

أثر انتاج الطاقات المتجددة في تعزيز البعد البيئي للتنمية المستدامة من خلال تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂، دراسة قياسية باستعمال نماذج البانال لكل من الجزائر، الصين، ألمانيا للفترة (2000-2023)

The impact of renewable energy production in achieving the environmental dimension of sustainable development by reducing carbon dioxide emissions CO₂, a standard study using panel models for Algeria, China, Germany for the period -2000-2023

أسماء حاجي¹، حنان عياد²

¹ جامعة 8 ماي 1945-قالمة، Hadji.asma@univ-guelma.dz

مخبر تنويع ورقمنة الاقتصاد الجزائري

² جامعة 8 ماي 1945-قالمة، Ayed.hanane@univ-guelma.dz

مخبر تنويع ورقمنة الاقتصاد الجزائري

تاريخ القبول: 2025/04/06

تاريخ الاستلام: 2025/02/01

ملخص: تهدف الدراسة إلى قياس أثر إنتاج الطاقات المتجددة في تحقيق البعد البيئي للتنمية المستدامة، من خلال تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂ باستخدام نماذج البانال لكل من الجزائر، الصين وألمانيا للفترة (2000-2023)، حيث اعتُبر إنتاج الطاقات المتجددة متغيرًا مستقلًا، بينما انبعاثات CO₂ المتغير التابع. توصلت النتائج وفقا لنموذج Panel -ardl باستعمال طريقة وسط المجموعات المدمجة PMG إلى وجود أثر سلبي معنوي بين إنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات CO₂ على المدى الطويل والقصير. حيث يؤدي زيادة إنتاج الطاقات المتجددة بنسبة 1% إلى انخفاض انبعاثات CO₂ بنسبة 0.05% و 0.01% على التوالي. كما أظهرت الدراسة وجود علاقة سببية في متجه واحد بين إنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات CO₂ مما يبرز أهمية العمل على تعزيز الاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة لتحقيق أحد أهداف التنمية المستدامة وهو الحد من التغيرات المناخية.

كلمات مفتاحية: الطاقات المتجددة، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂، PANAL- ARDL.

تصنيف JEL: Q42، Q53، C33.

Abstract: This study aims to measure the impact of renewable energy production on achieving the environmental dimension of sustainable development by reducing carbon dioxide emissions, using PANEL models for Algeria, China, and Germany (2000-2023), with renewable energy as the independent variable and CO₂ emissions as the dependent variable.

Results from the Panel-ARDL model using PMG show a significant negative link between renewable energy and CO₂ emissions in both long and short term. A 1% rise in renewable energy cuts CO₂ emissions by 0.05% and 0.01%, respectively.

The study showed a one-way causality from renewable energy to CO₂ emissions, stressing the importance of investing in renewables to achieve the sustainable development goal of mitigating climate change.

Keywords : Renewable Energy, Carbon Dioxide (CO₂) Emissions, PANAL-ARDL.

Jel Classification Codes : Q42 ,Q53 ,C33.

1. مقدمة :

التحولات المناخية المتسارعة جعلت العالم يواجه تحديات غير مسبوقة، تفرض إعادة التفكير في أسس التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وقد برزت التنمية المستدامة كخيار استراتيجي لتحقيق توازن دقيق بين متطلبات النمو الاقتصادي وضرورة حماية البيئة، من خلال مقارنة شمولية تجمع بين الأبعاد الاقتصادية، الاجتماعية، والبيئية. وفي هذا الإطار، أدى التوسع السكاني إلى تصاعد الطلب على الطاقة، مما زاد من الضغوط على المنظمات الدولية للبحث عن حلول طاقة بديلة تسهم في خفض الانبعاثات الكربونية والحد من الاختلالات البيئية الناجمة عن التغيرات المناخية. مما لا شك فيه أن التحول نحو الطاقة المتجددة أصبح ضرورة ملحة لتحسين جودة البيئة والحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، (الدليمي، 2018، صفحة 2) بما يضمن الاستدامة الاقتصادية والبيئية بعيداً عن الارتهاق للطاقة الأحفورية. وقد أثبتت الأزمات العالمية، كالحرب الروسية-الأوكرانية، هشاشة الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري، حيث أدى انكماش إمدادات الطاقة الروسية إلى تضيق الخناق على الاتحاد الأوروبي. فوفقاً لبيانات شركة "يور إلكتريك"، شهدت انبعاثات قطاع الطاقة في الاتحاد الأوروبي انخفاضاً بنسبة 13% خلال 2024 مقارنة بـ 2023، إذ تراجعت من 542 مليون طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون إلى 471 مليون طن (إسماعيل، 2025)، ويُعزى ذلك إلى زيادة الاعتماد على الطاقات المتجددة، إلى جانب الاضطرابات في سلاسل الإمداد العالمية وارتفاع أسعار الطاقة. في المقابل، يثير استهلاك الطاقة الأحفورية في الاقتصادات الناشئة، كالصين، القلق، حيث يساهم الوقود الأحفوري بنحو 82% من الاستهلاك العالمي للطاقة بمعدل نمو سنوي بلغ 1.1% (شوقي، 2023). هذه المعطيات تُبرز الحاجة الملحة لتسريع الانتقال لمصادر الطاقة المتجددة على المستوى العالمي.

1.1. إشكالية الدراسة:

ما هو أثر إنتاج الطاقات المتجددة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂ لكل من الجزائر، ألمانيا والصين خلال الفترة (2000-2023)؟

للإجابة على التساؤل الرئيسي قمنا بطرح الفرضيات التالية:

- 1- توجد علاقة توازنية طويلة الأجل بين إنتاج الطاقات المتجددة وبين انبعاثات CO₂.
- 2- يوجد أثر ذو دلالة معنوية بين إنتاج الطاقات المتجددة وبين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂ لكل من الجزائر ألمانيا، الصين خلال الفترة (2000-2023).

3- توجد علاقة سببية في متجهين بين إنتاج الطاقات المتجددة وبين انبعاثات CO₂.

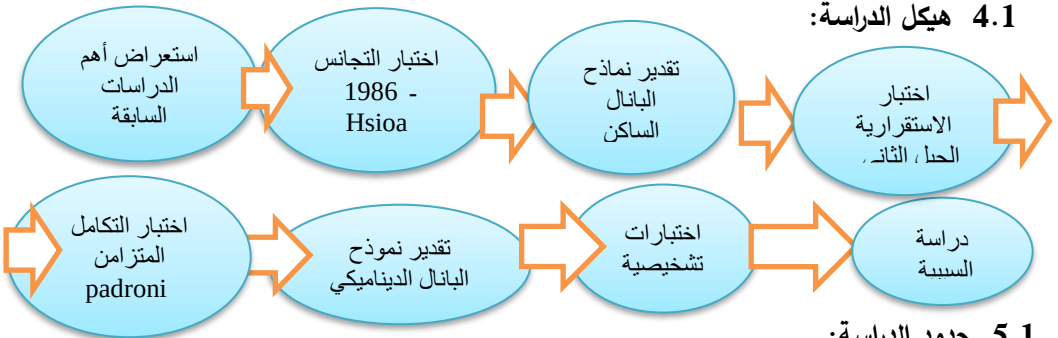
2.1 أهداف الدراسة:

- التعرف على مدى مساهمة إنتاج الطاقات المتجددة في تقليل انبعاثات CO₂ لعينة الدراسة.
- تقييم دور الطاقات المتجددة في الحد من الانبعاثات الكربونية.
- محاولة بناء نموذج قياسي يمكّن من معرفة نوع العلاقة بين إنتاج الطاقات المتجددة وبين انبعاثات CO₂ على عينة الدراسة المختارة.
- تقديم توصيات لدعم التحول نحو الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة.

