أن رئيس الدولة يصون حقوق وحريات الأفراد وأهم حق في موضوع بحثنا هذا، العيش في بيئة سليمة والحفاظ على الموارد الطبيعية واستثمارها من أجل تحقيق تنمية ترابية تضمن العيش الكريم لجميع المواطنين والمواطنات والأجيال القادمة

كما يترأس المجلس الوزاري الذي يتداول في التوجهات الاستراتيجية لسياسة الدولة (الفصل 48)، وخاصة فيما يتعلق بالمجال البيئي، فقد تم تخصيص جلسة عمل لتتبع البرنامج الوطني للتزود بالماء الصالح للشرب ومياه السقي 2020-2021، ويندرج هذا الاجتماع في إطار العناية والرعاية السامية التي يوليها جلالة الملك، حفظه الله، لقضية الماء ذات الطابع الاستراتيجي، فقد أعطى جلالة الملك، نصره الله، تعليماته السامية للحكومة لتفعيل، وعلى غرار السنوات السابقة، الإجراءات الاستعجالية لبرنامج مكافحة آثار الجفاف.

كما تعد الحكومة ثاني أبرز المساهمين في بلورة السياسة البيئية، حيث تمارس السلطة التنفيذية وتتألف من رئيس الحكومة والوزراء ويمكن أن تضم كتاب دولة، وبعد تعيين الملك للحكومة يتقدم رئيس الحكومة أمام مجلسي البرلمان السلطة التشريعية) مجتمعين ويعرض عليها البرنامج الذي يعتزم تطبيقه، ويجب أن يتضمن هذا البرنامج الخطوط الرئيسية للعمل الذي تنوي الحكومة القيام به في مختلف مجالات النشاط الوطني، وبالأخص في ميادين السياسة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والثقافية والخارجية، يكون البرنامج المشار إليه، موضوع مناقشة أمام كلا المجلسين يعقبها تصويت في مجلس النواب

ويمثل تدخل الحكومة في السياسة البيئية من خلال قيامها بتضمين كل التدابير التي تعزم القيام بها على مستوى المجال البيئي في التصريح الحكومي المقدم أمام السلطة التشريعية (البرلمان) في جلسة عامة، وذلك بهدف نيل ثقتها وتصيبتها فعليا وفق ما يقضي به دستور المملكة.

### ثانيا: السلطة التشريعية

يبقى دور البرلمان مهما في حماية البيئة، باعتباره سلطة تشريعية، لذلك هو من أهم المؤسسات الرسمية التي تضطلع أساسا بالتشريع، وهذا ما يميز البرلمان في الدستور الجديد

إضافة إلى الاختصاصين التقليديين المتمثلين في التصويت على القوانين ومراقبة عمل الحكومة، هو اختصاص تقييم السياسات العمومية، وهكذا نص الفصل 70 من الدستور على أن البرلمان يصوت على القوانين، ويراقب عمل الحكومة ويقيم السياسات العمومية (رشيد، 2022)

وحسب الفصل 71 من دستور "2011 فالبرلمان يقوم بالتشريع في التعمير وإعداد التراب، والقواعد المتعلقة بتدبير البيئة وحماية الموارد الطبيعية والتنمية المستدامة، نظام المياه والغابات والصيد...."، وعند قراءتنا للفقرة الثانية من الفصل 75 من دستور 2011، نجده ينص على ما يلي "... يصوت البرلمان مرة واحدة على نفقات التجهيز التي يتطلبها، في مجال التنمية، وإنجاز المخططات التنموية الاستراتيجية، والبرامج متعددة السنوات التي تعدها الحكومة ويطلع عليها البرلمان وعندما يوافق على تلك النفقات، يستمر مفعول الموافقة تلقائيا على النفقات طيلة مدة هذه المخططات والبرامج وللحكومة وحدها الصلاحية لتقديم مشاريع قوانين ترمي إلى تغيير ما تمت الموافقة عليه في هذا الإطار.

فالبرلمان له صلاحية التصويت على القوانين التي تمثل الأهداف الأساسية لنشاط الدولة في الميادين الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والثقافية للرفع من المكانة التي يحتلها البرلمان في السياسة البيئية (مرزاق، 2018).

