علاقة النمو الاقتصادي والتحولات الهيكلية بالأداء البيئي في الجزائر: تحليل قياسي باستخدام نموذج ARDL في إطار مقاربة الإنتاج الأنظف (1980–2022)

Economic Growth, Structural Transformation and Environmental Performance in Algeria: An ARDL Approach within the Cleaner Production Framework (1980–2022)

براحوحاج ملياني [1] Berraho Hadj Meliani[1]

[1] جامعة أبو بكر بلقايد، تلمسان (الجزائر)، hadj.berraho@univ-mosta.dz

تاريخ الاستلام:2026/7/27 تاريخ القبول:2026 /9/07 تاريخ النشر: 2026 /9/25

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين النمو الاقتصادي والتحولات الهيكلية والأداء البيئي في الجزائر خلال الفترة 1980–2022، في إطار مقاربة المنتوج الأنظف. تم اعتماد نموذج *ARDL* لدراسة الديناميكيات قصيرة وطويلة الأجل، باستخدام مؤشر للكفاءة البيئية ولوغاريتم الناتج المحلي الإجمالي ومتغير وهمي للتحولات الهيكلية.

أظهرت النتائج وجود علاقة توازنية طويلة الأجل، مع تأثير موجب ومعنوي للنمو الاقتصادي على الأداء البيئي. كما تبين أن التحولات الهيكلية تؤثر بشكل ملحوظ، خاصة في الأجل القصير.

وأكد نموذج تصحيح الخطأ وجود آلية تكيف ذاتي تعيد التوازن. وتخلص الدراسة إلى أهمية تبني سياسات المنتوج الأنظف وتعزيز الاستثمار في التكنولوجيا النظيفة لتحقيق التنمية المستدامة.

كلمات مفتاحية:1، النمو الاقتصادي.2، التحولات الهيكلية.3، الأداء البيئي. 4، الإنتاج الأنظف. 5، نموذج ARDL. 6، الجزائر.

تصنيفات JEL: Q56 ، O44، C22.

Abstract: This study examines the relationship between economic growth, structural transformation, and environmental performance in Algeria over the period 1980–2022 within the cleaner production framework. The ARDL model is employed to analyze short- and long-run dynamics, using an eco-efficiency indicator, the logarithm of GDP, and a structural dummy variable.

The results reveal a long-run equilibrium relationship, with a positive and statistically significant effect of economic growth on environmental performance. Structural transformation also exerts a notable short-run impact.

The error correction model confirms a self-adjusting mechanism. The study highlights the importance of cleaner production policies and increased investment in clean technologies to achieve sustainable development.

Keywords: 1; Economic Growth. 2; Structural Transformation. 3; Environmental Performance. 4; Cleaner Production. 5; ARDL Model. 6; Algeria.

JEL Classification Codes:Q56, O44, C22.

1. المؤلف المرسل: براحو حاج ملياني، جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان، الإيميل: hadj.berraho@univ-mosta.dz

Berraho Hadj Meliani, e.mail : hadj.berraho@univ-mosta.dz

1. مقدمة:

تشكل العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي أحد أهم الإشكالات التي حظيت باهتمام متزايد في الأدبيات الاقتصادية الحديثة، خاصة في ظل التحديات المرتبطة بالتغيرات المناخية واستنزاف الموارد الطبيعية. فبينما يسعى الاقتصاد إلى تحقيق معدلات نمو مرتفعة، غالبا ما يكون ذلك على حساب البيئة من خلال زيادة الانبعاثات الملوثة وتدهور جودة الموارد، وهو ما يطرح إشكالية تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الاقتصادية والاستدامة البيئية.

وفي هذا السياق، برزت مقاربة الإنتاج الأنظف كإطار مفاهيمي يهدف إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل الآثار البيئية السلبية للأنشطة الإنتاجية، من خلال اعتماد تكنولوجيات نظيفة وأساليب إنتاج أكثر استدامة. ولا ينظر إلى هذه المقاربة كمتغير قياسي مباشر فقط، بل كمنظور تحليلي يساهم في تفسير كيفية انتقال الاقتصادات من أنماط نمو ملوثة إلى أنماط أكثر توافقا مع البيئة.

في حالة الجزائر، يكتسي هذا الموضوع أهمية خاصة نظرا لاعتماد الاقتصاد بشكل كبير على الموارد الطاقوية التقليدية، وما يترتب بذلك من ضغوط بيئية متزايدة. كما عرف الاقتصاد الجزائري خلال العقود الأخيرة عدة تحولات هيكلية، سواء على مستوى السياسات الاقتصادية أو بفعل الصدمات الخارجية، وهو ما يجعل دراسة تأثير هذه التحولات على الأداء البيئي مسألة ذات أهمية علمية وعملية.

انطلاقا مما سبق، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين النمو الاقتصادي والتحولات الهيكلية والأداء البيئي في الجزائر خلال الفترة (1980–2022)، وذلك باستخدام نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة (ARDL) الذي يسمح بدراسة الديناميكيات قصيرة وطويلة الأجل بين المتغيرات. وتعتمد الدراسة مؤشرا يعكس الكفاءة البيئية كمقياس للأداء البيئي، إلى جانب الناتج المحلي الإجمالي كمؤشر للنمو الاقتصادي، ومتغير وهمي لتمثيل التحولات الهيكلية.

وتتمحور إشكالية الدراسة حول التساؤل التالي:

إلى أي مدى تؤثر التحولات الهيكلية في العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي في الجزائر؟

وللإجابة عن هذه الإشكالية، تنطلق الدراسة من الفرضيات التالية:

- الفرضية الأولى: وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي؛
- الفرضية الثانية: تلعب التحولات الهيكلية دورا مؤثرا في تفسير التغيرات البيئية؛
- الفرضية الثالثة: يمكن تفسير تحسن الأداء البيئي في ضوء مقاربة الإنتاج الأنظف كإطار تحليلي.

