التحول الرقمي الأخضر وأهميته في استشراف المستقبل البيئي: (التجربة المغربية نموذجاً)

محمد أحزون*

ملخص تنفيذي

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف دور التحول الرقمي في استشراف المستقبل البيئي ومواجهة التهديدات التي تواجه كوكب الأرض، لا سيما التدهور البيئي الحالي المتمثل في ندرة المياه، وتناقص الغطاء النباتي، وانقراض أشكال عديدة من الحياة الحيوانية، مما ينعكس سلبًا على التنوع البيولوجي.

بناءً على ذلك، تركز الدراسة على إبراز أهمية التقنيات الرقمية المصنفة ضمن "التكنولوجيا الخضراء"، وهي تقنيات متنوعة بتنوع مكونات المجال البيئي.

تتخذ الدراسة التجربة المغربية نموذجاً للاقتداء به في سياق التجارب الدولية التي طبقت مؤخراً تقنيات مختلفة في المجال البيئي، مع إيلاء اهتمام خاص لتجربة دولة الإمارات العربية المتحدة، نظراً لريادتها وسبقها في مجالي التكنولوجيا الخضراء والتحول الرقمي بشكل عام.

خلصت الدراسة إلى أن التكنولوجيا الخضراء ساهمت في التغلب على العديد من التحديات البيئية والحد من الممارسات التقليدية الضارة بالغلاف الجوي، ويعود الفضل في ذلك إلى التقنيات الرقمية، ويعد تطبيق الاستشعار عن بعد من أبرز تطبيقاتها الناجحة في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية:

البيئة، التكنولوجيا الخضراء، التحول الرقمي، استشراف المستقبل، الاستشعار عن بعد.

(*) باحث في القانون العام والعلوم السياسية - جامعة سيدي محمد بن عبد الله، كلية العلوم القانونية والاقتصادية والاجتماعية —فاس.

ahizone.mohammed@gmail.com

Abstract:

This study aims to explore the role of digital transformation in envisioning the environmental future and addressing the threats facing planet Earth, particularly the current environmental degradation characterized by water scarcity, drowning vegeta-

tion, and the extinction of many forms of animal life, which negatively impacts biodiversity. Accordingly, the study focuses on highlighting the importance of digital technologies classified as "green technology," which are diverse and encompass various components of the environmental sphere. The study takes the Moroccan experience as a model to be emulated in the context of international experiences that have recently applied various technologies in the environmental field, with special attention given to the experience of the United Arab Emirates, due to its pioneering role in green technology and digital transformation in general.

The study concludes that green technology has contributed to overcoming many environmental challenges and reducing traditional practices harmful to the atmosphere, thanks to digital technologies. The application of remote sensing is one of its most successful applications in this field.

Keywords:

environment, green technology, digital transformation, future forecasting, remote sensing.

مقدمة:

تعد دراسة استشراف المستقبل البيئي وتقنياته من الممارسات الحديثة نسبيًا في مجال البحث العلمي. فقد ساهمت التحولات الرقمية وما صاحبها من مستجدات في تسهيل رصد التطور البيئي المستقبلي والتنبؤ به. ويأتي هذا التطور استجابة لرغبة إنسانية قديمة، تعود إلى ما قبل ظهور التقنيات الرقمية، في استكشاف الظواهر البيئية الكامنة في المستقبل بهدف التخفيف من آثارها المحتملة[١] .

من هذا المنطلق، تضطلع عملية استشراف المستقبل البيئي بدور مهم في رصد وتتبع الظواهر التي تهدد التنوع البيولوجي وتؤدي إلى انتشار الأمراض الخطيرة.

بناءً على ذلك، جرى تطوير مجموعة من التقنيات ضمن نطاق التكنولوجيا الخضراء، لا سيما بعد فشل الأساليب التقليدية في الحد من التدهور البيئي، بل وتسببها في تسريع وتيرة هذا التدهور.

بناءً على ما سبق، ينبغي أن تعالج القضايا البيئية المستقبلية استراتيجيًا من خلال الابتكارات البيئية. يتطلب ذلك أولاً تحديد وتقييم الوضع البيئي ومواصفاته بدقة، وهي عملية تستلزم التفكير العميق في البيئة التي نعيش فيها والتفاعلات والأخطار المعقدة المرتبطة بها. هذا الفهم يدفع بدوره إلى البحث عن تقنيات وابتكارات جديدة

تهدف إلى رصد الظواهر البيئية [٢].

يعد الحق في بيئـة سليمة من الحقوق الأساسية للأفراد ويندرج ضمن الجيل الثالث لحقـوق الإنسان. وفي هذا السيـاق، تؤدي الرقمنة دورًا محـوريًا في إتاحة هذا الحق لجميع الأفراد دون استـثناء، استنادًا إلى مبدأ المسـاواة. كما تسهم الرقمنة في إيجاد حلول للعـديد من القضايـا البيئية، خـاصة أن المجال البـيئي يرتبط ارتبـاطًا وثيقًا بحقوق أخرى كالحق في الصحة، والحق في الحياة، والحق في الماء، وغيرها.

بناءً على ما سبق، تستخدم الـرقمنة مجموعة من التقنيات لمواجهة التحديات البيئية، واستشراف المستقبل، ومجابهة التغيرات المناخية التي تهدد التنوع البيولوجي.

تتوزع هذه التقنيات الرقمية، التي تشمل المنصات الرقمية، والتحول الرقمي الأخضر، والإعلام الأخضر، وغيرها، عبر إحـداث تعاون بين جميع المنـصات الرقميـة الوطنية والدولية، وتبادل الخبرات والابتكارات عن بعد، بهدف مواجهة التحديات البيئية.

في هذا السياق، وضع المغرب مجموعة من الاستراتيجيات الوطنية تندرج ضمن إطار التـحول الرقمي الأخضر لـمواجهة التحديـات البيئية. ورغـم أن هذه الاستراتيجيات أسـهمت في تحقيق بعض النتائج، إلا أنهـا ظلت ضعيفة بسبب الفجـوة الرقمية التي أعاقت تفعيل تلك الاستراتيجيات الخاصة بالتحول الرقمي الأخضر.

لذلك، يكتسب التحول الرقمي الأخضر أهمية جوهرية في الكشف عن المخاطر البيئية، وذلك عـبر استخدام تقنيات الاستشعـار عن بعد، مما يساهـم في مواجهة التحديات البيئية المستقبلية، مثل الجفاف والتصحر.

من هنا، نتـساءل عن أهمية التـحول الرقمي الأخضر في استـشراف المستقبل البيئي ومواجهة المخاطر البيئية.

لمقاربة هذا الموضوع المتشعب، الذي يجمع بين الأبعاد الرقمية والاقتصادية والثقافية والسياسـية، نجد أن الحفاظ على البيئـة يرتبط ارتباطًا وثيقًـا بثقافة المجتمع ومدى تقبله للوسـائل الرقمية المـستخدمة في استـشراف المستقبل البيـئي. ونظرًا لأن هذا الجانب قـد يثير إشكالـيات عدة، فمن الـضروري استحضار مجمـوعة من المناهج البحثية، وعـلى رأسها المنهج المقارن، الـذي استخدمته الـدراسة لمقارنـة التجربتين المغربية والإماراتية، بوصفهما نموذجين رائدين في هذا المجال.