3.1 منهجية الدراسة: تم الاعتماد على المنهج الاستنباطي، الذي يساعد على تحليل الاختبارات

القياسية واختبار صحة فرضيات الدراسة، وذلك بالاعتماد على نماذج البائل الساكن والديناميكي. بالإضافة الى المنهج المقارن في المقارنة بين دول العينة.

4.1 هيكل الدراسة:



5.1 حدود الدراسة:

- **الحدود المكانية:** اهتمت الدراسة بقياس أثر إنتاج الطاقات المتجددة على انبعاثات ثاني اوكسيد الكربون CO₂ في عينة الدراسة وهي كل من (الجزائر، الصين، ألمانيا).
- **الحدود الزمانية:** تتناول الدراسة الفترة 2000-2023. هي فترة طويلة تسمح بتحليل التغيرات طويلة الأجل، لفهم سياسات الطاقات المتجددة وتأثيرها على البيئة. فخلال هذه الفترة، شهدت الدول تغيرات في استراتيجية الطاقة وسياستها البيئية، ما وفر بيانات كافية لدراسة مقارنة شاملة.

2. الدراسات السابقة:

1.2 دراسة (Samuel Adams, 2019) بعنوان: "تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ هل الطاقة

المتجددة مهمة؟ Reducing carbon dioxide emissions; Does renewable energy

"matter" مقال في مجلة: Science of the Total Environment، المجلد 693 العدد 1.

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل تأثير الطاقات المتجددة في خفض انبعاثات CO₂ في 28 دولة أفريقية جنوب الصحراء الكبرى خلال الفترة 1980-2014. ولتحقيق ذلك، استخدم الباحث اختبار التكامل المشترك لبيانات البائل لتحديد طبيعة العلاقة بين الطاقة المتجددة والانبعاثات الكربونية.

أظهرت نتائج التقدير بطريقة المربعات الصغرى المعدلة بالكامل أن كلاً من الطاقة المتجددة وغير المتجددة تسهم في انبعاثات CO₂ على المدى الطويل، إلا أن الطاقة غير المتجددة وحدها كان لها تأثير إيجابي واضح على المدى القصير. كما كشفت النتائج أن زيادة استهلاك الطاقة غير المتجددة بنسبة 1% تؤدي إلى ارتفاع انبعاثات CO₂ بـ 1.07% على المدى القصير و 1.9% على المدى الطويل. علاوة على ذلك، تبين أن النمو الاقتصادي يؤدي إلى تفاقم التدهور البيئي، حيث تؤدي الزيادة في الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 1% إلى ارتفاع الانبعاثات بنسبة 1.3% في الأجل القصير و 1.82% في الأجل الطويل، في حين أن التحضر يحد من انبعاثات CO₂. كما أظهرت الدراسة أن الدول الأقل ديمقراطية أكثر عرضة للتلوث البيئي مقارنة بالدول الأكثر ديمقراطية، حيث لم يكن للطاقة غير المتجددة تأثير معنوي على المدى القصير في الدول الأكثر ديمقراطية.

2.2 دراسة: (Zeeshan Arshad, Margarita Robaina, Anabela Botelho, 2020) بعنوان

Renewable and Non-renewable Energy, Economic Growth and Southeast Asian Countries with CS-ARDL Modeling

وتأثير الموارد الطبيعية على جودة البيئة: أدلة تجريبية من دول جنوب وجنوب شرق آسيا

باستخدام نموذج CS-ARDL، مقال في مجلة: International Journal of Energy Economics and

policy، المجلد 1، العدد 5. تهدف هذه الدراسة إلى تقدير آثار النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة

المتجددة وغير المتجددة والموارد الطبيعية على انبعاثات الكربون للفترة 1990-2014، في 11

دولة، حيث تم تقسيم عينة الدراسة وبناء ثلاث نماذج لبيانات البائل: (أ) جميع دول عينة الدراسة،

(ب) دول جنوب آسيا و (ج) دول جنوب شرق آسيا، اشارت نتائج الدراسة لجميع العينة أن الطاقة

المتجددة وغير المتجددة لها علاقة طردية مع التنمية الاقتصادية، كما اشارت النتائج أيضا على

وجود علاقة طردية بين متغير النمو الاقتصادي ومتغير الطاقات غير المتجدد مع انبعاثات CO₂، ووجود علاقة عكسية بين الطاقة المتجددة وانبعاثات CO₂. أي أن الطاقات المتجددة تقلل من انبعاثات CO₂، في حين ساهمت الموارد الطبيعية في انبعاثات CO₂ في جميع عينة الدراسة وعينة جنوب آسيا، كما لوحظ وجود تكامل مشترك بين المتغيرات في جميع النماذج لبيانات البانل الثلاث. 3.2 دراسة (بابوش، الحاج خليفة، جيلالي مزواغي، حميش، 2020) بعنوان: "دراسة العلاقة بين استخدام الطاقات المتجددة وابعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة الممتدة بين: 1990-2014، مقال في مجلة: مجلة بحوث متقدمة في الاقتصاد: المجلد 1، العدد: 1.

سعت هذه الدراسة الى تحديد مدى ارتباط التحول لاستخدام الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة (الاقتصادي، الاجتماعي، البيئي) في الجزائر خلال الفترة الممتدة من 1990 الى غاية 2014، باستخدام نماذج الانحدار البسيط وبرنامج SPSS22، خلصت الدراسة الى تحديد مستوى العلاقة بين التحول لاستخدام الطاقات المتجددة والبعد الاقتصادي للتنمية المستدامة ممثلة في الناتج المحلي الاجمالي، كما خلصت الى انعدام العلاقة بين استهلاك الطاقات المتجددة والبعد الاجتماعي ممثل بمؤشر التنمية البشرية، كما استخلصت أيضا وجود علاقة دالة احصائيا بين استخدام الطاقات المتجددة وبين البعد البيئي ممثل في انبعاث CO₂.

4.2 دراسة (طبيب سعيدة . رفاة عبد العزيز، 2023) بعنوان: "دراسة قياسية لمدى مساهمة استخدام الطاقات المتجددة في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة 1990-2019"، مقال في مجلة إيليزا للبحوث والدراسات، المجلد 8، العدد 1.

