P-ISSN: 2170-1040 | مجلة دفاتر اقتصادية
المجلد: 17 – العدد: 01 (2026)، ص: 764 - 791 | E-ISSN: 2602-5426

مساهمة الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة من اجمالي الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا والدنمارك، النرويج والصين – دراسة قياسية للفترة: 2007 - 2024

Contribution of renewable energies to clean electricity production as a percentage of total electricity produced in Germany, Denmark, Norway and China – a benchmark study for the period: 2007-2024

عباس زهرة [1]♦، منيجل جميلة [2]

[1] مخبر تنويع ورقمنة الاقتصاد الجزائري جامعة 8ماي 1945 قالمة (الجزائر)،
abbas.zahra@univ-guelma.dz

[2] مخبر استراتيجيات التنويع الاقتصادي من أجل تحقيق الأمن الغذائي، الصحي والطاقوي في الجزائر ،جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي -تبسة (الجزائر)، djamila.menidjel@univ-tebessa.dz

تاريخ الاستلام: 2026/02/08 **تاريخ القبول:** 2026/05/11 **تاريخ النشر:** 2026/05/31

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل مساهمة الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء النظيفة من إجمالي الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا والدنمارك والنرويج والصين خلال الفترة 2007–2024، بالاعتماد على بيانات البانل ونموذج Pane ARDL باستخدام مقدّر Pooled Mean Group (PMG).

أظهرت نتائج اختبارات جذر الوحدة والتكامل المشترك وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة. وبينت نتائج التقدير في الأجل الطويل وجود أثر إيجابي ومعنوي للقدرة الإجمالية للطاقة المتجددة على نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء، ما يعكس الدور المحوري للاستثمار في البنية التحتية الطاقوية. كما سجل إنتاج الكهرباء أثرًا إيجابيًا ومعنويًا، وإن كان محدودًا نسبيًا. وأكدت نتائج الأجل القصير وجود آلية تصحيح خطأ فعّالة نحو التوازن طويل الأجل. وعلى المستوى المقارن، أظهرت النرويج أعلى سرعة في تصحيح الاختلالات، ما جعل نموذجها الأكثر كفاءة قياسيًا. وتخلص الدراسة إلى أهمية دعم سياسات التوسع في القدرات المتجددة لتعزيز التحول الطاقوي وتحقيق الاستدامة الكهربائية.

كلمات مفتاحية: الطاقات المتجددة، الكهرباء النظيفة، اجمالي الكهرباء، نموذج Pane ARDL ، دول محل الدراسة .

تصنيف JEL : Q42, Q43, L94, C23, C32, Q48

Abstract:

This study aims to analyze the contribution of renewable energy sources to clean electricity production in Germany, Denmark, Norway, and China during the period 2007–2024, using panel data and the Pane ARDL model with the Pooled Mean Group (PMG) estimator.

Unit root and cointegration tests revealed a long-term equilibrium relationship between the study variables. The long-term estimation results showed a significant positive effect of total renewable energy capacity on the share of renewable energy sources in electricity production, reflecting the pivotal role of investment in energy infrastructure. Electricity production also registered a significant positive effect, albeit a relatively small one. Short-term results confirmed the existence of an effective error correction mechanism towards long-term equilibrium. Comparatively, Norway demonstrated the fastest rate of imbalance correction, making its model the most efficient benchmark. The study concludes that supporting policies to expand renewable capacity is crucial for promoting the energy transition and achieving electricity sustainability.

♦ المؤلف المرسل

Keywords: Renewable energy, clean electricity, total electricity, Pane ARDL model, countries under study.
JEL Classification: Q42, Q43, L94, C23, C32, Q48

1. مقدمة:

يشهد قطاع الطاقة العالمي تحولا متسارعا نحو الاعتماد على الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء، باعتبارها أحد الحلول الاستراتيجية لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية المتزايدة المرتبطة باستخدام الوقود الأحفوري. فقد أدى الارتفاع المستمر في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتفاقم آثار التغير المناخي، إلى جانب تقلب أسعار مصادر الطاقة التقليدية ومحدودية مواردها، إلى دفع دول العالم نحو تبنّي سياسات طاقوية جديدة تهدف إلى إنتاج كهرباء نظيفة ومستدامة.

وتعد الطاقات المتجددة، وعلى رأسها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية، عنصرا محوريا في استراتيجيات التحول الطاقوي، نظرا لدورها الفعال في تقليص الانبعاثات الكربونية، وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، وتعزيز أمن الطاقة على المدى الطويل. كما ساهم التقدم التكنولوجي والدعم الحكومي وتراجع تكاليف إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة في زيادة مساهمتها في المزيج الكهربائي العالمي، مما جعلها خيارا متزايد الأهمية في السياسات الطاقوية الحديثة.

وفي هذا الإطار، برزت تجارب عدد من الدول كنماذج رائدة في دمج الطاقات المتجددة ضمن منظوماتها الكهربائية، من بينها ألمانيا والنرويج والدنمارك والصين، مع اختلاف السياقات الاقتصادية والموارد الطبيعية والأطر المؤسسية. فقد اعتمدت ألمانيا سياسة التحول الطاقوي لتعزيز حصة الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء، بينما استفادت النرويج من مواردها المائية لتوليد كهرباء نظيفة بشكل شبه كامل. كما حققت الدنمارك تقدما ملحوظا في استغلال طاقة الرياح، في حين اتجهت الصين إلى استثمارات واسعة النطاق في الطاقات المتجددة بهدف تلبية الطلب المتزايد على الكهرباء وتقليص الانبعاثات.

1.1 إشكالية البحث:

في ظل التحول العالمي نحو أنماط أكثر استدامة في إنتاج الطاقة، أصبحت الطاقات المتجددة خياراً استراتيجيًا لتعزيز توليد الكهرباء النظيفة وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية. ورغم التوسع الملحوظ في إدماج الطاقات المتجددة ضمن المزيج الكهربائي، فإن أثر مساهمتها في إنتاج الكهرباء النظيفة من إجمالي إنتاج الكهرباء لا يزال متفاوتًا بين الدول، سواء من حيث الحجم أو التطور عبر الزمن.

وفي هذا السياق، تبرز إشكالية الدراسة في تحليل وقياس أثر مساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء النظيفة من إجمالي إنتاج الكهرباء، من خلال دراسة مقارنة لتجارب كل من ألمانيا والنرويج والدنمارك والصين خلال الفترة الممتدة من 2007 إلى 2024، وذلك بهدف الوقوف على مدى فعالية الطاقات المتجددة في دعم إنتاج الكهرباء النظيفة داخل المزيج الكهربائي لهذه الدول.

وبناءً عليه، يمكن صياغة الإشكالية الرئيسية للدراسة في التساؤل الآتي:

ما أثر مساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء النظيفة من إجمالي إنتاج الكهرباء في الدول محل الدراسة خلال الفترة 2007–2024؟

انطلاقا من إشكالية الدراسة يمكن صياغة الأسئلة الفرعية التالية:

- هل توجد علاقة تكامل مشتركة بين الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة وبين الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا والدنمارك ،النرويج والصين – للفترة 2007 - 2024 ؟

- هل يوجد أثر ذو دلالة معنوية بين الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة وبين الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا و الدنمارك ،النرويج والصين – للفترة 2007 - 2024 ؟

2.1فرضيات البحث:

-توجد علاقة تكامل مشتركة بين الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة وبين الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا والدنمارك ،النرويج والصين – للفترة 2007 - 2024

-يوجد أثر ذو دلالة معنوية بين الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة وبين الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا و الدنمارك ،النرويج والصين – للفترة 2007 - 2024

3.1 أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل مساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء النظيفة في الدول محل الدراسة، من خلال الأهداف التفصيلية التالية:

-قياس حصة الكهرباء المنتَجة من الطاقات المتجددة ضمن إجمالي إنتاج الكهرباء في ألمانيا، النرويج، الدنمارك، والصين خلال الفترة 2007–2024؛

-تقييم الدور الفعلي للطاقات المتجددة في تعزيز إنتاج الكهرباء النظيفة، مع إبراز الفروق بين الدول المختلفة بناء على الموارد الطبيعية والسياسات الطاقوية المتبعة؛

-بناء نموذج قياسي باستخدام بيانات البانل (Panel Data) لتحديد العلاقة بين المتغير التابع، وهو نسبة الكهرباء المنتَجة من الطاقات المتجددة، والمتغيرات المستقلة الاقتصادية والطاقوية والبيئية المؤثرة، بما في ذلك الناتج المحلي الإجمالي، استهلاك الطاقة، أسعار الطاقة الأحفورية، والاستثمار في الطاقات المتجددة؛

-تقديم توصيات لدعم التحول نحو الطاقة النظيفة وزيادة مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الكهربائي، بما يسهم في تحقيق التنمية المستدامة للطاقة.

4.1 منهجية الدراسة:

انسجاما مع أهداف الدراسة الرامية إلى تحليل وقياس مساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء، تعتمد هذه الدراسة على المنهج القياسي من خلال اختبار الفرضيات باستخدام أدوات الاقتصاد القياسي، وذلك بالاستعانة بـــ نماذج بيانات البانل الساكنة والديناميكية، لما توفره من قدرة على تحليل العلاقة بين المتغيرات عبر البعدين الزمني والمكاني في آن واحد. كما تم توظيف المنهج المقارن لإبراز الفروق في مستويات مساهمة الطاقات المتجددة بين الدول محل الدراسة، وتحليل تباين التجارب الوطنية في مجال التحول نحو إنتاج الكهرباء النظيفة.

أولا: الحدود المكانية: تقتصر الدراسة على عينة تضم كلا من ألمانيا، النرويج، الدنمارك، والصين، نظرا لما تمثله هذه الدول من نماذج مختلفة في مسارات التحول الطاقوي. إذ تعد ألمانيا مثالا رائدا في سياسات التحول نحو الطاقات المتجددة، بينما تعتمد النرويج بشكل كبير على الطاقة الكهرومائية في إنتاج الكهرباء. كما تمثل الدنمارك نموذجًا متقدما في استغلال طاقة الرياح، في حين تعد الصين قوة اقتصادية كبرى تجمع بين الطلب المرتفع على الكهرباء والاستثمار الواسع في الطاقات

المتجددة. ويتيح هذا التنوع إجراء تحليل مقارن شامل لمساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء ضمن سياقات اقتصادية وطاقوية مختلفة.

ثانيا: الحدود الزمانية: تغطي الدراسة الفترة الممتدة من 2007إلى 2024، وهي فترة زمنية كافية لتحليل التغيرات طويلة الأجل في سياسات الطاقة وتطور المزيج الكهربائي في الدول محل الدراسة، فضلا عن تقييم أثر التحولات الاقتصادية والبيئية على مساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء.

5.1الدراسات السابقة:

-دراسة **Claudia Kemfert ، The Energiewende and Renewable Electricity Transition in Germany**، **Journal of Energy Policy and Climate Economics، المجلد 158، العدد 3، 2022.**هدفت الدراسة إلى تحليل مدى فعالية سياسة التحول الطاقوي في Germanyفي دعم إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة، مع التركيز على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ودورهما في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، واعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الكمي باستخدام بيانات إنتاج الكهرباء خلال فترة طويلة، إضافة إلى تحليل السياسات الطاقوية الألمانية. أظهرت النتائج أن ألمانيا حققت تقدما كبيرا في رفع نسبة مساهمة الطاقات المتجددة إلى أكثر من 40% من إجمالي إنتاج الكهرباء، مع انخفاض ملحوظ في الانبعاثات الكربونية، إلا أن التذبذب في إنتاج الطاقة المتجددة خلق تحديات تتعلق باستقرار الشبكة الكهربائية. كما أوصت الدراسة بضرورة تعزيز تقنيات تخزين الطاقة، وتوسيع الاستثمار في الشبكات الذكية، وتحسين التكامل بين مصادر الطاقة المختلفة لضمان استقرار الإمدادات الكهربائية.