احتل المنهج النسقي جزءًا كبيرًا من هذا الموضوع، نظرًا لاعتماد التكنولوجيا الخضراء على التفاعل بين مخـتلف الأنساق والظـواهر البيـئية والاجتماعيـة. فالتكنـولوجيا الخضراء والتقنيات البيئية لا يمكن فهمهـا بمعزل عن بعضـها؛ بل هي تكمل بعضـها البـعض. لذا، من الـضروري فهم التكنـولوجيـا الخضراء عبر استحضـار العناصر والمكونـات المتكاملـة التي يتداخل فـيها البعد الإنـساني مع البعد الـبيئي بمختلف

مكوناته. ويتحقق ذلك باستحضار التقنيات الرقمية لفهم عملية التفاعل بين مختلف مكونات المجال البيئي، وكيفية عمل هذه المكونات والعناصر لأداء وظيفتها في استشراف الظواهر البيئية مستقبلاً.

لتحقيق النتائج التي تهدف هذه الدراسة إلى بلوغها، يجب البدء من محورين أساسيين.

المحور الأول: سيناقش تقنيات التحول الرقمي الأخضر في عملية الاستشراف المستقبلي، مع التركيز على دور التكنولوجيا الخضراء في مواجهة التحديات البيئية، وبخاصة الدور الذي تؤديه تقنية الاستشعار عن بعد في هذا السياق.

المحور الثاني: سيركز هذا الجزء على التجربة المغربية باعتبارها نموذجاً مندمجاً بشكل كبير في استراتيجية التكنولوجيا الخضراء. سيكشف هذا المحور عن أنواع التقنيات والاستراتيجيات التي يطبقها المغرب لرصد الظواهر البيئية، خصوصاً في قطاعي الماء والغابات، وذلك في ظل الإجهاد المائي الذي تعاني منه المملكة والتراجع في مساحة الأراضي الخضراء.

أولاً: تقنيات التحول الرقمي الأخضر في استشراف المستقبل البيئي

فرضت التحولات الرقمية العالمية ضرورة تبني التقنيات الرقمية لمواجهة تحديات التغيرات المناخية، الأمر الذي يؤهل المجتمع الدولي لاستشراف المستقبل البيئي.

أصبحت تقنيات التحول الرقمي، المتمثلة بشكل أساسي في الاستشعار عن بعد ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، ضرورة ملحة للحفاظ على التوازن البيئي والتنوع البيولوجي، مما يفرض ضرورة الاستفادة من هذه التجارب التقنية، خاصة في المجال الصناعي.

أصبح الانتقال إلى الصناعة الخضراء أمرًا حتميًا تفرضه التحولات الاقتصادية والاجتماعية المرافقة للتطور الصناعي والتكنولوجي. هذا التطور نقل مفهوم حماية البيئة من النظرة الكلاسيكية التقليدية – التي تهدف إلى المحافظة على الموارد الطبيعية الوطنية ومكافحة التلوث ورفع مستوى المعيشة – إلى منظومة متقدمة تدمج بين العوامل المادية والبشرية والقانونية والهيكلية. وتهدف هذه المنظومة إلى تحقيق التنمية المستدامة من خلال توجيه الاستثمارات نحو القطاعات الخضراء الناشئة، وتصحيح أنماط الإنتاج والاستهلاك، والتأثير الإيجابي على رأس المال الطبيعي والبشري والاقتصادي، مع الحد من المخاطر البيئية. ويضمن هذا المنهج جودة حياة حقيقية للحاضر وحقوقًا فعلية للأجيال القادمة. لذلك، غدت الصناعة الخضراء هي الاستراتيجية الأساسية الواجب اعتمادها، لتحقيق التعايش مع النظم

البيئية الطبيعية وحمايتها من جهة، وضمان تنمية مستدامة تكفلها التشريعات والتنظيمات السارية من جهة أخرى[٣] .

١- التكنولوجيا الخضراء في مواجهة التحديات البيئية

تعد التكنولوجيا الخضراء مفهومًا حديثًا يجمع بين المجالين التكنولوجي والبيئي، وقد حظي هذا المفهوم باهتمام كبير في السنوات الأخيرة؛ نظرًا للتحديات التي تواجه التنمية المستدامة. وقد دفع هذا المجتمع الدولي إلى العمل على تطوير هذه الآليات التقنية لمواجهة التحديات البيئية[٤] .

من هذا المنطلق، أصبحت التكنولوجيا الخضراء ضرورية لإنشاء نظام رقمي بيئي أكثر استدامة، وهو ما يسهم في مواجهة المخاطر البيئية المحيطة وتأثيراتها على أهداف التنمية المستدامة[٥] . لذا، غدت التكنولوجيا الخضراء مرتكزًا أساسيًا في عالمنا اليوم الذي يواجه مخاطر متزايدة جراء تنامي الحروب والمصانع والغازات السامة وغير ذلك. وفي هذا السياق، تشير التكنولوجيا الخضراء، أو ما يعرف بالابتكار الرقمي الأخضر، إلى تبني المجتمع الدولي مجموعة من المنتجات الجديدة التي تنسجم مع المبادئ البيئية، مثل استخدام مواد خام غير سامة، وتطبيق التصميم الأخضر، وإعادة تدوير النفايات[٦] . تسهم هذه التقنية في الحد من التلوث البيئي الناتج عن العمليات الإنتاجية[٧] .

ظهر هذا المفهوم مع تزايد استهلاك المنتجات المعدلة وراثيًا، ويعود السبب الرئيسي في ذلك إلى ضعف وعي المستهلك بمخاطر هذه السلع. لذا، يجب علينا جميعًا، كأفراد وحكومات ومجتمع، إيجاد أساليب صحية وصديقة للبيئة لإنتاج وتوزيع واستهلاك المنتجات، وذلك لضمان سلامة صحة الإنسان[٨] .

وتقسم التكنولوجيا الخضراء إلى عدة أصناف بناءً على نوع التكنولوجيا المطبقة، وتتمثل هذه الأصناف في النقاط التالية[٩] :

- **تقنيات مكافحة التلوث:** تتمثل هذه التقنيات في حماية الهواء والماء والتربة من الانبعاثات السامة والخطيرة التي تضر بتماسك المكونات الأساسية للنظام البيئي.

- **التقنيات المتعلقة بالمنتجات النظيفة:** تتمحور هذه التقنية حول ابتكار منتجات صديقة للبيئة لا تسبب أي ضرر بالمجال البيئي في جميع مراحل دورة حياة المنتج، بدءًا من الإنتاج، مرورًا بالبيع والاستهلاك، ووصولًا إلى مرحلة التخلص منها. في سياق التكنولوجيا النظيفة، يتجه المجتمع الدولي نحو استخدام الهواتف الذكية للوقاية من الأمراض النباتية والحيوانية العابرة للحدود، وكذلك لمواجهة مختلف الأمراض الخطيرة الناتجة عن التغيرات البيئية. كما يتيح تطبيق الهاتف الذكي

للمهتمين بالشأن البيئي تبادل الخبرات وتلقي التقارير بسرعة[١٠] .

من هنا نستنتج أن التكنولوجيا الخضراء تمثل سبيلاً محورياً ورئيسياً لإيجاد حلول للقضايا التي تواجه البعد البيئي. فمن خلالها، يستطيع المجتمع الدولي زيادة الإنتاجية دون إلحاق ضرر بالمجال البيئي أو المساس بالتنوع البيولوجي[١١] . كما تتيح هذه التقنية استشراف المستقبل عبر تجاوز الأخطار البيئية التي تحدد مصير المجتمعات ومسارها، نظراً لأن البيئة إما أن تساهم في استقرارها أو تدفعها إلى الهجرة نتيجة للتهديدات المحدقة التي تهدد وجودها ومسارها.