هدفت هذه الدراسة الى ابراز العلاقة بين استخدام مصادر الطاقات المتجددة وابعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة (2000-2019)، باستخدام برنامج Spss، حيث اعتمد الباحث على متغيرات متنوعة هي: متغير انبعاثات ثاني اكسيد الكربون CO₂ كمؤشر للبعد البيئي. بالإضافة الى استخدام الناتج المحلي الإجمالي GDP كمؤشر للنمو الاقتصادي، ومتغير البطالة CH كمؤشر للبعد الاجتماعي، وخلصت الدراسة الى وجود علاقة طردية بين النمو الاقتصادي وإنتاج الطاقات المتجددة، وعلاقة عكسية بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات CO₂، وتوصل الباحث ايضا الى أن إنتاج الطاقة المتجددة يؤثر في الناتج الداخلي الخام، وخلصت الدراسة الى ضرورة تشجيع الاستثمار في تكنولوجيا الطاقات المتجددة لتحقيق أهداف تخفيض الاثار المتسببة في التلوث.

5.2 دراسة (الوافي، 2019) بعنوان: "دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة بالدول العربية- إشارة لحالة الجزائر"، مقال منشور في مجلة: مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، المجلد 2 العدد 4. هدفت هذه الدراسة إلى إبراز دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية عامة والجزائر خاصة، من خلال الاستثمار وإقامة المشاريع في مجال الطاقات المتجددة النظيفة والصديقة للبيئة والمتجددة باستمرار كبديل للطاقات التقليدية القابلة للنفاذ والنضوب كخيار استراتيجي فعال لضمان أمن طاقتي مستدام لتلبية الاحتياجات الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية للأجيال الحالية والمحافظة على حقوق الأجيال المستقبلية. وخلصت الدراسة الى ضرورة الاهتمام بالطاقات المتجددة من أجل تحقيق التنمية المستدامة.

3. الجانب التطبيقي:

1.3 النموذج المناسب لبيانات الدراسة :

تهدف الدراسة إلى بناء نموذج قياسي باستخدام بيانات بائل، والتي تحتوي على بعدين: بعد زمني (T) وعدد الدول (N) تم اختيار 3 دول (الجزائر، ألمانيا، الصين) خلال الفترة من 2000 إلى 2023، مما يحقق حجم عينة قدره 72 (N=3) و (T=24) سيتم تطبيق اللوغاريتم على البيانات لتقليل التقلبات وتحسين دقة التحليل.

في المرحلة الأولى، سيتم استخدام نماذج البائل الساكنة الثلاثة REM، FEM، POLS للمقارنة وتحديد النموذج الأنسب. سنقوم أولاً باختبار وجود أثر فردي باستخدام اختبار فيشر، الذي يفترض عدم وجود أثر فردي. بعدها، سننتقل إلى تقدير العلاقة باستخدام نماذج البائل الديناميكي لدراسة الأثر في المدى القصير والطويل. . (Badi H. Baltagi, 2023, pp. 2-3)

سيتم صياغة النموذج من خلال النظرية الاقتصادية، وكذا من خلال الدراسات السابقة وما توفره من فرضيات وعوامل تدخل في دراسة الظاهرة، وهذا من أجل تحديد العلاقة الرياضية التي تربط بين المتغير المستقل والتابع، حيث تتمحور هذه الدراسة حول أثر إنتاج الطاقات المتجددة في تحقيق البعد البيئي للتنمية المستدامة من خلال تقليل انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون CO₂، دراسة قياسية باستعمال نماذج البائل لكل من الجزائر، الصين وألمانيا، للفترة (2000-2023).

3.2 النتائج ومناقشتها:

1.2.3 اختبار ارتباط بين المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة: يُعد اختبار الارتباط بين المقاطع

العرضية (CDS) أحد الأساليب الإحصائية الملائمة لتحليل متغيرات الدراسة، كما أشار (Rafael

E. De Hoyos, 2006, p. 483) وتشير نتائج الاختبارات المستخدمة لهذا الغرض إلى غياب الارتباط العرضي بين سلاسل المقاطع، وذلك استناداً إلى دلالة المعلمات المقدرة إحصائياً. حيث تؤدي قيم إحصائيات هذه الاختبارات إلى رفض فرضية العدم، مما يؤكد عدم وجود ارتباط عرضي بين السلاسل. الجدول أدناه يوضح النتائج التفصيلية لهذا الاختبار:

الجدول رقم 1: اختبار ارتباط المقاطع العرضية

المتغير	Breusch- Pagan LM	Pesaran Scaled LM	Pesaran Cd
المتغير المستقل			
انتاج الطاقات المتجددة	49.66	19.04	6.97
PE	0.00	0.00	0.00
المتغيرات التابعة			
انبعاثات ثاني اوكسيد	57.58	22.28	-2.18
الكربون CO ₂	0.00	0.00	0.00

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EViews.13

2.2.3 اختبار التجانس لـ HSIAO 1986 (Cheng, 1986): يهدف هذا الاختبار إلى قياس مدى

تجانس معلمات النموذج المقدّر باستخدام عينة مكونة من T ملاحظات N لـ مفردات. نفترض أن

$$y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

يفترض أن حد الأخطاء ε_{it} مستقلة ومتماثلة التوزيع بمتوسط معدوم وتباين يساوي σ_i^2 ، كما

يفترض أن معلمات النموذج α_i ، β_i يمكن أن تختلف في البعد الفردي ولكنها ثابتة على مدى الزمن. وبالتالي، يمكن لهذا النموذج الممثل بالمعادلة أن يأخذ عدة صيغ ممكنة على النحو التالي:

- تماثل الثوابت α_i وتطابق شعاع المعلمات β_i ، بحث أن: $\alpha_i - \alpha$ ، $\beta_i - \beta$.
وبالتالي نقول إنه لدينا سلسلة متجانسة. $V_i \in [1, N]$

- اختلاف الثوابت α_i واختلاف شعاع المعلمات β_i حسب الأفراد، ما يؤدي إلى رفض صيغة السلسلة.
- تطابق الثوابت α_i واختلاف شعاع المعلمات β_i بين المفردات، مما يعني أن جميع معلمات النموذج باستثناء الثوابت تختلف حسب الأفراد، وبالتالي نمتلك N نموذجاً مختلفاً.

- اختلاف الثوابت α_i وتطابق شعاع المعلمات β_i في فريديات المجموعة، بحيث إن $V_i \in \beta_i - \beta$ [1, N] لنحصل في هذه الحالة على نموذج التأثيرات الفردية.

من الناحية الاقتصادية، يسمح لنا اختيار التوصيف بدراسة ما إذا كان النموذج النظري

المدرس متطابقاً لجميع العينات أم إذا كانت هناك خصائص وميزات مختلفة لكل عينة.

الجدول رقم 2: نتائج اختبار التجانس لـ Hsiao, C. (1986)

Specification Tests of Hsiao (1986)

1 = Null Hypothesis : panel is homogeneous vs Alternative Hypothesis : H2
2 = Null Hypothesis : H3 vs Alternative Hypothesis : panel is heterogeneous
3 = Null Hypothesis : panel is homogeneous vs Alternative Hypothesis : panel is partially homogeneous

Hypotheses	F-Stat	P-Value
H1	1538.710	2.37E-64
H2	60.31713	1.27E-15
H3	1099.278	1.67E-52

his program has developed by Brahim KHOULED
university of Ouargla, Algeria

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EViews.13

بالاعتماد على نتائج اختبار Hsiao, C. (1986) للتجانس والظاهر في الجدول: تظهر القيمة الاحتمالية p-value المقابلة للإحصائية F1 والتي تساوي 0.00 أقل من 5% وعليه يتم رفض الفرضية العدمية H₀ وقبول الفرض البديل H₁ وبالتالي يُفترض وجود ارتباط بين التأثيرات في مقاطع الدراسة (الدول عينة الدراسة)، مما يجعل استخدام نموذج التأثيرات هو الخيار الملائم. بشكل عام، يقوم نموذج انحدار البائل على مجموعة من الفرضيات التي تضمن صلاحية النموذج في التنبؤ واختبار فرضيات الدراسة، خاصة فيما يتعلق بالمعاملات والثوابت.