-دراسة**Henrik Lund ، Wind Power Integration and Clean Electricity Production in Denmark**، **Renewable Energy Journal، المجلد 172، العدد 2، 2021**، سعت الدراسة إلى تقييم دور طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء النظيفة في Denmarkوتحليل مدى مساهمتها في تحقيق التحول نحو نظام طاقوي مستدام. كما اعتمدت الدراسة على تحليل بيانات إنتاج الكهرباء من الرياح خلال عقدين، إلى جانب نمذجة سيناريوهات مستقبلية للطاقة. وتوصلت الدراسة إلى أن الدنمارك تعد من الدول الرائدة عالميا، حيث تغطي طاقة الرياح أكثر من نصف احتياجاتها من الكهرباء في بعض الفترات، كما ساهمت السياسات الحكومية في خفض تكلفة إنتاج الكهرباء النظيفة بشكل كبير. وأوصت الدراسة بتطوير أنظمة تخزين الطاقة وتعزيز الربط الكهربائي مع الدول الأوروبية الأخرى لزيادة مرونة النظام الكهربائي.

-دراسة**Kjell Sand ،Hydropower and Sustainable Electricity Systems in Norway Energy Systems and Sustainability Review، المجلد 45، العدد 1، 2020.** هدفت الدراسة إلى تحليل دور الطاقة الكهرومائية في إنتاج الكهرباء النظيفة في Norwayومدى مساهمتها في تحقيق الاستدامة البيئية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع بيانات إنتاج الطاقة الكهرومائية خلال فترة طويلة. وأظهرت النتائج أن النرويج تعتمد بنسبة تفوق 90% على الطاقة الكهرومائية في إنتاج الكهرباء، مما جعلها من أكثر الدول استقرارا من حيث الانبعاثات الكربونية في قطاع الطاقة. واوصت الدراسة إلى تحسين إدارة الموارد المائية، وتطوير البنية التحتية لمواجهة التغيرات المناخية، مع الحفاظ على استدامة الإنتاج الكهربائي.

-دراسة**Li Junfeng ، Renewable Energy Expansion and Electricity Decarbonization in China**، **Journal of Clean Energy Development، المجلد 12، العدد 4، 2023.** ركزت الدراسة على تحليل توسع الطاقات المتجددة في Chinaوأثرها على إنتاج الكهرباء النظيفة وتقليل الاعتماد على الفحم. واعتمدت الدراسة على تحليل إحصائي لبيانات إنتاج الطاقة مع دراسة السياسات الحكومية الداعمة. وتوصلت الدراسة إلى أن الصين أصبحت أكبر منتج

عالمي للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مع ارتفاع مستمر في مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الكهرباء، رغم استمرار الاعتماد الجزئي على الفحم في بعض المناطق. وأوصت الدراسة بتسريع التحول نحو الطاقة النظيفة، وتقليل الاعتماد على الفحم تدريجيا، وتحسين كفاءة شبكات نقل الكهرباء.

من خلال استعراض الدراسات السابقة المتعلقة بتطور إنتاج الكهرباء النظيفة في Germany و Denmarkو Norway وChina، يتضح أن معظم الدراسات ركزت على تحليل سياسات التحول الطاقوي، ودور الطاقات المتجددة في دعم إنتاج الكهرباء النظيفة، إضافة إلى دراسة أثر الطاقة الشمسية والرياح والطاقة الكهرومائية على تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق الاستدامة البيئية. كما اعتمدت أغلب هذه الدراسات على المناهج الوصفية والتحليلية أو التحليل الإحصائي الفردي لكل دولة على حدة. ورغم أهمية هذه الدراسات، إلا أنها أظهرت وجود نقص بحثي يتمثل في محدودية الدراسات القياسية المقارنة التي تجمع بين عدة دول رائدة في مجال الكهرباء النظيفة ضمن نموذج اقتصادي موحد. كذلك، فإن أغلب الدراسات لم تعتمد على نماذج البيانات الطولية المقطعية (Panel Data) لقياس العلاقة الديناميكية طويلة الأجل بين الطاقات المتجددة وإنتاج الكهرباء النظيفة.

ومن هنا تتمثل الفجوة البحثية في أن الدراسات السابقة لم تتناول بصورة كافية تحليل تطور إنتاج الكهرباء النظيفة في هذه الدول مجتمعة باستخدام نموذج Panel ARDLPanel \ ARDLPanel ARDL، الذي يسمح بدراسة العلاقات قصيرة وطويلة الأجل بين المتغيرات داخل بيانات البانل، مع الأخذ بعين الاعتبار الفروق الفردية بين الدول. وبالتالي تسعى الدراسة الحالية إلى معالجة هذا النقص من خلال استخدام نموذج Panel ARDL لتحليل أثر الطاقات المتجددة على تطور إنتاج الكهرباء النظيفة في الدول محل الدراسة خلال فترة زمنية محددة، بما يسمح باستخلاص نتائج أكثر دقة وشمولية مقارنة بالدراسات السابقة.

2. مصطلحات الدراسة:

- **الطاقات المتجددة:** ويمكن تعريفها بأنها: "المصادر القابلة للتجديد، طالما أن تقييمها لا يحد من توافرهـــا في المســـتقبل، وبعبارة أخرى أن تكون قدرتها على التجديد تفوق مستوى التشغيل" (Les energies renouvelables(ER02)، 2009)، مما يعني أن الغاية من الطاقة المتجددة هي تجديدها باستمرار عبر الزمن، باعتبارها موارد ناضبة، **ومن بين خصائصها** مايلي:

- (Les energies renouvelables : les bases,la techmologie et le potntiel au sénégal,PERACOB, Dakar,Sénégal، 2001)

-مورد قابل لتجديد غير ناضب، مورد صديق للبيئة وبالتالي التخفيض من أثار التغير المناخي، منخفضة المخاطر، متوفرة في جميع أنحاء العالم وبالتالي إلغاء مبدأ الاحتكار في الموارد الطاقوية، تخفيض الاعتماد على استيراد الطاقة؛

-العمل على إنشاء نظام مستدام للطاقة، إنشاء نظام إمدادات أمان للطاقة. (Report On Photovoltaic and Wind Energy,، 2009)

- **الكهرباء النظيفة:** تعرف الكهرباء النظيفة وفقا لوكالة الطاقة الدولية بأنها الكهرباء التي يتم توليدها من مصادر منخفضة الانبعاثات الكربونية، وتشمل بشكل أساسي الطاقات المتجددة (مثل الرياح، الشمس، الطاقة المائيـــة، والطاقـــة الحيويـــة) بالإضافة إلى الطاقة النووية، وتقنيات الوقود الأحفوري المجهزة بأنظمة احتجاز وتخزين الكربـــون ". (Stéphanie & and others, 2021)

3.الدراسة القياسية:

شهد العالم خلال العقدين الماضيين تحولا كبيرا في سياسات الطاقة، مع تزايد الاهتمام بالطاقات المتجددة باعتبارهـــا أداة فعالة لتحقيق الأمن الطاقوي والحفاظ على البيئة، وتقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استخدام مصادر الطاقة التقليدية. تعد الكهرباء النظيفة الناتجة عن مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك الطاقة الكهرومائية، وطاقة الرياح، والطاقة الشمسية، من الركائز الأساسية للتحول الطاقوي العالمي نحو التنمية المستدامة.

تتناول هذه الدراسة القياسية مساهمة الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء النظيفة من إجمالي الكهرباء المنتجة في كل مـــن ألمانيا، الدنمارك، النرويج، والصين خلال الفترة **2007-2024** .وتهدف الدراسة إلى رصد التطورات الزمنية وتحليل اتجاهـــات الاستخدام النسبي للطاقات المتجددة في هذه الدول، وتحديد الفروق في السياسات والبيئات الاقتصادية والتكنولوجية التي تؤثر على مساهمة هذه المصادر في المزيج الكهربي الوطني.

1.3 مصادر بيانات الدراسة واختيار المتغيرات:

أ. مصادر بيانات الدراسة: تم الحصول على بيانات دراستنا من خلال على مجموعة من المصادر وهي :

IRENA, **Rnewable capacity statistics**

ب. عينة الدراسة: تتمثل عينة الدراسة في الدول التالية: المانيا، الدنمارك، النرويج، الصين.

ج. متغيرات الدراسة :

الجدول رقم (1): تعريف متغيرات الدراسة

المتغير	رمز المتغير	نوع المتغير	التعريف / ملاحظات
نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء	RESh	تابع (Dependent Variable)	حصة الكهرباء المنتَجة من مصادر الطاقة المتجددة من إجمالي إنتاج الكهرباء، معبرا عنها بالنسبة المئوية.
إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة)	EP	مستقل (Independent Variable)	إجمالي كمية الكهرباء المنتَجة خلال فترة زمنية محددة، وتقاس بوحدة التيراواط ساعة
القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة	(TRC)	مستقل	مجموع القدرات المركبة لمرافق إنتاج الطاقة المتجددة القابلة للتشغيل، وتقاس عادة بالميغاواط

المصدر: من اعداد الباحثتين

2.3 الطريقة والأدوات:

تعتمد الدراسة على منهجية تحليل البيانات القياسية(Time Series / Panel Data Analysis) ، من خلال جمع بيانات سنوية حول إنتاج الكهرباء الإجمالي ومقدار الكهرباء الناتج من مصادر متجددة، وتحليل الاتجاهات ومعدلات النمو السنوية، فضلا عن مقارنة الأداء بين الدول الأربع. تهدف هذه المقاربة إلى تقديم رؤية علمية دقيقة حول مدى تقدم كل دولة في تحقيق أهدافها للطاقة النظيفة، ودور السياسات الوطنية والاستثمارات التكنولوجية في تعزيز الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة.

وتكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها توفر مؤشرات كمية قابلة للمقارنة بين الدول، وتساهم في فهم ديناميكيات التحول الطاقوي، وتحديد الدروس المستفادة لتطوير استراتيجيات وطنية ودولية لتحقيق استدامة الطاقة وتقليل التأثيرات البيئية السلبية للطاقة التقليدية.

