مجلة الامتياز لبحوث الاقتصاد والإدارة
ISSN 2572-0171
المجلد 10، العـدد: 01 (2026)،
ص 129- 148

Journal of Excellence for Economics and Management Research
ISSN 2572-0171
Vol 10, N°01 : (2026)
P 129-148

دور الابتكار الأخضر في الحد من انبعاثات الكربون: تحليل قياسي لحالة الجزائر خلال الفترة "1990–2023"

سعيدي محمد [1]

[1] دكتوراة،أستاذ محاضر رتبة أ، (المدرسة العليا للاقتصاد بوهران)، (الجزائر)
saidi.mohammed213@gmail.com ✉
https://orcid.org/0009-0007-9098-3870

تاريخ الاستلام: 2026-04-03 **تاريخ القبول:** 2026-05-13 **تاريخ النشر:** 2026-06-05

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر الابتكار الأخضر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر خلال الفترة 1990–2023 باستخدام نموذج *ARDL*، مع إدراج متغيرات تشمل البحث والتطوير، والانفتاح التجاري، والطاقة المتجددة، والتحضر. أظهرت النتائج وجود علاقة عكسية ومعنوية بين الابتكار الأخضر والانبعاثات، حيث يساهم في خفضها بنسبة 2.40% في المدى القصير و2.78% في المدى الطويل، مما يؤكد فعالية التكنولوجيا البيئية. كما تبين أن الإنفاق على البحث والتطوير يقلل الانبعاثات بشكل معنوي، ما يعكس أهمية الاستثمار في الابتكار. في المقابل، لم يظهر كل من الانفتاح التجاري والطاقة المتجددة تأثيراً معنوياً، وهو ما يرتبط بخصوصية الاقتصاد الجزائري وضعف الاعتماد على الطاقات النظيفة. أما التحضر، فقد كان تأثيره غير معنوي في المدى القصير، لكنه موجب ومعنوي في المدى الطويل، مما يدل على دوره في زيادة الانبعاثات.

الكلمات المفتاحية: ابتكار أخضر؛ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ بحث وتطوير؛ طاقة متجددة؛ انفتاح تجاري؛ تحضر؛ ARDL

تصنيف JEL : F18؛Q42؛ C22؛ O32؛ Q53؛Q55

(*) المؤلف المرسل

هذا العمل مرخص بموجب رخصة المشاع الإبداعي نسب المصنف - غير تجاري 4.0 دولي.

المعرف الرقمي للمقال (doi): *https://doi.org/10.34118/jeemr.v10i1.4589*

Journal of Excellence for Economics and Management Research
ISSN 2572-0171
Vol 10, N°01 : (2026)
P 129-148

مجلة الامتياز لبحوث الاقتصاد والإدارة
ISSN 2572-0171
المجلد 10، العـدد: 01 (2026)،
ص 129- 148

The role of green innovation in reducing carbon emissions: A case study analysis of Algeria during the period 1990–2023

SAIDI Mohamed [1(*)]

[1] PhD,Senior Lecturer MCA , (Oran Graduate School of Economics), (Algeria)
saidi.mohammed213@gmail.com ✉
https://orcid.org/0009-0007-9098-3870

.....

Received: 3/4/2026 **Accepted**: 13/5/2026 **Published**: 5/6/2026

Abstract:
This study aims to analyze the impact of green innovation on carbon dioxide emissions in Algeria during the period 1990–2023 using the ARDL model, incorporating variables including research and development, trade liberalization, renewable energy, and urbanization. The results showed a significant inverse relationship between green innovation and emissions, with green innovation contributing to a 2.40% reduction in the short term and a 2.78% reduction in the long term, confirming the effectiveness of environmentally friendly technologies. Furthermore, spending on research and development significantly reduces emissions, reflecting the importance of investing in innovation. In contrast, neither trade liberalization nor renewable energy showed a significant impact, which is related to the specific characteristics of the Algerian economy and its limited reliance on clean energy. Urbanization had an insignificant impact in the short term but a positive and significant impact in the long term, indicating its role in increasing emissions.

Keywords: Green innovation; carbon dioxide emissions; research and development; renewable energy; trade openness; urbanization; ARDL
JEL Classification Codes: F18؛Q55؛ Q53؛ O32؛ C22؛Q42

* *Corresponding Author.*
This work is an open access article, licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International License.
Doi: https://doi.org/10.34118/jeemr.v10i1.4589

1. المقدمة:

شهد العالم خلال العقود الأخيرة تزايداً ملحوظاً في الاهتمام بالقضايا البيئية نتيجة لتفاقم ظاهرة التغير المناخي وارتفاع مستويات التلوث، خاصة الانبعاثات الغازية وعلى رأسها ثاني أكسيد الكربون. ويُعد النشاط الاقتصادي والصناعي المعتمد بشكل كبير على مصادر الطاقة الأحفورية أحد أهم العوامل المساهمة في زيادة هذه الانبعاثات، الأمر الذي أدى إلى بروز الحاجة إلى إيجاد حلول مبتكرة للتقليل من الآثار البيئية للنمو الاقتصادي.

في هذا السياق، برز مفهوم الابتكار الأخضر كأحد الأدوات الرئيسية لتحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة. ويشير إلى تطوير أو تبني منتجات وعمليات وتقنيات جديدة تهدف إلى تقليل التأثيرات البيئية السلبية للأنشطة الاقتصادية، من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية والحد من الانبعاثات الملوثة. وقد أصبح هذا الاخير يحظى باهتمام متزايد في الأدبيات الاقتصادية، حيث تشير العديد من الدراسات إلى أن التقدم التكنولوجي الاخضر يمكن أن يساهم بشكل كبير في تحسين الأداء البيئي للدول من خلال تطوير تقنيات نظيفة وكفاءة أعلى في استخدام الطاقة. كما أن الاستثمار في البحث والتطوير يلعب دوراً مهماً في تعزيز القدرة الابتكارية وتطوير حلول تكنولوجية صديقة للبيئة.

بالنسبة للجزائر، تواجه البلاد تحديات بيئية متزايدة نتيجة الاعتماد الكبير على قطاع الطاقة الأحفورية وارتفاع مستويات استهلاك الطاقة. وفي المقابل، بدأت الجزائر في السنوات الأخيرة في تبني مجموعة من السياسات الرامية إلى تشجيع استخدام الطاقات المتجددة وتعزيز الابتكار التكنولوجي في إطار التوجه نحو التنمية المستدامة. ورغم أهمية هذا الموضوع، لا تزال الدراسات القياسية التي تتناول العلاقة بين الابتكار الأخضر والأداء البيئي في الجزائر محدودة نسبياً. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر الابتكار الأخضر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر خلال الفترة 1990–2023، مع الأخذ بعين الاعتبار مجموعة من العوامل الاقتصادية الأخرى مثل الإنفاق على البحث والتطوير والانفتاح التجاري واستهلاك الطاقة المتجددة ومستوى التحضر.

الإشكالية وفرضيات الدراسة:

استنادًا إلى مراجعة الأدبيات السابقة، يمكن طرح الإشكالية الآتية: **الى أي مدى يمكن ان يساهم الابتكار الأخضر في الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر؟**

ومن أجل الإجابة على إشكالية هذه الدراسة تم صياغة الفرضيات التالية:

1. يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% للابتكار الأخضر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

2. يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% للإنفاق على البحث والتطوير على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
3. يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% للانفتاح التجاري على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
4. يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% لاستخدام الطاقة المتجددة في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
5. يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% للتحضر إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين الابتكار الأخضر وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر خلال الفترة 1990–2023، وذلك في إطار فهم محددات التدهور البيئي في الاقتصادات النامية.

