

الطاقة المتجددة: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والنمو الاقتصادي في الجزائر

Renewable energy, co2 emissions and economic growth in Algeria

الحاج العمري *

جامعة البويرة، مخبر الإقليم، المفاولاتية والابتكار، الجزائر، h.lamri@univ-bouira.dz

تاريخ الاستلام: 2025/09/11؛ تاريخ القبول: 2025/11/26؛ تاريخ النشر: 2025/12/30

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة أثر الطاقات المتجددة والنمو الاقتصادي في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للجزائر خلال الفترة 1989-2023 وهذا في ظل فرضية منحى كوزنتس، ولتحقيق ذلك تم دراسة العلاقة في الأجل الطويل في ظل وجود انكسار هيكل واحد، حيث تم دراسة الاستقرار والتكامل المشترك دائما في ظل الانكسار الهيكلي- ثم تم تقدير العلاقة طويلة الأجل باستخدام المربعات الصغرى العادية المعدلة كليا.

نتائج الدراسة تبين بأن فرضية كوزنتس غير محققة في الجزائر، حيث في المستويات العالية من التقدم الاقتصادي يزداد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وبدرجة أقل استهلاك الوقود الأحفوري وبدرجة أقل منهما استهلاك الطاقات المتجددة.

كلمات مفتاحية:

الطاقة المتجددة؛ النمو الاقتصادي؛ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ الوقود الأحفوري؛ المربعات الصغرى العادية المعدلة كليا

Abstract:

This study aims to examine the impact of renewable energy and economic growth on carbon dioxide (CO₂) emissions in Algeria during

1989–2023, within the framework of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. To achieve this, the long-run relationship was investigated while accounting for a single structural break. Stationarity and cointegration were tested under the structural break, and the long-run relationship was estimated using the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) method.

The results of the study indicate that the EKC hypothesis is not validated in Algeria. At higher levels of economic growth, CO₂ emissions increase with a greater reliance on fossil fuel consumption, while the contribution of renewable energy consumption remains limited.

Keywords: renewable energy; economic growth; CO₂ emissions; fossil fuel; FMOLS.

المقدمة:

تُعدّ قضايا انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) وتداعياتها المناخية والاقتصادية من أبرز المعاصرة، خاصة في ظل الالتزام الدولي المتزايد بتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام 2050. فالعلاقة بين النمو الاقتصادي وانبعاثات CO₂ تتسم دائما بالتعقيد، إذ تشير النظريات البيئية - كنموذج منحني كوزنتس - إلى احتمال وجود علاقة غير خطية بينهما في شكل منحني U مقلوب، حيث ترتفع الانبعاثات في المراحل الأولى للنمو ثم تبدأ في الانخفاض مع تبني استراتيجيات بيئية فعالة.

في هذا السياق، لم تعد تمثل الطاقات المتجددة بمختلف أنواعها خياراً استراتيجياً، بل أضحت حتمية للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والحفاظ - في نفس الوقت - على معدلات النمو الاقتصادي (التنوع الاقتصادي). وتشير الدراسات في هذا السياق - سنعرضها لاحقاً - إلى أن الدول مصنفة إلى مجموعتين، الأولى ملتزمة فعلياً بأهداف الحياد الكربوني وبالرغم من معدلات النمو المرتفعة التي تتميز بها إلا أنها ساهمت في الحد من الانبعاثات بخلاف الصنف الثاني من مجموعة الدول التي لا تلتزم فعلياً بالحياد الكربوني، بل شكلياً فقط - وبعض الدول بدأت مؤخراً فقط في الالتزام بهذا الهدف -.

بالنسبة للدول العربية، ومنها الجزائر، فيبدو الأمر كالمعضلة - إذا لم تنتهج

استراتيجيات واضحة المعالم توضح فيها الخطوط العريضة للتحويل الطاقوي- فهي من جهة تسعى لتحقيق النمو الاقتصادي وتنويع مصادر الدخل بعيداً عن مصادر الطاقة التقليدية مثل الغاز والنفط –التي قد تنضب من كثرة الاستهلاك-، ومن جهة أخرى تواجه ضغوطاً متزايدة للالتزام بالاتفاقيات المناخية الدولية. وهناك بالفعل محاولات حثيثة من معظم الدول العربية على غرار السعودية ومصر والجزائر للتحويل الطاقوي بما يضمن لها معدلات نمو ديناميكية خارج قطاع النفط والغاز ويضمن لها كذلك التقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