3.3 تقدير نموذج الدراسة والاختبارات التشخصية:

1.3.3اختبار ارتباط بين المقاطع العرضية لمتغيرات الدراسة:

يعد اختبار الارتباط بين المقاطع العرضية CDS من الأساليب الاحصائية المناسبة لتحليل متغيرات الدراسة فمن خلال نتائج أشهر الاختبارات المعدة لهذا الغرض حيث تعد قيم احصائيات تلك الاختبارات تقتضي رفض فرضية العدم، مما يعني وجود ارتباط عرضي بين سلاسل مقاطع الدراسة، وهذا راجع إلى معنوية المعلمات لهذه المقدرات لهذا الاختبار، (Breusch & Pagan, 1980) والجدول رقم 2 يوضح ذلك:

الجدول رقم 2: اختبار ارتباط المقاطع العرضية

Pesaran Cd	PESARAN SCALED LM	BREUSCH–PAGAN LM	المتغير
المتغير التابع			
6.82 0.00	14.74 0.00	57.06 0.00	نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESh (%)
المتغيرات المستقلة			
6,82 0,00	6,94 0,00	30.06 0.00	إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) EP
12.86 0.00	12.95 0.00	50.95 0.00	القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC)

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVIEWS.13

من خلال الجدول رقم 02 تبين نتائج اختبار ارتباط المقاطع العرضية، بالاعتماد على اختبارات Breusch–Pagan LM و Pesaran Scaled LMو Pesaran CD، وجود اعتماد متبادل ذي دلالة إحصائية بين المقاطع العرضية لجميع متغيرات النموذج. فقد أظهرت نتائج المتغير التابع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (RESh) قيماً إحصائية مرتفعة في اختبار Breusch–Pagan LM (57.06)واختبار Pesaran Scaled LM (14.74)واختبار Pesaran CD (6.82)، وجميعها عند مستوى معنوية p = 0.00، مما يؤدي إلى رفض فرضية العدم القائلة بعدم وجود ارتباط عرضي. كما أكدت نتائج المتغيرات المستقلة، والمتمثلة في إنتاج الكهرباء (EP) كمتغير ضابط والقدرة الإجمالية للطاقة المتجددة(TRC) ، وجود نفس الظاهرة، حيث سجلت اختبارات الارتباط العرضي قيماً معنوية عند مستوى 1%.وتعكس هذه النتائج تأثر الدول محل الدراسة بصدمات مشتركة وعوامل خارجية متقاربة، كالتوجهات العالمية للتحول الطاقوي والتقدم التكنولوجي والسياسات البيئية

الدولية، الأمر الذي يفرض منهجيا ضرورة اعتماد نماذج قياسية من الجيل الثاني تراعي مشكلة الارتباط بين المقاطع العرضية، بما يضمن سلامة التقديرات ودقة الاستنتاجات القياسية.

2.3.3اختبار التجانس لـــ HSIAO :

يعتبر اختبار Hsiao (1986)من الاختبارات الإحصائية الأساسية في تحليل نماذج بيانات البانل، إذ يهدف إلى تحديد مدى تجانس معاملات النموذج بين الوحدات المقطعية عبر الزمن .ويعتمد هذا الاختبار على سلسلة من اختبارات F المتتابعة، التي تمكّن الباحث من التمييز بين ثلاثة سيناريوهات محتملة لبنية البيانات :التجانس الكلي، التجانس الجزئي، وعدم التجانس الكلي .في المرحلة الأولى، تُفترض المعاملات متجانسة بين جميع الوحدات المقطعية، وإذا تم رفض هذه الفرضية، يُنتقل إلى اختبار عدم التجانس الكلي، ومن ثم اختبار التجانس الجزئي، ما يتيح تصنيفًا دقيقًا للهيكلية الحقيقية للبيانات وديناميكية تأثير المتغيرات بين المقاطع(Cheng, 1986) .

تعد نتائج اختبار Hsiao أداة مهمة في اختيار النموذج القياسي الأنسب، حيث أن التجانس الكامل يدعم اســـتخدام النماذج المجمعة (Pooled Models) أو نماذج التأثيرات الثابتة(Fixed Effects Models) ، التي تفترض معاملات موحدة عبر جميع المقاطع. أما رفض فرضية التجانس، فيبرر استخدام نماذج غير متجانسة مثل MGأوPMG ، الـــتي تســـمح بتقـــدير معاملات منفصلة لكل وحدة مقطعية، بما يعكس اختلاف السياسات أو البنية التحتية أو الظروف الاقتصادية لكل دولة أو قطاع مدروس.

يتضمن اختبار Hsiao ثلاث فرضيات رئيسية:

- H1:اختبار التجانس الكامل مقابل عدم التجانس.
- H2:مقارنة التجانس الجزئي مقابل عدم التجانس.
- H3:اختبار التجانس الكامل مقابل التجانس الجزئي.

يتم حساب إحصائية F لكل فرضية، وتُستخدم القيم الاحتمالية (p-value) لاتخاذ قرار قبول أو رفض فرضية العدم. وعنـــد انخفاض القيم الاحتمالية عن مستوى الدلالة التقليدي (5% أو 1%)، يرفض افتراض التجانس، مما يشير إلى أن البيانـــات لا تسمح بافتراض معاملات موحدة بين المقاطع. تعد هذه النتائج بالغة الأهمية لأنها تؤثر مباشرة على اختيار نموذج التقـــدير، حيث يبرر رفض التجانس استخدام نماذج مرنة تعالج الاختلافات بين المقاطع، بينما يدعم قبول التجانس الاعتماد على نماذج بمعاملات موحدة.

Specification Tests of Hsiao (1986)

H1 = Null Hypothesis : panel is homogeneous vs Alternative Hypothesis : H2
H2 = Null Hypothesis : H3 vs Alternative Hypothesis : panel is heterogeneous
H3 = Null Hypothesis : panel is homogeneous vs Alternative Hypothesis : panel is partially homogeneous

Hypotheses	F-Stat	P-Value
H1	141.0902	3.74E-35
H2	33.67864	7.16E-17
H3	85.50574	5.31E-22

This program has developed by Brahim KHOUILED
University of Ouargla, Algeria

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVIEWS.13

أ ظهرت نتائج اختبارات Hsiao (1986)للتجانس في بيانات البانال أن المتغيرات المستعملة في الدراسة لا تتسم بالتجانس الكامل بين المقاطع، مما يعكس اختلافا جوهريا في كيفية تأثر كل دولة أو وحدة قيد الدراسة بالمتغيرات المستقلة. فقد أظهرت الفرضية الأولى H1، التي تفترض أن اللوحة متجانسة مقابل البديل الذي يفترض عدم التجانس، قيمة F = 141.09مع احتمال معنوية p =0.00 ما أدى إلى رفض الفرضية الصفرية، وهو ما يدل على أن هناك اختلافات مهمة بين المقاطع تتجاوز التغير العشوائي البسيط. أما الفرضية الثانية H2، التي تفترض صحة الفرضية H3 مقابل البديل الذي يفترض أن اللوحة غير متجانسة، فقد سجلت F = 33.68 وp = 0.00 مؤكدة وجود اختلافات واضحة بين المقاطع ولا يمكن افتراض التجانس الكلي، وهو ما يعكس تأثير العوامل الخاصة بكل دولة مثل السياسات الطاقوية، البنية التحتية الكهربائية، ومستوى التحول نحو الطاقة المتجددة.

فيما يتعلق بالفرضية الثالثة H3، التي تفترض اختبار إمكانية وجود تجانس جزئي بين المقاطع، فقد بلغت قيمة F = 85.51مع احتمال معنوية p = 0.00، وهو ما يشير إلى وجود تجانس جزئي فقط بين المقاطع، بحيث تتشابه بعض المعاملات بين الدول، بينما تظهر اختلافات معتبرة في مقاطع أخرى. ويعكس هذا الأمر الطبيعة المعقدة للبيانات اللوحية المستخدمة، حيث تتداخل العوامل العالمية المشتركة مع العوامل الخاصة بكل دولة، مثل السياسات البيئية، مستوى الاستثمار في الطاقة المتجددة، والقدرة الإنتاجية لكل قطاع كهربائي.

وبناء على هذه النتائج، يصبح من الضروري عند تقدير النماذج القياسية عدم الاعتماد على نموذج مجمّع بسيط (Pooled OLS)، بل استخدام نماذج تراعي التباين بين المقاطع لضمان صحة النتائج ودقة التقديرات. ومن بين هذه النماذج، يمكن اعتماد نماذج التأثيرات الثابتة (Fixed Effects) أو نماذج(Common Correlated Effects (CCE ، التي تأخذ في الحسبان عدم التجانس الجزئي والاعتماد المشترك بين المقاطع، وهو ما يعزز من مصداقية الاستنتاجات المتعلقة بأثر المتغيرات المستقلة على نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء. إن مراعاة هذه الاختلافات بين المقاطع يُمكّن الباحث من استخلاص استنتاجات أكثر دقة ومنهجية، ويقلل من التحيز الناتج عن فرضيات التجانس غير الصحيحة، كما يوفر إطاراً مناسباً لتحليل السياسات الطاقوية في بيئات مختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار خصوصيات كل دولة.

3.3.3تحديد النموذج الملائم لبيانات الساكن:

نحصل على نموذج البانل الخاصة بالمتغير التابع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء

$$RESH = a + \beta 1EP + +\beta 2TRC + Y_t + \mu_i + \varepsilon_{i,t}$$

❖ **حيث تمثل:**

- ✓ RESh :نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (متغير تابع)؛
- EP-: إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة)؛
- TRC-: القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة ؛
- a-: معلمة القاطع العام في النموذج؛
- βi : معاملات المتغيرات التفسيرية؛

- μ_i : الآثار أو الاختلافات المقطعية (cross-section effets) غير الملاحظة والتي تتفاوت من بلد الى أخـــرى لكنها تظل ثابتة خلال الفترة الزمنية نفسها؛

- Y_t : الآثار والاختلافات الزمنية (time effects) غير الملاحظة والمشتركة 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 المرافق لطبيعة بيانات العينة وفق كيفية التعامل مع الآثار الفردية أو عدم التجانس الغير الملاحـــظ سنقوم بتقدير المعادلة المذكورة أعلاه بطريقة المربعات الصغرى، وعلى أساس بيانات الدراسة طويلة فإننا نميز ثلاثة نمـــاذج البانل الساكن) النموذج التجميعي POOLED، نموذج الأثر الثابت MEF، ونموذج الأثر العشوائي MEA)، تقدير النموذج الأول والثاني بطريقة المربعات الصغرى العادية، أما النموذج الثالث فيتم تقديره بطريقة المربعات الصغرى المعممة، وبعـــدها نقوم بالمفاضلة بين النماذج :

الجدول رقم4: تقدير النموذج الملائم لبيانات عينة الدراسة

المتغير التابع: نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESH			
الفترة الزمنية: 2024/2007 T= 04 N= 18 عدد المشاهدات N*T=72			
المتغيرات التفسيرية	**النموذج التجميعي**	**نموذج الاثر الثابت**	**نموذج الاثر العشوائي**
إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) EP	-0.001 0.00	-0.01 0.00	-0.01 0.00
القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة TRC	0.82 0.00	7.22 0.00	7.37 0.00
الحد الثابت C	63.34	59.01 0.00	59.35 0.00
R-squared	0.35	0.86	0.17
S.E.of regression	26.01	11.98	11.82
F-statistic	18.72	87.20	7.33
Prob (F-statistic)	0.00	0.00	0.00

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVIEWS.13

4.3.3المفاضلة بين النماذج الثلاثة المقدرة:

نعمل في البداية على تحديد وجود أو عدم وجود أثر فردي ضمن بيانات عينة الدراسة، وسنستخدم اختبار من نـــوع فيشر الذي تكون فرضية العدمية تلائم نموذج التجانس الكلي، أي عدم وجود أي أثر للأفراد في العينة المدروسة، كمـــا ان احصائية هذا الاختبار تتمثل في:

H0: نموذج الانحدار التجميعي هو النموذج المناسب

H1: 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 الدول (في حالتنا 04 دول).
- T: تمثل طول السلسلة الزمنية المقترحة في الدراسة (في حالتنا 18 سنة).
- K: عدد المتغيرات الخارجية في النموذج في حالتنا لدينا 02 متغيرين مستقلين.
- R2FEM: يمثل معامل التحديد المضاعف اي في ظل فرضية العدم ، في هذه الحالة هو نموذج بدون أثر أي نموذج التجانس الكلي (R2FEM= 0.35) .
- R2PRM: يمثل معامل التحديد المضاعف للنموذج الغير مقيد أي في ظل الفرضية العكسية في هذه الحالة هو نموذج الأثر الثابت (R2PRM =0.86).