منهج الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الكمي التحليلي باستخدام الأساليب القياسية، حيث تم توظيف بيانات سلاسل زمنية سنوية تغطي الفترة 1990–2023 لتحليل العلاقة بين المتغيرات. ويستند النموذج القياسي إلى استخدام **نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة(ARDL)** ، نظراً لملاءمته في تحليل العلاقات قصيرة وطويلة الأجل بين المتغيرات الاقتصادية، حيث تم قياس الابتكار الأخضر من خلال عدد براءات الاختراع الخضراء، في حين تم اعتماد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون كمتغير تابع، مع إدراج مجموعة من المتغيرات المستقلة تشمل الإنفاق على البحث والتطوير، والانفتاح التجاري، والطاقة المتجددة، والتحضر.

الدراسات السابقة

شهدت الأدبيات الاقتصادية والبيئية في السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً بدراسة العلاقة بين الابتكار الأخضر وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وذلك في ظل التحديات المتزايدة المرتبطة بالتغير المناخي والحاجة إلى تحقيق التنمية المستدامة.

-دراسة (Chang & Others, 2023):تناقش هذه الدراسة البحثية الدور المحوري الذي تلعبه اللوائح البيئية المحلية كعامل مُنظِّم ومُحفِّز لتأثير "الابتكار التكنولوجي الأخضر" على جهود الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الصين، وذلك استناداً إلى تحليل بيانات 30مقاطعة صينية خلال الفترة من 2003 إلى 2019. وباستخدام نماذج اقتصادية وقياسية متقدمة، خلصت النتائج إلى أن اللوائح البيئية تعزز بقوة من فاعلية "الابتكار المعرفي الأخضر (GKI) "طويل الأمد في خفض الانبعاثات، بينما يكون تأثيرها أضعف بكثير على الحلول المؤقتة كـ "ابتكار العمليات الخضراء .(GPI) "وعلى مستوى السياسات، أثبتت الدراسة أن اللوائح القائمة على الاستثمار (IER) وآليات السوق هي الأداة الأنجع

والأكثر استدامة، تليها لوائح "القيادة والتحكم(CER) "، في حين أظهرت اللوائح القائمة على فرض الغرامات والنفقات (EER) قصوراً ملحوظاً أدى إلى تبني الشركات لسلوكيات انتهازية وقصيرة النظر استسهالاً لدفع الغرامات بدلاً من الاستثمار في البيئة. وإلى جانب إثبات وجود تأثيرات مكانية إيجابية تمتد للمناطق المجاورة وتفاوت إقليمي لصالح المقاطعات الشرقية المتقدمة، توصي الدراسة صناع القرار بضرورة تطوير أنظمة التمويل الأخضر والاعتماد بشكل أكبر على الآليات القائمة على السوق لتشجيع الابتكارات المعرفية العميقة التي تضمن تحقيق النمو الاقتصادي المستدام.

–**دراسة (Cheng & Wang, 2025)**:تقدم هذه الدراسة تحليلاً معمقاً لتأثير "نظام تداول انبعاثات الكربون (CETS) "على تحفيز "الابتكار الأخضر (GI) "لدى الشركات، وذلك بالاعتماد على بيانات الشركات الصينية المدرجة في الفترة من 2010 إلى 2022، وباستخدام نموذج "التعلم الآلي المزدوج " (DML)المتطور لتجاوز قصور أساليب الاستدلال السببي التقليدية. وتؤكد النتائج التجريبية أن سياسات تداول الكربون تعزز بشكل ملحوظ الابتكارات الخضراء للشركات، وتحديداً في مجال تكنولوجيا "المعالجة النهائية للانبعاثات" أكثر من تكنولوجيا التحكم من المصدر، وذلك عبر مسارين أساسيين يعتمدان على ممارسة "الضغوط" التنظيمية والتنافسية من جهة، وتقديم "الحوافز" كالدعم الحكومي من جهة أخرى. وفي بُعد تحليلي لافت، كشفت الدراسة عن استجابة الشركات لهذه السياسات من خلال "تأثير المزاحمة " (Crowding–out effect)؛ حيث تقوم بإعادة توجيه موارد البحث والتطوير المحدودة من مجالات الابتكار التكنولوجي الأخرى لصالح المشاريع الخضراء بدلاً من زيادة الاستثمار الإجمالي. ختاماً، أظهرت التحليلات أن هذه الفعالية تتباين هيكلياً؛ إذ يكون الأثر الإيجابي للنظام أقوى وأكثر وضوحاً في الشركات الكبيرة، والمؤسسات الخاصة، والشركات ذات الامتثال البيئي (النظيفة)، وتلك المتمركزة في الإقليم الشرقي المتقدم من الصين، مما يقدم لصنّاع السياسات دليلاً علمياً دقيقاً لتحسين آليات تسعير الكربون وتوجيه الحوافز بشكل يراعي تباين القدرات المؤسسية.

–**دراسة (Aliani & Others, 2024)**:تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف تأثير الابتكار البيئي (Eco–innovation)والطاقة المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون(CDE) ، بالإضافة إلى دراسة الدور التعديلي للأبعاد الثقافية الوطنية الستة لـ "هوفستيد (Hofstede) "في هذه العلاقة، وقد طُبقت الدراسة على **حالة** دول مجموعة السبع (G7) خلال **الفترة** الممتدة من عام 2000 إلى 2019. وشملت **المتغيرات** المستخدمة: المتغير التابع المتمثل في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والمتغيرات المستقلة المتمثلة في الابتكار البيئي والاستثمار العام في الطاقة المتجددة، والمتغيرات التعديلية (الأبعاد الثقافية الستة)، إلى جانب متغيرات ضابطة شملت جودة الحوكمة، التطور المالي، والناتج المحلي الإجمالي. ولتحليل البيانات، اعتمدت الدراسة على النموذج القياسي المتمثل في نموذج الانحدار المتعدد (Multivariate regression model)باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية .(OLS) وقد أظهرت النتائج أن كلا من الابتكار البيئي والطاقة المتجددة يؤديان إلى تقليل انبعاثات الكربون، خاصة

في ظل وجود حوكمة جيدة؛ كما كشفت أن الأبعاد الثقافية (الفردية، التوجه طويل الأجل، والتساهل) تعزز إيجابياً من تأثير الابتكار البيئي في خفض الانبعاثات، في حين أن بُعدي (مسافة السلطة وتجنب عدم اليقين) يعززان من فاعلية الطاقة المتجددة في الحد من الانبعاثات الكربونية وتعزيز الاستدامة البيئية.

-دراسة (Farooq & Others, 2024):تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير استهلاك الطاقة غير المتجددة والابتكارات التكنولوجية الخضراء على جودة البيئة، وذلك بالتطبيق على حالة خمس دول في منطقة جنوب آسيا (وهي: باكستان، بنغلاديش، الهند، نيبال، وسريلانكا) خلال الفترة الزمنية الممتدة من عام 1985 إلى 2021. وقد شملت المتغيرات المدروسة: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (كمتغير تابع)، في حين شملت المتغيرات المستقلة كلاً من استهلاك الطاقة غير المتجددة، والابتكار التكنولوجي الأخضر، والنمو الاقتصادي (الناتج المحلي الإجمالي)، وحجم السكان، والتصنيع (النشاط الصناعي). ولتحليل البيانات، استندت الدراسة إلى الإطار النظري (STIRPAT) واعتمدت على النموذج القياسي للانحدار الذاتي لفترات الإبطاء الموزعة (ARDL) ونسخته غير الخطية (NARDL) لفحص العلاقات الخطية وغير الخطية (القصيرة والطويلة الأجل). وقد كشفت النتائج أن زيادة استهلاك الطاقة غير المتجددة، والنمو السكاني، والناتج المحلي الإجمالي تؤدي إلى زيادة الانبعاثات الكربونية والتدهور البيئي في جميع الدول الخمس المشمولة بالدراسة. في المقابل، أظهرت الابتكارات التكنولوجية الخضراء تأثيراً إيجابياً في خفض الانبعاثات في كل من الهند وسريلانكا ونيبال، لكنها أدت بشكل مفاجئ إلى زيادتها في باكستان وبنغلاديش. كما بيّنت النتائج تبايناً في تأثير قطاع الصناعة، حيث ساهم التصنيع في تخفيف الانبعاثات في باكستان وبنغلاديش ونيبال، في حين تسبب في تدهور البيئة وتفاقم الانبعاثات في الهند وسريلانكا.