عطفاً على كل ما سبق، وبالنظر إلى التوجهات الاستراتيجية للجزائر – في تعزيز الاستثمار في الطاقات النظيفة كالهيدروجين الأخضر وتنويع مزيج الطاقة، تبرز لنا إشكالية الدراسة كما يلي:

ما مدى فعالية سياسات الطاقة المتجددة في خفض الانبعاثات دون الإضرار بمسار النمو الاقتصادي؟

وللإجابة عن هذه الإشكالية نطرح الأسئلة الفرعية الآتية:

- هل الطاقات المتجددة تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؟
- هل النمو الاقتصادي يخفف من الانبعاثات؟
- هل عند المستويات المرتفعة من النمو الاقتصادي تزداد الانبعاثات (فرضية كوزنتس)؟

أما الفرضيات التي يجب طرحها لمعالجة هذه الإشكالية يمكن صياغتها كما يلي:

- الطاقات المتجددة تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
- النمو الاقتصادي يخفف من الانبعاثات
- في حين عند المستويات المرتفعة من النمو الاقتصادي تزداد الانبعاثات، وهذا ما يتوافق مع فرضية كوزنتس

الإشكالية المطروحة تتطلب تحليلاً كمياً دقيقاً باستخدام أدوات الاقتصاد القياسي، بما في ذلك النماذج التي تأخذ في الاعتبار العلاقات الديناميكية وغير الخطية في ظل الانكسارات الهيكلية.

المبحث الأول: واقع الطاقات المتجددة في الجزائر ودورها في الحد من

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

المطلب الأول: الطاقات المتجددة

قبل الحديث عن اتجاهات الطاقات المتجددة وآثارها على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجزائر، لابد من معرفتنا لمعنى الطاقات المتجددة، ثم عن آثارها المحتملة - نظريا- على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وعن المخاطر المحتملة لهذه الانبعاثات.

أولاً: تعريف الطاقات المتجددة

الطاقات المتجددة تعرفها الأمم المتحدة بأنها " الطاقة المتجددة هي طاقة ناتجة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما يتم استهلاكه"⁽¹⁾، وتعرفها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة⁽²⁾ بأنها جميع أشكال الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة بشكل مستدام، والتي تشمل، من بين أمور أخرى هي: الطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية، الطاقة الكهرومائية، والطاقة البحرية، بما في ذلك طاقة المد، والطاقة الموجية والطاقة الحرارية للمحيطات، والطاقة الشمسية، وطاقة الرياح.

ثانياً: آثارها المحتملة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

نظريا ووفق للدراسات التجريبية فإن الطاقات المتجددة تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتختلف نسبة هذا الأثر من دولة إلى دولة بحسب معدلات النمو الاقتصادي لهذه الدول وبحسب نسبة الطاقات المتجددة فيها بالمقارنة بالطاقة الاجمالية المستعملة في البد. وفي الجانب التطبيقي لهذه الدراسة سنحاول تأكيد ذلك. أما ما جاء في نتائج الدراسات التجريبية السابقة أو في التقارير والنشريات الرسمية فيؤكد بما لا يدع مجالا للشك أن الطاقات المتجددة فرصة ذهبية للحد من الانبعاثات والمساهمة في تنويع الاقتصاديات خاصة الربعية، فمثلا بالنسبة لمصر بنهاية عام 2024 وبعد استثمار مبلغ مالي قدره 3.4 مليار جنيه في الطاقة المتجددة وصلت إلى قدره إجمالية مربة قدرها 1590

(1) الأمم المتحدة .(بلا تاريخ)، تاريخ الاسترداد 2025/08/02، من:

<https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy>

(2) International Renewable Energy Agency (IRENA), Statute of the International Renewable Energy Agency, 2011.