وتكمن أهمية هذه الدراسة في مساهمتها في إثراء الأدبيات التطبيقية حول العلاقة بين النمو الاقتصادي والبيئة في الجزائر، مع إبراز دور التحولات الهيكلية كعامل مفسر لهذه العلاقة، واعتماد مقاربة الإنتاج الأنظف كمنظور تحليلي لفهم ديناميكيات التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة.

حظيت العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي باهتمام واسع في الأدبيات الاقتصادية، خاصة في إطار السعي إلى تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية والاستدامة. وقد ركزت الدراسات الأولى على اختبار فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC)، التي تفترض وجود علاقة غير خطية بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي، حيث يتزايد التلوث في المراحل الأولى من النمو قبل أن يبدأ في الانخفاض مع تحسن مستويات الدخل والتقدم التكنولوجي (**Grossman & Krueger, 1995؛ Stern, 2004**).

ومع تطور الأدبيات، أظهرت الدراسات الحديثة أن هذه العلاقة أكثر تعقيدا مما تفترضه الصيغة التقليدية لمنحنى كوزنتس، حيث توصلت بعض الأبحاث إلى وجود أشكال غير خطية متعددة مثل الشكل (N) أو (U) المعكوس، وهو ما يعكس تعدد مراحل تأثير النشاط الاقتصادي على البيئة واختلافها باختلاف مستويات التنمية وعدم اليقين الاقتصادي **(Zhu, et al., 2024)** . كما بينت دراسات أخرى أن العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتأثر بعوامل إضافية تتجاوز مستوى الدخل، مما يحد من صلاحية التفسير الأحادي القائم على النمو الاقتصادي فقط.

وفي هذا السياق، برز اتجاه حديث في الأدبيات يركز على دور العوامل المؤسسية والتكنولوجية في تحسين الأداء البيئي، حيث أظهرت دراسة **(Ben Youssef & Dahmani, 2024)** باستخدام نموذج **CS-ARDL** أن الرقمنة والسياسات الجبائية البيئية تلعب دورا مهما في تقليل الانبعاثات وتحسين جودة البيئة. كما أكدت دراسات أخرى أن الانفتاح التجاري الأخضر وجودة المؤسسات والاستثمار في البحث والتطوير تمثل محددات أساسية لتعزيز الاستدامة البيئية والحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون **(Almulhim, Qamruzzaman, & Aljughaiman, 2025)**.

ومن جهة أخرى، ركزت مجموعة من الدراسات القياسية الحديثة على دور استهلاك الطاقة والابتكار التكنولوجي في تفسير التدهور البيئي، حيث بينت أن التوسع الاقتصادي المعتمد على الطاقة التقليدية يؤدي إلى تفاقم الضغوط البيئية، خاصة في الدول النامية التي لم تصل بعد إلى نقطة التحول البيئي **(Manzoor, Majeed, & Pervaiz, 2025)** . في المقابل، يمكن للابتكار

التكنولوجي والسياسات البيئية الفعالة أن تخفف من هذه الآثار السلبية وتساهم في تحقيق التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة (Zhang, et al., 2023) .

وفي إطار أكثر حداثة، أولت الأدبيات اهتماما متزايدا لدور التحولات الهيكلية في تفسير العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي، حيث تشير الدراسات إلى أن هذه التحولات، سواء كانت تدريجية ناتجة عن إعادة هيكلة الاقتصاد أو فجائية مرتبطة بصدمات اقتصادية، تؤثر بشكل مزدوج على البيئة. فقد يكون لها تأثير سلبي في الأجل القصير نتيجة تكثيف النشاط الاقتصادي أو التحولات الصناعية، لكنها تساهم في تحسين الأداء البيئي في الأجل الطويل من خلال تعزيز الكفاءة واعتماد تكنولوجيات أنظف (Li, et al., 2023) .

وفي نفس الاتجاه، تؤكد أدبيات حديثة أن الانتقال نحو نماذج إنتاج أكثر استدامة، مثل مقاربة الإنتاج الأنظف (Cleaner Production)، يمثل أحد الآليات الأساسية لفصل النمو الاقتصادي عن التدهور البيئي (decoupling)، حيث يساهم في تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل النفايات والانبعاثات عبر مختلف مراحل العملية الإنتاجية (Sun & Qamruzzaman, 2025).

ورغم هذا الزخم في الأدبيات، يلاحظ أن معظم الدراسات ركزت على تحليل العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي في إطار نماذج تقليدية، مع إهمال نسبي لدور التحولات الهيكلية كمتغير تفسيري ديناميكي، خاصة في سياق الاقتصادات النامية المعتمدة على الموارد الطبيعية. كما أن الدراسات التطبيقية التي تجمع بين النمو الاقتصادي والتحولات الهيكلية والأداء البيئي في حالة الجزائر تبقى محدودة، رغم خصوصية هذا الاقتصاد من حيث اعتماده على قطاع الطاقة وتعرضه لصدمات خارجية متكررة.

وانطلاقا من ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال تحليل العلاقة الديناميكية بين النمو الاقتصادي والتحولات الهيكلية والأداء البيئي في الجزائر باستخدام نموذج ARDL، مع توظيف مقاربة الإنتاج الأنظف كإطار تحليلي لفهم مسار الانتقال نحو اقتصاد أكثر استدامة.

2.الإطار النظري لمتغيرات قيد الدراسة

1.2 مفهوم الأداء البيئي والكفاءة البيئية:

يعد الأداء البيئي أحد المؤشرات الأساسية لتقييم مدى قدرة الاقتصاد على تحقيق النمو مع الحد من الأضرار البيئية، ويقاس عادة من خلال مستويات الانبعاثات الملوثة، وعلى رأسها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، أو من خلال مؤشرات مركبة تعكس كفاءة استخدام الموارد. وفي هذا السياق، برز مفهوم الكفاءة البيئية (Environmental Efficiency) الذي يعكس

قدرة الاقتصاد على تحقيق مستوى معين من الإنتاج مع تقليل الانبعاثات، أي تحقيق أكبر قدر ممكن من الناتج الاقتصادي مقابل وحدة واحدة من التلوث (Fare, Grosskopf, & Lovell, 1994).