وعلى الرغم من الأهمية الكبيرة لهذه الدراسات، إلا أن معظمها ركز على الاقتصادات المتقدمة أو الاقتصادات الآسيوية، خاصة الصين ودول مجموعة السبع، في حين لا تزال الدراسات التطبيقية التي تتناول العلاقة بين الابتكار الأخضر وانبعاثات الكربون في الدول العربية، وخاصة الجزائر، محدودة نسبياً. كما أن العديد من الدراسات اعتمدت على بيانات مقطعية أو لوحات بيانات لعدة دول، بينما تظل الدراسات التي تعتمد على تحليل السلاسل الزمنية لدولة واحدة أقل انتشارا.

انطلاقاً من ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة البحثية من خلال تحليل العلاقة بين الابتكار الأخضر وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر خلال الفترة (1990–2023)، مع الأخذ بعين الاعتبار مجموعة من المتغيرات الاقتصادية والبيئية الأخرى مثل الإنفاق على البحث والتطوير، والانفتاح التجاري، والطاقة المتجددة، والتحضر، وذلك بهدف تقديم دليل تجريبي يمكن أن يساهم في دعم السياسات البيئية وتعزيز التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة في الجزائر.

2. الإطار النظري للدراسة:

1.2. الابتكار الأخضر:

مع تزايد الطلب العالمي على الطاقة نتيجة النمو الاقتصادي والزيادة السكانية، تصاعدت الضغوط على البيئة والموارد الطبيعية، مما دفع العديد من الدول إلى البحث عن مسارات تنموية قادرة على تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة. وفي هذا السياق برز مفهوم الاقتصاد الأخضر بوصفه إطارًا تنمويًا يسعى إلى تحقيق التنمية الاقتصادية مع الحد من الآثار البيئية السلبية للنشاط الاقتصادي، وذلك من خلال تعزيز الابتكار الأخضر، وتطوير مصادر الطاقة النظيفة، وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية)أمينة &توفيق, 2019, ص 309(. ويُعد الابتكار الأخضر أحد المفاهيم المحورية في الأدبيات الحديثة المرتبطة بالاستدامة البيئية والانتقال نحو اقتصاد منخفض الكربون، حيث يشير إلى تطوير أو تبني منتجات وعمليات وتقنيات صديقة للبيئة تسهم في تقليل مستويات التلوث وتحسين الأداء البيئي للمؤسسات والاقتصادات، مثل خفض الانبعاثات الكربونية وتقليل النفايات الصناعية وتحسين كفاءة استخدام الطاقة).لعراب &مقيمح, 2021, ص 641(

وتشير الأدبيات إلى أن الابتكار الأخضر مفهوم متعدد الأبعاد يتكون أساسًا من ثلاثة عناصر رئيسية هي: ابتكار المنتج الأخضر، وابتكار العملية الخضراء، والابتكار التنظيمي. ويعني ابتكار المنتج الأخضر تطوير أو تحسين المنتجات بطريقة تقلل من آثارها البيئية من خلال التصميم البيئي المناسب وتقليل استهلاك الموارد (Weng وآخرون, 2015, ص 5000)، بينما يرتبط ابتكار العملية الخضراء بإدخال تحسينات على عمليات الإنتاج والتشغيل بهدف الحد من التأثيرات البيئية السلبية وزيادة كفاءة استخدام الموارد(Bellakhdar, 2022, ص 1331). أما الابتكار التنظيمي فيشير إلى التغييرات التي تطرأ على الهياكل التنظيمية والممارسات الإدارية والاستراتيجيات البيئية داخل المؤسسات، مثل اعتماد أنظمة الإدارة البيئية والسياسات الموجهة نحو الاستدامة .ورغم الأهمية المتزايدة لهذا المفهوم، فإن قياس الابتكار الأخضر يظل تحديًا منهجيًا في الدراسات الاقتصادية والبيئية. وفي هذا الإطار تُعد براءات الاختراع الخضراء من أكثر المؤشرات استخدامًا لقياس الابتكار الأخضر، إذ تعكس الجهود التكنولوجية المبذولة لتطوير تقنيات تقلل من الأضرار البيئية وتحسن كفاءة استخدام الموارد، مثل تقنيات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة والحد من التلوث وإعادة التدوير(Wang وآخرون, 2022, ص 02). كما أن ارتفاع عدد هذه البراءات يشير إلى تقدم تكنولوجي بيئي متزايد وقدرة أكبر للمؤسسات والاقتصادات على تطوير حلول مبتكرة تدعم التنمية المستدامة.

2.2. العلاقة بين الابتكار الأخضر والانبعاثات:

يستند الربط النظري بين الابتكار الأخضر وخفض الانبعاثات إلى مجموعة من الأطر النظرية في الاقتصاد البيئي. ومن أبرزها فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) التي تفترض وجود علاقة على شكل حرف U مقلوب بين التنمية الاقتصادية والتدهور البيئي؛ إذ تشير إلى أن زيادة النشاط الاقتصادي في المراحل الأولى من التنمية قد تؤدي إلى ارتفاع مستويات التلوث، غير أن التقدم التكنولوجي وارتفاع الوعي البيئي في المراحل اللاحقة يسهمان في تقليل الانبعاثات وفصل النمو الاقتصادي عن التأثيرات البيئية السلبية (Saqib وآخرون, 2022, ص 04). وقد تم توسيع هذا الإطار من خلال نظرية منحنى الابتكار (ICC) التي تركز بشكل خاص على دراسة العلاقة بين الابتكار التكنولوجي، الذي غالبًا ما يُقاس بعدد براءات الاختراع وجودة البيئة ,Naz & Aslam , 2023)ص 57362 (، فقد وجد wang ان براءات الاختراع الخضراء تساهم في تقليل الانبعاثات أساسًا من خلال مسارين مرتبطين بالطاقة : تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتمكين اعتماد الطاقة المتجددة .وتشير عدة دراسات إلى أن هذين المسارين يُعدّان من الآليات الرئيسية لتحقيق ذلك(Wang وآخرون, 2022, ص 10).

إلا أن العديد من الدراسات بينت أن تأثير الابتكار الأخضر في خفض الانبعاثات يتطلب ظروفًا اقتصادية داعمة .وقد وجد Sahoo وزملاؤه (Sahoo وآخرون, 2022, ص 48706)أن براءات اختراع التكنولوجيا البيئية لا تُسهم في خفض الانبعاثات إلا عندما يدعم النمو الاقتصادي هذا النوع من الاستثمار.

كما تشير فرضية بورتر إلى أن السياسات البيئية الصارمة يمكن أن تشكل حافزًا للابتكار، حيث تدفع الشركات إلى تطوير تقنيات جديدة تقلل من التلوث وتزيد في الوقت نفسه من قدرتها التنافسية وبهذا المعنى، يمكن أن تؤدي السياسات البيئية إلى خلق حلقة إيجابية، إذ تسهم الحوافز التنظيمية في تشجيع تطوير براءات الاختراع الخضراء، التي تساعد بدورها على تحقيق أهداف خفض الانبعاثات(Zhang وآخرون, 2024, ص03).