٢- الاستشعار عن بعد

تعد تقنيات الاستشعار عن بعد جزءًا أساسيًا من الأدوات الرقمية المستخدمة لمواجهة التقلبات المناخية ورصد الوضع البيئي. تكمن أهمية الاستشعار عن بعد في قدرته على إجراء العمليات اللازمة والتكيف مع التحولات المناخية التي تؤثر على سطح الأرض[١٢] . هذه التقنية لا تقتصر وظيفتها على رسم الخرائط فحسب، بل تتجاوز ذلك لتؤدي أدوارًا متعددة في المجالين البيئي والجغرافي. فهي تمكن من رصد الظواهر البيئية التي تهدد التنوع البيولوجي وتتبع تلك الظواهر الطبيعية مرحلة بمرحلة. بعد ذلك، تعمل التقنية على تحليلها واستخراج نتائجها في شكل خرائط، تستخدم من قبل المجتمعات والخبراء البيئيين لعرض هذه الظواهر على جداول أعمال الحكومات. وبناءً على المؤشرات والأرقام المستخلصة، يمكن تطوير مقترحات فعالة لإيجاد حلول للأزمات البيئية المستقبلية[١٣] .

تؤكد العديد من الدراسات في هذا الإطار على أن تقنية الاستشعار عن بعد أصبحت تقنية ملحة في عالم يواجه ندرة مائية. إذ تساهم هذه التقنية في ترشيد استخدام المياه وتوزيعها بشكل عادل، كما تمكن من التنبؤ بالمستقبل المائي والأزمات البيئية التي قد يشهدها المجتمع [١٤].

تضطلع تقنية الاستشعار عن بعد بوظيفة أخرى مرتبطة بالمجال البيئي، حيث تمكن القائمين على إعداد التراب من وضع استراتيجيات ملائمة وفي الوقت المناسب. يعود ذلك إلى قدرة هذه التقنية على تحديد الإكراهات والتحديات البشرية والطبيعية التي تواجه عملية إعداد التراب من جهة، والغطاء النباتي من جهة أخرى[١٥] . ويعد الغطاء النباتي عاملاً أساسياً في تطور المجال الترابي وحمايته من مختلف التأثيرات البيئية؛ فهو يمثل حاجزاً وقائياً فيزيائياً وبيولوجياً للسطح، حيث يحميه من الأمطار الغزيرة، خاصة زخات الخريف العنيفة. بالإضافة إلى ذلك، يسهم الغطاء النباتي في ضبط جريان المياه السطحية، مما يسهل تسرب المياه إلى باطن الأرض بشكل تدريجي ومنظم[١٦] .

انطلاقًا من ذلك، تؤدي تقنية الاستشعار عن بعد دورًا محوريًا في خطط الحكومات والجهات الفاعلة المختلفة، نظرًا لأهميتها في إدارة الشؤون الترابية والغطاء النباتي. وتبرز أهميتها بشكل خاص في رصد العلاقة وأبعادها التي تربط بين الجوانب البشرية والطبيعية، وفي تحديد مسار هذه العلاقة المستقبلي(١٧) .

كشفت تقنية الاستشعار عن بعد عن علاقة ترابطية بين تأثير العامل البشري والغطاء النباتي. وقد كانت هذه العلاقة من بين المطالب الأساسية لسكان منطقة غابة "أزريف" الواقعة في سلسلة جبال الأطلس الكبير بالمغرب، حيث يعتبر السكان أن الغابة هي مصدر استمرارهم في المنطقة وشرط أساسي لمنع هجرتهم إلى أماكن أخرى. لهذا، طالب السكان بضرورة الحفاظ على الغابة وتوفير الوسائل التقنية اللازمة لذلك، خاصة وأن هذه الغابة كانت سببًا في نشوء صراعات عديدة بين السكان والسلطات، ناتجة عن القيود والشروط التي فرضها القانون الإطار رقم ١٨٥٥,٠١ الصادر في ٢١ مارس ٢٠٠٢، والتي أعاقت استفادة السكان من حقهم في المجال الغابوي(١٨) .

تضاف إلى تقنية الاستشعار عن بعد تقنيات تكنولوجية أخرى أصبحت وسيلة أساسية لتحقيق النمو الاقتصادي، شريطة أن يراعي هذا النمو البعد البيئي في استراتيجياته. ويتم ذلك عبر إدخال مجموعة من البدائل التكنولوجية الجديدة لتوليد الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية والريحية ومختلف أنواع الوقود الإحيائي، وغيرها. بالإضافة إلى ذلك، تساهم التقنيات الزراعية والتكنولوجية في جعل الخطوط الساحلية والهياكل الأساسية أقل عرضة للكوارث الطبيعية، وكذلك تكنولوجيات احتجاز الكربون(١٩) .

تتيح هذه التقنية الحديثة للمختصين البيئيين إجراء مراقبة عن بعد لتلوث المياه والهواء، حيث إن تكنولوجيا المعلومات المستخدمة في تقنية الاستشعار عن بعد تمكن من قياس ومراقبة وإدارة جميع الأنظمة، سواء كانت طبيعية أو بشرية، وذلك عبر شبكات الاستشعار المدمجة (٢٠).

إلا أن هذه التقنيات تواجه تحديات تتعلق بطرق تحسينها من جهة، وبكيفية إدماجها في البيئة المحلية للمجتمعات من جهة أخرى، خاصة وأن ثقافة هذه المجتمعات لا تزال تميل إلى التقليدية وترفض المستحدثات التقنية (٢١)، في ظل عدم تأقلمها مع التقنيات الرقمية المستخدمة في العمليات المتعلقة بالمجال البيئي.

ثانيًا: الاستراتيجيات الوطنية للتحول الرقمي الأخضر بالمغرب

يواجه المغرب ندرة مائية حادة، حيث لا يتجاوز نصيب الفرد ٦٠٠ متر مكعب سنويًا، وهو مستوى منخفض جدًا مقارنة بالمعدل العالمي. وقد أدى هذا الوضع إلى إجهاد مائي كبير أثر على مختلف القطاعات، مما دفع المملكة إلى وضع ترسانة قانونية تهدف إلى الحد من هذه الندرة، خاصة في ظل النمو السكاني المتزايد والتأثيرات السلبية للوضع المائي على القطاعين الفلاحي والصناعي[٢٢] .

في ظل التطورات الرقمية التي امتدت لتشمل المكونات البيئية، انخرط المغرب في التكنولوجيا الخضراء من خلال التعاون الدولي ووضع استراتيجيات متعددة، أبرزها منظومة قانونية تضمنت مقتضيات تهدف إلى الاستفادة من الوسائل الرقمية لمواجهة التقلبات المناخية التي تهدد البلاد.

شملت هذه الاستراتيجيات والتقنيات مختلف المكونات التي يتألف منها المجال البيئي، ومنها على سبيل المثال، التقنيات المتعلقة بقطاع المياه بأنواعها المختلفة (السطحية والجوفية)، بالإضافة إلى تقنيات أخرى تخص المجالين الفلاحي والحرجي.