### ثالثا: السلطة القضائية

يعتبر القضاء الوجه الآخر لحقوق الإنسان المثبتة في التشريعات الدولية منها والمحلية، وباعتبار العلاقة بين القضاء والتنمية موضوع اني وكوني، وبما أن السلطة القضائية تلعب دورا فعالا في تطبيق القواعد البيئية ومتابعة المخالفين، فإنه يلعب دورا هاما في تطوير ومراجعة القواعد القانونية التي من شأنها أن تساهم في تحقيق القفزة الاقتصادية والتنمية الاجتماعية، وتوحيد الرؤى من أجل صياغة قوانين حديثة، وإيجاد اليات تتضمن مبادئ وحلول ناجعة للمحافظة على البيئة الطبيعية وحيلولة الإنسان دون العبث بها وتلويثها، وبالتالي فهو يعد من الركائز الأساسية للنهضة التنموية، ومما لا جدال فيه أن القضاء قريب إلى نبض المجتمع ومخاوفه إزاء المضار التي تلحق بالبيئة وتؤثر على الملكية الفردية والجماعية، وإن من واجبه التقرير برفع الضرر اللاحق بها وزجر مرتكبيه عن طريق تحميلهم المسؤولية حسب الأحوال مدنية أو جنائية أو هما معا بما يكفل الردع والتعويض المادي والمعنوي وأيضا استصلاح البيئة (علمي، 2016)

### رابعا: الوكالة الوطنية للمياه والغابات

تمت المصادقة من طرف مجلس الحكومة على مشروع قانون رقم 20-55 المتعلق بإحداث الوكالة الوطنية للمياه والغابات تفعيلها للاستراتيجية الوطنية الجديدة غابات المغرب 2020-2030 التي أعطى انطلاقتها صاحب الحلالة الملك محمد السادس نصره الله لجعل القطاع الغابوي أكثر تنافسية واستدامة (الوكالة الوطنية للمياه، 2020)، من خلال ابتكار نموذج تدريبي مندمج ومنشئ للثروة،



## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

وتأتي المصادقة في وقت أصبحت الغابات والواحات أكثر عرضة للخطر بفعل التقلبات المناخية المتواترة وتفعيلا للتوجهات الملكية الرامية إلى إرساء قواعد الاستراتيجية الجديدة 2020-2030 تمت إعادة هيكلة المؤسسة الإدارية عبر خلق الوكالة الوطنية للمياه والغابات تسند إليها مسؤولية الإدارة السيادية في تدير الملك الغابوي، في إطار الإصلاح المؤسساتي للقطاع ، والذي يعد أحد أهم الركائز لإنجاح الاستراتيجية الجديدة.

وتعتبر الوكالة الوطنية للمياه والغابات (Belghazi, 2021)، مؤسسة عمومية تتمتع بالشخصية الاعتبارية والمالية وتخضع لوصاية الدولة التي يكون الغرض منها العمل تقيد أجهزتها المتخصصة بأحكام هذا القانون، خاصة ما يتعلق منها بالمهام المنوطة بها وبصفة عامة السهر على تطبيق النصوص التشريعية والتنظيمية المتعلقة بالمؤسسات العمومية، ولاسيما المتعلقة منها بمهام التدبير والمراقبة والحكمة وتخضع الوكالة أيضا للمراقبة المالية للدولة المطبقة على المؤسسات العمومية طبقا للنصوص التشريعية والتنظيمية الجاري بها العمل .

وتتكلف هذه الوكالة بتنفيذ التوجهات الاستراتيجية لسياسة الدولة في مجالات حماية الثروة الوطنية الغابوية ومواردها والمحافظة عليها وتأمينها وتنميتها المستدامة، وكذا في مجال محاربة التصحر، وإحداث المناطق المحمية لاسيما المنتزهات الوطنية وتدير موارد القنص والصيد وتربية الأحياء المائية في المياه البرية والمحافظة على النباتات والحيوانات المتوحشة والأصناف المهددة بالانقراض.