3.2. الإنفاق على البحث والتطوير كمؤشر داعم للابتكار الأخضر:

يلعب الاستثمار في البحث والتطوير دورًا محوريًا في تعزيز الابتكار الأخضر وخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وذلك من خلال دعم تطوير التقنيات الصديقة للبيئة وتحسين كفاءة عمليات الإنتاج . وبفضل التقدم التكنولوجي وتحسين العمليات، تُسهم أنشطة البحث والتطوير في خفض استهلاك الطاقة، وتقليل النفايات، وتعزيز كفاءة استخدام الموارد ,Cho & Sohn, 2018)ص 04(. وتشير الأدلة التجريبية إلى أن الإنفاق على البحث والتطوير يُحسّن بشكل ملحوظ أداء الابتكار البيئي، لا سيما في قطاعات التصنيع حيث تُسهّل القدرات التكنولوجية تبني أساليب إنتاج أنظف .فعلى سبيل المثال، أظهرت الدراسات أن الاستثمارات المتوازنة في البحث والتطوير تُعزز القدرة على الابتكار البيئي وتدعم تطوير التقنيات الخضراء التي تُسهم في خفض الانبعاثات (Lee & Min,2015,ص03)

علاوة على ذلك، وجد (Saqib وآخرون, 2022, ص 05) أن الاستثمار في البحث والتطوير يساهم في تطوير تقنيات منخفضة الكربون، مثل أنظمة الطاقة المتجددة، والتي تُعدّ أساسية لتحقيق أهداف إزالة الكربون على المدى الطويل. كما ساهم التقدم التكنولوجي المدعوم بالأنشطة البحثية في توسيع نطاق حلول الطاقة المتجددة ودمج التقنيات الرقمية التي تعزز فعالية الابتكارات الخضراء. ومع ذلك، قد تعتمد الفوائد البيئية للبحث والتطوير على ظروف اقتصادية ومؤسسية أوسع .فالنمو الاقتصادي السريع والاستغلال المكثف للموارد قد يُقللان أحيانًا من الآثار الإيجابية للابتكار التكنولوجي، بينما قد تحدّ الأطر التنظيمية غير الكافية من الأثر البيئي لاستثمارات البحث والتطوير .لذا، فإن السياسات البيئية الفعالة والدعم المؤسسي ضروريان لتعظيم مساهمة البحث والتطوير في خفض الانبعاثات والتنمية المستدامة (Paramati وآخرون, 2021, ص 04)

4.2. دور الطاقة المتجددة في الحد من الانبعاثات:

تُظهر العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون علاقة عكسية واضحة، حيث يؤدي التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة إلى خفض مستويات الانبعاثات الكربونية ودعم الاستدامة البيئية. وتشير الأدبيات الاقتصادية إلى أن زيادة إنتاج واستهلاك الطاقة المتجددة تسهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. وقد بينت عدة دراسات أن زيادة استهلاك الطاقة المتجددة بنسبة 1% يمكن أن تؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنحو 0.5% إلى 1.25% في سياقات مختلفة، وهو ما يؤكد الدور المهم للطاقة النظيفة في الحد من التدهور البيئي(Huang وآخرون, 2021, ص 02; Szetela وآخرون, 2022, ص 05) .

وعلى الرغم من أن التحضر غالباً ما يؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة وارتفاع الانبعاثات نتيجة توسع الأنشطة الاقتصادية والبنية التحتية في المدن، فإن الاعتماد على الطاقة المتجددة يمكن أن يخفف من هذه الآثار البيئية، مما يسمح للمناطق الحضرية بتقليل بصمتها الكربونية من خلال تبني نظم طاقة أكثر استدامة (Goswami وآخرون, 2023, ص 04) . كما أن فعالية الطاقة المتجددة في تقليل الانبعاثات تتأثر بعوامل مؤسسية وحوكمية، حيث تسهم الحوكمة الجيدة وسيادة القانون في تسريع الانتقال نحو نظم طاقة منخفضة الكربون (Allaeva وآخرون, 2025, ص 198)

وبناءً على ذلك، تُعد السياسات التي تشجع تطوير الطاقة المتجددة، مثل تقديم الحوافز المالية ودعم الابتكار التكنولوجي وزيادة الاستثمار في البحث والتطوير، ضرورية لتحقيق خفض الانبعاثات ودعم أهداف التنمية المستدامة (Majewski وآخرون, 2022, ص 03) ومع ذلك، ورغم الفوائد البيئية الكبيرة للطاقة المتجددة، فإن التحول نحوها لا يزال يواجه بعض التحديات، من بينها ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية والحاجة إلى مزيد من التطور التكنولوجي لتحسين كفاءة الطاقة وتطوير تقنيات تخزينها.

3. الدراسة القياسية :

لقد تم الاعتماد على مجموعة من المتغيرات التي تحدد العلاقة بين المتغيرات المستقلة وهي: (GEP) عدد براءات الاختراع الخضراء ، (ER)نسبة الإنفاق على البحث والتطوير (% من الناتج المحلي الإجمالي)،(OPEN) الانفتاح التجاري ،(REN) الطاقة المتجددة(%من إجمالي استهلاك الطاقة)، (URB)التحضر، والمتغير تابع ممثل في (CO_2) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ،ونحاول من خلال هذه الدراسة القياسية معرفة العلاقة بين ابتكار الاخضر وثاني اكسيد كربون في الجزائر ،**لبيانات سنوية خلال الفترة (1990–2023)،و عليه تمت صياغة نموذج الدراسة على النحو التالي:**

$$CO_2=F(\ GEP,\ \ ER\ ,\ OPEN\ ,\ REN\ ,\ URB\ )$$

الجدول رقم(1):مصادر متغيرات النموذج

المتغير في النموذج	المصدر من الدراسات السابقة	كيفية الاستخدام
نموذجARDL	Farooq et al. (2024) + Pesaran et al. (2001)	اعتمد ا نفس النموذج القياسي ARDL المستخدم في دراسة Farooq للتحليل القصير والطويل الأجل
براءات اختراع(GEP) خضراء	Chang et al. (2023) + Wang et al. (2022)	مفهوم براءات الاختراع الخضراء كمقياس للابتكار الأخضر من هذه الدراسات
البحث (ER) والتطوي	Lee & Min (2015) + Saqib et al. (2022) + Paramati et al. (2021)	استمد أهمية هذا المتغير وقياسه بنسبة من الناتج المحلي الإجمالي
الانفتاح(OPEN) التجاري	Lv & Xu (2019) + Goswami et al. (2023)	أثر الانفتاح التجاري على الانبعاثات من هذه الدراسات التي طبقتها في سياقات مختلفة
الطاقة(REN) المتجددة	Aliani et al. (2024) + Huang et al. (2021) + Szetela et al. (2022)	استند إلى هذه الدراسات في تضمين الطاقة المتجددة كنسبة من إجمالي استهلاك الطاقة
التحضر(URB)	Qi et al. (2020) + Goswami et al. (2023)	استمد تأثير التحضر على الانبعاثات وقياسه بنسبة السكان الحضريين من هذه الدراسات
المتغير التابع(CO2)	جميع الدراسات السابقة الأربع	اتفقت جميع الدراسات على استخدام انبعاثات ثاني أكسيد الكربون كمتغير تابع رئيسي

تم استخدام اللوغاريتم الطبيعي للمتغير (GEP) بهدف تقليل التشتت في القيم، وتحسين استقرار السلسلة الزمنية، وتمكين تفسير المعاملات على أساس التغيرات النسبية (المرونات).

$$CO_2=\beta_0+ \beta_1 LGEP + \beta_2 ER + \beta_3 OPEN + \beta_4 REN + \beta_4 URB + \mu_i$$

1- اختبارات الاستقرارية :

قبل تقدير النموذج نقوم باختبار إستقرارية السلاسل الزمنية و هذا من أجل التأكد أن جميع المتغيرات مستقرة من الدرجة صفر (0)Iاو الدرجة الأولى (1)I و التأكد من أنه لا توجد سلسلة زمنية متكاملة من الدرجة الثانية.و هذا من اجل التأكد من شرط تطبيق نموذج ARDL.