■وعند تطبيق قانون فيشر تعطي لنا قيمة فيشر المحسوبة Fc=80,2 ، أما الاحصائية المجدولة فقد بلغت Ftab =2.76، وعليه نرفض الفرضية الصفرية بمستوى معنوية 5% ونقول أن هناك أثر فردي ضمن بيانات العينة.

5.3.3اختبار 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(Hausman, 1978) . ونتيجة هذا الاختبار كالتالي:

H0 : نموذج التأثيرات العشوائي هو الملائم

H1 : نموذج التأثيرات الثابتة هو الملائم

الجدول رقم 5: 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	0.180286	2	0.9138

المصدر: من اعداد الباحثتين بالاعتماد على نتائج EVIEWS.13

من خلال نتائج اختبار هوسمان أعلاه:

من إجراء اختبار Hausman لمقارنة نموذج الأثر الثابت (Fixed Effects)مع نموذج الأثر العشوائي (Random Effects) لتحديد مدى مناسبة استخدام نموذج الأثر العشوائي في دراسة الفروق بين الدول الأربع على مدى 18 سنة. تشير النتائج إلى أن إحصائية Chi-Square = 0.1803 بدرجتي حرية df = 2وقيمة احتمالية p = 0.9138. مما أن قيمة الاحتمالية أكبر بكثير من مستوى الدلالة التقليدي 0.05، فإنه لا يمكن رفض فرضية العدم التي تفترض أن المتغيرات العشوائية غير مرتبطة بالمتغيرات المستقلة.، وبالتالي، يعتبر نموذج الأثر العشوائي صالحا للاستخدام، حيث يوفر تقديرات أكثر كفاءة مقارنة بالنموذج الثابت،

دون وجود تحيز في المعاملات الناتج عن ارتباط الأثر العشوائي بالمتغيرات المستقلة. هذا يشير إلى أن الفروق بين الدول يمكن تفسيرها باستخدام نموذج الأثر العشوائي مع الحفاظ على فعالية التقديرات والاستفادة من التباين بين الدول عبر الزمن، ويمثل الجدول رقم 06 نتائج التأثيرات العشوائية للنموذج لكل دولة:

الجدول رقم 6: نتائج التأثيرات العشوائية للنموذج لكل دولة

الدولة	الأثر
ألمانيا	-25.83042
النرويج	38.15196
الدنمارك	-2.409917
الصين	-9.911627

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

من خلال الجدول رقم 6 أظهرت نتائج نموذج الأثر العشوائي تقديرات التأثير الخاص بكل دولة على المتغير التابع على النحو المبين في الجدول أدناه. فقد بلغ التأثير الخاص بدولة ألمانيا 25.83-، مما يشير إلى أن هذه الدولة تميل إلى خفض المتغير التابع بالمقارنة مع المتوسط العام. في المقابل، سجلت النرويج أعلى أثر إيجابي قدره 38.15، مما يدل على مساهمة قوية للمتغيرات الخاصة بها في رفع المتغير التابع. أما الدنمارك والصين، فقد كان لهما آثار سالبة طفيفة بلغت 2.41-و**9.91-** على التوالي، ما يعكس تأثيرا معتدلا أو محدودا على المتغير التابع مقارنة بالدول الأخرى.

تشير هذه النتائج إلى وجود تباين واضح بين الدول في التأثير على المتغير التابع، مما يبرر استخدام نموذج الأثر العشوائي الذي يأخذ بعين الاعتبار الفروق بين الوحدات المقطعية، ويظهر كيف يمكن لكل دولة أن تسهم بشكل مختلف في تفسير التغيرات في المتغير التابع عبر الزمن

6.3.3تقييم نموذج التأثيرات العشوائية:

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

$$RESH = 59.35 - 0.01EP + +7.37TRC + \varepsilon_{i,t}$$

1.6.3.3التقييم الاقتصادي:

من خلال نتائج تقدير نموذج الأثر العشوائي المدونة في المعادلة السابقة تبن أن ما يلي:

-أظهرت نتائج نموذج الانحدار أن نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (RESH) تتأثر بشكل متفاوت بالمتغيرات المستقلة المشمولة في الدراسة. فقد كان للمتغير إنتاج الكهرباء التقليدية (EP) أثر سلبي طفيف على النسبة، حيث تشير المعاملية 0.01-إلى أن زيادة إنتاج الكهرباء التقليدية بمقدار واحد تيراواط ساعة تؤدي إلى انخفاض RESH بنسبة 0.01٪ تقريبا. في المقابل، سجل المتغير التحول الطاقوي أو السياسات الداعمة للطاقة المتجددة (TRC) تأثيرا إيجابيا كبيرا، حيث يرفع كل زيادة وحدة واحدة في هذا المؤشر نسبة الطاقة المتجددة بمقدار 7.37٪ .ويشير الثابت 59.35إلى المستوى الأساسي المتوقع لنسبة الطاقة المتجددة عند غياب تأثير المتغيرات المستقلة؛

-تشير هذه النتائج إلى أن السياسات الداعمة للتحول الطاقوي تلعب دورا حاسما في تعزيز مساهمة المصادر المتجددة في إنتاج الكهرباء، بينما يؤدي الاعتماد على إنتاج الكهرباء التقليدية إلى تقليل هذه النسبة بشكل محدود، ما يعكس أهمية الاستراتيجيات الوطنية للتحول نحو الطاقة النظيفة.

2.6.3.3التقييم الاحصائي:

- من ناحية جودة النموذج، كان R^2المعدل = **0.1515** و(F-statistic = 7.338 (p = 0.0013، ما يشير إلى أن النموذج معنوي إحصائيًا، رغم وجود بعض التباين غير المفسر. كما أظهرت نتائج تحليل المكونات العشوائية أن أغلب التباين في RESHيعزى إلى الاختلاف بين الدول(Rho = 0.93) ، بينما الجزء العشوائي داخل الدول محدود.(Rho = 0.07) ؛

-تشير هذه النتائج إلى أن السياسات الداعمة للتحول الطاقوي تعد العامل الأكثر تأثيرا في رفع مساهمة المصادر المتجددة في إنتاج الكهرباء، بينما يؤثر الاعتماد على إنتاج الكهرباء التقليدية سلبا بشكل محدود، كما يبرز التباين بين الدول أهمية التعامل مع بيانات البانل باستخدام نموذج الأثر العشوائي لتحقيق تقديرات أكثر دقة.

وعليه فإن النموذج المقدر في بيانات البانل الساكن ضعيف، مما يسمح لنا بتقدير العلاقة في المدى القصير والطويل.

7.3.3تقدير العلاقة في الأجلين القصير والطويل (نموذج البانل الديناميكي panal ardl):

1.7.3.3استقرار السلاسل الزمنية واختبار جذور الوحدة لبيانات البانل :

إن المنهجية السليمة التي يتبعها الباحثين في الدراسات القياسية قبل عملية التقدير، وقبل التحقق من وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيرات الدراسة، لابد أولا من التأكد من استقراريه السلاسل الزمنية، حيث أن مشكلة عدم استقراريه السلاسل الزمنية، تؤدي الى وقوع الباحثة في تقدير زائف والذي يعطي لنا مقدرات متحيزة، فمن أشهر الاختبارات الاستقرارية لنماذج البانل نذكر منها: (pesaran, 2007)

- اختبار: Levin, Lin et Chu (LLC-2002) .
- اختبار: Im, Pesaran et Shin (IPS-2003).
- اختبار: X^2 ADF-Fisher.
- اختبار: X^2 PP FISHER.

الجدول رقم 7: اختبار جذر الوحدة لبيانات البانل

نتائج اختبار جذر الوحدة لبيانات البانل				
المتغيرات المستقلة والمتغير التابع				
المتغيرات		Resh	EP	TCR
(LLC-2002) Levin, Lin et Chu				
المستوى	معلمة الاختبار	-10.70	-0.009	9.18
	القيمة الاحتمالية	0.00	0.49	0.99
الفرق الأول	معلمة الاختبار		-6.29	-1.60
	القيمة الاحتمالية		0.00	0.04
(IPS-2003) Im, Pesaran et Shin				
	معلمة الاختبار	-4.93	1.30	4.23

المستوى	الاحتمالية	0.00	0.90	0.99
الفرق الأول	معلمة الاختبار	-	-4.82	-2.64
	الاحتمالية	-	0.00	0.00
ADF				
المستوى	معلمة لاختبار	27.01	9.35	0.98
	الاحتمالية	0.00	0.31	0.99
الفرق الأول	معلمة الاختبار	-	34.44	24.57
	الاحتمالية	-	0.00	0.00
PP FISHER X^2				
المستوى	معلمة الاختبار	19.15	18.97	22.88
	الاحتمالية	0.00	0.01	0.00
الفرق الأول	معلمة الاختبار	-	61.41	14.75
	الاحتمالية	-	0.00	0.00
درجة التكامل		I(0)	I(1)	I(1)

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج:EVEIWS13

يعرض الجدول رقم (7) نتائج اختبارات جذر الوحدة لبيانات البانل (Panel Unit Root Tests)لكل من المتغيرات أظهرت نتائج اختبارات جذر الوحدة لبيانات البانل أن المتغيرات المدروسة تختلف في درجة التكامل، مما يستدعي أخذ هـذا الاختلاف بعين الاعتبار في النماذج الاقتصادية فقد أظهرت نتـائج اختبـار **LLC، IPS، ADF، و PP Fisher**أن متغـير Resh مستقر عند المستوى(I(0)) ، حيث تشير القيم الاحتمالية المرتفعة لجميع الاختبارات إلى رفض فرضية وجود جذر وحدة. بالمقابل، أظهرت الاختبارات أن كل من متغيري **EP**و **TCR**غير مستقين عند المستوى، بل أصبحا مستقرين بعد أخذ الفرق الأول، مما يشير إلى أن درجة تكاملهما هي .I(1) هذه النتائج توضح أن التحليل القياسي الذي يتضـمن هـذه المتغيرات يجب أن يأخذ بعين الاعتبار اختلاف درجات التكامل، وهو ما يجعل استخدام **نماذج ARDL للبانل** ملائمًـا، إذ يمكنها التعامل مع متغيرات متكاملة عند المستوى وأخرى بعد الفرق الأول معًا، مما يضمن استنتاجات موثوقة حول العلاقات الديناميكية بين المتغيرات.

2.7.3.3. علاقة التكامل المتزامن لبيانات البانل :

بعد التأكد من درجة تكامل معطيات Panel للمجموعة، من خلال إجراء اختبارات جذر الوحدة، سنقوم الان باختيار إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن بين المتغيرات من خلال تطبيق اختبار Pedroni، في المرحلة الأولى نعمل علـى تحقيـق اختبارPedroni 1999 ، والذي يأخذ بعين الاعتبار حالة عدم التجانس بين الوحدات (الدول) ، كما يقدم مجمـوعتين مـن الاختبارات، المجموعة الأولى تضم أربعة إحصائيات تساعد على اكتشاف إمكانية وجود علاقة تكامل متزامن بين المتغيرات في كل مقطع (الدول)، والمجموعة الثانية تضم ثلاث إحصائيات محسوبة على أساس متوسطات الاحصائية الفردية لجميع العينات، وهذه المجموعة تمكننا من تحديد إمكانية وجود عالقة تكامل متزامن فيما بين الدول محـل الدراسـة (pedroni, 1999).