2.2 النمو الاقتصادي وعلاقته بالأداء البيئي:

يمثل النمو الاقتصادي أحد المحددات الرئيسية للأداء البيئي، حيث يرتبط توسع النشاط الاقتصادي بزيادة استهلاك الموارد الطبيعية والطاقة، مما يؤدي إلى ارتفاع مستويات التلوث في المراحل الأولى من التنمية. وقد تم تفسير هذه العلاقة في إطار فرضية منحنى كوزنتس البيئي (Environmental Kuznets Curve - EKC)، التي تفترض وجود علاقة غير خطية بين الدخل والتدهور البيئي، حيث يتزايد التلوث مع ارتفاع الدخل في المراحل الأولى، ثم يبدأ في الانخفاض بعد بلوغ مستوى معين من التنمية نتيجة التقدم التكنولوجي وتحسن الوعي البيئي.

غير أن الأدبيات الحديثة تشير إلى أن هذه العلاقة ليست حتمية أو موحدة، بل تختلف باختلاف هيكل الاقتصاد، ومستوى التطور التكنولوجي، ونوعية السياسات البيئية المعتمدة. فالنمو الاقتصادي قد يؤدي إلى تحسين الأداء البيئي في حال اقترانه بتبني تكنولوجيات نظيفة، أو قد يزيد من التدهور البيئي إذا كان قائما على استهلاك مكثف للطاقة التقليدية (Grossman & Krueger, 1995).

3.2 التحولات الهيكلية كعامل مفسر ديناميكي

تعد التحولات الهيكلية من العوامل الحاسمة في تفسير التغيرات التي تطرأ على العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي، حيث تشير إلى التغيرات التي تحدث في بنية الاقتصاد، سواء على مستوى توزيع الأنشطة بين القطاعات (الزراعة، الصناعة، الخدمات)، أو على مستوى أنماط الإنتاج والتكنولوجيا المستخدمة.

ويمكن أن تأخذ هذه التحولات طابعا تدريجيا، كما في حالة الانتقال من اقتصاد صناعي إلى اقتصاد خدماتي، أو طابعا فجائيا نتيجة صدمات اقتصادية أو تغيرات في السياسات. وفي كلا الحالتين، يكون لهذه التحولات تأثير مزدوج على البيئة، إذ قد تؤدي في الأجل القصير إلى زيادة التلوث نتيجة إعادة هيكلة النشاط الاقتصادي، لكنها تساهم في الأجل الطويل في تحسين الكفاءة البيئية من خلال اعتماد تكنولوجيات أكثر نظافة وتعزيز كفاءة استخدام الموارد.

ومن هذا المنطلق، فإن إدماج التحولات الهيكلية في النماذج القياسية يسمح بفهم أفضل للديناميكيات المعقدة التي تحكم العلاقة بين النمو الاقتصادي والبيئة، خاصة في الاقتصادات التي تعرف تقلبات هيكلية متكررة(Perron, 1989) .

4.2 مقاربة الإنتاج الأنظف كإطار تحليلي

تمثل مقاربة الإنتاج الأنظف (**Cleaner Production**) أحد أهم الاتجاهات الحديثة في الاقتصاد البيئي، حيث تقوم على تبني استراتيجيات وقائية تهدف إلى تقليل التأثيرات البيئية للأنشطة الإنتاجية من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد، وتقليل النفايات والانبعاثات، واعتماد تكنولوجيات إنتاج نظيفة عبر مختلف مراحل دورة حياة المنتج.

ولا تقتصر أهمية هذه المقاربة على بعدها التقني، بل تمتد لتشمل بعدها الاقتصادي، إذ تساهم في تحقيق ما يعرف بـ "فصل النمو الاقتصادي عن التدهور البيئي "(**Decoupling**)، من خلال تمكين الاقتصاد من تحقيق معدلات نمو مرتفعة دون زيادة موازية في التلوث. وفي هذا الإطار، تستخدم مقاربة الإنتاج الأنظف كإطار تحليلي لتفسير التحولات في العلاقة بين النشاط الاقتصادي والأداء البيئي، خاصة في ظل التحولات الهيكلية التي تعرفها الاقتصادات النامية (**Allenby & Graedel, 1995**).

5.2الإطار المفاهيمي للدراسة:

استنادا إلى ما سبق، يمكن تصور العلاقة بين متغيرات الدراسة في إطار مفاهيمي يقوم على أن النمو الاقتصادي يؤثر بشكل مباشر على الأداء البيئي، سواء بشكل إيجابي أو سلبي، في حين تلعب التحولات الهيكلية دورا وسيطا أو معدلا لهذه العلاقة. كما توفر مقاربة الإنتاج الأنظف إطارا تفسيريا لفهم كيفية انتقال الاقتصاد من نمط نمو ملوث إلى نمط أكثر استدامة.

وعليه، يمكن تلخيص العلاقة بين المتغيرات في أن:

- النمو الاقتصادي يمثل المحرك الأساسي للنشاط الاقتصادي؛
- الأداء البيئي يعكس مخرجات هذا النشاط؛
- التحولات الهيكلية تحدد طبيعة هذه العلاقة واتجاهها؛
- مقاربة الإنتاج الأنظف تفسر مسار التحول نحو تحسين الكفاءة البيئية.

3.المنهجية والنموذج القياسي

1.3المنهجية والنموذج القياسي:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، بالإضافة إلى المنهج القياسي لتحليل العلاقة بين النمو الاقتصادي والتحولات الهيكلية والأداء البيئي في الجزائر خلال الفترة (1980–2022). وتم الاعتماد على بيانات سنوية مستمدة من قواعد بيانات دولية موثوقة، على غرار البنك الدولي (World Development Indicators)، وذلك لضمان دقة وموثوقية البيانات المستخدمة.