### - الهيئات الموازية أو المتدخلة

يعتبر المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي من المؤسسات الدستورية الهامة التي تضطلع بمهمة توجيه السياسة العامة للتنمية، وتعزيز الهياكل الاستشارية بدراسات واءاء حول الوضعية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية ببلادنا، كما يعد المجلس إطارا مؤسساتيا للتفكير المعمق في جميع القضايا التي لها طابع اقتصادي واجتماعي وبيئي، وفضاء للتشاور البناء حولها بين مختلف مكوناتها من الفاعلين الاقتصاديين والاجتماعيين، وقوة اقتراحية في كل ما يخص التوجهات والسياسات العمومية المرتبطة بالأنشطة الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والبيئية، ومساهم في ترسيخ الحوار الاجتماعي (والبيئي، 2014) .

وقد خصص الدستور المغربي لسنة 2011 الباب الحادي عشر منه إلى المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، إذ ينص الفصل 151 على " يحدث مجلس اقتصادي واجتماعي وبيئي " أما الفصل 152 فقد نص على أن : للحكومة ولمجلس النواب وللمجلس المستشارين أن يستشيروا المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي في جميع القضايا، التي لها طابع اقتصادي واجتماعي وبيئي، يدلي المجلس برأيه في التوجهات العامة للاقتصاد الوطني والتنمية المستدامة، بينما أحال الفصل 153 تأليف المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، وتنظيمه، وصلاحيته، وكيفية تسييره إلى قانون تنظيمي (والاجتماعي، 2016).

وهكذا يكون المشرع قد خلق علاقة تعاون بين عدة مؤسسات هذه المؤسسة، التي تعتبر إحدى الآليات الدستورية التي تلعب دورا بارزا في تقوية دور المؤسسة التشريعية في مجال تقييم السياسات العمومية، كما تعتبر فضاء تشاوريا وقوة اقتراحية خلاقة لتعزيز كل ما يخص توجهات السياسة العامة المرتبطة بالأنشطة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

### ثانيا: المجلس الوطني لحقوق الإنسان

يعتبر المجلس الوطني لحقوق الإنسان مؤسسة وطنية تعددية ومستقلة، تتولى النظر في جميع القضايا المتعلقة بالدفاع عن حقوق الإنسان والحريات وحمايتها، وبضمان ممارستها الكاملة والنهوض بها وبصيانة كرامة وحقوق وحريات المواطنين والمواطنات أفرادا وجماعات، تمت المصادقة سنة 2018 على القانون رقم 76.15، المتعلق بإعادة تنظيم المجلس الوطني لحقوق الإنسان والذي استحضر الوضع الدستوري للمجلس الوطني لحقوق الإنسان.

كما سجل المجلس اتخاذ خطوات إيجابية في مجال الحقوق البيئية، سواء تعلق الأمر بالممارسة الاتفاقية أو الإطار الدستوري والقانوني، حيث صادق المغرب على 110 اتفاقية دولية وإقليمية تتعلق بالبيئة أو انضم إليها، منها اتفاق باريس المتعلق بالتغيرات المناخية كما تعززت هذه الممارسة بتنصيب المادة 31 من دستور 2011 على الحق في العيش في بيئة سليمة، ويسجل أيضا الجهود التي قامت بها الحكومة على مستوى السياسات العمومية، وخاصة تلك المتعلقة بالطاقات المتجددة ، ومشروع مخطط المغرب الأخضر ، والمخطط الوطني للماء، والاستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة.

### ثالثا: المجتمع المدني

يبقى دور مؤسسات المجتمع المدني هو المساهمة في تحقيق التنمية المحلية والشاملة المستدامة، لأنه يلعب دورا يقل شأنًا عن القطاع الحكومي والجماعات الترابية خاصة على مستوى عيش الأفراد، وتقليص حدة الفقر وتحسين مستوى الرفاه الاجتماعي والصحي والتعليمي، من خلال تقديم العديد من الخدمات لأفراد المجتمع في مواقعهم المختلفة، أو المعلومات حول العناية بالبيئة من خلالها (حزون، 2022).