ميغاوات وحقت عائدا قدره 3.9 مليار جنيه وساهمت في التقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 2 مليون طن⁽¹⁾، وهذا كله ضمن استراتيجيتها الوطنية للطاقة المستدامة الرامية إلى مجموعة من الأهداف بحلول عام 2035 من أبرزها الوصول إلى نسبة إدماج قدرها 42 بالمئة من الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة في بداية عام 2030.⁽²⁾

المطلب الثاني: تحليل واقع الطاقات المتجددة في الجزائر

أما بالنسبة للجزائر، وعلى الرغم من أن البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة (2011-2030) حدّد أهدافاً طموحة تتمثل في تركيب قدرة إجمالية تناهز 22,000 ميغاواط منها 12,000 ميغاواط موجهة للسوق الوطني و 10,000 ميغاواط مخصصة للتصدير، مع السعي لبلوغ نسبة 40% من إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة بحلول 2030⁽³⁾. إلا أنّ الحصيلة الفعلية إلى غاية نهاية 2023 تكشف عن فجوة كبيرة بين الطموح والإنجاز. فحسب بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لم تتجاوز القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر 600 ميغاواط (معظمها كهرو-مائية وبعض مشاريع الخلايا الفوتوفلطية)، أي أقل من 5% من الهدف المرحلي المعلن لعام 2020 (2,600 ميغاواط للسوق الوطني) وأقل من 0.05% من الهدف النهائي لعام 2030.

أما على مستوى المزيج الكهربائي، فقد كانت مساهمة الوقود الأحفوري كبيرة جدا لتتناهز 95 طن واط في الساعة من إجمالي إنتاج الكهرباء في 2023، بينما اقتصرت مساهمة الطاقات المتجددة (الكهرومائية والشمسية) على 0.91 طن فقط. هذه الفجوة بين الأهداف والإنجاز انعكست أيضاً على مسار الانبعاثات، حيث سجّلت الجزائر أكثر من 178 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في 2023، بمتوسط 3.85 طن للفرد، ما يضعها ضمن أكبر ثلاث دول إفريقية مصدّرة للانبعاثات من حيث الإجمالي. وبهذا يمكن القول إن الرؤية

(1) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي لعام 2024، مصر، تم الاسترداد من

<https://www.nrea.gov.eg/Content/reports/arabic%202024.pdf>

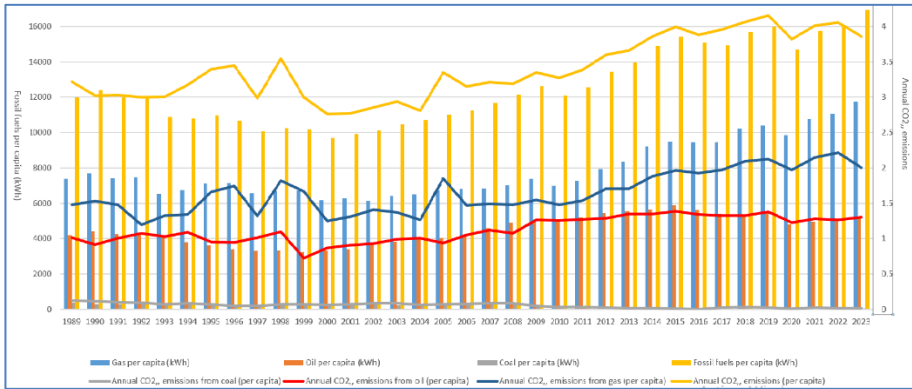
(2) وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية والتعاون الدولي، مصر، بلا تاريخ، تم الاسترداد من <https://moic.gov.eg/ar/sector/%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9/4>

(3) Centre de Développement des Energies Renouvelables, Programme Algérien de Développement des Energies Nouvelles et Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique, extrait du MEM Lundi 25 Avril 2011, sur https://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_020_19.pdf

الاستراتيجية التي وُضعت في 2011 مثّلت إطارًا طموحًا للتحوّل الطاقوي، غير أن ضعف الإيقاع التنفيذي وأسباب أخرى، قيود التمويل، وبطء إصلاح المنظومة المؤسسية الطاقوية حال دون ترجمة الأهداف إلى إنجازات ملموسة، مما يستدعي إعادة ضبط السياسات الراهنة عبر تسريع وتيرة الاستثمار، تحديث البنية التحتية الكهربائية، وتفعيل آليات الشراكة الدولية، وهو ما تعمل عليه الجزائر حيث تم إبرام عدة شراكات خاصة مع ألمانيا وإيطاليا في مجال الهيدروجين الأخضر.