وقد تم اختيار هذه الفترة الزمنية نظرا لما شهدته من تحولات اقتصادية وهيكلية مهمة في الاقتصاد الجزائري، مما يجعلها مناسبة لدراسة ديناميكيات العلاقة بين المتغيرات محل الدراسة.

1.3 توصيف متغيرات الدراسة

تعتمد الدراسة على ثلاثة متغيرات رئيسية، تتمثل فيما يلي:

- الأداء البيئي (ECO):

تم قياسه من خلال مؤشر يعكس الكفاءة البيئية، والمتمثل في نسبة الناتج المحلي الإجمالي إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (GDP/CO_2)، والذي يعكس قدرة الاقتصاد على تحقيق إنتاج أكبر مقابل مستويات أقل من التلوث.

- النمو الاقتصادي (LN_GDP):

تم استخدام اللوغاريتم الطبيعي للناتج المحلي الإجمالي الحقيقي كمؤشر للنمو الاقتصادي، وذلك لتقليل التباين وتحقيق استقرار السلسلة الزمنية.

- التحولات الهيكلية (D_SHIFT):

تم تمثيلها باستخدام متغير وهمي (**Dummy Variable**) يعكس صدمة سنة 2012 باعتبارها نقطة تحول هيكلي في الاقتصاد الجزائري، حيث تمثل هذه السنة محطة مفصلية في الجزائر تميزت بصدور وتفعيل الاستراتيجيات الوطنية الأولى للتحول الطاقوي وترقية الطاقات المتجددة، فضلا عن كونها ذروة الطفرة النفطية التي انعكست على مستويات الاستهلاك الكلي للطاقة والإنتاج الصناعي، مما يجعلها نقطة تحول هيكلي ملائمة للدراسة القياسية. حيث يأخذ القيمة (1) خلال سنة الصدمة وما بعدها، و(0) فيما عدا ذلك.

2.3 النموذج القياسي للدراسة

بناء على الإطار النظري والدراسات السابقة، يمكن صياغة النموذج القياسي للدراسة على النحو التالي:

حيث:

$\boldsymbol{ECO_t}$: مؤشر الأداء البيئي

$\boldsymbol{LN_GDP_t}$: النمو الاقتصادي

$\boldsymbol{D_SHIFT_t}$: التحولات الهيكلية

$\boldsymbol{\varepsilon_t}$: حد الخطأ العشوائي

3.3 منهجية التقدير (نموذج ARDL)

تم الاعتماد على نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة (ARDL) الذي طوره Pesaran et al. (2001)، نظرا لملاءمته في حالة:

- وجود متغيرات متكاملة من الدرجة (0)**L** و (1)**L** ؛
- صغر حجم العينة؛
- **القدرة على التمييز بين الأجلين القصير والطويل.**

ويتم تقدير نموذج ARDL وفق الصيغة التالية:

$$\Delta ECO_t$$

معادلة تقدير النموذج:

$$ECO$$

معادلة تصحيح الخطأ:

$$EC$$

أو يمكن كتابتها على الشكل:

$$I$$

4.3 اختبار التكامل المشترك (Bounds Test)

تم استخدام اختبار الحدود (**Bounds Test**) للتحقق من وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، حيث يتم مقارنة قيمة إحصائية **F** المحسوبة بالقيم الجدولية الدنيا والعليا.

الجدول (1): نتائج اختبار التكامل المشترك

Null hypothesis: No levels relationship

Number of cointegratingvariables: 2

Trend type: None (Case 1)

Samplesize: 42

Test Statistic	Value
F-statistic	8.079552955444758
t-statistic	-4.708297976286398

	10%		5%		1%	
Sample Size	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
			F-Statistic			

40	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000-1.000
45	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000-1.000
Asymptotic	2.170	3.190	2.720	3.830	3.880 5.300
			t-Statistic		
Asymptotic	-1.620	-2.680	-1.950	-3.020	-2.580-3.660

* I(0) and I(1) are respectively the stationary and non-stationary bounds.

المصدر: من إعداد الباحث باستعمال مخرجات Eviews13

تشير نتائج اختبار الحدود (Bounds Test) ضمن منهجية ARDL إلى رفض فرضية العدم القائلة بعدم وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات. حيث بلغت قيمة إحصائية F (8.079553)، وهي أعلى من الحد الأعلى للقيم الحرجة I(1) عند مستوى معنوية 1% (5.30)، مما يدل على وجود تكامل مشترك بين المتغيرات محل الدراسة. كما تدعم إحصائية **t** هذه النتيجة، إذ بلغت (4.708298-)، وهي أقل من الحد الأدنى للقيمة الحرجة عند مستوى 1% (3.66-)، ما يعزز رفض فرضية العدم.

وعليه، يمكن الاستنتاج بوجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغير التابع ECO والمتغيرات التفسيرية LN_GDPو D_SHIFT. وتؤكد هذه النتيجة ملاءمة استخدام نموذج تصحيح الخطأ (ECM) لتحليل الديناميكيات قصيرة وطويلة الأجل، كما تدعم صحة تقدير نموذج ARDL المختار. وتشير هذه العلاقة إلى أن المتغيرات تتحرك معا على المدى الطويل رغم التقلبات قصيرة الأجل، وهو ما يعكس وجود توازن اقتصادي مستقر نسبيا بين هذه المتغيرات.