١- التكنولوجيا الخضراء في المجال المائي

تتنوع التقنيات المستخدمة في إدارة المياه اعتمادًا على مصدرها ونوعيتها، سواء كانت مياه أمطار، أو مياه جوفية، أو مياه سطحية[٢٣] . وفي هذا الصدد، اعتمد المغرب العديد من التقنيات التي تندرج ضمن التكنولوجيا الخضراء في القطاع المائي، مثل تقنيات تحلية مياه البحر، وتقنيات معالجة المياه التي تشمل تقنية النانو.

- **تقنية تحلية مياه البحر:**

أصبح تحلية مياه البحر خيارًا حتميًا في المغرب، نظرًا للتحديات المائية التي يواجهها. يمثل هذا الخيار بديلًا تقنيًا ضروريًا لمواجهة ظاهرة الجفاف، مما يجعل عملية التحلية عاملًا محوريًا في ضمان الأمن المائي والغذائي، لارتباط الأول بالثاني وتوفيره له. كما سيعزز هذا التوجه من دور تحلية المياه كرافعة أساسية لتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية، خصوصًا في المناطق الساحلية [٢٤]، وهو ما يرفع نسبة النمو الاقتصادي في ظل استمرار تهديدات الجفاف.

في هذا السياق، وقع المغرب مع دولة الإمارات العربية المتحدة اتفاقية في عام ٢٠٢٥ تهدف إلى تحقيق الأهداف والغايات التالية[٢٥] :

- **نقل المياه:** يتم ذلك عبر إنجاز منشآت تحتية لنقل المياه بين حوضي وادي سبو ووادي أم الربيع، بسعة تصل إلى ٨٠٠ مليون متر مكعب سنويًا.
- **تحلية مياه البحر:** يهدف هذا المكون إلى إنشاء محطات لتحلية مياه البحر

بطاقة إنتاجية إجمالية تبلغ ٩٠٠ مليون متر مكعب سنويًا.

انطلاقًا من هـذا التوجه، عمل المغرب على إنشاء العديد من محطات تحلية مياه البحر في مدنه السـاحلية، ومن بينها العيـون وبوجدور وأكادير، وتعـد محطة تحلية مياه البحر في مدينـة الدار البيضاء الأكبر على مستوى القارة الإفريقية. تهدف جميع هذه المحطات، التي أنشئت والتي ستنشأ مستقبلاً، إلى تلبية احتياجات الاستهلاك والري الفلاحي، غير أن التـحدي الأكبر الذي يواجه هـذه التقنية يكمـن في التحكم بتكاليف الإنتاج، التي ترتبط بشكل أساسي بجودة المياه[٢٦] .

تستخدم في تحلية مياه البحر تقنيات حـديثة أخرى، مثل تقنية الكيمياء الكهربائية. تتميز هذه التقنية باستهلاكها كمية منخفضة من الطاقة، لا تتجاوز ٣ فولت تقريباً، مما يميزها عن الوسائل التقليدية، حيث تحقق الفعالية والسرعة وتوفير الوقت[٢٧] .

لـكن المجلس الاقتـصادي والاجتماعـي والبيئي بـالمغرب رأى ضرورة الانـتقال من تقنيات تحلية مياه البحر الضارة بالبيئـة والبحر، إلى تقنيات صديقة للبيئة والبحر، مثل الاستعـانة بالطـاقة الشمـسية [٢٨]. يهدف هـذا التحول إلى تقلـيل الانبعاثات السامة التي تؤثر على المياه، وذلك باللجوء إلى الموارد المتجددة الأقل خطورة[٢٩] .

- **تقنية النانو في معالجة المياه:**

تبنى المغرب تقنيـة النانو، التي تعد جزءًا من التكنـولوجيا الخضراء وعلم النانو. على الرغم من أن هذه التقنـية لم تكن معروفة أو مـطبقة في الجامعات والمعـاهد والمراكز البحثية في وقت مبكر، إلا أن جـذورها تعود إلى عام ١٩٥٩ مع الفـيزيائي الأمريكي ريتشارد فاينمان (Richard Feynman). تكمن أهميـة هذه التقنية في أنها تتيح التحكم في الجزيئات والذرات والأشياء غير المرئية بالعين المجردة[٣٠] .

تسـهم هذه الـتقنية في تنقية المـياه من الجسيمات الضـارة وتحليتها[٣١] . وقد أدرج المغرب هذه التقـنية حتى في مجـال الري الفلاحي؛ فبفـضل خصائصهـا وميزاتها العديدة، يسـاهم الري بالـنانو في توفـير كميات كبيرة من الميـاه، حيث يقلل الكمية المستخدمـة في الري بنسبـة تصل إلى ٨٠٪، مما يسـاعد على المحافـظة على الموارد المائية. بالإضافة إلى ذلك، يعمل الري النانوي على توفير الطاقة لأنه لا يتطلب معدات كهروميكانيكية، الأمر الذي يقلل استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى ٩٥٪ [٣٢].

- **تقنية تلقيح السحاب:**

في سيـاق التجارب العربيـة المقارنة، بدأت دولـة الإمارات العربية المـتحدة، منذ عام ٢٠١٥، بوضـع برنامج لتلقيح السحاب. يهدف هذا البرنامج إلى رفع مستويات المياه الجوفية عبر زيادة مـعدلات هطول الأمطار في المناطق الجـافة وشبه الجافة. تندرج هذه التقنية ضمـن إطار التكنولوجيا الخضراء في الإمـارات، وقد خصص لها برنامج

يركز أساسًـا على دعم الابتكارات للمحافظـة على الأمن المائي. ولتحقيق ذلك، أطلقت منحة بقيمـة تصل إلى ٥ ملايين دولار أمريكي، هدفهـا الأساسي هو تشـجيع البحث العلمي والابتكار في هذا المجال[٣٣] .

بناءً على ذلك، أنشأ المـشرع المغربي مجموعة من النصوص القانونية التي تولي أهمية للتكنـولوجيا الخـضراء بهدف ترشيـد استخدام الميـاه وحمايتها مـن التلوث وندرة الموارد.

في هذا السياق، نص القـانون رقم ٩٩,١٢ في مادته السابعـة على العديد من التدابير المتعلقة بـالتكنولـوجيا الخضراء، ومـنها تدبـير يهدف إلى التشـجيع على استخدام الطاقـات المتجددة وتقنيات النجـاعة الطاقية، وذلك بهـدف مكافحة مختلف أشكال تبديد الطاقة والتأثيرات السلبية على المجال البيئي بشكل عام[٣٤] .

علاوة على ذلك، تم وضـع مخطط لمديري المعـلومات يهدف بالدرجة الأولى إلى تطوير نظم المعلـومات المائيـة. يسعى هـذا المخطط بشكل أسـاسي إلى تزويد قـطاع المياه باستراتيجيـة رقمية تضمن توفير كـافة المعلومات المتعلقـة بالماء في وقت قياسي، مع التركيز على الاستثمار الكبير في التكنولوجيا الخضراء[٣٥] .

٢- التكنولوجيا الخضراء في المجال الغابوي

يشـهد الغـطاء الغابوي في المغرب تـدهورًا كبيرًا نتيجة لتـداخل مجموعة من العوامل الـبشرية والطـبيعية، مثل الحـرائق، والرعي الجائـر، والقطع العشـوائي للأشـجار، والتقلبات المناخيـة. وقد أسـهمت جميع هذه العـوامل في تراجع المساحـات الغابوية بالمغرب [٣٦]، ممـا استدعى البحث عـن بدائل تقنية تـرتبط بالتكنـولوجيا الخضراء بهدف الحد من التأثيرات السلبية المحتملة على الغطاء الغابوي[٣٧].