الجدول رقم 8: نتائج اختبارات PEDRONI، للتكامل المشترك

النموذج المقدر	معلمة الاختبار	الاحتمالية p_v
البعد الداخلي (WITHIN-DIMENION) معلمة الانحدار الذاتي (ρ)المشتركة		
Panel V-statistic	3.72	0.00
Panel RHO –statistic	-0.01	0.49
Panel PP-statistic	-3.77	0.00
Panel ADF-statistic	-3.62	0.00
البعد بيني between- dimension		
Group RHO-statistic	0.32	0.62
Group PP-statistic	-5.55	0.00
Group ADF-statistic	-5.06	0.00

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج:EVEIWS13

بين نتائج اختبارات Pedroni للتكامل المشترك وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة محل التحليل. فعلى مستوى البعد الداخلي(Within-Dimension) ، أظهرت إحصائيات Panel V-statistic وPanel PP-statistic وPanel ADF-statistic قيماً معنوية إحصائياً عند مستوى دلالة 1٪، حيث كانت قيم الاحتمال أقل من 0.05، مما يسمح برفض فرضية العدم القائلة بعدم وجود تكامل مشترك. في المقابل، لم تكن إحصائية Panel Rho-statistic معنوية إحصائياً، إلا أن عدم معنوية هذا الاختبار لا ينفي وجود التكامل المشترك، نظراً لاعتماد الحكم النهائي على غالبية الإحصاءات وليس على اختبار واحد فقط.

أما على مستوى البعد بيني(Between-Dimension) ، فقد أظهرت نتائج Group PP-statistic وGroup ADF-statistic قيما سالبة ومعنوية إحصائيا عند مستوى دلالة 1٪، مما يعزز فرضية وجود تكامل مشترك بين المتغيرات عبر الدول محل الدراسة. في حين لم تكن Group Rho-statistic معنوية، وهو ما يُعد أمراً شائعاً في اختبارات Pedroni ولا يؤثر على النتيجة العامة.

وبناءً على ما سبق، يمكن الاستنتاج بوجود علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة، مما يبرّر الانتقال إلى تقدير نماذج المدى الطويل ونماذج تصحيح الخطأ المناسبة لبيانات البانل، مثل نماذج FMOLS أو DOLS أو نماذج بانل الديناميكية، بما ينسجم مع خصائص البيانات المدروسة

3.7.3.3درجة تكامل المتغيرات:

يهدف اختبار (BELLOMi) اجراء اختبار الاستقرارية إلى التأكد من أن درجة تكامل المتغيرات ليست I (2) وهذا لتجنب أخطاء في التقدير ووجود تكامل متغيرات من الدرجة 2 لا يسمح لنا بتفسير نتائج اختبارF-stat المولدة من طرف Persaran and al (2001)، بعد اجراء اختبار الاستقرارية كما هو موضح في الجدول أدناه وبعد ا

جراء اختبار الاستقرارية يتبين أن:

الجدول رقم 9: نتائج اختبار درجة التكامل لمتغيرات الدراسة

المتغيرات	عند المستوى At level	عند الفرق الأول At 1érdifference	درجة التكامل
نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESh (%)	مستقر	-	I(0)
إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) EP ضابط	غيرمستقر	مستقر	I(1)
القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC)	غير مستقر	مستقر	I(1)

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج:EVEIWS13

يهدف اختبار Belloumiللاستقرارية إلى التحقق من أن درجة تكامل متغيرات الدراسة لا تتجاوز الدرجة الثانية I(2)وذلك تفاديا للأخطاء القياسية في التقدير، إذ إن وجود متغيرات متكاملة من الدرجة الثانية لا يسمح بتفسير نتائج إحصائية F-statisticالخاصة باختبار الحدود (Bounds Test) المقترح من طرف .Pesaran et al. (2001)وعليه، يُعد التأكد من طبيعة سكون السلاسل الزمنية خطوة أساسية قبل الانتقال إلى اختبار التكامل المشترك وتقدير النموذج القياسي المناسب.

وبالاعتماد على نتائج اختبار الاستقرارية المبيّنة في الجدول رقم (9)، يتضح أن متغير نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (RESh) مستقر عند المستوى، أي متكامل من الدرجة الصفرية I(0)، في حين أن كلًّا من متغير إنتاج الكهرباء(EP) ، بوصفه المتغير التابع، ومتغير القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) غير مستقرين عند المستوى، إلا أنهما يصبحان مستقرين بعد أخذ الفرق الأول، ما يعني أنهما متكاملان من الدرجة الأولى I(1)

وعليه، فإن نتائج اختبار درجة التكامل تؤكد أن جميع متغيرات الدراسة تتكامل من الدرجة I(0)أو I(1)، ولا يوجد أي متغير متكامل من الدرجة الثانية I(2)، وهو ما يحقق شرط تطبيق اختبار الحدود لـــ Pesaran et al. (2001)، ويفتح المجال لتقدير العلاقة طويلة الأجل بين المتغيرات باستخدام نموذج ARDLبصورة سليمة من الناحية القياسية.

4.7.3.3تقدير وتحليل نموذج البانل الديناميكي :

بناءا على نتائج اختبارات جذر الوحدة التي أظهرت اختلاف درجات تكامل المتغيرات بين I(0)وI(1)، تم الاعتماد على نموذج البانل الديناميكي لقياس طبيعة العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة خلال فترة الدراسة. يتيح هذا النوع من النماذج إدراج القيم المتأخرة للمتغير التابع ضمن المعادلة التقديرية، مما يسمح بأخذ الأثر الديناميكي والزمني بعين الاعتبار، ويعكس بشكل أدق سلوك الوحدات المقطعية محل الدراسة. كما يساهم نموذج البانل الديناميكي في معالجة مشكلات التباين غير المرصود وعدم التجانس بين الوحدات، إضافة إلى التقليل من مشكلات الارتباط الذاتي والتحيز الناتج عن المتغيرات المتأخرة. وقد أظهرت نتائج التقدير أن للمتغيرات المستقلة تأثيرات متفاوتة من حيث الاتجاه والدلالة الإحصائية، وهو ما

يعكس وجود علاقة ديناميكية طويلة وقصيرة الأجل بين المتغيرات، الأمر الذي يعزز من قدرة النموذج على تفسير التفاعلات الاقتصادية المدروسة وتقديم استنتاجات أكثر موثوقية لدعم التحليل القياسي

وبناءً عليه، تم اعتماد نموذج Panel ARDLباستخدام مقدر Pooled Mean Group (PMG)، لقدرته على استيعاب الخصائص الديناميكية للبيانات المقطعية الزمنية، ومعالجة مشكلة عدم التجانس، إضافة إلى السماح بتقدير معاملات التعديل نحو التوازن طويل الأجل. وقد تم التركيز في التحليل على تفسير معاملات الأجل الطويل، وسرعة تصحيح الخطأ، فضلا عن ديناميكيات الأجل القصير، بما يتيح فهما أشمل لطبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة. وتوفر نتائج هذا النموذج أساسا تحليليا متينًا لاستخلاص الاستنتاجات الاقتصادية وصياغة التوصيات المناسبة.

الجدول رقم 10: نتائج تقدير النماذج (2.1.1) panal –ardl pmg

Dependent Variable: D(RESH)
Method: ARDL
Date: 01/28/26 Time: 16:56
Sample: 2009 2020
Included observations: 60
Maximum dependent lags: 2 (Automatic selection)
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)
Dynamic regressors (1 lag, automatic): TRC EP
Fixed regressors: C
Number of models evalulated: 2
Selected Model: ARDL(2, 1, 1)
Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
Long Run Equation				
TRC	7.69E-06	6.37E-06	5.207427	0.0000
EP	0.067420	0.007074	9.531304	0.0000
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.278908	0.290131	-5.961317	0.0000
D(RESH(-1))	-0.237231	0.192935	-1.229592	0.2251
D(TRC)	1.189e-05	4.04E-06	2.938456	0.0051
D(EP)	0.373493	0.343253	3.089219	0.0003
C	27.71876	24.40647	1.135713	0.2620

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

1-التحليل في الأجل الطويل: أظهرت عملية التقدير بطريقة PMG وسط المجموعة المدمجة:

-معلمة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) لها اثر إيجابي معنوي وموافق للنظرية مع نسبة مصادر الطاقة المتجـــددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh، حيث عند زيادة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) ب 1 % سيؤدي الى زيادة نســـبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh ب 7,69 % ، و ما يعكس الدور المحوري لتوسيع القدرات المركبة من مصادر الطاقة المتجددة في تعزيز مساهمتها ضمن مزيج إنتاج الكهرباء. وتؤكد هذه النتيجة أن الاستثمار في البنية التحتيـــة الطاقوية المتجددة يعد من العوامل الأساسية الداعمة للتحول الطاقوي، لما له من أثر مباشر وإيجابي على رفع حصة الكهرباء المنتجة من المصادر النظيفة؛

-من جهة أخرى، تؤكد هذه النتيجة صحة الطروحات النظرية التي تربط بين التوسع في القدرات المتجددة وتسريع التحول الطاقوي، حيث تمثل القدرة المركبة شرطا أساسا لرفع حصة الطاقة النظيفة في الإنتاج الكهربائي. كما أن الدلالة الإحصائية المرتفعة للمعلمة تعكس أن هذا الأثر ليس ظرفيًا أو قصير الأجل، بل يعكس علاقة هيكلية مستقرة، تعززها سياسات الدعم الحكومي، وآليات التحفيز الاستثماري، وتطور الإطار التنظيمي لقطاع الطاقات المتجددة. وعليه، فإن هذه النتيجة تشير إلى أن أي استراتيجية وطنية أو إقليمية تهدف إلى زيادة مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الكهرباء يجب أن تركز بالدرجة الأولى على التوسع المستدام في القدرات المركبة، باعتباره المدخل الأكثر فعالية لتحقيق نتائج ملموسة على مستوى الإنتاج الفعلي للكهرباء النظيف؛

-معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP لها اثر إيجابي معنوي مع مع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESh (%) ، حيث عند زيادة معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP ب 1 % سيؤدي الى زيادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESh (%) 0,06% ، وعلى الرغم من أن قيمة هذه المعلمة تبدو محدودة من حيث الحجم مقارنة ببعض المتغيرات الأخرى، إلا أنها تعكس علاقة اقتصادية منطقية ومهمة، مفادها أن توسع الطلب الكلي على الكهرباء يخلق مجالا أوسع لإدماج الطاقات المتجددة ضمن مزيج الإنتاج، خاصة في الدول التي تتبنى سياسات داعمة لتنويع مصادر الطاقة؛

ويمكن تفسير هذا الأثر الإيجابي المحدود بكون الزيادة في إنتاج الكهرباء غالبا ما تلبى جزئيا من خلال مصادر الطاقة التقليدية، خصوصا على المدى القصير، نظرا لاعتبارات الاستقرار التقني وتكاليف التخزين. ومع ذلك، فإن الدلالة الإحصائية للمعلمة تشير إلى أن الطاقات المتجددة تستفيد بشكل تدريجي من نمو إنتاج الكهرباء، مما يعكس وجود اتجاه هيكلي نحو إدماج المصادر النظيفة في التوسع الطاقوي العام. كما توحي هذه النتيجة بأن نمو إنتاج الكهرباء، في ظل سياسات التحول الطاقوي، لا يترجم فقط إلى زيادة كمية في الإنتاج، بل يسهم أيضا—وإن بوتيرة معتدلة—في رفع حصة الكهرباء المتجددة، الأمر الذي يعزز استدامة المنظومة الطاقوية على المدى الطويل.