5.3 نموذج تصحيح الخطأ (ECM)

معادلة الأجل القصير:

$$\Delta ECO_t = 0.9209\Delta LN_GDP_t - 0.1136D_SHIFT_t - 0.5099ECM_{t-1}$$

حيث: $\boldsymbol{ECM(-1) = COINTEQ = -0.509863}$

معادلة الأجل الطويل: $\boldsymbol{ECO_t = 1.806LN_GDP_t - 0.223D_SHIFT_t}$

تشير نتائج تقدير نموذج تصحيح الخطأ (ECM) إلى وجود علاقة ديناميكية واضحة بين المتغيرات في الأجلين القصير والطويل. حيث جاء معامل تصحيح الخطأ (COINTEQ) سالبا ومعنويا إحصائيا عند مستوى 1%، إذ بلغ (0.5099-)، وهو ما يؤكد وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، كما يعكس سرعة تصحيح الاختلالات قصيرة الأجل نحو التوازن.

وتشير قيمة هذا المعامل إلى أن حوالي 50.9% من الانحراف عن التوازن طويل الأجل يتم تصحيحه خلال فترة واحدة (سنة)، **مما يدل على سرعة تعديل متوسطة نسبيا، حيث يحتاج** النظام إلى ما يقارب **فترتين للعودة إلى التوازن الكامل**.

أما فيما يتعلق بديناميكيات الأجل القصير، فقد أظهرت النتائج أن التغير في الناتج المحلي الإجمالي (ΔLN_GDP) **له تأثير موجب ومعنوي إحصائيا، حيث بلغ معامله** (0.9209)، مما يشير **إلى أن الزيادة في الناتج المحلي الإجمالي تؤدي إلى زيادة فورية في المتغير التابع** (ECO). في المقابل، أظهر المتغير الصدمى "التحولات الهيكلية" (D_SHIFT) تأثيرا سلبيا ومعنويا، مما يعكس وجود أثر **سلبي لهذه الصدمة على الأداء الاقتصادي في الأجل القصير**.

بصفة عامة، تؤكد هذه النتائج أن العلاقة بين المتغيرات ليست آنية فقط، بل تمتد إلى **المدى الطويل، مع وجود آلية تصحيح ذاتي فعالة تعيد التوازن عند حدوث أي صدمات اقتصادية**.

جدول (2): نتائج الأجل القصير ونموذج ECM

DependentVariable: D(ECO)

Method: ARDL

Sample: 1981 2022

Includedobservations: 42

Dependentlags: 4 (Automatic)

Automatic-lag linear regressors (4 max. lags): LN_GDP D_SHIFT

Deterministics: No constant and no trend (Case 1)

Model selection method: Akaike info criterion (AIC)

Number of modelsevaluated: 100

Selectedmodel: ARDL(1,1,0)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ECO(-1)*	-0.509863	0.108290	-4.708298	0.0000
LN_GDP(-1)	0.440864	0.093676	4.706268	0.0000
D_SHIFT**	-0.113649	0.024835	-4.576201	0.0000
D(LN_GDP)	0.920899	0.044546	20.67288	0.0000

R-squared	0.926562	Meandependent var	0.010912
Adjusted R-squared	0.920764	S.D. dependent var	0.126105
S.E. of regression	0.035497	Akaike info criterion	-3.748344
Sumsquaredresid	0.047881	Schwarz criterion	-3.582851

Log likelihood	82.71522	Hannan-Quinn criter.	-3.687684
F-statistic	159.8147	Durbin-Watson stat	1.711816
Prob(F-statistic)	0.000000		

* p-values are incompatible with t-bounds distribution.

** Zero-lag variable.

DependentVariable: D(ECO)

Method: ARDL

Sample: 1981 2022

Includedobservations: 42

Dependentlags: 4 (Automatic)

Automatic-lag linear regressors (4 max. lags): LN_GDP D_SHIFT

Deterministics: No constant and no trend (Case 1)

Model selection method: Akaike info criterion (AIC)

Number of modelsevaluated: 100

Selectedmodel: ARDL(1,1,0)

Variable	Coefficient	Std. Error
COINTEQ*	-0.509863	0.100939
D(LN_GDP)	0.920899	0.042513

R-squared	0.926562	Meandependent var	
Adjusted R-squared	0.924726	S.D. dependent var	
S.E. of regression	0.034598	Akaike info criterion	
Sumsquaredresid	0.047881	Schwarz criterion	
Log likelihood	82.71522	Hannan-Quinn criter.	
F-statistic	504.6781	Durbin-Watson stat	
Prob(F-statistic)	0.000000		

* p-values are incompatible with t-Bounds distribution.

المصدر: من إعداد الباحث باستعمال مخرجات Eviews 13

نلاحظ من الجدول عدم توافق قيم الاحتمالية التقليدية مع توزيع اختبار الحدود لإحصائية t. مما يدل على معنوية معاملات المتغيرات المتأخرة في المستوى ضمن نموذج **ARDL** لا

يتم الاستدلال عليها من قيم (**Prob**) الكلاسيكية، بل تستوجب المقارنة المباشرة مع القيم الحرجة للحدود الدنيا والعليا المقترحة من طرف (**Pesaran et al., 2001**)، وهو ما تم تأكيده في اختبار الحدود (**Bounds Test**) لضمان اتساق وموثوقية نتائج التكامل المشترك.

6.3 اختبارات التشخيص (Diagnostic Tests)

للتحقق من سلامة النموذج القياسي، تم إجراء مجموعة من الاختبارات، تشمل:

- اختبار الارتباط الذاتي (Breusch-Godfrey)

تم تطبيق اختبار Breusch-Godfrey للكشف عن الارتباط التسلسلي في بواقي النموذج، حيث أظهرت النتائج أن قيم الاحتمال المرتبطة بكل من إحصائية F وإحصائية Chi-Square بلغت (0.2135) و(0.1780) على التوالي، وهي أعلى من مستوى المعنوية 5%. وعليه، لا يمكن رفض فرضية العدم التي تنص على عدم وجود ارتباط تسلسلي. وتشير هذه النتيجة إلى أن بواقي النموذج مستقلة زمنيا، مما يعزز من سلامة التقدير وكفاءة النموذج القياسي المستخدم، ويدعم موثوقية النتائج المتحصل عليها.