تشير الـدراسات المـيدانيـة التي أجـريت في هذا الـشأن إلى أن سكـان حوض واد "أنسكمير" التـابع لإقليم ميـدلت بجهة درعـة تافيلالـت، يستخدمـون ما يقارب ٩٥,٨٪ من الحطب للتـدفئة، بـينما يخصص ٢,١٠٪ للـطهي، وهي النسـبة ذاتها المـستخدمة في البناء. ومع ذلك، يمثل القطع العـشوائي للأخشاب لأغراض الصناعة نسبة كبيرة من الاستغلالات غير المنظمة للغطاء الغابوي .

بالاعتماد على التكنولوجيا الخضراء لمراقبة الوضـع الغابوي في المغرب، تشير التوقعات المستقبلية المـستندة إلى المعدات التكنولوجية إلى أن نسبة التشجير في غابة "كريفلة" التابعة لمدينة عين عودة بجهة الرباط، والتي تمتد بين الطريق الوطنية لسيدي بطاش الرماني جنـوبًا وسد سيدي محمد بـن عبد الله شمالًا، ستصل إلى ١٥٪ بحلول عام ٢٠٢٨ . كما ستشـهد هذه الغابة تنـوعًا في أشجار العرعار المغاربي، شريطة الالتزام بالبرنامج الذي وضعته المندوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر، والذي

يمتـد بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤ ويـرتكز على عمليـات التشجير. في المقـابل، تتوقع الـتوقعات المستقبلية أنه في حال عدم الالتـزام بهذا البرنامج، سيشـهد البلوط الفليني الخالص تراجعًـا كبيرًا في أوائل عام ٢٠٢٨، بينما ستتقلص مـساحة البلوط الفليني المختلط إلى ٥٤ هكتارًا بحلول عام ٢٠٤٨[٣٨].

تـعتمد التكنـولوجيا الخـضراء في المجال الغابـوي بالمغرب، وإلى جـانب استراتيجية الاستشعـار عن بعد التي تـرصد مستقـبل الغطاء النـباتي، على تقنيـة أخرى هي خريطة Google Earth .تعد هذه الخريطة من التقنيات الرقمية المتقدمة التي تمكن من رصد التغـيرات البيئية، خـاصة تلك المتعلقـة بالغطاء الـنباتي، وتتبعهـا عبر الزمن استنادًا إلى صور فضائية عاليـة الدقة. تتيح هذه التقنية مراقبة جميع الظواهر التي تؤثر على المجـال الغابوي، مثل التصحـر والتوسع العمراني، مما يـساعد في تحديد العوامل المؤثرة على الغطاء النباتي بشكل استباقي ومباشر [٣٩].

فيما يتعلق بإشكـالية حرائق الغابـات، يتم اللجوء إلى مرئيـات الاستشعار عن بعد لرصد هذه الحرائق وتتبعها عبر عدة مراحل، وهذه المراحل هي[٤٠]:

- **المـرحلة الأولى:** تحديـد المخاطر الـتي تشكلها الحـرائق أولاً. بعد ذلك، يتم إنشاء قـاعدة بيانات تجـمع كافة المعلومـات المتعلقة بالـغابة، مثل نسبـة الرطوبة، ودرجة الحرارة، واتجـاه الرياح وسرعتهـا، والتشكيلات النبـاتية التي تـتكون منها الغابة، وغيرها.
- **المرحلـة الثانيـة:** خلال الحريق، يتم اللـجوء إلى مرئيـات (AYHRR)القمر الـصناعي(NOAA)، حيث تستخدم قنـاة الطيف الحراري والقنوات ١ و٢ و٣ لرصد امتدادات الحريق بالكامل. والهـدف من ذلك هو تمييز الدخان والتفريق بين المناطق غير المحترقة والمناطق المحترقة.

تماشيًا مـع الاستراتيجيات التي تبناها المغرب في مجال التكنولوجيا الخضراء المتعلقة بالغطاء الغابوي، تـرتكز استراتيجية غابات المغرب للفترة ٢٠٢٠-٢٠٣٠ على أسس ومبـادئ أساسية. تتمثل هذه المبادئ في رقمنة وسائل إدارة القطاع والمهن الحراجية، واعتماد المقاربة التشـاركية التي تقوم على إشراك السـكان في اتخاذ القرارات المتعلقة بتدبير هذا المجال[٤١] .

إضـافة إلى ذلك، لجأت مجمـوعة من النماذج الدولـية إلى تبنى استراتـيجية الفنادق البيـئية أو الخضراء، التي تعـد من الاتجاهات الحـديثة في السيـاحة البيئـية. تعتمد الفنادق الخضراء على تطبيق ممارسات تهدف إلى تقليل الأثر السلبي على البيئة، مثل ترشيد استهلاك الطـاقة التقليدية والتحول إلى الطاقـة البديلة النظيفة، وكذلك تقنين استخدام الميـاه في مختلف الأغراض عبر حلول مـبتكرة. وتلتزم هـذه الفنادق كذلك

بمعايير وإرشادات محددة تتعلق بالتصميم الخارجي والداخلي، والتنفيذ، وإعادة تدوير المواد، وطرق إدارة ومعالجة النفايات والمخلفات بجميع أنواعها. ويهدف ذلك إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية، والحد من التأثيرات السلبية للصناعة الفندقية على البيئة، وتقليل النفقات مع توفير أجواء صحية ومناسبة للنزلاء. إن حرص الفنادق على تبني الممارسات الصديقة للبيئة في تقديم خدماتها يمثل الطريقة المثلى والأساس لبقاء المناطق السياحية قادرة على المنافسة بفعالية، مع المحافظة على الموارد الطبيعية التي تعد عوامل الجذب الرئيسية للسياحة البيئية المستدامة (٤٢).

تعتمد جميع هذه الاستراتيجيات على وجود إعلام بيئي فعال يعد ركيزة أساسية للحفاظ على البيئة. يهدف الإعلام البيئي إلى نشر المفاهيم والقيم البيئية، وترسيخ الأسس المعرفية والأخلاقية المتعلقة بالبيئة. ويسعى الإعلام أيضًا إلى تنمية الوعي البيئي لدى المتلقين عبر عرض القضايا البيئية وتبسيطها وتقديم معلومات شاملة وذات صلة. ويشمل ذلك إطلاع الجمهور على المستجدات المحلية والعالمية ومتابعة القرارات والإجراءات المتخذة في القطاعين العام والخاص والتي قد تضر بالبيئة، للمساهمة في الضغط لوقف هذه الممارسات أو الحد منها. علاوة على ذلك، يهدف تشكيل الوعي البيئي الإيجابي إلى دفع المواطنين نحو تغيير سلوكياتهم الضارة والمشاركة الفعالة في رعاية البيئة، وخلق الدافعية لديهم للمساهمة في حل المشكلات البيئية من خلال إبراز الفوائد المرجوة من مشاركتهم(٤٣) .

خاتمة

أظهرت الدراسة أن التحول الرقمي المتسارع عالميًا ساهم في تطوير الابتكارات التقنية البيئية. وقد لعبت هذه الابتكارات دورًا مهمًا في التخفيف من الاعتماد على الآليات البيئية التقليدية التي تؤثر على التنوع البيولوجي. ونتيجة لذلك، برزت التكنولوجيا الخضراء التي أسهمت في تحسين الوضع البيئي عبر تقنيات مبتكرة تتيح استشراف المستقبل البيئي ورصد الظواهر المؤثرة فيه.