الجدول رقم 2 : اختبار مدى استقرار السلاسل الزمنية

	NIVEAU		1ère difference		
	ADF	PP	ADF	PP	
CO_2	−1.45 (0.54)	−1.18 (0.66)	−8.32 (0.00)***	−8.57 (0.00)***	I(1)
LGEP	0.64 (0.99)	0.22 (0.99)	−3.71 (0.03)**	−3.71 (0.03)**	I(1)
OPEN	−1.89 (0.32)	−1.67 (0.43)	−7.15 (0.00)***	−7.38 (0.00)***	I(1)
ER	1.84 (0.99)	1.51 (0.99)	−5.37 (0.00)***	−7.59 (0.00)***	I(1)
REN	0.71 (0.86)	−1.21 (0.20)	−3.50 (0.00)***	−4.61 (0.00)***	I(1)
URB	0.17 (0.73)	0.51 (0.99)	−4.76 (0.00)***	4.89 (0.00)***	I(1)

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

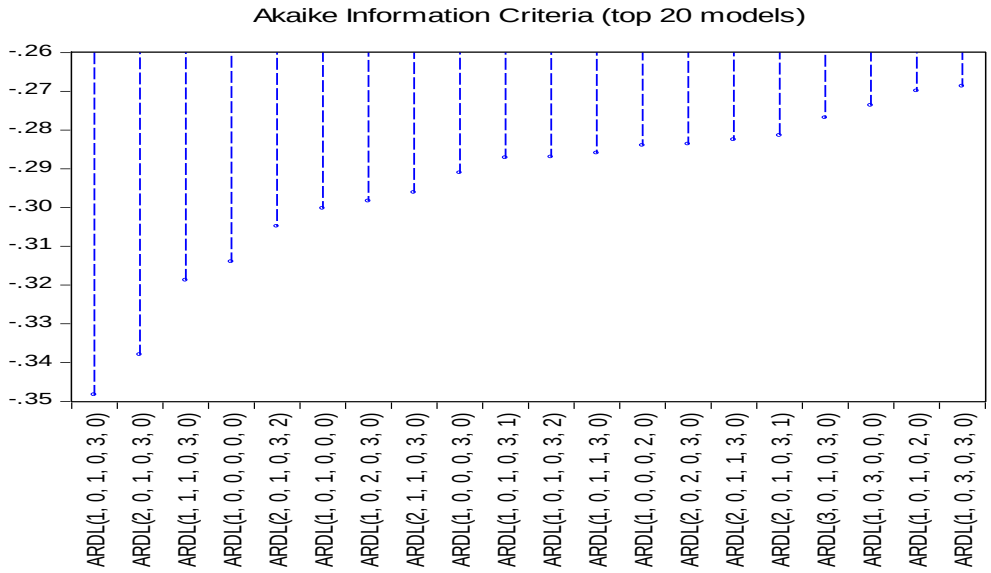
من خلال جدول رقم (1) إن اختبار ADF أشار إلى إستقرارية جميع المتغيرات عند الفرق الأول **I(1)** ،**ومن ثم يمكن القول أن جميع المتغيرات محل الدراسة متكاملة من نفس الدرجة** ،أما اختبار PP أشار إلى إستقرارية جميع المتغيرات عند الفرق الأول **I(1)** ،**ومن ثم يمكن القول أن جميع المتغيرات محل الدراسة متكاملة من نفس الدرجة** وعليه يمكن استعمال نموذجARDL .

النموذج ARDLهو نموذج مقدم كل من (Pesaran & Shin, 1999)و (Pesaran et al, 2001) و تم تطويره من طرف (Shin & al, 2014).واعتماداً على نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية المتباطئة الموزعة(ARDL)

2. اختيار أفضل فترات الإبطاء للمتغيرات لتقدير نموذجARDL:

اختيار أفضل فترة إبطاء حسب المعيار (AIC) حسب الشكل التالي :

الشكل رقم 1:نتائج اختيار فترات الإبطاء الأفضل حسب المعيار (AIC)



المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

من خلال الشكل رقم 1 يتضح أن أفضل نموذج حسب المعيار (AIC) هو ARDL(1,0,1,0,3,0)

3. اختبار الحدود (Bounds test):

يبين الجدول رقم (2) نتائج اختبار التكامل المشترك باستعمال منهجية اختبار الحدود (Bounds test) وتشير النتائج إلى أن القيمة المحسوبة لF–statistic اكبر من القيم الحرجة للحد الأعلى عند معظم المستويات المعنوية (10%و5% و 1%)،ومنه نرفض فرضية العدم "عدم وجود التكامل المشترك "ونقبل الفرضية البديلة "هناك علاقة توازنية طويلة المدى " بين متغيرات الدراسة.

الجدول رقم 3:اختبار الحدود

F–statistic(المحسوبة)		
4.71		
القيم الحرجة	**الحد الأدنى I(0)**	**الحد الأعلى I(1)**
عند مستوى المعنوية 10%	2.26	3.35
عند مستوى المعنوية5%	2.62	3.79
عندمستوى المعنوية1%	3.41	4.68

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

4–تقدير نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة ARDL:

الجدول رقم4: نتائج اختبار نموذجARDL

Sample (adjusted): 1993 2023
Included observations: 31 after adjustments
Maximum dependent lags: 3 (Automatic selection)
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)
Dynamic regressors (3 lags, automatic): LGEP OPEN REN URB ER
Fixed regressors: C
Number of models evalulated: 3072
Selected Model: ARDL(1, 0, 1, 0, 3, 0)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
CO2(-1)	0.136004	0.197726	0.687840	0.4995
LGEP	-2.407410	0.774979	-3.106419	0.0056
OPEN	0.008029	0.008480	0.946805	0.3550
OPEN(-1)	0.013447	0.008357	1.609142	0.1233
REN	0.149777	0.168352	0.889668	0.3842
URB	0.775509	0.697559	1.111748	0.2794
URB(-1)	-1.647642	0.988461	-1.666876	0.1111
URB(-2)	-0.170264	1.032916	-0.164838	0.8707
URB(-3)	1.355789	0.773578	1.752620	0.0950
ER	-2.993068	1.424556	-2.101052	0.0485
C	-4.918573	3.832894	-1.283253	0.2141

R-squared	0.890821	Mean dependent var	3.436774
Adjusted R-squared	0.836232	S.D. dependent var	0.438607
S.E. of regression	0.177497	Akaike info criterion	-0.348308
Sum squared resid	0.630101	Schwarz criterion	0.160526
Log likelihood	16.39877	Hannan-Quinn criter.	-0.182441
F-statistic	16.31858	Durbin-Watson stat	2.213783
Prob(F-statistic)	0.000000		

*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

من الجدول رقم(3) نلاحظ **أن القدرة التفسيرية رمعامل التحديد (R^2) لهذا النموذج بلغت 89.08 % أي أن المتغيرات المستقلة تفسر** 89.01 % **من المتغير التابع، وباقي النسبة يرجع إلى عوامل خارج النموذج أو لمتغيرات غير مدرجة في النموذج.**

5.اختبارات تشخيص النموذج:

وقبل إجراء تقدير العلاقة في الأجل الطويل والقصير، يجب إجراء اختبار الكشف عن وجود مشكلة الارتباط الذاتي بين بواقي التقدير (Serial Correlation LM Test)، وفي حال وجود ارتباط ذاتي بين البواقي، لا يمكن القبول بالنموذج المدروس والمقترح لدراسة العلاقة بين متغيرات البحث، كذلك يبين كل من اختبار الارتباط الذاتي، اختبار عدم ثبات التباين، اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي واختبار توصيف النموذج نجاع النموذج.