فالمجتمع المدني بحكم قربه من السكان والتصاقه اليومي بقضايا المجتمع والبيئة (غزلان، 2018) وما تعرفه من مشاكل كمعضلة تدبير الموارد المائية يشكل بذلك قوة اقتراحية أو أداة ضغط على السلطات العمومية لحثها على اتخاذ التدابير والتشريعات والسياسات اللازمة والتي تخدم قضايا المجتمع والبيئة سواء من خلال توعيتها بخطورة المشاكل المستحتملة أو عبر الضغط عليها بكل الوسائل

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

الممكنة لثنيها عن عدم الإقدام على اتخاذ سياسات اقتصادية أو تنموية لا تخدم البيئة وتلحق أضراراً بليغة بالأوساط الطبيعية والنظم البيئية وخاصة منظومة الموارد المائية، إن المجتمع المدني أصبح اليوم من أهم المداخل لترسيخ الحكمة البيئية بتدبير معقلن وفعال للثروات الطبيعية والإيكولوجية بشكل عام (مرزاق، الحكمة البيئية والتنمية الاستثمارات بالمغرب، 2018).

فقد دعت 16 جمعية مغربية تنشط في مجال البيئة والتنمية المستدامة المشاركة في مشروع تعبئة المجتمع المدني من أجل التكيف مع التغيرات المناخية في المغرب المنجز من طرف الصندوق العالمي للطبيعة بشمال إفريقيا، إلى إدماج البعد المناخي والبيئي في البعدين الاجتماعي والاقتصادي نظراً لارتباط بعضهم ببعض، وهو ما يلاحظ في كل برامج الدول والمؤسسات البنكية والاقتصادية مند العودة القوية للدول الشريكة لاتفاق باريس.

وأكدت الجمعيات المشاركة في هذا المشروع المنجز في إطار شراكة مع الوكالة الفرنسية للتنمية والصندوق العالمي للطبيعة بفرنسا وجمعية مدرسي علوم الحياة والأرض بالمغرب على ضرورة اعتبار التكيف مع التغيرات المناخية كأولوية وطنية في جميع السياسات العمومية والترابية، وأوصت هذه الجمعيات بعد أكثر من ثلاث سنوات من العمل والتعبئة في إطار مشروع تعبئة المجتمع المدني من أجل التكيف مع تغير المناخ، بتقوية البرنامج الحكومي الذي ركز في الجزء المتعلق بالبيئة في نهاية وثيقة البرنامج (ياسين، 2024).

### رابعاً: وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار

وظيفة الجامعة البحثية في مجال حماية البيئة والتصدي لما يعتريه من مشكلات نجد مجال مواجهة مشكلة التلوث من خلال البحوث العلمية العديدة، التي استهدفت حماية الهواء والماء والتربة والغذاء، ومكافحة التلوث الذي لحق بها، وتطوير وسائل النقل والطاقة البديلة، وما إلى ذلك، كما انبرت بحوث كثيرة للتصدي لظاهري التلوث الكهرومغناطيسي والضوضاء ومجال مواجهة مشكلة استنزاف موارد البيئة، من خلال البحوث التي استهدفت حماية موارد البيئة الدائمة والمتجددة وغير المتجددة، فكل هذه الفعاليات البحثية العلمية يقع عليها واجب رسم السياسة الاستراتيجية لإيجاد السبل المثالية لمعالجة الاضرار البيئية، وخاصة عندما تصل إلى قناعة علمية كاملة بضرورة توحيد جهودها البحثية الأكاديمية والتطبيقية (بلفضل، 2018).

### خامساً: وزارة التجهيز ووزارة الطاقة

تعد وزارة التجهيز والنقل واللوجستيك والماء من بين أهم الفاعلين الاقتصاديين للبلاد حيث تساهم في الإقلاع الاقتصادي للمملكة من خلال الاستراتيجيات الاستباقية التي تنفذها في إطار مهامه، كما تتكلف وزارة التجهيز والماء بمجموعة من القطاعات الحيوية التي تلعب دوراً هاماً في التنمية الاقتصادية والاجتماعية لبلادنا من خلال ارتباطها الوثيق والمباشر بعوامل ومؤشرات التنمية، وإنجاز أعمال تقنية أو المراقبة من الوجهة التقنية لأعمال منح الامتياز فيها أو عهد إلى الغير بتسييرها (والماء، 2024).