- اختبار عدم تجانس التباين (ARCH)

تم إجراء اختبار عدم تجانس التباين من نوع ARCH للتحقق من استقرار تباين الأخطاء العشوائية في النموذج القياسي، حيث تعد هذه الخاصية من الفرضيات الأساسية لضمان كفاءة التقديرات وصحة الاستدلال الإحصائي. وتشير نتائج الاختبار إلى أن قيمة إحصائية F بلغت (0.717) باحتمالية (0.402)، في حين بلغت قيمة (Obs*R-squared) حوالي (0.740) باحتمالية (0.389)، وهي قيم تفوق مستوى الدلالة المعتمد (5%).

وبناء على ذلك، لا يمكن رفض فرضية العدم التي تنص على عدم وجود أثر ARCH، مما يدل على غياب مشكلة عدم تجانس التباين في بواقي النموذج. كما تؤكد نتيجة معلمة المتغير المتأخر لمربعات البواقي (**1-**)($RESID^2$)، التي جاءت غير معنوية إحصائيا، هذا الاستنتاج.

وعليه، يمكن القول إن تباين الأخطاء العشوائية ثابت (Homoskedastic)، وهو ما يعزز من موثوقية النتائج المقدرة ويؤكد صلاحية النموذج القياسي المستخدم في تفسير العلاقة بين متغيرات الدراسة.

- اختبار التوزيع الطبيعي (Jarque-Bera)

تم اختبار فرضية التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج باستخدام اختبار Jarque-Bera، حيث بلغت القيمة الإحصائية (0.287) باحتمالية (0.8659)، وهي أكبر من مستوى المعنوية 5%، مما يدل على عدم رفض الفرضية الصفرية التي تفترض أن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي. كما أظهرت

قيم معامل الالتواء (Skewness) والتفرطح (Kurtosis) تقاربا من القيم المثالية، وهو ما يعزز فرضية التوزيع الطبيعي للبواقي، وبالتالي يؤكد سلامة النموذج من هذه الناحية.

- اختبار الاستقرار الهيكلي (CUSUM وCUSUMSQ)

تم اختبار استقرارية معاملات النموذج باستخدام اختباري CUSUMو CUSUMSQ، حيث أظهرت النتائج أن المنحنيات التراكمية تقع ضمن حدود الثقة عند مستوى معنوية 5% طوال فترة الدراسة، مما يدل على استقرار معاملات النموذج وعدم وجود تغيرات هيكلية. كما تعكس نتائج اختبار CUSUMSQ استقرار تباين الأخطاء، وهو ما يؤكد سلامة النموذج من حيث الاستقرارية الزمنية.

الجدول (3): نتائج الاختبارات التشخيصية

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	1.612109	Prob. F(2,36)	0.2135
Obs*R-squared	3.452386	Prob. Chi-Square(2)	0.1780

Test Equation:

DependentVariable: RESID

Method: ARDL

Sample (adjusted): 1981 2022

Includedobservations: 42 afteradjustments

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ECO(-1)	0.006841	0.139939	0.048883	0.9613
LN_GDP	0.016673	0.045368	0.367502	0.7154
LN_GDP(-1)	-0.022624	0.126722	-0.178535	0.8593
D_SHIFT	0.001943	0.029228	0.066488	0.9474
RESID(-1)	0.132449	0.207021	0.639786	0.5264
RESID(-2)	-0.283349	0.173833	-1.630008	0.1118

R-squared	0.082146	Meandependent var	0.000258
Adjusted R-squared	-0.045334	S.D. dependent var	0.034173
S.E. of regression	0.034939	Akaike info criterion	-3.738881

Sumsquaredresid	0.043946	Schwarz criterion	-3.490642
Log likelihood	84.51650	Hannan-Quinn criter.	-3.647892
Durbin-Watson stat	1.762676		

HeteroskedasticityTest: ARCH

F-statistic	0.717245	Prob. F(1,39)	0.4022
Obs*R-squared	0.740410	Prob. Chi-Square(1)	0.3895

Test Equation:

DependentVariable: RESID^2

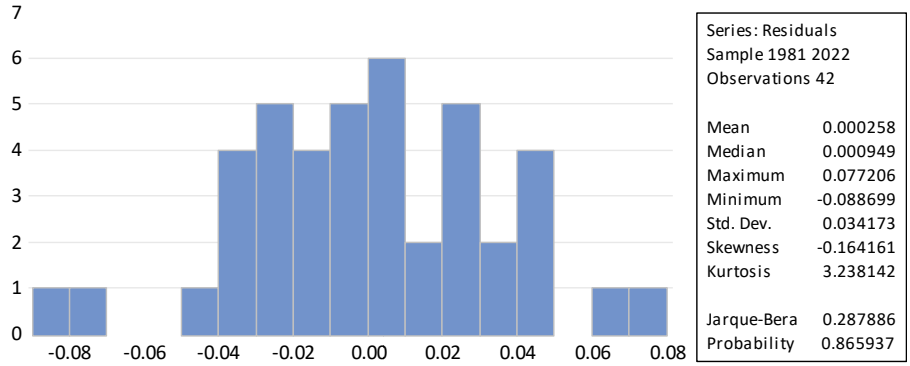
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 1982 2022