وما ذكرناه آنفا، يعززه الإحصائيات المتوفرة حول حصتي استهلاك الطاقة المتجددة والأحفورية من إجمالي استهلاك الطاقة كما يبينه الشكل 1، حيث يتضح لنا أن الجزائر في بداية الطريق نحو التحوّل الطاقوي، فالطاقة المتجددة تكاد تكون معدومة مقارنة بالطاقة الناتجة عن طريق النفط والغاز وبشكل أقل الفحم -الوقود الأحفوري- مما انعكس على ارتفاع معدلات الانبعاثات، حيث أنه كلما زاد استهلاك الوقود الأحفوري مهما كان نوعه فإن الانبعاثات تزيد (حجم الانبعاث مرتبط بحجم استهلاك الوقود الأحفوري).

الشكل 1: تطور مؤشرات سوق الطاقة في الجزائر ومساهمتها في انبعاثات CO2



المصدر: انطلاقاً من البيانات المتاحة على: <https://ourworldindata.org/>

المبحث الثاني: الدراسة التجريبية

قبل الخوض في غمار دراسة العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والطاقة المتجددة في ظل مستويات من النمو الاقتصادي لا بد من عرض أهم الدراسات السابقة في الموضوع حتى يتسنى لنا اقتراح نموذج مناسب لحلة وطبيعة الاقتصاد الجزائري وبيئته ومناخه.

المطلب الأول: الدراسات السابقة ومراجعة الأدبيات

أولاً: الدراسات السابقة

قبل التطرق للدراسة التجريبية وتفسير النتائج لا بد من عرض بعض الدراسات السابقة التي تناولت الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي وعلاقتهما بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون حتى يتمكن من اقتراح نموذج مناسب لحالة الجزائر، ومعظم هذه الدراسة مبنية في الجدول الآتي.

الجدول 1: عرض بعض الدراسات السابقة

الدراسة	عنوان الدراسة	العينة والفترة الزمنية	الطريقة القياسية المستخدمة
دراسة (1) Sari et al (2019)	Examining the Connection amongst Renewable Energy, Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions in Algeria	الجزائر من 1995 إلى 2016	Granger ، Sببية VECM تم اعتماد VECM بسبب أنه توجد علاقات بين المتغيرات في الاتجاهين وقد بين ذلك الباحث بالتفصيل
	نتائج الدراسة: النمو الاقتصادي-كما هو مفترض- يؤدي إلى ارتفاع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وهذا بسبب الاعتماد المفرط على الوقود الاحفوري، كما يمكن للطاقات المتجددة أن تخفض من هذه الانبعاثات. وفي الأخير لا يمكن تحقق فرضية كوزنتس بالنسبة للجزائر كون الأخيرة مازالت تعتمد على الطاقة التقليدية بشكل مفرط وبالتالي الانبعاثات ستزايد بتزايد النمو.		
	Renewable and non-renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth in Tunisia	تونس من 1990 إلى 2015	Granger ، Sببية VECM تم اعتماد VECM باعتبار أن العلاقة ديناميكية والتأثير متبادل بين المتغيرات

(1) Sari Hasoun Salah eddine et al, Examining the Connection amongst Renewable Energy, Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions in Algeria. Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics, 2019, vol 14, No 29, pages 199-223.

نتائج الدراسة: وجود علاقة سببية في الاتجاهين بين استهلاك الطاقة سواء المتجددة أو غير المتجددة وانبعاثات CO₂. كما أن النمو الاقتصادي يأتثر على انبعاثات CO₂ في الأجلين القصير والطويل			دراسة⁽²⁾ Ben Mbarek et al (2018)
Granger ، سببية VECM تم اعتماد VECM باعتبار أن العلاقة ديناميكية والتأثير متبادل بين المتغيرات	فرنسا، إسبانيا، إيطاليا وتركيا من 1980 إلى 2012	How Effective Are Renewable Energy in Addition of Economic Growth and Curbing CO₂ Emissions in the Long Run? A Panel Data Analysis for Four Mediterranean Countries	دراسة⁽¹⁾ Ben Mbarek et al (2018b)
نتائج الدراسة: هذه الدراسة وبخلاف الموجودة في السطر الثاني (لنفس المؤلف) اهتمت فقط بالأجل الطويل (وليس القصير) وتمت على أربعة دول هي فرنسا، تركيا، إسبانيا وإيطاليا وخلصت إلى وجود علاقة (معنوية) توازنية في الأجل الطويل بين المتغيرات، وبشكل أدق النمو الاقتصادي له أثر معنوي وموجب على انبعاثات CO₂، وأيضا وجود علاقة سببية في الاتجاهين بين النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة المتجددة			
GMM ، VECM ، سببية Granger تم اعتماد VECM باعتبار أن العلاقة ديناميكية والتأثير متبادل بين المتغيرات	Algeria, and 13 countries من 1980 إلى 2011	Renewable energy, non-renewable energy, carbon dioxide emissions and economic growth in selected Mediterranean countries	دراسة⁽²⁾ Harbaoui (2017)

(2) Ben Mbarek Mounir et al, Renewable and non-renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth in Tunisia, Quality and Quantity, 2018, vol No 52, pages 1105-1119.