من هذا المنطلق، رسخ المغرب مكانته كأحد الدول الرائدة في التحول الرقمي في مختلف القطاعات الحكومية، وذلك بتطبيق التكنولوجيا الخضراء القائمة على التقنيات الرقمية، مثل تقنيات الاستشعار عن بعد والنانو، بالإضافة إلى الاستفادة من خريطة Google Earthوتحلية مياه البحر، وغيرها.

لقد مكنت كل هذه التقنيات المغرب من التخفيف من الأزمات المرتبطة بالتغير المناخي، مثل ظاهرة الإجهاد المائي والتصحر، وتراجع مساحة الرقعة الخضراء، خاصة الغابات، وكذلك مواجهة تحديات انقراض العديد من أنواع الأشجار والطيور وغيرها، وذلك بفضل اللجوء إلى التكنولوجيا الخضراء لاستشراف مستقبله البيئي.

المراجع

الكتب:

- بن عمارة، فاطمة الزهراء. مشوري، نادية. أهمية نظم المعلومات الجغرافية في توقع سيناريوهات التطور المستقبلي للغطاء النباتي بغابة كريفلة بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، برلين، ماي ٢٠٢١ .
- السباعي، عبد القادر. المرصعي، محمد. توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد دينامية تطور العطاء الغابوي: حالة غابة باب أزهر بالأطلس المتوسط الشمالي الشرقي بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١ .
- سلمان وآخرون، نادية. نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وأهم تطبيقاتهما الجغرافية، في كتاب: توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في الدراسات المجالية، ط ١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١ .
- العزيري، أسماء. السامي، عبد المجيد. أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة دينامية الغطاء النباتي بعالية حوض ود ملوية ما بين ١٩٨٤ و٢٠١٩: حالة حوض واد أنسكمير بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١ .
- فرحات وآخرون، الحسن. توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تطور المجالات الغابوية بالأطلس الكبير: حالة غابة أزريف بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١ .
- القادري، زكرياء. العسال، محمد. تتبع دينامية الغطاء النباتي بمنتزه تازكة – الأطلس المتوسط الشمالي الشرقي بالمغرب، باعتماد برنامج الاستشعار عن بعد ERDAS 9.2، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في

دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١ .

– الكعبي، سليمان. موسوعة استشراف المستقبل، ط٢، الإمارات العربية المتحدة: مطبعة قنديل للطباعة والنشر والتوزيع، ٢٠١٨ .

– النامي، زهير. تقديم للكتاب الجماعي: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط١، برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، برلين، ماي ٢٠٢١ .

المجلات:

– أسكان، الحسين. "تكنولوجيا التحكم في الماء بالجنوب المغربي خلال العصر الوسيط"، مجلة أمل، المجلد ٨، العدد ٢٤، أكتوبر ٢٠٠٠ .

– بن غيدة، سارة. حركات، سعيدة. "توظيف التكنولوجيات الحديثة في تحقيق أمن الموارد المائية: عرض تجارب عالمية"، مجلة اقتصاد المال والأعمال، المجلد ٥، العدد ٢، ديسمبر ٢٠٢٠ .

– بن نواعي وآخرون، هورين. "دور الابتكار الأخضر في المحافظة على البيئة: تجارب دولية"، مجلة جامعة فزان العلمية، عدد خاص بالمؤتمر العلمي الثاني لتطوير العلوم الإدارية والمالية، 2322 – يناير ٢٠٢٥ .

– حفيظ، فطيمة. العقون، سهام. "التنمية المستدامة والاستثمار في التكنولوجيا الخضراء: حالة الصين"، مجلة العلوم الإنسانية، المجلد ٢١، العدد ١، ٢٠٢١ .

– حمد بركات السرحان، بركات. "دور التكنولوجيا الخضراء في تعزيز الإنتاجية وتحقيق الاستدامة للأداء البيئي والاجتماعي في بلدية السرحان وما حولها"، مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية، العدد ٤١، ٢٠٢٤ .

– خضر عباس الأحمد، وهيج. "دور التكنولوجيا الخضراء في الحماية الدولية للبيئة"، مجلة دراسات البصرة، العدد ٤٤، العراق: حزيران ,٢٠٢٢

– السعدي قريشي، حليمة. "الابتكارات البيئية والتكنولوجية الخضراء لتعزيز ممارسات التسويق الأخضر في المؤسسات البترولية العاملة في الدول العربية"، مجلة العلوم الاقتصادية وإدارة الأعمال، المجلد ٢، العدد ٢، ٢٠١٨ .

– شرايمي، محمد. حدف، ربيع. "التحول الرقمي والاستدامة البيئية: آفاق وتحديات"، La Revue Marocaine de la pensée contemporaine، العدد ١٥، المغرب: يوليوز ٢٠٢٥ .

– شعبانة، إيمان. "البيئة والصناعة الخضراء بين المفهوم والهدف: نحو تحقيق تنمية مستدامة"، مجلة البحوث والدراسات الإنسانية، المجلد ١٩، العدد ١، الجزائر: ٢٠٢٥ .

- عبـادي، إدريس. لشقر، عـبد القادر. "التـدبير الرقمي لنـدرة المياه في المغرب: استراتيجيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلـومات الجغرافية مدخل لتعزيز الحكامة المائية"، مجلة الدراسات القـانونية والمجالية والتنمـوية، عدد خاص، أعمال المؤتمر الدولي حول موضوع: مستقبل المياه بدول جنوب المتوسط بين تحدي الندرة وحكامة التدبير، المغرب: ٢٠٢٥ .
- علي دشـة، محمد. دريد، حـنان. "الفنادق الخضراء تجـربة أساسيـة لسياحة بيئية مستـدامة ففي ظل الاستراتيجية الجديدة للـساحة الجزائرية مطلع ٢٠٢٥"، مجلة البديل الاقتصادي، المجلد ٥، العدد ١، الجزائر: ٢٠١٩ .
- علي كشكـول وآخرون، حسـين محمد. "تقنيـات الرقمنـة الخضراء ودورها في تعزيز الابتكار المستدام: استراتيجيات تكنولوجية نحو مستقبل بيئي مبتكر"، مجلة الريادة للمال والأعمال، المجلد ٦، العدد ٢، ٢٠٢٥ .
- علـيمي، أحلام. اليـوسفي، عـبد الله. "تحلـية ميـاه البحـر بالمغـرب: خيار استراتـيجي لتحقيق الأمن المـائي"، مجلة الـتخطيط العمـراني والمجالي، العدد ٢٦، (المركز الديمقراطي العربي، برلين: ٢٠٢٥ .
- قوفي، فاطمة الزهراء. جوال، مروى. "نحو اقتصاد أخضر رقمي شامل لتحقيق التنمية المستدامة بعد جـائحة كوفيد 19 -"، مجلة الاقتصاد والبيئة، المجلد ٧، العدد ٢، أبريل ٢٠٢٤ .
- هرموزي، أحلام. بوزيد امحمد، اعمر. "مساهمة الذكاء الاصطناعي في تحقيق الأمن المائي: تجـربة الإمارات العـربية المتحـدة"، مجلة نماء للاقتـصاد والتجارة، المجلد ٨، العدد ٢، ديسمبر ٢٠٢٤ .
- وهابي، نزيهة. "الإعـلام ودوره في تشكيل الوعي البيئي... نـظرة شاملة حول جـدلية العلاقـة والتأثير"، مجلـة الآداب والعلوم الاجتـماعية، المجلـد ٩، العدد ٢، الجزائر ٢٠١٦ .