كما يضطلع قطاع البيئة بوزارة الطاقة والمعادن والبيئة بمهمة إعداد وتنفيذ السياسة الحكومية في مجال تدبير البيئة وفي هذا الإطار فهو مكلف بتنشيط وتحفيز وتشجيع وتنسيق بتعاون مع القطاعات الوزارية المعنية بالعمل الحكومي في مجال تدبير البيئة ومتابعة تنفيذه، استناداً على النصوص القانونية المؤطرة وعلى توصيات المجلس الوطني للبيئة وعلى مضامين الاتفاقات الدولية التي وقع عليه المغرب، والتي تشمل مجالات عدة منها ما هو متعلق بالنفايات والمواد الكيميائية الخطرة، وآخر بحماية التراث، وآخر بحماية النبات والحيوان، وآخر بحماية المناخ (المرباط، 2021).

### خاتمة:

ختاماً يمكن القول إن التغيرات المناخية التي يشهدها العالم اليوم، تفرض على دول العالم بما فيها المغرب التسليح بما فيه الكفاية بجميع الوسائل التقنية والتنظيمية والقانونية لمواجهة المخاطر التي قد تترتب عن هذه التغيرات خاصة على مستوى الموارد المائية والنظم الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تتسم أصلاً بالضعف والهشاشة، كل ذلك من أجل تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية حقيقية ومستدامة. وبالتالي من الممكن إدارة هذه الأضرار من خلال تطبيق رؤى جديدة تعتمد على نهج معرفي، عملي، يربط جميع الأطراف المعنية، والمتدخلة في الظاهرة المناخية، من إعلام، وأسرة، ومدرسة، دون العمل بمعزل عن السياق العالمي لأفراد ومجتمع مدني، وفي نهاية هذا التحليل يبدو أن التفكير في البيئة بأبعادها الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والثقافية تحتل سلم الأولويات الوطنية بالمغرب بكونها تمس وتؤثر على كافة أنشطة التنمية الاقتصادية والاجتماعية، ويؤخذ في الاعتبار عند ممارسة تلك الأنشطة البعد البيئي والحرص على التنمية المستدامة وصيانة مصادرها الطبيعية وحفظ حقوق الأجيال، والمتتبع لكل السياسات ومنها البيئية يدرك أن المغرب قد قطع أشواطاً مهمة في حماية البيئة والتنمية والاستثمار منذ حصوله على الاستقلال إلى يومنا هذا، باعتباره صادق على مجموعة من المواثيق والاتفاقيات الدولية، كما يتوفر على مجموعة من النصوص القانونية والتنظيمية التي تهدف بشكل مباشر وغير مباشر في المحافظة على البيئة والاستثمار في المجال البيئي.

### أهم التوصيات:

- دعم برامج التوعية والتحسيس في الوسائط الإعلامية حول خطورة الانبعاثات الغازية؛
- رفع الوعي المدني وتعزيز الشراكات الاستراتيجية بين القطاعين العام والخاص لحشد تمويل المشاريع المستقبلية؛
- تنزيل الخطط والاستراتيجيات على أرض الواقع؛
- الاستثمار في التربية والتعليم وإدراج قضية المناخ ضمن الكتب المدرسية المقررات التعليمية؛

## كتاب البحوث الكاملة للمؤتمر الدولي السابع للتنمية المستدامة والمجال

- دعم مجتمع مدني قوي، يحمل الهم والقضية البيئية على عاتقه محمل الجد، ويعمل ما بوسعه لتكثيف أنشطته للحد من خطورة التغيرات المناخية والاسباب وراءها؛
- كما يجب بذل جهود كبيرة في العمليات التوعوية، بحيث لا يجب أن تكون موسمية وليست بالطريقة التي دأبنا عليها، يجب الغوص في عمق المجتمع المغربي، من خلال توظيف المنظومة التعليمية، الإعلامية المجتمع المدني على الصعيد الجهوي للمملكة...