(1) Ben Mbarek Mounir et al, How Effective Are Renewable Energy in Addition of Economic Growth and Curbing CO₂ Emissions in the Long Run? A Panel Data Analysis for Four Mediterranean Countries, Journal of the Knowledge Economy, 2018b, vol 9, pages 754-766.

(2) Harbaoui, Z. M, Renewable energy, non-renewable energy, carbon dioxide emissions and economic growth in selected Mediterranean countries, Environmental Economics and Policy Studies, 2017 vol 19, pages 691-709.

نتائج الدراسة: هناك علاقة مباشرة وفي الاتجاهين بين النمو واستهلاك الكهرباء وهذا في الأجل القصير، بينما في الأجل الطويل هنالك علاقة غير مباشرة من استهلاك الكهرباء من مصادر متجددة إلى النمو الاقتصادي. بينما استهلاك الكهرباء من مصادر متجددة يسبب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل وعلى العكس في المدى القصير. وأخيرا استهلاك الكهرباء المتجددة هو العامل الأكثر أهمية في تفسير النمو			دراسة⁽¹⁾ James (2007)
وتم استعمال النموذج $C_t = \beta_0 + \beta_1 E_t + \beta_2 G_t + \beta_3 G_t^2 + \varepsilon_t$ حيث C هو CO₂ و G هو الناتج الداخلي الخام، وتم ادخال مربع الناتج الداخلي الخام باعتبار أنه تم أخذ فرضية منحنى كوزنتس في الحسبان و E هو استهلاك الطاقة. تم معالجة ها النموذج قياسيا باستخدام VECM	فرنسا من 1960 إلى 2000	CO₂ emissions, energy consumption, and output in France	
نتائج الدراسة: وجود علاقة توازنية قوية طويلة الأجل بين المتغيرات، كما أن المزيد من استهلاك الطاقة يؤدي إلى المزيد من انبعاثات CO₂. أخيرا انبعاثات CO₂ والناتج بينهما علاقة تربيعية في المدى الطويل.			دراسة⁽²⁾ Balsalobre-Lorente et al. (2018)
تم استخدام نموذج كوزنتس وتوسيعه بإضافة متغيرات مستقلة من الانفتاح التجاري والكهرباء من مصادر متجددة والابتكار التكنولوجي ووفرة الموارد الطبيعية والإبتكار في مجال الطاقة	Germany, France, Italy, Spain, and the United Kingdom من 1985 إلى 2016	How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO₂ emissions?	
نتائج الدراسة: العلاقة في ظل منحنى كوزنتس بين النمو الاقتصادي و انبعاثات CO₂ هي عبارة عن N-shaped، أي أن تأثيرات النمو ترتفع ثم تنخفض ثم تعاود الارتفاع، في حين تساهم			

(1) James B. Ang, CO₂ emissions, energy consumption, and output in France, Energy Policy, 2017, vol 35 No 10, pages 4772-4778.

(2) Balsalobre-Lorente Daniel et al, How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO₂ emissions? Energy Policy, 2018, vol 113, pages 356-367.

استهلاك الكهرباء من مصادر متجددة، ووفرة الموارد الطبيعية، والابتكار في الطاقة تؤدي إلى خفض الانبعاثات.			
DOLS ، FMOLS ، GMM وتم معالجة النموذج الآتي: $CO_2 = f(GDP, REN, TOURISM, TRADE)$	28 دولة من الإتحاد الأوروبي من 1995 إلى 2014	The Linkage between Economic Growth, Renewable Energy, Tourism, CO2 Emissions, and International Trade: The Evidence for the European Union	دراسة ⁽¹⁾ Leitão and Balsalobre- Lorente (2020)
نتائج الدراسة: الانفتاح التجاري والطاقات المتجددة تخفض من انبعاثات CO ₂ ، في حين أن النمو الاقتصادي يزيد من الانبعاثات.			