أطروحات الدكتوراه ورسائل الماجستير:

- أكـرام علي، آية. "استخدام تقنية النانو في معالجة المياه". بحث تخرج مقدم إلى مجلس قسم الفيزياء في كلـية التربية للعلوم الصرف. كجـزء من متطلبات الحصول على شـهادة بكالوريوس. كلية التربية للعلوم الصرفة. جامعة بابل، العراق: ٢٠٢١ .
- أوالعبـاس، العربي. "إشكاليـة تدبير الموارد المائـية بإقليم بنـسليمان: جماعة مليلة نـموذجًا". رسـالة لنيل شهـادة الماستر في الجغـرافيا. كليـة الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة الحسن الثاني، المحمدية، المغرب: ٢٠٢٣-٢٠٢٤.
- براهمي، أيمن. سماعلي، عـبد الرقيب. "دور التحول الـرقمي في تحقيق التنمية

المستدامة: دراسة حالة شركة مناجم الحديد: تبسة". مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر. كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التيسير. جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي، الجزائر: ٢٠٢٤-٢٠٢٥.

- العالية، مناد. "أهمية المنتجات الخضراء في حماية البيئة: دراسة حالة فرنسا". مذكرة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على شهادة الماجستير في علوم التسيير. كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير. جامعة الجزائر ٣، الجزائر: ٢٠١٣-٢٠١٤.

- عبدلاوي، عبد الإله. "إشكالية تدبير الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية والضغط البشري بحوض زيز -غريس: حالة واحات سهل تافيلالت". أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية. كلية الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة سيدي محمد بن عبد الله. فاس، المغرب: ٢٠٢٢-٢٠٢٣.

التقارير:

- إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية، "التحول التكنولوجي الكبير من أجل اقتصاد مراع للبيئة، دراسة الحالة الاقتصادية والاجتماعية في العالم"، نيويورك: ٢٠١١.

- بلاغ صحفي، "شراكة استراتيجية بين ائتلاف مغربي -إماراتي وفاعلين عموميين لتطوير البنيات التحتية المائية والطاقية ذات الأولوية"، المغرب: ١٩ ماي ٢٠٢٥.

- تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، "إدماج مبادئ الاقتصاد الدائري في مجال معالجة النفايات المنزلية والمياه العادمة"، المغرب: ,٢٠٢٢

- تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، "الاقتصاد الأخضر: فرص لخلق الثروة ومناصب الشغل"، المغرب: ٢٠١٢.

- وزارة التجهيز والنقل واللوجستيك والماء، "مشروع نجاعة الأداء: مشروع قانون المالية"، المغرب: ٢٠١٩.

النصوص التشريعية:

- الفقرة الثالثة من قانون الإطار رقم ٩٩,١٢ بمثابة ميثاق وطني للبيئة والتنمية المستدامة، الصادر بتنفيذه الظهير الشريف رقم ١,١٤,٠٩ صادر في ٤ جمادى الأولى ١٤٣٥ الموافق ل ٦ مارس ٢٠١٤، الجريدة الرسمية، عدد ٦٢٤٠، المنشور بتاريخ ١٨ جمادى الأولى ١٤٣٥ الموافق ل ٢٠ مارس ٢٠٢٤.

الهوامش

١- فاطمة الزهراء بن عمارة، نادية مشوري، أهمية نظم المعلومات الجغرافية في توقع سيناريوهات التطور المستقبلي للغطاء النباتي بغابة كريفلة بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١ (برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، برلين، ماي ٢٠٢١)، ص ٦٥ .

٢- سيلمان الكعبي، موسوعة استشراف المستقبل، ط ٢ (الإمارات العربية المتحدة: مطبعة قنديل للطباعة والنشر والتوزيع، ٢٠١٨)، ص ٩٨ .

٣- إيمان شعبانة، "البيئة والصناعة الخضراء بين المفهوم والهدف: نحو تحقيق تنمية مستدامة"، مجلة البحوث والدراسات الإنسانية، المجلد ١٩، العدد ١، (الجزائر: ٢٠٢٥)، ص ٢٢١ .

٤- وهيج خضر عباس الأحمد، "دور التكنولوجيا الخضراء في الحماية الدولية للبيئة"، مجلة دراسات البصرة، العدد ٤٤، (العراق: حزيران ٢٠٢٢)، ص ٣١٢ .

٥- حسين محمد علي كشكول وآخرون، "تقنيات الرقمنة الخضراء ودورها في تعزيز الابتكار المستدام: استراتيجيات تكنولوجية نحو مستقبل بيئي مبتكر"، مجلة الريادة للمال والأعمال، المجلد ٦، العدد ٢، (٢٠٢٥)، ص ٤٦ .

٦- هورين بن نواعي وآخرون، "دور الابتكار الأخضر في المحافظة على البيئة: تجارب دولية"، مجلة جامعة فزان العلمية، عدد خاص بالمؤتمر العلمي الثاني لتطوير العلوم الإدارية والمالية، (٢٢- ٢٣ يناير ٢٠٢٥)، ص ١٧١ .

٧ حليمة السعدي قريشي، "الابتكارات البيئية والتكنولوجية الخضراء لتعزيز ممارسات التسويق الأخضر في المؤسسات البترولية العاملة في الدول العربية"، مجلة العلوم الاقتصادية وإدارة الأعمال، المجلد ٢، العدد ٢، (٢٠١٨)، ص ٤٤ .

٨- مناد العالية، "أهمية المنتجات الخضراء في حماية البيئة: دراسة حالة فرنسا"، مذكرة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على شهادة الماجستير في علوم التسيير، كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر ٣، (الجزائر: ٢٠١٣ – ٢٠١٤)، ص ٢٠ .

٩- المصدر نفسه، ص ٥٠ .

١٠- أيمن براهمي، عبد الرقيب سماعلي، "دور التحول الرقمي في تحقيق التنمية

المستدامة: دراسة حالة شركة مناجم الحديد: تبسة "، مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التيسير، جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي، (الجزائر: ٢٠٢٤2025 –)، ص ٤٢ .

١١– بركات حمد بركات السرحان، "دور التكنولوجيا الخضراء في تعزيز الإنتاجية وتحقيق الاستدامة للأداء البيئي والاجتماعي في بلدية السرحان وما حولها"، مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية، العدد ٤١، (٢٠٢٤)، ص ٦٩٩ .

١٢–وطفة، المصدر نفسه، ص ١٩ .

١٣– زهير النامي، تقديم للكتاب الجماعي: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط١ (برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، برلين، ماي ٢٠٢١)، ص ١٠ .

١٤– إدريس عبادي، عبد القادر لشقر، "التدبير الرقمي لندرة المياه في المغرب: استراتيجيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية مدخل لتعزيز الحكامة المائية"، مجلة الدراسات القانونية والمجالية والتنموية، عدد خاص، أعمال المؤتمر الدولي حول موضوع: مستقبل المياه بدول جنوب المتوسط بين تحدي الندرة وحكامة التدبير، (المغرب: ٢٠٢٥)، ص ٢٥٨ .

١٥– زكرياء القادري، محمد العسال، تتبع دينامية الغطاء النباتي بمنتزه تازكة – الأطلس المتوسط الشمالي الشرقي بالمغرب، باعتماد برنامج الاستشعار عن بعد ERDAS 9.2، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١ (برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١)، ص ٣٣ .