### لائحة المصادر والمراجع

#### 1- باللغة العربية:

- المتوسط، ش. ا. (سنة 2019). (المخاطر المرتبطة بالمناخ والتغيرات البيئية في منطقة البحر الابيض المتوسط، . المتوسط، ش. ا. سنة 2019). (المخاطر المرتبطة بالمناخ والتغيرات البيئية في منطقة البحر الابيض المتوسط . القرشي، ع. ح. (2015). تخطيط وإدارة الموارد الطبيعية .
- الناطوس، ع. ا. (2021). يوليو. (تدبير اخطار التغيرات المناخية بين قصور الإدراك واستراتيجيات التكيف معها. مجلة الدراسات الإفريقية وحوض النيل، المجلد السادس، العدد الثاني عشر، ص 61.
- المناخية، م. م. (2001). اتفاقية برن. برن السويسرية.
- بوخرسة، أ. (2020/2019). ، السياسة العمومية وحماية المجال الغابوي بالمغرب . طنجة :جامعة عبد المالك السعدي ، كلية العلوم القانونية والاقتصادية والاجتماعية.
- للتخطيط، ا. ا. (2022). بحث ميداني، التنمية الاقتصادية .المغرب.
- السادس، ا. م. (2024). ماي 26 .(خطاب ملكي بمناسبة افتتاح الدورة الأولى من السنة التشريعية الثانية من الولاية التشريعية الحادية عشرة. الرباط، المغرب.
- بالقاسمي، ر. ف. (2022). الحماية المؤسسية الإقليمية والوطنية للبيئة آية نجاعة وفعالية Dans .م. ا. الأعمال .سلطات المملكة المغربية: جامعة الحسن الأول.
- بلمحيح، س. (2012). رئيس الدولة ورئيس الحكومة في دستور 2011 ، من يحكم المغرب ...؟ الدستور وحقيقة التغيير .مجلة مسالك في الفكر والسياسة والاقتصاد 19، مطبعة النجاح.8،
- رشيد، ا. (2022). تقييم البرلمان للسياسات العمومية : دلالاته وآلياته وإشكاليته في التطبيق المغربي .مجلة البحوث القانونية والاقتصادية (العدد 1) المجلد 3، ص248.
- مرزاق، ع. ا. (2018). الحكامة البيئية وتنمية الاستثمارات بالمغرب .مجلة القانون والاعمال.114،
- علمي، ه. و. (2016). الحماية القانونية للبيئة بالمغرب وعلاقتها بالتنمية المستدامة .اطروحة لنيل شهادة الدكتوراه.
- الوكالة الوطنية للمياه، و. (2020). الاستراتيجية الوطنية غابات المغرب 2020/2030. الرباط.
- والبيئي، ا. ا. (2014). الميثاق الوطني للبيئة والتنمية المستدامة: قراءة تحليلية .الرباط.
- والاجتماعي، ا. ا. (2016). الحكامة البيئية بالمغرب: رهانات وآفاق .الرباط.
- حزبون، ا. (2022). السياسات العمومية المحلية : المقاربات والفاعلين .، المجلة الإفريقية للدراسات المتقدمة في العلوم الإنسانية والاجتماعية.169، (1)3،
- غزلان، ا. (2018). ، حقوق الإنسان والحريات الأساسية مصادرها ، تطورها واليات الرقابة والحماية .تطوان.
- مرزاق، ع. ا. (2018). الحكامة البيئية والتنمية الاستثمارات بالمغرب .مجلة القانون والاعمال.
- ياسين، ع. ا. (2024). ، مجتمع : 16 جمعية مغربية تنشط في مجال البيئة والتنمية المستدامة . الرباط.
- بلفضل، م. (2018). دور الجامعة في حماية البيئة .، مجلة البحوث العلمية في التشريعات البيئية .2،
- والماء، و. ا. (2024). Ministère de l'équipement et de l'eau . الرباط.
- المرباط، ي. (2021). الحفاظ على البيئة والتنوع البيولوجي بحوض البحر الأبيض المتوسط ما بين المغرب وإسبانيا ، التربية البيئية وسؤالا التنمية الأخلاق نحو وعي بيئي جديد . " الجديدة :مركز فاطمة الفهرية للأبحاث والدراسات (مفاد).

مزور, ح. ا-ل). سنة 2022". (العدالة البيئية وتغير المناخ، مقارنة إبستمولوجية وايكولوجية . "فاس: كلية الآداب سايس، جامعة سيدي محمد بن عبد الله.

2- باللغات الأجنبية:

Jouanne, E. (2016). *Gestion de crise chez les Sapeurs-Pompiers: Déterminants socio-cognitifs de l'efficacité des équipes*. Psychologie. Université Bretagne Loire: Thèse de doctorat .

Belghazi, S. (2021). Forest governance and environmental protection in Morocco. *Revue marocaine d'administration publique*, 77–98.