بالاعتماد على إحصائية F2 تظهر القيمة الاحتمالية P-value لهذه الإحصائية التي تساوي 0.00 أقل من 0,05، وعليه يتم رفض الفرضية الصفرية H₀ لهذه الإحصائية.

■ إحصائية F3 تظهر القيمة الاحتمالية P-value لهذه الإحصائية التي تساوي 0,000، أقل

من 0,05، وعليه يتم رفض الفرضية الصفرية H₀ لهذه الإحصائية.

وعليه نقول أن هناك أثر فردي عشوائي بين بيانات الدراسة.

3.2.3 تحديد النموذج الملائم لبيانات: نحصل على نموذج البائل الخاصة بالمتغير انبعاثات CO₂:

$$lCO2 = a + \beta lPE_{i,t} + \mu_i + Y_t + \varepsilon_{i,t}$$

حيث تمثل:

- lPE: لوغاريتم إنتاج الطاقات المتجددة
- CO2: لوغاريتم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
- a: معلمة القاطع العام في النموذج
- β: معاملات المتغيرات التفسيرية.
- μ_i: الآثار أو الاختلافات المقطعية (cross-section effects) غير الملاحظة والتي تتفاوت من دولة إلى أخرى لكنها تظل ثابتة خلال الفترة الزمنية نفسها.

▪ Y_t : الآثار والاختلافات الزمنية (time effects) غير الملاحظة والمشاركة بين الدول محل الدراسة والتي تتغير عبر الزمن.

▪ $\varepsilon_{i,t}$: حد الخطأ العشوائي حيث يشترط فيه أن يكون مستقلا وموزعا بشكل متماثل.
يتحدد النموذج المناسب لطبيعة بيانات العينة بناءً على كيفية التعامل مع الآثار الفردية أو عدم التجانس غير الملاحظ. سيتم تقدير المعادلة المذكورة أعلاه باستخدام طريقة المربعات الصغرى. وبالنظر إلى بيانات الدراسة طويلة الأجل، نميز بين ثلاثة نماذج للبائل: النموذج الساكن (POOLED)، نموذج الأثر الثابت (MEF)، ونموذج الأثر العشوائي (MEA) يتم تقدير النموذجين الأولين باستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية، بينما يتم تقدير النموذج الثالث باستخدام طريقة المربعات الصغرى المعممة. بعد ذلك، نقوم بالمفاضلة بين النماذج لاختيار الأنسب.

الجدول رقم 3: تقدير النموذج الملائم لبيانات عينة الدراسة

المتغير التابع: انبعاثات ثاني اوكسيد الكربون CO ₂			
الفترة الزمنية: 2023/2000 T= 24 N= 03 عدد المشاهدات N*T=72			
المتغيرات التفسيرية	النموذج التجميعي	نموذج الاثر الثابت	نموذج الاثر العشوائي
انتاج الطاقات المتجددة PE	***- 0.11 (0.00)	*** -0.01 (0.00)	*** (-0.01) (0.00)
الحد الثابت	***4.00 (0.00)	***6.55 (0.00)	*** (6.54) (0.00)
R-squared	0.37	0.98	0.20
S.E.of regression	1.24	0.21	0.20
F-statistic	41.11	1176.58	18.60
Prob (F-statistic)	0.000	0.000	0.000

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EViews.13

(): تمثل الاحصائية المحسوبة لمقدرات المعالم لاختبار STUDENT

***, **, * تدل على مستوى المعنوية عند 1%, 5%, 10%.

4.2.3 المفاضلة بين النماذج الثلاثة المقدرة: في البداية، نعمل على تحديد ما إذا كان هناك أثر فردي ضمن بيانات عينة الدراسة أم لا. سنستخدم اختبار فيشر لهذا الغرض، حيث تفترض فرضية العدمية أن النموذج يناسب التجانس الكلي، أي عدم وجود أي أثر فردي في العينة المدروسة. تمثل إحصائية هذا الاختبار فيما يلي:

H_0 : نموذج الانحدار التجميعي هو النموذج المناسب H_1 : نموذج التأثيرات الثابتة أو العشوائية هو المناسب.

$$F_1 = \frac{(R2MNC - R2MC) / (N - 1)}{1 - R2MNC / (N \times T - n - k)}$$

حيث أن:

- N: يمثل عدد الأفراد (في حالتنا 3 دول).
- T: تمثل طول السلسلة الزمنية المقترحة في الدراسة (في حالتنا 24 سنة).
- K: عدد المتغيرات الخارجية في النموذج في دراستنا متغير مستقل واحد.
- R2FEM: يمثل معامل التحديد المضاعف اي في ظل فرضية العدم ، في هذه الحالة هو نموذج بدون أثر أي نموذج التجانس الكلي (R2FEM= 0.37) .
- R2PRM: يمثل معامل التحديد المضاعف للنموذج الغير مقيد أي في ظل الفرضية العكسية في هذه الحالة هو نموذج الأثر الثابت (R2PRM) = 0.98 .
- وعند تطبيق قانون فيشر تعطي لنا قيمة فيشر المحسوبة $F_c = 105.17$ ، أما الاحصائية المجدولة فقد بلغت $F_{tab}(1, 72) = 3.96$ ، وعليه نرفض الفرضية الصفرية بمستوى معنوية 5% ونقول أن هناك أثر فردي ضمن بيانات العينة.

5.2.3 اختبار تحديد نوعية الأثر:

- اختبار HAUSMAN: يعد إجراء اختبار فيشر والذي بين وجود أثر فردي نقوم بتحديد نوعية الأثر وهذا باستعمال اختبار هوسمان (HOUSMAN test) من أجل الاختيار بين نموذج الأثر الثابت أو الأثر العشوائي (Shahram Amini, 2012, pp. 6-7) ونتيجة هذا الاختبار كالتالي:
H₀: نموذج التأثيرات العشوائي هو الملائم / H₁: نموذج التأثيرات الثابتة هو الملائم.