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على الدراسات الموجودة في الجدول نفسه

ثانياً: مراجعة الأدبيات مراجعة الأدبيات والنموذج المقترح

بالإضافة للدراسات السابقة المقدمة في الأعلى، نقول أنه من المفيد جداً -بل من الضروري- عدم دراسة العلاقة بين الطاقة المتجددة والانبعاثات بمعزل أن النمو الاقتصادي، ومن هنا جاءت فكرة منحى كوزنتس⁽²⁾ التي تبين أن النمو الاقتصادي في البداية يزيد من الانبعاثات -وهذا عادي بسبب الاعتماد على الطاقة الأحفورية كمصدر دخل أساسي في بعض الدول مثل الجزائر- ثم في مرحلة ما -وفي ظل ظروف معينة مثل التحول الطاقوي وزيادة استهلاك الطاقات النظيفة والمتجددة- تبدأ الانبعاثات في الانخفاض بالرغم من ارتفاع معدلات النمو وهذا أكدته الدراسات التجريبية فيما بعد مثل دراسة⁽³⁾ Cihan and Emrah (2021)، وهذا لا يعني أن النمو الاقتصادي هو الذي خفض الانبعاثات، بل زيادة استهلاك الطاقة المتجددة من تحقق ذلك، وهذا بحسب طبيعة

(1) Leitão Nuno Carlos, Balsalobre-Lorente Daniel, The Linkage between Economic Growth, Renewable Energy, Tourism, CO2 Emissions, and International Trade: The Evidence for the European Union. energies, 2020, vol13 , No 18.

(2) Gene M. Grossman, Alan B. Krueger, Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH(3914), 1991.

(3) Cihan Özden, Emrah Beşe, Environmental Kuznets Curve (EKC) in Australia: Evidence from Nonlinear ARDL Model with a Structural Break, Polish Journal of Environmental Studies, 2021, vol 30 , No 3, pages 2245-2254.

اقتصاد كل بلد من حيث هيكله الاقتصادي كما بينت دراسة Md. Bokhtiar (1) Hasanet al (2023)، ومن حيث انضمامه لاتفاقيات المناخ وسعيه للحياد الكربوني، ويتم معرفة ذلك من خلال الاستراتيجيات الوطنية المسطرة مثل الجزائر، والدراسات السابقة المبينة في الجدول 1 تشارك كلها -مع اختلاف الأدوات القياسية فيها- في أن النمو الاقتصادي يؤدي إلى ارتفاع الانبعاثات في البداية بالنسبة لكل الدول بحسب مستويات تقدمها، ثم في مرحلة ما تنخفض هذه الانبعاثات رغم ارتفاع معدلات النمو بالنسبة فقط للدول التي تحترم لاتفاقيات المناخ، في حين أن الطاقة المتجددة تسهم في خفض الانبعاثات بالنسبة لكل الدول وما يميز الدول المتقدمة هنا هو درجة الأثر كبيرة مقارنة بالدول النامية كون استراتيجيات الطاقة المتجددة فيها فعالة. إذا كملخص للدراسات السابقة يمكن كتابة الآتي:

-الدول المتقدمة التي تحترم اتفاقيات المناخ فعليا فإن فرضية EKC محققة فيها مثل اليابان كما بين (Siddharth (2024) (2) و Katsuya (2021) (3) و Rafindadi (4) (2016)

-الدول التي لا تلتزم فعليا باتفاقيات المناخ (وهي أغلب الدول النامية حتى وإن كانت ضمن اتفاق باريس والحياد الكربوني) النمو يؤدي دوما لارتفاع الانبعاثات. فمثلا أغلب دول منطقة MENA لا تحقق الفرضية كما بين (Siddharth (2024) (1) و Yahyaoui (2) and Ghandri (2024) (3) و Ghaderi et al (2023).

(1) Md. Bokhtiar Hasanet al, A new answer to the old question of the environmental Kuznets Curve (EKC) Does it work for BRICS countries? Resources Policy, 2023, vol 87 (Part B), doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104332

(2) Siddharth Singh, The relationship between growth in GDP and CO2 has loosened; it needs to be cut completely, IEA, 2024.

(3) Katsuya Ito, The relationship between CO2 emissions and income: evidence from Japan, Letters in Spatial and Resource Sciences, 2021, vol 14, pages 261–267.

(4) Abdulkadir Abdulrashid Rafindadi, Revisiting the concept of environmental Kuznets curve in period of energy disaster and deteriorating income: Empirical evidence from Japan, Energy Policy, 2016, vol 94, pages 274-284.