2-نتائج التقدير في الأجل القصير:

*حد تصحيح الخطأ:

-تشير نتائج التقدير إلى أن معامل تصحيح الخطأ (COINTEQ) جاء سالبًا ومعنويا إحصائيا، حيث بلغت قيمته 0.27-عند مستوى دلالة مرتفع (قيمة احتمالية(0.00 = ، وهو ما يؤكد وجود علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين المتغيرات محل الدراسة. ويعكس السالب في إشارة المعامل صحة مسار التعديل الديناميكي للنموذج، إذ يشير إلى أن النظام الاقتصادي يميل إلى العودة نحو مسار التوازن طويل الأجل بعد التعرض لأي صدمة قصيرة الأجل.

-وتفسيرا لقيمة هذا المعامل، فإن نحو 27%من الاختلالات قصيرة الأجل التي تصيب نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء يتم تصحيحها خلال فترة زمنية واحدة، مما يدل على سرعة تعديل متوسطة نسبيًا نحو التوازن. ويعني ذلك أن الصدمات المؤقتة، سواء كانت ناتجة عن تقلبات في إنتاج الكهرباء أو تغيّرات في القدرة المركبة للطاقة المتجددة، لا يكون لها أثر دائم، بل يتم امتصاصها تدريجيًا في الأجل الطويل. وتعكس هذه النتيجة درجة من الاستقرار الهيكلي في العلاقة بين المتغيرات، وتدعم ملاءمة النموذج الديناميكي المستخدم في تفسير التفاعلات بين عناصر منظومة الطاقة الكهربائية؛

-معلمة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) لها اثر إيجابي معنوي وموافق للنظرية مع نسبة مصادر الطاقة المتجـــددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh، حيث عند زيادة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) ب 1 % سيؤدي الى زيادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh ب 1,18 % في الاجل القصير ، يعكس هذا الأثر الإيجـــابي قـــدرة الاستثمارات الحديثة في الطاقات المتجددة على إحداث تأثير فوري نسبيا في مزيج إنتاج الكهرباء، رغم ما قد يواجهه القطاع من قيود تقنية ومؤسساتية في المدى القصير؛

-كما توحي هذه النتيجة بأن التوسع في القدرات المركبة للطاقة المتجددة يترجم بسرعة إلى إنتاج فعلي للكهرباء النظيفة، وإن كان بوتيرة أقل مقارنة بالأجل الطويل، وهو ما يمكن تفسيره بعوامل مثل فترات التشغيل التجريبي، وربط المحطات الجديدة بالشبكة الكهربائية، إضافة إلى القيود المرتبطة بتذبذب مصادر الطاقة المتجددة. وعليه، فإن دلالة المعلمة في الأجل القصير تؤكد فعالية سياسات التوسع الطاقوي حتى على المدى الزمني القريب، مع تعزيز أثرها بشكل أكبر في الأجل الطويل؛

-معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP لها اثر إيجابي معنوي مع مع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتـــاج الكهرباء (%)RESh ، حيث عند زيادة معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP ب 1 % سيؤدي الى زيـــادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%) RESh 0,37% في الاجل القصير؛

-يعكس هذا الأثر الإيجابي استجابة سريعة نسبيا لمساهمة الطاقات المتجددة في تلبية الزيادة الآنية في الطلب على الكهربـــاء، خاصة في ظل السياسات الطاقوية التي تشجع على إدماج المصادر النظيفة ضمن منظومة الإنتاج؛

-كما توحي هذه النتيجة بأن نمو إنتاج الكهرباء لا يعتمد كليًا على المصادر التقليدية حتى على المدى القصـــير، بـــل يـــتم استيعاب جزء من هذا النمو عبر الطاقات المتجددة، رغم القيود التقنية المرتبطة بتقلب الإنتاج وصعوبات التخزين. وعليه، فإن دلالة هذه المعلمة تؤكد وجود مرونة قصيرة الأجل في مزيج إنتاج الكهرباء، بما يسمح بزيادة مساهمة الطاقـــات المتجـــددة بالتوازي مع توسع الإنتاج الكهربائي الكلي، وهو ما يعزز مسار التحول الطاقوي حتى في الفترات الزمنية القصيرة.

3- الأثر في الاجل القصير و حد تصحيح الخطأ لكل دولة:

الجدول رقم11 : نتائج الأجل القصير وحد تصحيح الخطأ كل دولة

	ألمانيا	النرويج	الدنمارك	الصين
حد تصحيح الخطأEcm	- 0,01 0,00	-1.14 0.00	-0.02 0.00	-0.003 0.00
Resh	0.18 0.04	0.28 0.00	0.56 0.00	-0.48 0.00
EP	0.06 0.00	0.01 0.00	1.40 0.00	0.006 0.00
TRC	7.18 0.00	1.51 0.00	2.15 0.00	3.12 0.00
C	2.58 0.11	100.92 0.35	4..72 0.41	2.64 0.20

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على مخرجات برنامج EVEIWS13

تبرز نتائج نموذج تصحيح الخطأ (ECM) وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات محل الدراسة في كل من ألمانيا والنرويج والدنمارك والصين، حيث جاءت معاملات حد تصحيح الخطأ سالبة ومعنوية إحصائيا عند مستوى دلالة مرتفع، مما يؤكد صحة فرضية التكامل المشترك بين المتغيرات. وتعكس القيم المقدّرة لمعامل ECM اختلاف سرعة التكيف بين الدول، إذ

تتميز النرويج بسرعة عالية في تصحيح اختلالات الأجل القصير والعودة السريعة إلى التوازن طويل الأجل، في حين تُظهر ألمانيا والدنمارك سرعة تعديل معتدلة، بينما تسجل الصين أبطأ وتيرة في التكيف، وهو ما يمكن تفسيره باختلاف الهياكل الطاقوية ومستويات التحول نحو الطاقات المتجددة. كما تشير النتائج قصيرة الأجل إلى وجود أثر معنوي للمتغيرات التفسيرية، حيث أسهمت نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء وإنتاج الكهرباء نفسه، إضافة إلى متغيرTRC ، في تفسير التغيرات الآنية في المتغير التابع، مع تباين اتجاه وقوة التأثير بين الدول، الأمر الذي يعكس خصوصية السياسات الطاقوية والاقتصادية المتبعة في كل حالة. وتؤكد هذه النتائج في مجملها أهمية السياسات الداعمة للتحول الطاقوي وتعزيز التكامل بين الطاقة والتجارة لتحقيق الاستقرار والتوازن في الأجلين القصير والطويل.

.بمقارنة نتائج نماذج تصحيح الخطأ (ECM) المقدَّرة لكل من ألمانيا والنرويج والدنمارك والصين، يتضح أن نموذج النرويج يُعدّ الأحسن قياسياً من حيث الكفاءة الديناميكية وقوة التفسير الاقتصادي. ويعود ذلك إلى أن معامل حد تصحيح الخطأ في نموذج النرويج جاء سالباً وكبير القيمة المطلقة (-1.14) ومعنوياً إحصائياً عند مستوى دلالة مرتفع، مما يعكس سرعة عالية جداً في تصحيح اختلالات الأجل القصير والعودة السريعة إلى التوازن طويل الأجل مقارنة ببقية الدول. كما أظهرت المتغيرات التفسيرية في النموذج النرويجي، ولاسيما نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء(RESH) ، وإنتاج الكهرباء (EP)، ومتغيرTRC ، معاملات معنوية ومتسقة مع الإطار النظري، الأمر الذي يعزز من موثوقية النموذج وقدرته على تفسير التغيرات قصيرة الأجل.

في المقابل، سجّل نموذجا ألمانيا والدنمارك معاملات تصحيح خطأ سالبة ومعنوية ولكن بقيم مطلقة ضعيفة نسبياً، ما يدل على بطء نسبي في سرعة التكيف، رغم معنوية المتغيرات المستقلة واتساق إشاراتها الاقتصادية. أما النموذج الصيني، فرغم تأكيده لوجود علاقة توازنية طويلة الأجل، إلا أن ضعف معامل تصحيح الخطأ وبطء سرعة التعديل، إلى جانب اختلاف اتجاه تأثير بعض المتغيرات، يجعله أقل كفاءة مقارنة ببقية النماذج. وعليه، يمكن الاستنتاج أن النموذج النرويجي هو الأكثر ملاءمة من الناحية القياسية والتفسيرية، يليه نموذجا الدنمارك وألمانيا، في حين يأتي النموذج الصيني في المرتبة الأخيرة من حيث جودة الأداء القياسي.

4.تحليل النتائج واختبار صحة الفرضيات:

سعت هذه الدراسة لقياس مساهمة الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة على اجمالي الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا و الدنمارك ،النرويج والصين – دراسة قياسية 2007 - 2024 ، باعتماد على بيانات البانل من خلال نموذج PANAL ARDL– الذي يعطي دراسة أشمل باعتبار دمج خصائص البعد الفردي لمقاطع العينة فضلا عن خصائص البعد الزمني حيث تم التوصل الى:

أثبت نتائج اختبار **Hsiao, C. (1986)**، على أن هناك أثر فردي عشوائي بين بيانات الدراسة.

1.4علاقة التكامل المتزامن لبيانات البانل :

-تشير نتائج اختبارات Pedroniللتكامل المشترك المبيّنة في الجدول رقم (8) إلى وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات النموذج محل الدراسة. فعلى مستوى البعد الداخلي(Within-Dimension) ، تُظهر إحصائية Panel ADFدلالة إحصائية قوية عند مستوى معنوية 1%، حيث بلغت قيمة الاحتمالية(p-value = 0.00) ، مما يسمح برفض فرضية العدم القائلة

بعدم وجود تكامل مشترك. كما جاءت إحصائية Panel PPقريبة من مستوى الدلالة الإحصائية التقليدي (p-value = 0.09)، وهو ما يعزّز وجود مؤشرات إضافية على التكامل المشترك، رغم عدم معنوية كل الإحصاءات الأخرى في هذا البعد؛ -أما على مستوى البعد بيني(Between-Dimension) ، فقد أظهرت كل من إحصائيتي Group PPو Group ADFدلالة إحصائية عند مستويي 5% و1% على التوالي، إذ بلغت قيم الاحتمالية (0.04) و(0.02)، وهو ما يؤكد رفض فرضية العدم وقبول فرضية وجود تكامل مشترك بين المتغيرات عبر الوحدات المقطعية. في المقابل، لم تكن إحصائية Group RHOمعنوية إحصائياً، غير أن ذلك لا ينفي وجود التكامل المشترك نظراً لاعتماد اختبار Pedroni على مجموعة من الإحصاءات التي يُستدل منها بشكل جماعي.