الجدول رقم 4: نتائج اختبار Hausman

Correlated Random Effects - Hausman Test			
Pool: PAYS			
Test cross-section random effects			
Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	1.110068	1	0.2921

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج EViews.13

من خلال نتائج برنامج أفيزور EViews.13، وبناء على اختبار HAUSMAN، حيث نلاحظ أن الاحصائية المحسوبة $\text{square-Chi} = 1.11$ ، أقل من الاحصائية المجدولة التي تساوي 3.48، وهذا عند مستوى ثقة 0.05 ومنه نقبل الفرضية المدعومة أي أن نموذج التأثيرات العشوائي هو

الملائم لبيانات عينة الدراسة هو من نوع الأثر العشوائي MEF، وعليه يكون لكل مقطع أثر خاص به، ويمثل الجدول أدناه نتائج التأثيرات العشوائية للنموذج لكل دولة:

الجدول رقم 5: نتائج التأثيرات العشوائية للنموذج لكل دولة

الدولة	الأثر
الصين	1.927202
ألمانيا	-0.424948
الجزائر	-1.502254

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

نلاحظ اختلاف في الأثر الفردي العشوائي بين الدول محل الدراسة بين الأثر العشوائي الموجب والاثـر العشوائي السالب، حيث تم تسجيل أثر إيجابي من الصين بمقدار 1.92، كما تم تسجيل أثر فردي عشوائي سالب في كل من ألمانيا والجزائر على التوالي: (-0.42)، (-1.50).

6.2.3 تقييم نموذج التأثيرات العشوائية (MEF): بعد أن تبين أن النموذج المناسب هو نموذج التأثيرات العشوائية من خلال نتائج الاختبارات السابقة، وبناء عليه يمكن كتابة معادلة النموذج بالشكل التالي:

$$LCO2 = 6.54 - 0.01LEP_{it} + e_{it}$$

■ **التقييم الاقتصادي:** من خلال نتائج تقدير نموذج الأثر العشوائي الواردة في المعادلة السابقة، تبين ما يلي:

✚ توجد علاقة عكسية ومعنوية بين إنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات CO₂ حيث عند زيادة إنتاج الطاقات المتجددة بنسبة 1%، تنخفض انبعاثات CO₂ بنسبة 0.01%.

■ **التقييم الإحصائي:** يوضح معامل التحديد أن R² = 20% أن 20% من المتغيرات في المتغير التابع (انبعاثات CO₂) يمكن تفسيرها بواسطة المتغيرات المستقلة في النموذج. هذه النسبة تُعتبر متوسطة، بينما تُترك النسبة المتبقية ضمن هامش الخطأ.

✓ يشير اختبار فيشر إلى معنوية النموذج الكلي عند مستوى 5% ما يعني أن المتغيرات التفسيرية ككل قادرة على تفسير التغير في المتغير التابع (انبعاثات CO₂)، كما يظهر اختبار ستودنت أن إنتاج الطاقات المتجددة (Ep) له دلالة معنوية عند مستوى الثقة 5%.

✓ يشير اختبار دوربن واتسون (DW = 0.08) إلى وجود ارتباط ذاتي للأخطاء، مما يؤدي إلى عدم اتساق تقديرات المعلمات وضعف النموذج قياسياً. لذا، يُعتبر النموذج المقدر ببيانات البائل الساكن ضعيفاً، لكنه يظل قادراً على تقدير العلاقة على المديين القصير والطويل.

7.2.3 تقدير العلاقة في الأجلين القصير والطويل (نموذج البائل الديناميكي)

➤ استقرار السلاسل الزمنية واختبار جذور الوحدة لبائانات البائل: للتحقق من وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيرات الدراسة في الدراسات القياسية لابد أولاً من التأكد من استقرار السلاسل الزمنية. لأن عدم استقرارها قد يؤدي إلى تقديرات خاطئة تنتج عن مقدرات متحيزة. من بين أشهر اختبارات الاستقرار في نماذج البائل ما يلي: (Hashem Pesaran, 2003, pp. 53-74):

- اختبار: Levin, Lin et Chu (2002-LLC).
- اختبار: Im, Pesaran et Shin (2003-IPS).
- اختبار: ADF-Fisher X².
- اختبار: PP FISHER X².

الجدول رقم 6: اختبار جذر الوحدة لبائانات البائل

نتائج اختبار جذر الوحدة لبائانات البائل			
المتغير المستقل. والمتغير التابع			
LCO2	LPE	المتغيرات	
Levin, Lin et Chu (2002-LLC) ؛			
-0.18	0.29	معلمة الاختبار	المستوى
0.42	0.61	القيمة الاحتمالية	
-4.86	-4.31	معلمة الاختبار	الفرق الأول
0.00	0.00	القيمة الاحتمالية	
Im, Pesaran et Shin (2003-IPS)			
0.36	0.68	معلمة الاختبار	المستوى
0.64	0.75	الاحتمالية	
-4.70	-4.27	معلمة الاختبار	الفرق الأول
0.00	0.00	الاحتمالية	
ADF			
4.34	2.97	معلمة لاختبار	المستوى
0.50	0.81	الاحتمالية	
28.86	27.36	معلمة الاختبار	الفرق الأول
0.00	0.00	الاحتمالية	
PP FISHER X ²			

أثر إنتاج الطاقات المتجددة في تقليل انبعاثات CO₂ دراسة قياسية باستخدام نماذج البائل
(الجزائر الصين، ألمانيا: 2000-2023) أسماء حاجي / حنان عياد

5.68	3.21	معلمة الاختبار	المستوى
0.45	0.78	الاحتمالية	
31.54	27.49	معلمة الاختبار	الفرق الأول
0.00	0.00	الاحتمالية	
I(1)	I(1)	درجة التكامل	

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13 .

من خلال مخرجات برنامج EVEIWS.13، وبالاعتماد على اختبارات جذر الوحدة لبائانات البائل، نلاحظ أن المتغير المستقل (إنتاج الطاقات المتجددة) استقر عند الفرق الأول (1) كما استقر المتغير التابع (انبعاثات CO₂) أيضاً بعد أخذ الفرق الأول (1). بناءً عليه نقر بوجود تكامل بين البائانات. ولإثبات ذلك سيتم الاعتماد على اختبار التكامل المتزامن لبائانات البائل (PEDRONI) .

➤ علاقة التكامل المتزامن لبائانات البائل:

بعد التأكد من درجة تكامل معطيات Panel للمجموعة من خلال إجراء اختبارات جذر الوحدة، سنقوم الآن بالتحقق من إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن بين المتغيرات عبر تطبيق اختبار Pedroni في المرحلة الأولى، سيتم تطبيق اختبار (Pedroni, 1999, pp. 653-670)، الذي يأخذ بعين الاعتبار حالة عدم التجانس بين الدول. يقدم هذا الاختبار مجموعتين من الإحصائيات:

- المجموعة 1: تضم 4 إحصائيات لاكتشاف علاقة تكامل متزامن بين المتغيرات في كل دولة.
- المجموعة 2: تضم 3 إحصائيات محسوبة على أساس متوسطات الإحصائيات الفردية لجميع العينات، والتي تمكن من تحديد إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن بين الدول.