(1) Siddharth Singh, ibid

(2) Yahyaoui Ismahen, Ghandri Mohamed, Assessing the Relationship between CO2 Emissions, Renewable Energy, Trade Openness and Economic Growth: MENA Countries Analysis, International Journal of Energy Economics and Policy, 2024, vol 14, No 4.

(3) Ghaderi Zahed et al, Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in the MENA Region: The Roles of International Tourist Arrivals, Energy Consumption and Trade Openness. Sustainability, 2023, vol 15(2553).

-بعض الدول النامية التي بدأت مؤخرا الاهتمام بالحياد الكربوني ستخفض فيها الانبعاثات في الأجل الطويل بالرغم من زيادة معدلات النمو الاقتصادي ولكل ببطء مثل البرازيل (التي شكلت بنهاية عام 2022 مع الصين والولايات المتحدة الأمريكية والهند والاتحاد الأوروبي وإندونيسيا والاتحاد الروسي نصف غازات الاحتباس الحراري⁽⁴⁾ ، وهذا بحسب دراسة⁽⁵⁾ Zambrano-Monserrate et al (2016) ودراسة⁽⁶⁾ Freire et al (2023) ودراسة⁽⁷⁾ Hsiao-Tien and Chung-Ming (2011) ومثل جنوب إفريقيا التي أسهم فيها التطور المالي الممول لمشاريع الطاقة المتجددة في تحقيق فرضية EKC كما بينت دراسة⁽⁸⁾ Udeagha and Breitenbach (2023) والدراسات في هذا السياق عديدة لا يمكن حصرها كلها هنا.

-الطاقة المتجددة دوما تؤدي إلى خفض الانبعاثات، ومقدار هذا الأثر يختلف من دولة إلى أخرى بحسب درجة تحولها للطاقة النظيفة والمتجددة وكل الدراسات السابقة التي عرضناها أكدت ذلك فلا داعي لإعادة سردها.

إذًا، ومما سبق نقترح النموذج الآتي (وسيتم تعريف المتغيرات الداخلة في النموذج بعد قليل):

$$CO2 = f(GDPP, GDP2, RWC, FFC)$$

المطلب الثاني: دراسة الاستقرار والتكامل المشترك

قبل التطرق لاستقرارية السلاسل الزمنية محل الدراسة ومن ثم اختيار التكامل

(4) الأمم المتحدة، مرجع سابق.

(5) Manuel A. Zambrano-Monserrate et al, Relationship Between Economic Growth and Environmental Degradation: Is there an Environmental Evidence of Kuznets Curve for Brazil? International Journal of Energy Economics and Policy, 2016, vol 06, No 02, pages 208-216.

(6) Fátima de Souza Freire et al, Economic growth and greenhouse gases in Brazilian States: is the environmental Kuznets curve applicable hypothesis? Environmental Science and Pollution Research, 2023, vol 30, pages 44928–44942.

(7) Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai, Modeling and forecasting the CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. Energy, 2011, vol 36 No 5, pages 2450-2458. doi:https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.032

(8) Maxwell Chukwudi Udeagha, Marthinus Christoffel Breitenbach, Exploring the moderating role of financial development in environmental Kuznets curve for South Africa: fresh evidence from the novel dynamic ARDL simulations approach, Financial Innovation, 2023, vol 9, No 5.

المشترك وتقدير العلاقة في الأجل الطويل – طبعاً في حالة وجود تكامل مشترك بين المتغيرات- لا بد من ضبط المتغيرات ومقاييسها ومصادر جمع البيانات كما هو موضح في الجدول 2.

الجدول 2: تعريف متغيرات الدراسة ومصادر جمع البيانات

رمزه	قياسه	نوع المتغير
CO2	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري والعمليات الصناعية. وتشمل هذه الانبعاثات تلك المرتبطة بالنقل، وتوليد الكهرباء، والتدفئة، لكنها لا تشمل الانبعاثات الناتجة عن تغيير استخدامات الأراضي.	المتغير التابع
REC	الاستهلاك الفردي للطاقة من المصادر المتجددة، 2024 مقاساً بالكيلوواط-ساعة من الطاقة الأولية لكل شخص	المتغيرات المستقلة
GDP	نصيب الفرد من إجمالي الناتج الداخلي الخام الحقيقي بالأسعار الثابتة للدولار الأمريكي في عام 2010	
GDP2	مربع نصيب الفرد من إجمالي الناتج الداخلي الخام الحقيقي بالأسعار الثابتة للدولار الأمريكي في عام 2010	
FFEC	استهلاك الوقود الأحفوري للفرد حسب المصدر الذي يشمل الغاز والنفط والفحم، مقاساً بالكيلوواط-ساعة لكل شخص	مصادر البيانات
	-الناتج الداخلي الخام للفرد من مجموعة بيانات البنك الدولي -بيانات باقي المتغيرات من: https://ourworldindata.org/	