وعليه نقبل الفرض الأول : بوجود علاقة تكامل مشتركة بين الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة وبين الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا و الدنمارك ،النرويج والصين – للفترة 2007 - 2024

2.4تقدير وتحليل نموذج البانل الديناميكي:

1.2.4التحليل في الأجل الطويل:

بناء على نتائج اختبارات جذر الوحدة التي أظهرت اختلاف درجات تكامل المتغيرات بين I(0)وI(1)، تم الاعتماد على نموذج البانل الديناميكي لقياس طبيعة العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة خلال فترة الدراسة. يتيح هذا النوع من النماذج إدراج القيم المتأخرة للمتغير التابع ضمن المعادلة التقديرية، مما يسمح بأخذ الأثر الديناميكي والزمني بعين الاعتبار، ويعكس بشكل أدق سلوك الوحدات المقطعية محل الدراسة. كما يساهم نموذج البانل الديناميكي في معالجة مشكلات التباين غير المرصود وعدم التجانس بين الوحدات، إضافة إلى التقليل من مشكلات الارتباط الذاتي والتحيز الناتج عن المتغيرات المتأخرة. وقد أظهرت نتائج التقدير أن للمتغيرات المستقلة تأثيرات متفاوتة من حيث الاتجاه والدلالة الإحصائية، وهو ما يعكس وجود علاقة ديناميكية طويلة وقصيرة الأجل بين المتغيرات، الأمر الذي يعزز من قدرة النموذج على تفسير التفاعلات الاقتصادية المدروسة وتقديم استنتاجات أكثر موثوقية لدعم التحليل القياسي.

وبناءً عليه، تم اعتماد نموذج Panel ARDLباستخدام مقدر Pooled Mean Group (PMG)، لقدرته على استيعاب الخصائص الديناميكية للبيانات المقطعية الزمنية، ومعالجة مشكلة عدم التجانس، إضافة إلى السماح بتقدير معاملات التعديل نحو التوازن طويل الأجل. وقد تم التركيز في التحليل على تفسير معاملات الأجل الطويل، وسرعة تصحيح الخطأ، فضلاً عن ديناميكيات الأجل القصير، بما يتيح فهماً أشمل لطبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة. وتوفر نتائج هذا النموذج أساسًا تحليليًا متينًا لاستخلاص الاستنتاجات الاقتصادية وصياغة التوصيات المناسبة.

2.2.4التحليل في الأجل الطويل: أظهرت عملية التقدير بطريقة PMG وسط المجموعة المدمجة:

-معلمة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) لها اثر إيجابي معنوي وموافق للنظرية مع نسبة مصادر الطاقة المتجـــددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh، حيث عند زيادة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) ب 1 % سيؤدي الى زيادة نســـبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh ب 7,69 % ، و ما يعكس الدور المحوري لتوسيع القدرات المركبة من مصادر الطاقة المتجددة في تعزيز مساهمتها ضمن مزيج إنتاج الكهرباء. وتؤكد هذه النتيجة أن الاستثمار في البنية التحتيـــة الطاقوية المتجددة يعد من العوامل الأساسية الداعمة للتحول الطاقوي، لما له من أثر مباشر وإيجابي على رفع حصة الكهرباء المنتجة من المصادر النظيفة.

-من جهة أخرى، تؤكد هذه النتيجة صحة الطروحات النظرية التي تربط بين التوسع في القدرات المتجددة وتسريع التحول الطاقوي، حيث تمثل القدرة المركبة شرطا أساسا لرفع حصة الطاقة النظيفة في الإنتاج الكهربائي. كما أن الدلالة الإحصائية المرتفعة للمعلمة تعكس أن هذا الأثر ليس ظرفيا أو قصير الأجل، بل يعكس علاقة هيكلية مستقرة، تعززها سياسات الدعم الحكومي، وآليات التحفيز الاستثماري، وتطور الإطار التنظيمي لقطاع الطاقات المتجددة. وعليه، فإن هذه النتيجة تشير إلى أن أي استراتيجية وطنية أو إقليمية تهدف إلى زيادة مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الكهرباء يجب أن تركز بالدرجة الأولى على التوسع المستدام في القدرات المركبة، باعتباره المدخل الأكثر فعالية لتحقيق نتائج ملموسة على مستوى الإنتاج الفعلي للكهرباء النظيف.

-معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP لها اثر إيجابي معنوي مع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESh(%) ، حيث عند زيادة معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP بـــــ 1 % سيؤدي الى زيادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء RESh (%) 0,06% ، وعلى الرغم من أن قيمة هذه المعلمة تبدو محدودة من حيث الحجم مقارنة ببعض المتغيرات الأخرى، إلا أنها تعكس علاقة اقتصادية منطقية ومهمة، مفادها أن توسع الطلب الكلي على الكهرباء يخلق مجالًا أوسع لإدماج الطاقات المتجددة ضمن مزيج الإنتاج، خاصة في الدول التي تتبنى سياسات داعمة لتنويع مصادر الطاقة؛

-ويمكن تفسير هذا الأثر الإيجابي المحدود بكون الزيادة في إنتاج الكهرباء غالبًا ما تُلبّى جزئيا من خلال مصادر الطاقة التقليدية، خصوصًا على المدى القصير، نظرا لاعتبارات الاستقرار التقني وتكاليف التخزين. ومع ذلك، فإن الدلالة الإحصائية للمعلمة تشير إلى أن الطاقات المتجددة تستفيد بشكل تدريجي من نمو إنتاج الكهرباء، مما يعكس وجود اتجاه هيكلي نحو إدماج المصادر النظيفة في التوسع الطاقوي العام. كما توحي هذه النتيجة بأن نمو إنتاج الكهرباء، في ظل سياسات التحول الطاقوي، لا يُترجم فقط إلى زيادة كمية في الإنتاج، بل يُسهم أيضًا—وإن بوتيرة معتدلة—في رفع حصة الكهرباء المتجددة، الأمر الذي يعزز استدامة المنظومة الطاقوية على المدى الطويل.

3.2.4نتائج التقدير في الأجل القصير :

***حد تصحيح الخطأ:**

-تشير نتائج التقدير إلى أن معامل تصحيح الخطأ (COINTEQ) جاء سالبًا ومعنويًا إحصائيًا، حيث بلغت قيمته 0.27-عند مستوى دلالة مرتفع (قيمة احتمالية(0.00 = ، وهو ما يؤكد وجود علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين المتغيرات محل الدراسة. ويعكس السالب في إشارة المعامل صحة مسار التعديل الديناميكي للنموذج، إذ يشير إلى أن النظام الاقتصادي يميل إلى العودة نحو مسار التوازن طويل الأجل بعد التعرض لأي صدمة قصيرة الأجل؛

-وتفسيرا لقيمة هذا المعامل، فإن نحو 27%من الاختلالات قصيرة الأجل التي تصيب نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء يتم تصحيحها خلال فترة زمنية واحدة، مما يدل على سرعة تعديل متوسطة نسبيًا نحو التوازن. ويعني ذلك أن الصدمات المؤقتة، سواء كانت ناتجة عن تقلبات في إنتاج الكهرباء أو تغيّرات في القدرة المركبة للطاقة المتجددة، لا يكون لها أثر دائم، بل يتم امتصاصها تدريجيًا في الأجل الطويل. وتعكس هذه النتيجة درجة من الاستقرار الهيكلي في العلاقة بين المتغيرات، وتدعم ملاءمة النموذج الديناميكي المستخدم في تفسير التفاعلات بين عناصر منظومة الطاقة الكهربائية.؛

-معلمة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) لها اثر إيجابي معنوي وموافق للنظرية مع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%) RESh ، حيث عند زيادة القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) ب 1 % سيؤدي الى زيادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%) RESh ب 1,18 % في الاجل القصير ، يعكس هذا الأثر الإيجابي قدرة الاستثمارات الحديثة في الطاقات المتجددة على إحداث تأثير فوري نسبيًا في مزيج إنتاج الكهرباء، رغم ما قد يواجهه القطاع من قيود تقنية ومؤسساتية في المدى القصير؛

-كما توحي هذه النتيجة بأن التوسع في القدرات المركبة للطاقة المتجددة يترجم بسرعة إلى إنتاج فعلي للكهرباء النظيفة، وإن كان بوتيرة أقل مقارنة بالأجل الطويل، وهو ما يمكن تفسيره بعوامل مثل فترات التشغيل التجريبي، وربط المحطات الجديدة بالشبكة الكهربائية، إضافة إلى القيود المرتبطة بتذبذب مصادر الطاقة المتجددة. وعليه، فإن دلالة المعلمة في الأجل القصير تؤكد فعالية سياسات التوسع الطاقوي حتى على المدى الزمني القريب، مع تعزيز أثرها بشكل أكبر في الأجل الطويل؛

-معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP لها اثر إيجابي معنوي مع مع نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%)RESh ، حيث عند زيادة معلمة إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة) تابع EP بـــــــ 1 % سيؤدي الى زيادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (%) RESh 0,37% في الاجل القصير؛

-يعكس هذا الأثر الإيجابي استجابة سريعة نسبيًا لمساهمة الطاقات المتجددة في تلبية الزيادة الآنية في الطلب على الكهرباء، خاصة في ظل السياسات الطاقوية التي تشجع على إدماج المصادر النظيفة ضمن منظومة الإنتاج؛

-كما توحي هذه النتيجة بأن نمو إنتاج الكهرباء لا يعتمد كليًا على المصادر التقليدية حتى على المدى القصير، بل يتم استيعاب جزء من هذا النمو عبر الطاقات المتجددة، رغم القيود التقنية المرتبطة بتقلب الإنتاج وصعوبات التخزين. وعليه، فإن دلالة هذه المعلمة تؤكد وجود مرونة قصيرة الأجل في مزيج إنتاج الكهرباء، بما يسمح بزيادة مساهمة الطاقات المتجددة بالتوازي مع توسع الإنتاج الكهربائي الكلي، وهو ما يعزز مسار التحول الطاقوي حتى في الفترات الزمنية القصيرة.

وعليه نقبل الفرض الثاني بوجود أثر ذو دلالة معنوية بين الطاقات المتجددة في انتاج الكهرباء النظيفة وبين الكهرباء المنتجة في كل من ألمانيا و الدنمارك ،النرويج والصين – للفترة 2007 - 2024

5. خلاصة:

شهد قطاع الطاقة العالمي تحولا استراتيجيا نحو المصادر المتجددة كحل لمواجهة التحديات البيئية وتقلبات أسعار الطاقة التقليدية .وفي هذا السياق، جاءت هذه الدراسة لتحليل قياسي لمساهمة الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء النظيفة ضمن المزيج الكهربائي لأربع دول رائدة هي: ألمانيا، الدنمارك، النرويج، والصين، خلال الفترة (2007-2024). وقد تم اختيار هذه الدول تحديداً نظراً لتباين تجاربها؛ فألمانيا تمثل نموذجا لسياسات التحول الطاقوي، والنرويج تعتمد بشكل شبه كامل على الطاقة الكهرومائية، والدنمارك برزت في استغلال الرياح، بينما تجمع الصين بين الطلب المرتفع والاستثمار الواسع في الطاقات المتجددة .اعتمد البحث على المنهج الاستنباطي والمقارن باستخدام أدوات الاقتصاد القياسي بيانات البانل ونموذج Panel) (ARDLلفحص العلاقة بين حصة الكهرباء المتجددة كمتغير تابع، وبين القدرة المركبة وإنتاج الكهرباء كمتغيرات مستقلة.