Includedobservations: 41 afteradjustments

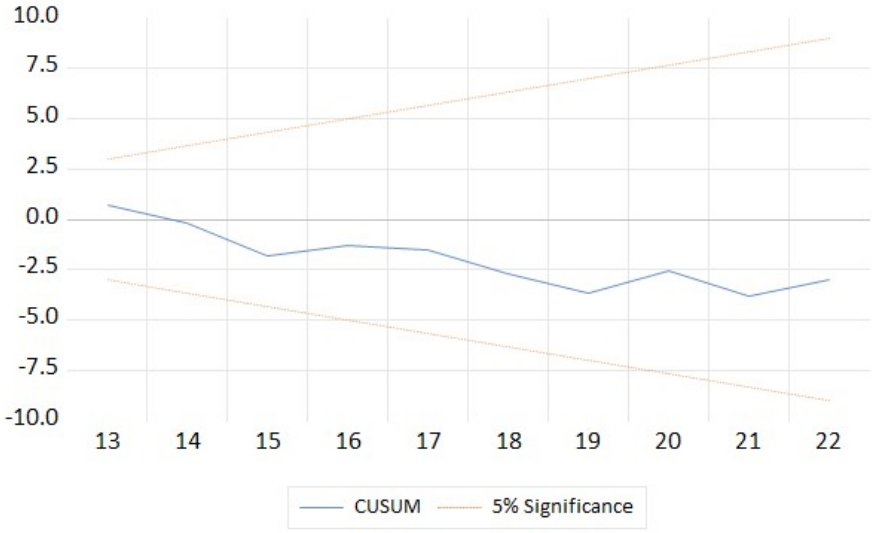
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001210	0.000315	3.844169	0.0004
RESID^2(-1)	-0.128531	0.151766	-0.846903	0.4022

R-squared	0.018059	Meandependent var	0.001061
Adjusted R-squared	-0.007119	S.D. dependent var	0.001667
S.E. of regression	0.001673	Akaike info criterion	-9.901024
Sumsquaredresid	0.000109	Schwarz criterion	-9.817435
Log likelihood	204.9710	Hannan-Quinn criter.	-9.870585
F-statistic	0.717245	Durbin-Watson stat	1.978362
Prob(F-statistic)	0.402216		



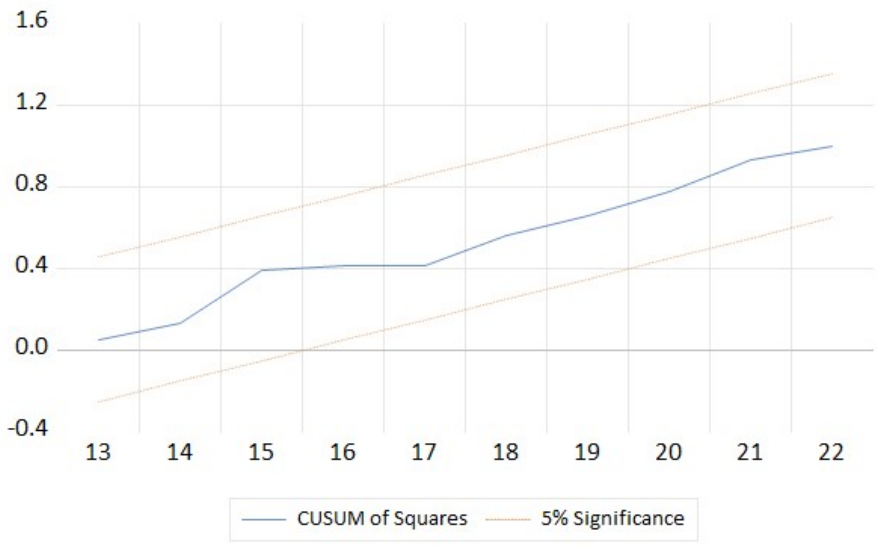
المصدر: من إعداد الباحث باستعمال مخرجات Eviews 13

الشكل (1): اختبار الاستقرار(CUSUM)



المصدر: من إعداد الباحث باستعمال مخرجات Eviews 13

الشكل (2): اختبار الاستقرار(CUSUMSQ)



المصدر: من إعداد الباحث باستعمال مخرجات Eviews 13

نلاحظ من الشكلين (1) و(2) استقرار ديناميكي لمعالم النموذج المقدر عبر الزمن، حيث يتبين بوضوح أن الخط التراكمي لإحصاءات الاختبارين يقع تماما داخل حدود الثقة الحرجة عند مستوى معنوية 5%. هذا الاستقرار البنيوي يؤكد غياب أي انكسارات عشوائية غير مفسرة في معلمات الأجلين القصير والطويل، مما يضفي صفة الموثوقية والصلاحية على النموذج للتنبؤ ورسم السياسات الاقتصادية والبيئية في الجزائر.

4. خاتمة:

في ختام هذه الدراسة، تم التوصل إلى أن العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي في الجزائر تتسم بالديناميكية والتعقيد، حيث يختلف تأثير النمو بين الأجلين القصير والطويل. وقد أكدت النتائج القياسية باستخدام نموذج ARDL وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، مما يشير إلى أن الاقتصاد الجزائري يتجه نحو تحقيق نوع من التوازن النسبي بين متطلبات التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة.

كما أبرزت الدراسة الدور المهم للتحولات الهيكلية في توجيه هذه العلاقة، حيث تبين أن التغيرات في هيكل الاقتصاد، سواء كانت تدريجية أو مرتبطة بصدمات اقتصادية، تؤثر بشكل ملحوظ على الأداء البيئي، خاصة في الأجل القصير. وقد أظهر نموذج تصحيح الخطأ وجود آلية تكيف تسمح بعودة النظام إلى حالة التوازن بعد حدوث اختلالات، وهو ما يعكس درجة من المرونة في الاقتصاد الجزائري.

ومن جهة أخرى، تشير النتائج إلى إمكانية تفسير تحسن الأداء البيئي في بعض الفترات في ضوء تبني ممارسات إنتاج أكثر كفاءة، تتماشى مع مبادئ الإنتاج الأنظف، خاصة فيما يتعلق بتحسين استخدام الموارد وتقليل الانبعاثات.