أ.الكشف عن وجود مشكلة الارتباط الذاتي بين بواقي التقدير:

الجدول رقم5 :اختبار الارتباط الذاتي بين البواقي

Breush-Godfrey serial correlation LM Test			
F-statistic	1.67	Prob. F(2,18)	0.21
Obs*R-squared	4.85	Prob. Chi-Square(2)	0.08

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

نلاحظ من الجدول رقم (4) نتائج اختبار(LM Test) أن قيمة احتمالية فيشر (fisher) تساوي 0.08وهي اكبر من مستوى معنوية 5% ،**أي أنه يمكن قبول فرضية العدم "لا يوجد ارتباط ذاتي بين البواقي "وبالتالي رفض الفرضية البديلة "وجود ارتباط ذاتي بين البواقي".**

ب.اختبار عدم ثبات التباين:

الجدول رقم6::اختبار عدم ثبات التباين

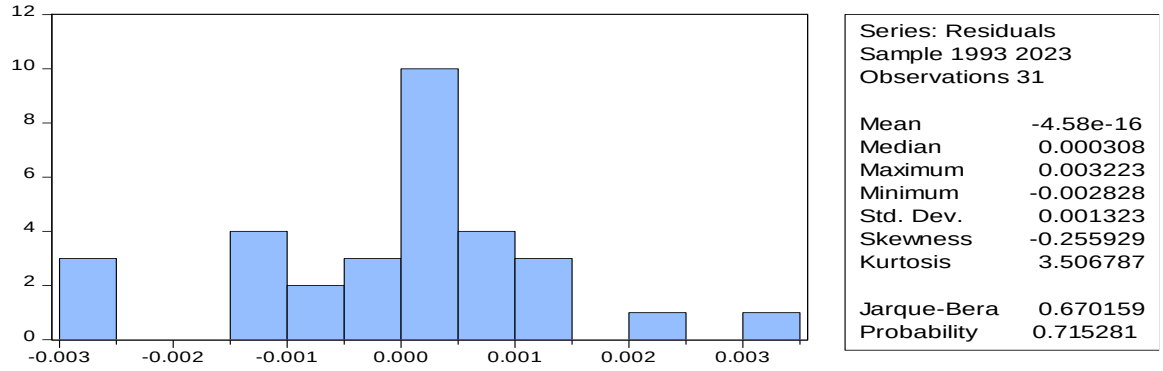
Heteroskedasticity Test ARCH			
F-statistic	0.03	Prob. F(1,28)	0.84
Obs*R-squared	0.04	Prob. Chi-Square(1)	0.84

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

نلاحظ من الجدول رقم (5) أن قيمة احتمالية فيشر (fisher) تساوي 0.84 وهي اكبر من مستوى معنوية 5%،**أي أنه يمكن قبول فرضية العدم"عدم ثبات التباين" وبالتالي رفض الفرضية البديلة.**

ج.اختبار التوزيع الطبيعي بين البواقي:

الشكل رقم 2:اختبار التوزيع الطبيعي بين البواقي



المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

نلاحظ من خلال الشكل رقم2 أن القيمة الاحتمالية jarque-bera هي 0.71 اكبر من مستوى معنوية 5%، بالتالي بواقي التقدير الانحدار تتبع التوزيع الطبيعي.

د.توصيف النموذج:

الجدول رقم7:توصيف النموذج

Ramsey RESET Test			
	Value	df	Probability
t-statistic	0.33	19	0.74
F-statistic	0.11	(1,19)	0.74

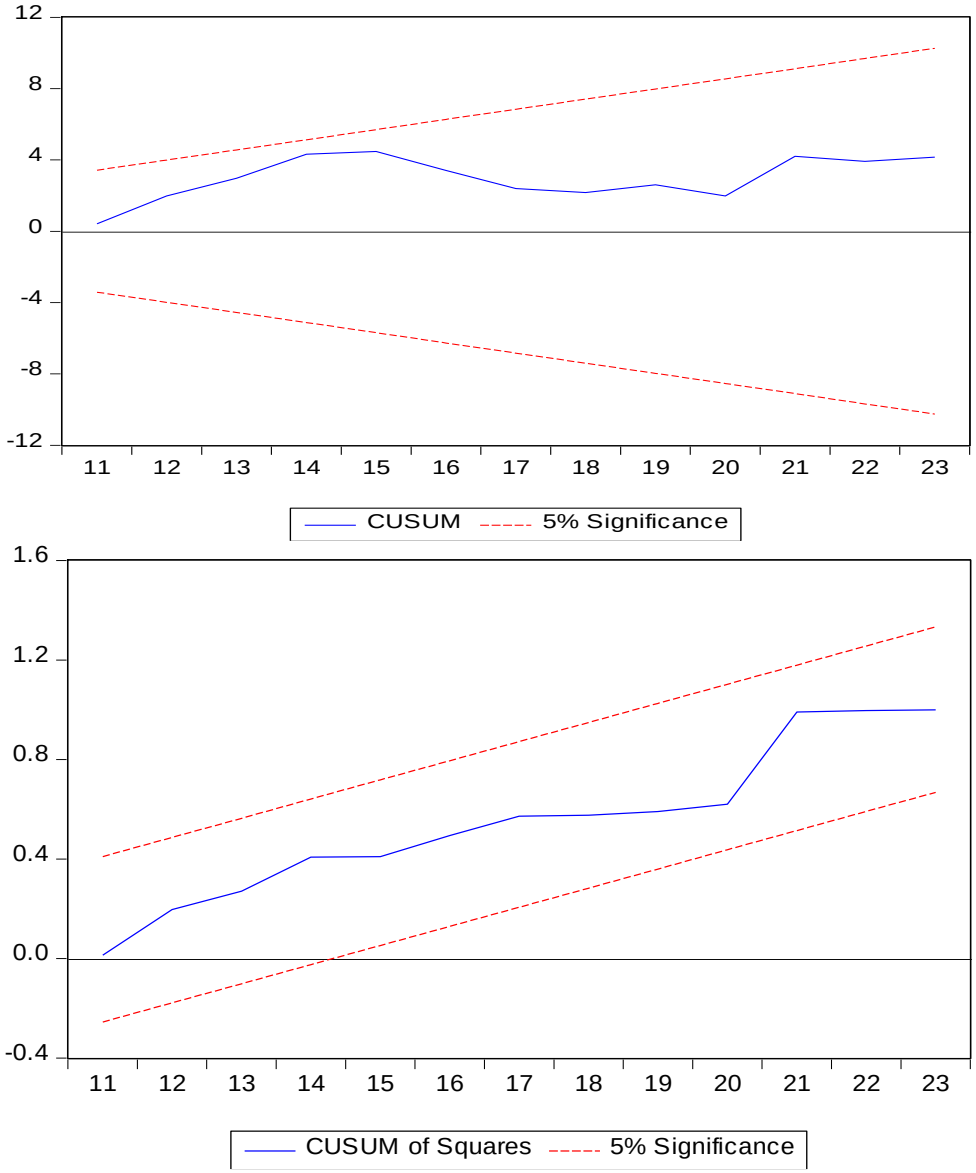
المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

من خلال الجدول رقم (6)القيمة الاحتمالية هي 0.74 وهي اكبر من مستوى معنوية 5%،مما يؤكد قبول فرضية العدم"النموذج محدد بشكل ملائم وصحيح".