الجدول رقم 7: نتائج اختبارات PEDRONI، للتكامل المشترك

Pedroni Residual Cointegration Test				
Series: LPE LCO2				
Date: 01/16/25 Time: 17:15				
Sample: 2000 2023				
Included observations: 72				
Cross-sections included: 3				
Null Hypothesis: No cointegration				
Trend assumption: No deterministic trend				
User-specified lag length: 9				
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel				
Alternative hypothesis: common AR coeffs. (within-dimension)				
	Statistic	Prob.	Weighted Statistic	Prob.
Panel v-Statistic	0.470571	0.3190	0.326953	0.3719
Panel rho-Statistic	-0.613596	0.2697	-1.991110	0.0447
Panel PP-Statistic	-0.937134	0.1743	-2.630474	0.0078
Panel ADF-Statistic	-1.668412	0.0476	-2.228181	0.0129
Alternative hypothesis: individual AR coeffs. (between-dimension)				
	Statistic	Prob.		
Group rho-Statistic	0.613327	0.7302		
Group PP-Statistic	-2.775197	0.0079		
Group ADF-Statistic	-2.812421	0.0025		

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

- نتائج التكامل المشترك لاختبارات PEDRONI لمتغيرات الدراسة: تشير أغلب نتائج اختبارات PEDRONI للتكامل المشترك إلى وجود تكامل مشترك في 5 اختبارات، أظهرت 4 اختبارات منها

أثر إنتاج الطاقات المتجددة في تقليل انبعاثات CO₂ دراسة قياسية باستخدام نماذج البائل (الجزائر الصين، ألمانيا: 2000-2023) أسماء حاجي / حنان عياد

وجود تكامل مشترك في البعد الداخلي (Within-Dimension) في حين أظهرت 2 منها وجود تكامل مشترك في البعد البيني (Between-Dimension) كما أن قيمة الاحتمال المصاحبة لكل اختبار كانت أقل من 5%، ما يعني قبول وجود علاقة تكامل متزامن بين المتغير المستقل (إنتاج الطاقات المتجددة) والمتغير التابع (انبعاثات CO₂).

- **درجة تكامل المتغيرات:** يهدف اختبار (BELLOMi) إلى التأكد من أن درجة تكامل المتغيرات ليست من الدرجة الثانية (2)I، وذلك لتجنب أخطاء التقدير. فوجود تكامل من الدرجة الثانية لا يسمح بتفسير نتائج اختبار F-stat المولدة من طرف Persaran وآخرين (2001)، (Stefano Bertelli, 2022, pp. 5-6) بعد إجراء اختبار الاستقرارية، كما هو يوضحه الجدول أدناه:

الجدول رقم 8: نتائج اختبار درجة التكامل لمتغيرات الدراسة

المتغيرات	عند المستوى At level	عند الفرق الأول At 1érddifference	درجة التكامل
إنتاج الطاقات المتجددة PE	غير مستقر	مستقر	I(1)
انبعاثات ثاني اوكسيد الكربون CO ₂	غير مستقر	مستقر	I(1)

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج: EVEIWS13

➤ **تقدير وتحليل نموذج البائل الديناميكي:** بعد دراسة تكامل المتغيرات المفسرة لإنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات CO₂، التي كانت من الدرجة (1)I، تم تقدير نموذج PANAL-ARDL لانبعاثات CO₂ باستخدام منهجية وسط المجموعة المدمجة (Pooled Mean Group-PMG) ونموذج وسط المجموعات (MG) وللمفاضلة بينهما، تم إجراء اختبار Hausman، حيث أظهر أن النموذج الأمثل هو Panel ARDL (1,1) وفقاً لمعيار AIC (معيار المعلومات الأكثر). تم تقدير العلاقة باستخدام نموذج Dynamic Panel ومنهجيتي PMG وMG، لتحليل الأثر على المديين القصير والطويل، إضافة إلى تقدير حد تصحيح الخطأ.

الجدول رقم 9: نتائج تقدير النماذج (1.1) panal -ardl pmg

Dependent Variable: D(LCO2) Method: ARDL Date: 01/17/25 Time: 15:30 Sample: 2001 2023 Included observations: 69 Number of cross-sections: 3 Dependent lags: 2 (Automatic) Automatic-lag linear regressors (1 max. lags): LPE Deterministics: Restricted constant and no trend (Case 2) Model selection method: Akaike info criterion (AIC) Number of models evaluated: 4 Selected model: PMG(1,1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Long-run (Pooled) Coefficients				
LPE	-0.538519	0.005927	-2.336988	0.0224
C	7.142339	0.188135	37.96400	0.0000
Short-run (Mean-Group) Coefficients				
COINTEQ	-0.061603	0.062572	-0.984505	0.0084
DLPE	-0.100561	0.000919	-0.118270	0.0062
Long likelihood	132.4549			

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج: EVEIWS13

الجدول رقم 10: نتائج تقدير النماذج panel – ardl mg

Estimation: Mean Group

Dependent Variable: D(LCO2) Method: ARDL Date: 01/16/25 Time: 17:40 Sample: 2001 2023 Included observations: 69				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Long-Run Coefficients				
LPE	0.028195	0.186645	0.151062	0.8804
C	8.520612	6.685406	1.274509	0.2069
Short-Run Coefficients				
COINTEQ	-0.058543	0.063964	-0.915263	0.3633
D(LPE)	0.001340	0.001601	0.836987	0.4056

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج Eviews13

➤ اختبار Hausman للمفاضلة بين PMG وMG: ستم المفاضلة بين الطريقتين وفقا لاختبار من نوع Hausman، فمن خلال الجدول أدناه تبين أن الاحتمالية المرافقة لاحصائية هذا الاختبار أكبر من 5%، وعليه فإن منهجية وسط المجموعة المدمجة. هي المنهجية الفعالة.

الجدول رقم 11: اختبار hausman للمفاضلة بين PMG وMG

PMG Hausman Specification Test Null hypothesis: Estimator is statistically similar to the PMG estimator			
Estimator	Stat.	DOF	p-Value
Mean Group	3.989465	2	0.1361

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج Eviews13

➤ التحليل في الأجل الطويل: أظهرت نتائج التقدير بطريقة PMG على العينة المدمجة وجود علاقة عكسية ومعنوية عند مستوى دلالة 5% بين إنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات CO₂ حيث إن زيادة إنتاج الطاقات المتجددة بنسبة 1% تؤدي إلى انخفاض انبعاثات CO₂ بنسبة 0.50%، مما يؤكد وجود تأثير معنوي طويل الأجل بين متغيرات الدراسة.

➤ حد تصحيح الخطأ: تم تقدير العلاقة قصيرة الأجل باستخدام نموذج تصحيح الخطأ (ECM) الذي يعتمد على تمثيل متغيرات الدراسة بصيغة الفروق من الدرجة الأولى. يتضمن هذا النموذج حد تصحيح الخطأ المتأخر بفترة زمنية واحدة فقط، حيث يُستخدم كمتغير تفسيري يعكس سرعة تصحيح الاختلالات التي تحدث في الأجل القصير لتحقيق التوازن في الأجل الطويل. في حال كان معامل تصحيح الخطأ يحمل إشارة سالبة مع دلالة معنوية أقل من 0.05، فإن ذلك يشير إلى وجود علاقة طويلة الأجل بين المتغيرات. وتُعبّر القيمة المطلقة لمعامل تصحيح الخطأ عن سرعة استعادة التوازن. ووفقاً لنتائج نموذج تصحيح الخطأ، كان حد تصحيح الخطأ يساوي $ECM = -0.06$ ، وهو معامل ذو دلالة معنوية عند مستوى 5% وإشارة سالبة. هذا يشير إلى وجود علاقة معنوية طويلة الأجل بين إنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات (CO₂).