الإجابة على فرضيات الدراسة: في ضوء النتائج المتحصل عليها، يمكن تلخيص اختبار الفرضيات كما يلي

- الفرضية الأولى: تم تأكيدها، حيث أظهرت النتائج وجود تأثير موجب ومعنوي للنمو الاقتصادي على الأداء البيئي في الأجلين القصير والطويل.
- الفرضية الثانية: تم تأكيدها، إذ تبين أن التحولات الهيكلية تمثل عاملا مفسرا مهما للتغيرات في الأداء البيئي، خاصة في الأجل القصير، مع تأثير سلبي يعكس طبيعة الصدمات الاقتصادية.
- الفرضية الثالثة: تم تأكيدها بشكل غير مباشر، حيث تشير النتائج إلى أن تحسن الأداء البيئي يمكن تفسيره في إطار تبني ممارسات أقرب إلى مقاربة الإنتاج الأنظف.

وبالتالي، فإن نتائج الدراسة تدعم الفرضيات الثلاث، وتؤكد أن العلاقة بين النمو الاقتصادي والأداء البيئي في الجزائر تتأثر بشكل وثيق بكل من التحولات الهيكلية وأنماط الإنتاج المعتمدة.

وبناء على النتائج المتحصل عليها، تبرز أهمية تبني سياسات عمومية متكاملة تهدف إلى تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة في الجزائر، وذلك من خلال تعزيز الاستثمار في التكنولوجيات النظيفة وتحسين كفاءة استخدام الموارد بما يحد من الانبعاثات الملوثة. كما يتطلب الأمر إدماج البعد البيئي ضمن مختلف الاستراتيجيات التنموية، بما يضمن توجيه النشاط الاقتصادي نحو مسارات أكثر استدامة. وفي هذا السياق، يعد دعم التحول نحو الطاقات المتجددة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية من بين الأولويات الأساسية، إلى جانب ضرورة تطوير الإطار التنظيمي والمؤسساتي المرتبط بحماية البيئة. كما ينبغي تشجيع الابتكار والبحث العلمي في مجالات الإنتاج النظيف، بما يسهم في تعزيز الكفاءة البيئية وتحقيق تنمية اقتصادية مستدامة على المدى الطويل.

5. قائمة المراجع:

(UNEP), U. N. (1989). *Cleaner production programme.* Nairobi.

Allenby, B., & Graedel, T. (1995). *Industrial Ecology.* (P. Hall, Éd.) Englewood Cliffs, NJ.

Almulhim, A., Qamruzzaman, M., & Aljughaiman, A. (2025). The influence of green trade openness, natural resources rent, institutional quality, and R&D investment on environmental sustainability in the OECD: Testing the EKC and LCC hypotheses. *Frontiers in Environmental Science, 13*, 1572439. doi:10.3389/fenvs.2025.1572439

Ben Youssef, A., & Dahmani, M. (2024). Assessing the Impact of Digitalization, Tax Revenues, and Energy Resource Capacity on Environmental Quality: Fresh Evidence from CS-ARDL in the EKC Framework. *Sustainability, 16*(2), 474. doi:10.3390/su16020474

Fare, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. (1994). *Production Frontiers.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Grossman, G., & Krueger, A. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics, 110*(2). doi:10.2307/2118443

Li, X., Wang, F., Al-Razgan, M., Awwad, E., Abduvaxitovna, S., Li, Z., & Li, J. (2023). Race to environmental sustainability: Can structural change, economic expansion and natural resource consumption effect environmental sustainability? A novel dynamic ARDL simulations approach. (Elsevier, Éd.) *Resources Policy, 86*. doi:10.1016/j.resourpol.2023.104044

Ma, S., Ding, W., Liu, Y., Zhang, Y., Ren, S., Kong, X., & Leng, J. (2024). Industry 4.0 and cleaner production: A comprehensive review of sustainable and intelligent manufacturing for energy-intensive manufacturing industries. (Elsevier, Éd.) *Journal of Cleaner Production, 467*. doi:10.1016/j.jclepro.2024.142879

Malik, F., & Qamruzzaman, M. (2025). Revisiting emissions: How economic structure, financial development, urbanisation, trade openness, and natural resource rent shape CO_2 and N_2O. (MDPI, Éd.) *Sustainability, 17*(11). doi:10.3390/su17114872

Manzoor, M., Majeed, M., & Pervaiz, B. (2025). Revisiting the Environmental Kuznets Curve: An ARDL–NARDL Analysis of Energy-Driven Growth and Carbon Emissions in Pakistan. *The Critical Review of Social Sciences Studies*. Récupéré sur https://thecrsss.com/index.php/Journal/article/view/988

Nimerenco, I., Leoveanu Soare, B., & Zanescu Panait, D. (2024). Assessment of the link between CO_2 emissions and socio-economic indicators. (B. U. Studies, Éd.) *Proceedings of the International Conference on Business Excellence, 18*. doi:10.2478/picbe-2024-0218

Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica, 57*(6). doi:10.2307/1913712

Suleman, S., Boukhris, M., Naz, S., Hadili, A., & Jahan, S. (2025). Labor, technology, and growth as determinants of CO_2 emissions: evidence from trade-intensive economies. *Discover Sustainability, 6*. doi:10.1007/s43621-025-01638-3

Sun, J., & Qamruzzaman, M. (2025). Technological innovation, trade openness, natural resources, clean energy on environmental sustainability: A competitive assessment between CO2 emission, ecological footprint, load capacity factor and inverted load capacity factor in BRICS+T. (F. Media, Éd.) *Frontiers in Environmental Science, 12*. doi:10.3389/fenvs.2024.1520562

Zhang, M., Wong, W.-K., Oanh, T., Muda, I., Islam, S., Hishan, S., & Abduvaxitovna, S. (2023). Regulating environmental pollution through natural resources and technology innovation: Revisiting the environmental Kuznets curve in China through quantile-based ARDL estimations. *Resources Policy*. doi:10.1016/j.resourpol.2023.103788

Zhu, Z., Jia, Q., Xie, S., Song, K., Zhang, T., Cai, R., & Wang, H. (2024). Estimating the impacts of economic globalization and natural resources on ecological footprints within the N-shaped EKC in the Next 11 economies. *Scientific Reports*. doi:10.1038/s41598-024-78461-9