١٦– أسماء العزيري، عبد المجيد السامي، أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة دينامية الغطاء النباتي بعالية حوض ود ملوية ما بين ١٩٨٤ و٢٠١٩: حالة حوض واد أنسكمير بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١ (برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١)، ص ٧٣ .

١٧– عبد القادر السباعي، محمد المرصعي، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد دينامية تطور العطاء الغابوي: حالة غابة باب أزهر بالأطلس المتوسط الشمالي الشرقي بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط ١ (برلين:

المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١)، ص ١١٧ .
١٨- الحسن فرحات وآخرون، توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة تطور المجالات الغابوية بالأطلس الكبير: حالة غابة أزريف بالمغرب، في كتاب: مساهمة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الأوساط الطبيعية بالمغرب، ط١ (برلين: المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١)، ص ١٣٧ .
١٩- إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية، "التحول التكنولوجي الكبير من أجل اقتصاد مراع للبيئة، دراسة الحالة الاقتصادية والاجتماعية في العالم"، (نيويورك: ٢٠١١)، ص ٧ .
٢٠- فاطمة الزهراء قوفي، مروى جوال، "نحو اقتصاد أخضر رقمي شامل لتحقيق التنمية المستدامة بعد جائحة كوفيد 19 -"، مجلة الاقتصاد والبيئة، المجلد ٧، العدد ٢، (أبريل ٢٠٢٤)، ص ٢٣ .
٢١- إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية، المصدر نفسه، ص ٨ .
٢٢- أحلام عليمي، عبد الله اليوسفي، "تحلية مياه البحر بالمغرب: خيار استراتيجي لتحقيق الأمن المائي"، مجلة التخطيط العمراني والمجالي، العدد ٢٦، (المركز الديمقراطي العربي، برلين: ٢٠٢٥)، ص ٤٠ .
٢٣- الحسين أسكان، "تكنولوجيا التحكم في الماء بالجنوب المغربي خلال العصر الوسيط"، مجلة أمل، المجلد ٨، العدد ٢٤، (أكتوبر ٢٠٠٠)، ص ١٨ .
٢٤- عليمي، اليوسفي، المصدر نفسه، ص ٤٠ .
٢٥- بلاغ صحفي، "شراكة استراتيجية بين ائتلاف مغربي -إماراتي وفاعلين عموميين لتطوير البنيات التحتية المائية والطاقية ذات الأولوية"، (المغرب: ١٩ ماي ٢٠٢٥).
٢٦- تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، "إدماج مبادئ الاقتصاد الدائري في مجال معالجة النفايات المنزلية والمياه العادمة"، (المغرب: ٢٠٢٢)، ص ٣٤ .
٢٧- سارة بن غيدة، سعيدة حركات، "توظيف التكنولوجيات الحديثة في تحقيق أمن الموارد المائية: عرض تجارب عالمية"، مجلة اقتصاد المال والأعمال، المجلد ٥، العدد ٢، (ديسمبر ٢٠٢٠)، ص ٥٦٠ .
٢٨- تقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، "الاقتصاد الأخضر: فرص لخلق الثروة ومناصب الشغل"، (المغرب: ٢٠١٢)، ص ٥٩ .

٢٩- فطيمة حفيظ، سهام العقون، "التنمية المستدامة والاستثمار في التكنولوجيا الخضراء: حالة الصين"، مجلة العلوم الإنسانية، المجلد ٢١، العدد ١، (٢٠٢١)، ص ١٠٨٤ .
٣٠- آية أكرام علي، "استخدام تقنية النانو في معالجة المياه"، بحث تخرج مقدم إلى مجلس قسم الفيزياء في كلية التربية للعلوم الصرف، كجزء من متطلبات الحصول على شهادة بكالوريوس، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة بابل، (العراق: ٢٠٢١)، ص ٤ .
٣١- المصدر نفسه، ص ١٣-١٤.
٣٢- عبد الإله عبدلاوي، "إشكالية تدبير الموارد المائية في ظل التغيرات المناخية والضغط البشري بحوض زيز -غريس: حالة واحات سهل تافيلالت"، أطروحة لنيل الدكتوراه في الآداب والعلوم الإنسانية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس، (المغرب: ٢٠٢٢ -٢٠٢٣)، ص ٣٤١ .
٣٣- أحلام هرموزي، اعمر بوزيد امحمد، "مساهمة الذكاء الاصطناعي في تحقيق الأمن المائي: تجربة الإمارات العربية المتحدة"، مجلة نماء للاقتصاد والتجارة، المجلد ٨، العدد ٢، (ديسمبر ٢٠٢٤)، ص ١٧٤ .
٣٤- الفقرة الثالثة من قانون الإطار رقم ٩٩,١٢ بمثابة ميثاق وطني للبيئة والتنمية المستدامة، الصادر بتنفيذه الظهير الشريف رقم ١,١٤,٠٩ صادر في ٤ جمادى الأولى ١٤٣٥ الموافق ل ٦ مارس ٢٠١٤، الجريدة الرسمية، عدد ٦٢٤٠، المنشور بتاريخ ١٨ جمادى الأولى ١٤٣٥ الموافق ل ٢٠ مارس ٢٠٢٤ ص ٣١٩٤ .
٣٥- وزارة التجهيز والنقل واللوجستيك والماء، "مشروع نجاعة الأداء: مشروع قانون المالية"، (المغرب: ٢٠١٩)، ص ٢٨ .
٣٦- العربي أوالعباس، "إشكالية تدبير الموارد المائية بإقليم بنسليمان: جماعة مليلة نموذجًا"، رسالة لنيل شهادة الماستر في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الحسن الثاني، المحمدية، (المغرب: ٢٠٢٣ - ٢٠٢٤)، ص ,٤٠
٣٧- العزيري، السامي، المصدر نفسه، ص ٨٦ .
٣٨- بن عمارة، مشوري، المصدر نفسه، ص ٦٧ .
٣٩- محمد شرايمي، ربيع حدف، "التحول الرقمي والاستدامة البيئية: آفاق وتحديات"، La Revue Marocaine de la pensée contemporaine، العدد ١٥، (المغرب: يوليوز ٢٠٢٥)، ص ٨ .
٤٠- نادية سلمان وآخرون، نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وأهم تطبيقاتهما الجغرافية، في كتاب: توظيف نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن

بعد في الـدراسات المجـالية، ط ١ (بـرلين: المركـز الديمقـراطي العربي للـدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية، ماي ٢٠٢١)، ص ٤٢ .
٤١- القادري، العسال، المصدر نفسه، ص ٤٨ .
٤٢- محمد علي دشة، حنان دريد، "الفنادق الخضراء تجربة أساسية لسياحة بيئية مستدامـة ففي ظل الاستراتيجية الجديدة للسـاحة الجزائرية مطلع ٢٠٢٥"، مجلة البديل الاقتصادي، المجلد ٥، العدد ١، (الجزائر: ٢٠١٩)، ص ١٥٤ .
٤٣- نزيهة وهابي، "الإعلام ودوره في تـشكيل الوعي البيئي... نـظرة شاملة حول جـدلية العلاقـة والتأثير"، مجلـة الآداب والعلوم الاجتـماعية، المجلـد ٩، العدد ٢، (الجزائر ٢٠١٦)، ص ١٨٣ .