➤ التحليل في الأجل القصير:

أظهرت عملية التقدير بطريقة PMG وسط المجموعة المدمجة في الأجل القصير وجود علاقة عكسية معنوية في الفترة T، حيث عند زيادة إنتاج الطاقات المتجددة بـ 1% ينقص نمو انبعاثات CO₂ بـ 0.01%، في حين تشير معنوية العلاقة على وجود أثر في المدى القصير.

➤ تقدير نموذج panel-ardl وحد تصحيح الخطأ لكل دولة:

بعد تقدير النموذج الكلي لعينة الدراسة (الدول) حيث تبين أن النموذج المناسب هو-PANAL (1.1) ARDL pmg، وعليه في هذا الجزء سيتم استخراج العلاقة في المدى القصير وحد تصحيح الخطأ لكل دولة على حدى:

الجدول رقم 12: العلاقة في المدى القصير وحد تصحيح الخطأ لكل دولة

Regressor	الصين	ألمانيا	الجزائر
Ec	-0.01 (0.00)	-0.18 (0.08)	-0.01 (0.00)
انتاج الطاقات المتجددة PE	-0.0005 (0.00)	-0.001 (0.00)	-0.001 (0.00)

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج: EViews13

(): الاحتمال المصاحب للاحصائية المحسوبة.

من الجدول أعلاه نلاحظ أن حد تصحيح الخطأ لكل دولة سالب وهذا يعني وجود الية تصحيحية في النموذج، كما نلاحظ معنوية المتغيرات التفسيرية عند مستوى 5% و 10%، ووجود علاقة عكسية بين إنتاج الطاقات المتجددة EP وبين انبعاثات CO₂، وهذا يعني وجود أثر لمتغيرات الدراسة في المدى القصير لكل الدول عينة الدراسة.

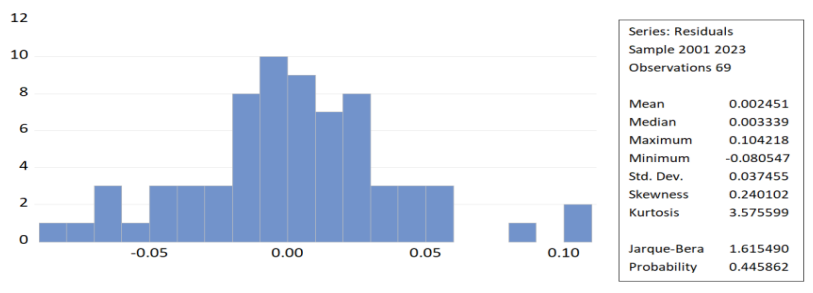
➤ اختبار جودة النموذج:

بالاعتماد على نموذج (1.1) ARDL، في تقدير الآثار قصيرة وطويلة الأجل ينبغي التأكد من جودة أداء هذا النموذج، وذلك باستعمال مجموعة من الاختبارات منها:

▪ اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي Histogram- normality Test:

قيمة Prob Jarque-Bera بلغت 0.44، وهي أكبر من مستوى المعنوية 0.05 وبناءً على ذلك، لا يمكن رفض فرضية العدم، مما يشير إلى أن البواقي لا تعاني من مشكلة التوزيع الطبيعي، أي أنها تتبع توزيعاً طبيعياً.

الجدول رقم 14: اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي Histogram- normality Test



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EViews.13

8.2.3 دراسة العلاقة السببية لبيانات البائل: حسب GRANGER 1988 إن اثبات وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين مجموعة متغيرات باختبار التكامل المشترك يستوجب على الأقل وجود علاقة سببية اتجاهية وحيدة على مستوى النموذج المدروس وعليه يجب تحديد العلاقات الاتجاهية.

الجدول رقم 13: اختبار السببية Pairwise Granger Causality test

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 01/16/25 Time: 18:13
Sample: 2000 2023
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
LPE does not Granger Cause LCO2	66	4.96108	0.0101
LCO2 does not Granger Cause LPE		1.32627	0.2730

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج EViews13

تظهر نتائج دراسة السببية على مستوى المتغيرات المدروسة وجود علاقة في متجه واحد: المتغير المستقل إنتاج الطاقات المتجددة بتجاه انبعاث CO₂ وهذا عند مستوى معنوية 5%.

4. تحليل النتائج واختبار صحة الفرضيات:

تهدف هذه الدراسة إلى قياس أثر إنتاج الطاقات المتجددة على تعزيز البعد البيئي للتنمية المستدامة من خلال تقليل انبعاثات CO₂، باستخدام نماذج البائل لكل من الجزائر، الصين، وألمانيا خلال الفترة (2000-2023). تم الاعتماد على نموذج PANEL-ARDL، الذي يدمج بين الأبعاد الفردية للدول والبعد الزمني، وتوصلت النتائج إلى ما يلي:

✓ أكد اختبار Hsiao (1986) وجود أثر فردي عشوائي بين بيانات الدراسة.

✓ أثبت اختبار Pedroni وجود علاقة تكامل مشترك بين إنتاج الطاقات المتجددة (EP) وزيادة

انبعاثات CO₂، مما يدعم صحة الفرضية الأولى.

✓ أظهر معيار AIC أن النموذج الأمثل هو (1,1) ARDL-PANEL، وتم تقديره باستخدام منهجية PMG وسط المجموعة المدمجة، التي أثبتت فعاليتها عبر اختبار Hausman في قياس

العلاقات قصيرة وطويلة الأجل، إضافة إلى تحليل حد تصحيح الخطأ.

- **التحليل في الأجل الطويل:** أظهرت تقديرات PMG وجود علاقة عكسية معنوية عند مستوى دلالة 5% بين إنتاج EP وانبعاثات CO₂، حيث أن زيادة EP بـ 1% تؤدي إلى انخفاض CO₂ بنسبة 0.50% وهذا يؤكد وجود أثر معنوي على المدى الطويل، ما يثبت صحة الفرضية الثانية.
- **حد تصحيح الخطأ:** يتم تقدير العلاقة قصيرة الأجل باستخدام نموذج تصحيح الخطأ (ECM) حيث تُعبر متغيرات الدراسة بصيغة الفروق من الدرجة الأولى. ويُستخدم حد تصحيح الخطأ المتأخر بفترة زمنية واحدة فقط كمتغير تفسيري، مما يسمح بتحديد سرعة تكيف الاختلالات قصيرة الأجل نحو التوازن طويل الأجل. فإذا كان معامل تصحيح الخطأ ذا إشارة سالبة وكان معنويًا عند مستوى احتمالية أقل من 0.05، فإن ذلك يشير إلى وجود علاقة طويلة الأجل بين المتغيرات. وتُعبّر القيمة المطلقة لمعامل تصحيح الخطأ عن سرعة استعادة التوازن. وقد أظهرت نتائج اختبار نموذج تصحيح الخطأ والعلاقة قصيرة الأجل أن حد تصحيح الخطأ يساوي $ECM = -0.06$ ، وهو معامل سالب ومعنوي عند مستوى 5%، مما يدل على معنوية العلاقة طويلة الأجل بين إنتاج الطاقات المتجددة (EP) وانبعاثات CO₂.
- **تحليل العلاقة قصيرة الأجل وآلية التصحيح:** أظهرت تقديرات PMG في الأجل القصير وجود علاقة عكسية ومعنوية، حيث تؤدي زيادة إنتاج الطاقات المتجددة بنسبة 1% إلى انخفاض انبعاثات CO₂ بنسبة 0.1%، مما يشير إلى تأثير محدود على المدى القصير.
- جاءت حدود تصحيح الخطأ سالبة لكل الدول، ما يدل على وجود آلية تصحيحية في النموذج، مع تأكيد العلاقة العكسية بين إنتاج الطاقات المتجددة وانبعاثات CO₂ في الأجل القصير.
- أظهرت دراسة السببية وجود علاقة في اتجاه واحد بين EP وCO₂ عند مستوى معنوية 5%، ما يؤدي إلى رفض الفرضية الثالثة التي تفترض وجود علاقة سببية مزدوجة بينهما.
- **تحليل دور الطاقة المتجددة في تقليل انبعاثات CO₂:** رغم تأثير إنتاج الطاقات المتجددة على خفض الانبعاثات، إلا أن نسبة الانخفاض البالغة 0.5% على المدى الطويل و0.1% على المدى القصير تبقى محدودة، نظرًا لاستمرار اعتماد دول العينة على الطاقة الأحفورية.