6.اختبار استقرار النموذج:

لكي نتأكد من خلو البيانات المستخدمة في هذه الدراسة من وجود أي تغيرات هيكلية فيها لابد من استخدامأحد الاختبارات المناسبة لذلك مثل: المجموع التراكمي للبواقي المعاودة (CUSUM) **وكذا المجموع التراكمي لمربعاتالبواقي المعاودة** (CUSUM of Squares).وعليه يتحقق الاستقرار الهيكلي للمعاملات المقدرة لصيغة تصحيح الخطأ لنموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة،إذا وقع الشكل البياني لاختبارات كل من CUSUMو CUSUM of Squaresداخل الحدود الحرجة عند مستوى 5% .

الشكل رقم3:اختبار استقرار النموذج



المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

من خلال الشكل رقم (3) نلاحظ أن اختبار المجموع التراكمي للبواقي المعاودة CUSUM واختبار المجموع التراكمي لمربعات البواقي المعاودة CUSUM of Squares بالنسبة لهذا النموذج،فهو يعتبر وسط خطي داخل حدود المنطقة الحرجة مشيراً إلى نوع من الاستقرار في النموذج عند حدود معنوية 5% ،ويتضح من هذين الاختبارين أن هناك استقرار في النموذج بين نتائج الأجل الطويل ونتائج الفترة قصيرة المدى.

7. تحليل النتائج:

بعد التأكد من سلامة النموذج من مشاكل هيكلية خاصة بالارتباط التسلسلي والاستقرار سنقوم بإجراء اختبار **الأجل الطويل والقصير**.

جدول رقم 8: نتائج تقدير العلاقة في المدى القصير

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
D(LGEP)	−2.407410	0.774979	−3.106419	0.005
D(OPEN)	0.008029	0.008480	0.946805	0.355
D(REN)	0.149777	0.168352	0.889668	0.384
D(URB)	0.775509	0.697559	1.111748	0.279
D(URB(−1))	0.170264	1.032916	0.164838	0.870
D(URB(−2))	−1.355789	0.773578	−1.752620	0.095
D(ER)	−2.993068	1.424556	−2.101052	0.048
CointEq(−1)	−0.863996	0.197726	−4.369670	0.000

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

جدول رقم9: نتائج تقدير العلاقة في المدى الطويل

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
LGEP	−2.786366	0.791431	−3.520668	0.002
OPEN	0.024857	0.014813	1.678074	0.108
REN	0.173354	0.205517	0.843503	0.408
URB	0.362724	0.107791	3.365075	0.003
ER	−3.464214	1.431886	−2.419336	0.025
C	−5.692818	4.124941	−1.380097	0.182

المصدر:اعتمادا على مخرجات برنامج eviews 10

من خلال الجدول رقم (7) و(8) نلاحظ ما يلي:

-تشير نتائج التقدير في المدى القصير إلى وجود **علاقة عكسية معنوية إحصائياً بين الابتكار الأخضر (GEP)وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2)** عند مستوى معنوية **5%**، حيث بلغ معامل المتغير – **2.407**وبقيمة احتمالية **0.005**، وهو ما يدل على معنوية إحصائية قوية. ويعني ذلك أن **ارتفاع**

الابتكار الأخضر بنسبة 1% يؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي 2.40% في المدى القصير ،وتشير نتائج التقدير في المدى الطويل إلى وجود **علاقة عكسية معنوية إحصائياً بين الابتكار الأخضر (GEP) وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2)** عند مستوى معنوية **5%**، حيث بلغ معامل المتغير **2.78**–بقيمة احتمالية **0.002**، مما يعني أن **ارتفاع الابتكار الأخضر بنسبة 1% يؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي 2.78% في المدى الطويل** .ويمكن تفسير هذه النتيجة في ضوء النظرية الاقتصادية البيئية التي ترى أن الابتكار التكنولوجي الأخضر يسهم في تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتطوير تقنيات إنتاج نظيفة، مما يقلل من حجم الانبعاثات الملوثة للبيئة .

– **الإنفاق على البحث والتطوير (ER)** فقد أظهرت النتائج وجود **علاقة عكسية معنوية إحصائياً مع انبعاثات CO2** عند مستوى معنوية **5%**، حيث بلغ معامل المتغير **2.993**–وبقيمة احتمالية **0.048**، مما يعني أن **ارتفاع الإنفاق على البحث والتطوير بنسبة 1% يؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي 2.99% في المدى القصير**.وجود **علاقة عكسية معنوية إحصائياً بين الإنفاق على البحث والتطوير (ER) وانبعاثات CO2** عند مستوى معنوية **5%**، حيث بلغ معامل المتغير **3.46**– وبقيمة احتمالية **0.025**، وهو ما يعني أن **ارتفاع الإنفاق على البحث والتطوير بنسبة 1% يؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي 3.46% في المدى الطويل** .ويمكن تفسير هذه النتيجة بأن زيادة الاستثمار في البحث العلمي والتطوير التكنولوجي تساعد على تطوير تقنيات إنتاج أكثر نظافة وكفاءة، مما يساهم في الحد من الانبعاثات الكربونية.

– **وجود علاقة طردية غير معنوية إحصائياً بين الانفتاح التجاري (OPEN) وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2)** في **المدى القصير والطويل** عند مستوى معنوية **5%** حيث بلغ معامل المتغير في **المدى القصير** حوالي **0.008**بقيمة احتمالية **0.355**، مما يدل على عدم معنوية العلاقة إحصائياً، أي أن **ارتفاع الانفتاح التجاري بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.008% في المدى القصير**، إلا أن هذا التأثير ضعيف وغير معنوي. كما أظهرت النتائج في **المدى الطويل** أن معامل المتغير بلغ **0.024**بقيمة احتمالية **0.108**، وهو ما يشير إلى أن **ارتفاع الانفتاح التجاري بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.02% في المدى الطويل،** إلا أن هذه العلاقة غير معنوية إحصائياً. ويمكن تفسير ذلك بأن أثر الانفتاح التجاري في الجزائر قد يكون مرتبطاً بطبيعة هيكل التجارة الخارجية المعتمد بدرجة كبيرة على قطاع الطاقة، مما يجعل تأثيره البيئي غير واضح بشكل كبير خلال فترة الدراسة.

– **وجود علاقة طردية غير معنوية إحصائياً بين الطاقة المتجددة (REN) وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2) في المدى القصير والطويل** عند مستوى معنوية **5%** حيث بلغ معامل المتغير في **المدى القصير** حوالي **0.149**بقيمة احتمالية **0.384**، مما يدل على عدم معنوية العلاقة إحصائياً، أي

أن ارتفاع نسبة استخدام الطاقة المتجددة بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.14% في المدى القصير .كما بلغ معامل المتغير في **المدى الطويل** حوالي **0.173**بقيمة احتمالية **0.408**، مما يعني أن **ارتفاع الطاقة المتجددة بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.17% في المدى الطويل**، إلا أن هذه العلاقة تبقى غير معنوية إحصائياً. ويمكن تفسير هذه النتيجة بأن مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في الجزائر لا تزال محدودة نسبياً، مما يجعل تأثيرها على خفض الانبعاثات غير واضح خلال فترة الدراسة.