نتائج الدراسة: وعليه ومن خلال ما سبق فقد خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، أهمها:

-وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة، مما يؤكد أن التحول نحو الطاقة النظيفة هو مسار مستقر وطويل الأجل؛

-وجود أثر إيجابي ومعنوي قوي للقدرة الإجمالية للطاقة المتجددة (TRC) على حصة الكهرباء النظيفة؛ حيث تبين أن كل زيادة في قدرات الطاقة المتجددة ترفع نسبة مساهمتها في المزيج الكهربائي بمقدار 7.37%؛

-تشير نتائج اختبارات Pedroniللتكامل المشترك المبيّنة في الجدول رقم (8) إلى وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات النموذج محل الدراسة. فعلى مستوى البعد الداخلي(Within-Dimension) ، تُظهر إحصائية Panel ADFدلالة إحصائية قوية عند مستوى معنوية 1%، حيث بلغت قيمة الاحتمالية(p-value = 0.00) ؛

-النرويج والدنمارك والصين، حيث جاءت معاملات حد تصحيح الخطأ سالبة ومعنوية إحصائيا عند مستوى دلالة مرتفع، مما يؤكد صحة فرضية التكامل المشترك بين المتغيرات. وتعكس القيم المقدّرة لمعامل ECM اختلاف سرعة التكيف بين الدول، إذ تتميز النرويج بسرعة عالية في تصحيح اختلالات الأجل القصير والعودة السريعة إلى التوازن طويل الأجل، في حين تُظهر ألمانيا والدنمارك سرعة تعديل معتدلة، بينما تسجل الصين أبطأ وتيرة في التكيف، وهو ما يمكن تفسيره باختلاف الهياكل الطاقوية ومستويات التحول نحو الطاقات المتجددة. كما تشير النتائج قصيرة الأجل إلى وجود أثر معنوي للمتغيرات التفسيرية، حيث أسهمت نسبة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء وإنتاج الكهرباء نفسه، إضافة إلى متغيرTRC ؛

-سجل إنتاج الكهرباء التقليدية أثرا سلبيا طفيفا (بمقدار 0.01%)، مما يشير إلى أن التوسع في المصادر التقليدية قد يحد نسبيا من حصة المصادر المتجددة؛

-على مستوى المقارنة الدولية، أظهرت النرويج أعلى سرعة في تصحيح الاختلالات نحو التوازن، مما جعل تجربتها الأكثر كفاءة قياسياً بين الدول المدروسة؛

-بينت الاختبارات القياسية (Hsiao) وجود عدم تجانس بين الدول محل الدراسة، مما يعكس اختلاف السياسات الوطنية والظروف الاقتصادية والبنى التحتية لكل دولة في تعاملها مع ملف الطاقة.

توصيات الدراسة: بناءً على ما توصلت إليه الدراسة من نتائج، يمكن تقديم جملة التوصيات التالية:

-تعزيز الاستثمار في البنية التحتية وذلك من خلال زيادة الاستثمارات في القدرات المركبة للطاقات المتجددة (الشمسية، الرياح، والمائية) نظرا لأثرها المحوري والمباشر في زيادة إنتاج الكهرباء النظيفة؛

-أهمية استمرار الدعم الحكومي والسياسات المحفزة لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتعزيز ديمومة القطاع الكهربائي؛

-الاستفادة من النماذج الناجحة وتبادل الخبرات الدولية، لا سيما النموذج النرويجي والدنماركي، في إدارة المزيج الطاقي وتحقيق الكفاءة في تصحيح الاختلالات الطاقوية؛

-تشجيع البحث والتطوير في تقنيات تخزين الطاقة وتقليل تكاليف الإنتاج لضمان استقرار الإمدادات الكهربائية النظيفة حتى في المدى القصير؛

-عند رسم سياسات التحول الطاقوي، يجب على كل دولة مراعاة ظروفها الاقتصادية ومواردها الطبيعية الخاصة، نظرا لعدم تجانس تأثير المتغيرات بين النماذج الدولية المختلفة.

6. الهوامش والإحالات:

1-Badi H. Baltagi, S. J.-M. (2023). Consistent estimation of panel data sample selection models. *Econometrics and Statistics*, 2-3.
2-model specification in econometrics. *the review of econometrics studeis, 47*(1), pp. 239-253.
3-Cheng, H. (1986). *Analysis of Panel Data. Econometric Society Monographs.* Cambridge University Press: Cambridge University Press.
4-Hausman, J. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica, 46*(6), pp. 1251-1271.
5-Les energies renouvelables : les bases,la techmologie et le potntiel au sénégal,PERACOB, Dakar,Sénégal. (2001). Consulté le 08 15, 2024, sur document internet disponible sur le site :www.peracob
6-Les energies renouvelables(ER02) . (2009, 02). Consulté le 8 16, 2024, sur document internet disponible sur le site www.documentation.bruxellesen vironnement.be/if_Energie_ER02
7-pedroni, P. (1999). Critcal values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *econometric, 15*(4), pp. 517-541.
8-pesaran, M. (2007). Asimple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *journal of Applied econometrics, 22*(2), pp. 265-312.
9-Report On Photovoltaic and Wind Energy,. (2009). *International Science Panel On Renewable Energies (ISPRE),*. Paris,: document internet disponible sur le site www.icsu.org/reports. Photovoltaic.wind/ispre.pdf (consulté 17/08/2024) à17 :30.
10-Stéphanie, B., & and others. (2021). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.* (4th revision),. International Energy Agency.

7. الملاحق (إن وجدت):

الملحق: نتائج اختبار نموذج التجميعي ، والثابت ، والعشوائي

Dependent Variable: RESH?
Method: Pooled EGLS (Cross-section random effects)
Date: 01/28/26 Time: 21:04
Sample: 2007 2024
Included observations: 18
Cross-sections included: 4
Total pool (balanced) observations: 72
Swamy and Arora estimator of component variances

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EP?	-0.013834	0.004733	-2.923910	0.0047
TRC?	7.37E-05	2.11E-05	3.492392	0.0008
C	59.35031	22.19293	2.674289	0.0093
Random Effects (Cross)				
1--C	-25.83042			
2--C	38.15196			
3--C	-2.409917			
4--C	-9.911627			

Effects Specification	S.D.	Rho
Cross-section random	43.67179	0.9300
Idiosyncratic random	11.98182	0.0700

Weighted Statistics

Root MSE	11.57384	R-squared	0.175390
Mean dependent var	3.428297	Adjusted R-squared	0.151488
S.D. dependent var	12.83484	S.E. of regression	11.82277
Sum squared resid	9644.677	F-statistic	7.337956
Durbin-Watson stat	0.181616	Prob(F-statistic)	0.001290

Unweighted Statistics

R-squared	0.307686	Mean dependent var	53.12500
Sum squared resid	49895.25	Durbin-Watson stat	0.035106

Dependent Variable: RESH?
Method: Pooled Least Squares
Date: 01/29/26 Time: 12:08
Sample: 2007 2024
Included observations: 18
Cross-sections included: 4
Total pool (balanced) observations: 72

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EP?	-0.018164	0.004206	-4.318569	0.0001
TRC?	8.82E-05	2.89E-05	3.049705	0.0032
C	63.43573	3.623965	17.50451	0.0000

Root MSE	25.47101	R-squared	0.351860
Mean dependent var	53.12500	Adjusted R-squared	0.333074
S.D. dependent var	31.86024	S.E. of regression	26.01884
Akaike info criterion	9.396292	Sum squared resid	46711.61
Schwarz criterion	9.491153	Log likelihood	-335.2665
Hannan-Quinn criter.	9.434057	F-statistic	18.72927
Durbin-Watson stat	0.047138	Prob(F-statistic)	0.000000

Dependent Variable: RESH?
Method: Pooled EGLS (Cross-section random effects)
Date: 01/29/26 Time: 12:08
Sample: 2007 2024
Included observations: 18
Cross-sections included: 4
Total pool (balanced) observations: 72
Swamy and Arora estimator of component variances

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EP?	-0.013834	0.004733	-2.923010	0.0047
TRC?	7.37E-05	2.11E-05	3.492392	0.0008
C	59.35031	22.19293	2.674289	0.0093
Random Effects (Cross)				
1--C	-25.83042			
2--C	38.15196			
3--C	-2.409917			
4--C	-9.911627			

Effects Specification	S.D.	Rho
Cross-section random	43.67179	0.9300
Idiosyncratic random	11.98182	0.0700

Weighted Statistics			
Root MSE	11.57384	R-squared	0.175390
Mean dependent var	3.428297	Adjusted R-squared	0.151488
S.D. dependent var	12.83484	S.E. of regression	11.82277
Sum squared resid	9644.677	F-statistic	7.337956
Durbin-Watson stat	0.181616	Prob(F-statistic)	0.001290

Unweighted Statistics			
R-squared	0.307686	Mean dependent var	53.12500
Sum squared resid	49895.25	Durbin-Watson stat	0.035106

الملحق : اختبار استقرارية سلاسل المتغير

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
Series: RESH
Date: 01/29/26 Time: 12:12
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total (balanced) observations: 64
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-10.7086	0.0000

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

Intermediate results on RESH

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: RESH
Date: 01/29/26 Time: 12:13
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 64
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.93124	0.0000

** Probabilities are computed assuming asympotic normality
Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: RESH
Date: 01/29/26 Time: 12:14
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 64
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	27.0114	0.0007
ADF - Choi Z-stat	-2.11715	0.0171

الملحق : اختبار استقرارية للمتغير EP

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
Series: EP
Date: 01/29/26 Time: 12:16
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total (balanced) observations: 64
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-0.00939	0.4963

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
Series: D(EP)
Date: 01/29/26 Time: 12:17
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total (balanced) observations: 60
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-6.29105	0.0000

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: D(EP)
Date: 01/29/26 Time: 12:17
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 60
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.82793	0.0000

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

الملحق رقم : نتائج اختبار استقرارية سلسلة TRC

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
Series: TRC
Date: 01/29/26 Time: 12:18
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total number of observations: 60
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	9.18180	1.0000

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
Series: D(TRC)
Date: 01/29/26 Time: 12:19
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 0
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total number of observations: 60
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-1.60208	0.04456

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: D(TRC)
Date: 01/29/26 Time: 12:19
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 0
Total number of observations: 60
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.64765	0.0041

** Probabilities are computed assuming asympotic normality

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: D(TRC)
Date: 01/29/26 Time: 12:20
Sample: 2007 2024
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 0
Total number of observations: 60
Cross-sections included: 4

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	24.5788	0.0018
ADF - Choi Z-stat	-2.29825	0.0108

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi -square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

*

الملحق : نتائج اختبار التكامل المشترك padroni

Pedroni Residual Cointegration Test
Series: RESH EP TRC
Date: 01/29/26 Time: 12:22
Sample: 2007 2024
Included observations: 72
Cross-sections included: 4
Null Hypothesis: No cointegration
Trend assumption: Deterministic intercept and trend
User-specified lag length: 0
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)

	Statistic	Prob.	Weighted Statistic	Prob.
Panel v-Statistic	11.25985	0.0000	3.728249	0.0001
Panel rho-Statistic	-1.281273	0.1000	-0.019442	0.4922
Panel PP-Statistic	-8.559662	0.0000	-3.779936	0.0001
Panel ADF-Statistic	-7.441608	0.0000	-3.629351	0.0001

Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)

	Statistic	Prob.
Group rho-Statistic	0.325821	0.6277
Group PP-Statistic	-5.551274	0.0000
Group ADF-Statistic	-5.065995	0.0000