- في الصين، أدى النشاط الصناعي الضخم والتعداد السكاني الكبير إلى زيادة الانبعاثات، رغم التقدم في خفض الكربون خلال السنوات الثلاث الماضية، إلا أنها قد تواجه صعوبة في تحقيق أهداف 2025 وفقًا لتقارير حديثة.
- في ألمانيا، يرجع انخفاض انبعاثات CO₂ خلال السنوات الثلاث الأخيرة إلى تباطؤ الاقتصاد بسبب الحرب الروسية الأوكرانية، وليس بالضرورة إلى اعتماد أكبر على الطاقات المتجددة.
- في الجزائر، لا تزال الطاقة الناضبة تمثل المصدر الرئيسي للطاقة، رغم توفر إمكانيات كبيرة للطاقة المتجددة، وهو ما أكدته نتائج الدراسة.

5. توصيات الدراسة:

- ✚ وضع استراتيجية طويلة المدى للاستثمار في الطاقات المتجددة، مع التخلي التدريجي عن الطاقة الأحفورية كمصدر رئيسي لتوليد الكهرباء.
- ✚ تعزيز الاستثمارات في قطاع الطاقات المتجددة، خاصة في الجزائر، للاستفادة من الإمكانيات المتاحة.
- ✚ تبادل الخبرات بين الدول الثلاث لتطوير سياسات بيئية مستدامة.
- ✚ دعم الابتكار التكنولوجي لرفع كفاءة استغلال الموارد المتجددة.
- ✚ زيادة التوعية بدور الطاقات المتجددة في تقليل الانبعاثات وتحقيق التنمية المستدامة.
- ✚ منح المؤسسات الكبرى دورًا قياديًا في تعزيز استهلاك الطاقة النظيفة، مع تفعيل دور المراكز البحثية في تطوير سياسات الطاقة.
- ✚ مواجهة التحديات المرتبطة بالطاقة الأحفورية، مثل الاستهلاك المفرط للكهرباء في المدن الكبرى، والذي يعرقل التحول نحو الطاقة النظيفة.
- ✚ إلزام المشروعات الصناعية الجديدة باستخدام الطاقات المتجددة كشرط أساسي للحصول على التراخيص، ومنع التصاريح لمنشآت تعتمد كليًا على الطاقة الأحفورية.
- ✚ تعزيز التعاون الدولي للاستفادة من خبرات الدول الرائدة في الطاقة المتجددة.
- ✚ تنويع مصادر الطاقة المتجددة (الشمسية، الرياح، المائية، الحيوية) مع الاستثمار في مشروعات تكاملية بين هذه المصادر، ووضع حوافز لتشجيع القطاع الخاص على المساهمة في تحقيق الأهداف القومية للطاقة.

6. قائمة المراجع:

1. Hashem Pesaran, (2003). **Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels** . Journal of Econometrics, 53-74.
2. Badi H. Baltagi, S. J.-M. (2023). **Consistent estimation of panel data sample selection models**. Econometrics and Statistics, 2-3.
3. Cheng, H. (1986). **Analysis of Panel Data**. Econometric Society Monographs. Cambridge University Press: Cambridge University Press.
4. Pedroni, P. (1999). **ritical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors**. Oxford Bulletin of Economics and statistics, 653-670.
5. Rafael E. De Hoyos, V. S. (2006). **Testing for cross-sectional dependence in panel-data models**. The Stata Journal , 483.
6. Samuel Adams, C. N. (2019, 11 25). **تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ هل الطاقة المتجددة Reducing carbon dioxide emissions; Does renewable energy matter.** Science of the Total Environment, 693(1), 1-9.
7. Shahram Amini, M. S. (2012). **Fixed vs Random: The Hausman Test Four Decades Later**. Advances in Econometrics, 6-7.
8. Stefano Bertelli, G. V. (2022). **Bootstrap cointegration tests in ARDL models**. Economic Modelling, 116, 5-6.
9. Zeeshan Arshad, Margarita Robaina, Anabela Botelho. (2020, 02 30). **Renewable and Non-renewable Energy, Economic Growth and Southeast Asian Countries with CS-ARDL Modeling** , وتأثير الموارد الطبيعية على جودة البيئة : أدلة تجريبية من دول جنوب وجنوب شرق آسيا باستخدام CS-ARDL. International Journal of Energy Economics and policy, 10(5), 01-16.
10. أحمد إسماعيل. (2025, 05 01). **انبعاثات الطاقة الأوروبية تتراجع 13% في 2024 بفضل انكماش الوقود الأحفوري**. تم الاسترداد من الاقتصادية: <https://2u.pw/zLaZqmKS>
11. الدليمي م. ع. (2018, 12 10). **مستقبل الاستثمار الطاقوي في الغاز الصخري بالجزائر بين إشكالية الصناعة المكلفة ومتطلبات التنمية المستدامة**. مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال. 2, 1(2) ,
12. بابوش. الحاج خليفة ، جبالي مزواغي ، حميش. (2020, 02 30). **دراسة العلاقة بين استخدام الطاقات المتجددة وابعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة الممتدة بين : 1990 - 2014**. مجلة بحوث متقدمة في الاقتصاد، 01(01)، 23-39.
13. شوقي أ. (2023, 06 26). **الطاقة Récupéré sur**. استهلاك الطاقة في العالم : <https://2u.pw/7P8GGx6>
14. طيب سعيدة . رفاة عبد العزيز. (2023, 12 15). **دراسة قياسية لمدى مساهمة استخدام الطاقات المتجددة في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة (1990-2019)**. مجلة إيليزا للبحوث والدراسات، 08(01)، 200-219.
15. فاطمة الزهراء بوطورة . علاء الدين الوافي. (2019). **دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة بالدول العربية- إشارة لحالة الجزائر**. مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، 4(2)، 61-86.