– وجود علاقة طردية غير معنوية إحصائياً بين التحضر (URB) وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2)في المدى القصير عند مستوى معنوية **5%**، حيث بلغ معامل المتغير حوالي **0.775**بقيمة احتمالية **0.279**، أي أن **ارتفاع التحضر بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.77% في المدى القصير** إلا أن هذا التأثير غير معنوي إحصائياً. في المقابل، أظهرت النتائج في **المدى الطويل وجود علاقة طردية معنوية إحصائياً** عند مستوى معنوية **5%**، حيث بلغ معامل المتغير **0.362**بقيمة احتمالية **0.003**، مما يعني أن **ارتفاع التحضر بنسبة 1% يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0.36% في المدى الطويل** .ويمكن تفسير هذه النتيجة بأن التوسع الحضري غالباً ما يؤدي إلى زيادة النشاط الاقتصادي والصناعي وارتفاع الطلب على الطاقة والنقل، وهو ما يساهم في زيادة الانبعاثات الكربونية على المدى الطويل.

–فيما يخص حد تصحيح الخطأ (−1)CoinEp فقد ظهرت إشارة سالبة و معنوية(−0.86) عند مستوى معنوية 5%مما يؤكد على وجود علاقة توازنية طويلة المدى(وجود تكامل مشترك)بين متغيرات الدراسة،مما يدل أن الأخطاء في توازن يتم تصحيحها في فترة زمنية أقل من سنة.

خاتمة:

سعت هذه الدراسة إلى تحليل أثر الابتكار الأخضر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر خلال الفترة 1990–2023، من خلال توظيف نموذج ARDL ودمج مجموعة من المتغيرات الاقتصادية والبيئية ذات الصلة. وقد أظهرت النتائج وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، مما يعكس ترابط السياسات الاقتصادية والبيئية في تحديد مستويات الانبعاثات.

توصلت الدراسة إلى أن الابتكار الأخضر يلعب دوراً محورياً في الحد من الانبعاثات الكربونية، سواء في المدى القصير أو الطويل، وهو ما يؤكد أهمية تطوير الابتكار الأخضر كأداة فعالة لتحقيق الاستدامة. كما بينت النتائج أن الإنفاق على البحث والتطوير يسهم بشكل معنوي في تقليل التلوث، مما يعكس أهمية الاستثمار في المعرفة والابتكار في دعم التحول نحو اقتصاد منخفض الكربون. في المقابل، لم يظهر كل من الانفتاح التجاري والطاقة المتجددة تأثيراً معنوياً، وهو ما يمكن تفسيره بخصوصية هيكل الاقتصاد

الجزائري وضعف انتشار الطاقات النظيفة خلال فترة الدراسة. أما التحضر، فقد تبين أنه يمثل عاملاً ضاغطاً على البيئة في المدى الطويل نتيجة التوسع العمراني وزيادة الطلب على الطاقة.

انطلاقاً من هذه النتائج، تؤكد الدراسة على ضرورة تبني سياسات متكاملة تعزز الابتكار الأخضر، وتزيد من الاستثمار في البحث والتطوير، مع تسريع وتيرة التحول نحو الطاقات المتجددة. كما تبرز أهمية تحسين الإطار المؤسسي والتنظيمي لدعم التكنولوجيا النظيفة، بما يساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في الجزائر.

التوصيات:

أهم التوصيات التي يمكن استنتاجها:

- الاعتماد على الابتكار البيئي والطاقة المتجددة من أجل تقليل انبعاثات الكربون.
- تقديم "الحوافز" كالدعم الحكومي.
- تبني سياسات تعتمد على التكنولوجيا النظيفة.
- الاستفادة من خبرات الدول الرائدة في مجال الابتكار الأخضر.
- زيادة الإنفاق على البحث والتطوير الموجه نحو التكنولوجيا النظيفة.

المراجع:

Allaeva, G., Yusupkhodjaeva, G., Sadikov, A., & Umarov, A. (2025). Renewable Energy and CO2 Emissions in Upper-Middle Income Transition Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *15*, 195–201. https://doi.org/10.32479/ijeep.20007

Bellakhdar, M. (2022). *Green innovation is an approach to achieving environmental sustainability - with a presentation of some experiences*. https://asjp.cerist.dz/en/article/200228.

Cho, J. H., & Sohn, S. Y. (2018). A novel decomposition analysis of green patent applications for the evaluation of R&D efforts to reduce CO2 emissions from fossil fuel energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, *193*, 290–299. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.060

Goswami, A., Kapoor, H. S., Jangir, R. K., Ngigi, C. N., Nowrouzi-Kia, B., & Chattu, V. K. (2023). Impact of Economic Growth, Trade Openness, Urbanization and Energy Consumption on Carbon Emissions: A Study of India. *Sustainability (Switzerland)*, *15*. https://doi.org/10.3390/su15119025

Huang, Y., Kuldasheva, Z., & Salahodjaev, R. (2021). Renewable energy and CO2 emissions: Empirical evidence from major energy-consuming countries. *Energies*, *14*. https://doi.org/10.3390/en14227504

Lee, K. H., & Min, B. (2015). Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 534–542. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.114

Lv, Z., & Xu, T. (2019). Trade openness, urbanization and CO 2 emissions: Dynamic panel data analysis of middle-income countries. *Journal of International Trade and Economic Development*, *28*, 317–330. https://doi.org/10.1080/09638199.2018.1534878

Majewski, S., Mentel, G., Dylewski, M., & Salahodjaev, R. (2022). Renewable Energy, Agriculture and CO2 Emissions: Empirical Evidence From the Middle-Income Countries. *Frontiers in Energy Research*, *10*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.921166

Naz, A., & Aslam, M. (2023). Green innovation, globalization, financial development, and CO2 emissions: the role of governance as a moderator in South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*, 57358–57377. https://doi.org/10.1007/s11356-023-26527-y

Paramati, S. R., Alam, M. S., Hammoudeh, S., & Hafeez, K. (2021). Long-run relationship between R&D investment and environmental sustainability: Evidence from the European Union member countries. *International Journal of Finance and Economics*, *26*, 5775–5792. https://doi.org/10.1002/ijfe.2093

Qi, X., Han, Y., & Kou, P. (2020). Population urbanization, trade openness and carbon emissions: an empirical analysis based on China. *Air Quality, Atmosphere and Health*, *13*, 519–528. https://doi.org/10.1007/s11869-020-00808-8

Sahoo, B., Behera, D. K., & Rahut, D. (2022). Decarbonization: examining the role of environmental innovation versus renewable energy use. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(32), 48704–48719. https://doi.org/10.1007/s11356-022-18686-1

Saqib, N., Usman, M., Radulescu, M., Sinisi, C. I., Secara, C. G., & Tolea, C. (2022). Revisiting EKC hypothesis in context of renewable energy, human development and moderating role of technological innovations in E-7 countries? *Frontiers in Environmental Science*, *10*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1077658

Shaikh, S. S., Amin, N., & Song, H. (2024). Carbon dynamics: A holistic analysis of FDI, trade liberalization, urbanization, economic growth, and effects on CO2 emissions in South Asia. *Energy and Environment*. https://doi.org/10.1177/0958305X241291005

Szetela, B., Majewska, A., Jamroz, P., Djalilov, B., & Salahodjaev, R. (2022). Renewable Energy and CO2 Emissions in Top Natural Resource Rents Depending Countries: The Role of Governance. *Frontiers in Energy Research*, *10*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.872941

Wang, N., Yu, H., Shu, Y., Chen, Z., & Li, T. (2022). Can green patents reduce carbon emission intensity?—An empirical analysis based on China's experience. *Frontiers in Environmental Science*, *10*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1084977

Weng, H. H. R., Chen, J. S., & Chen, P. C. (2015). Effects of green innovation on environmental and corporate performance: a stakeholder perspective. *Sustainability*, *7*(5), 4997–5026. https://doi.org/10.3390/su7054997