بعد ضبط متغيرات الدراسة، نأتي لبيان المنهجية المتبعة في هذه الدراسة، وبحصر أغلب الدراسات السابقة، يتبين لنا أن موضوع دراسة العلاقة بين المتغيرات الثلاثة (أو دراسة أثر كل من النمو والطاقة على الانبعاثات) قد تم تناوله بطريقتين⁽²⁹⁾: إما بالسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات (مثل ARDL، VECM، سببية Granger) أو ببيانات البانل (المربعات الصغرى العادية، الآثار الثابتة، الآثار العشوائية، Panel cointegration). ولكن هنالك عدة مشاكل قياسية ستظهر عند محاولة نمذجة هذه العلاقة المعقدة، مشاكل بسبب توصيف النموذج أو بسبب مشكل "endogeneity" الذي من المحتمل جداً أن يظهر بين المتغيرات المستقلة مثل النمو الاقتصادي والطاقة المتجددة أو الطاقة الأحفورية أو حتى الانفتاح التجاري إذا تم إضافته، هذه المشاكل لمعالجتها (خاصة endogeneity) قام الباحثين باستعمال أدوات قياسية أخرى مثل FMOLS أو DOLS، وتوجد أيضاً ودراسات أخرى استخدمت نفس المنهجية منها ما عرضناه في الدراسات السابقة.

(29) Leitão Nuno Carlos, Balsalobre-Lorente Daniel, op-cit, p4.

أولاً: دراسة الاستقرارية

بما أن السلاسل الزمنية فيها النمو الاقتصادي والطاقة ونحن نعرف أن فترة الدراسة مرت بعدة أحداث من شأنها التأثير على هذه السلاسل، وبالتالي فهناك احتمال حدوث تغيرات هيكلية، لذا سنقوم باختبار الاستقرارية في ظل وجود هذه الانكسارات، لأن دراسة الاستقرارية بالاختبارات التقليدية مثل ADF التي تتجاهل الانكسارات الهيكلية تصبح غير قوية وتؤدي إلى التحيز إلى يقلل من القدرة على رفض فرضية عدم الخاطئة بوجود جذر وحدة أي حتى ولو كانت السلسلة مستقرة في المستوى كما أشار إلى ذلك Perron 1989 بعد المحاكاة التي قام بها Glynn et al (2007)⁽³¹⁾ و Byrne and Perman (2006)⁽³²⁾

وفي السياق نفسه، سنكتفي بتغير هيكلي واحد كون السلسلة الزمنية صغيرة نسبياً (أقل من 50). الاختبارات المقترحة لاختبار جذر الوحدة في ظل انكسار واحد - يتحدد داخلياً انطلاقاً من خصائص السلسلة - عديدة منها Zivot and Andrews (1992)⁽³³⁾ وكذا اختبار Perron 1997 واختبار clemio1 الذي يفترض أن الانكسار في المستوى والصدمة قد تكون فجائية وقد تكون بالتدرج وهذا الأخير إلى اعتمدها في دراستنا، أي استخدمنا clemio1 ونتائج المبينة في الملحق تبين أن كل السلاسل تحتوي على جذر وحدة في ظل انكسار واحد داخلي، وبعد أخذ الفروق الأولى وإعادة الاختبار من جديد تصبح السلاسل مستقرة، أي أنها كلها متكاملة من الدرجة الأولى كما يبينه الجدول 3

الجدول 3: درجة تكامل متغيرات الدراسة

GDP2	GDPP	RWC	FFC	CO2	
$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	نتائج clemio1
2000	2000	2015	2010	2010	سنة الانكسار

(31) Glynn Johnnet al, Unit Root Tests and Structural Breaks: A Survey with Applications, Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, 2007, vol 3, pages 63-79.

(32) Joseph P. Byrne , Roger Perman, Unit Roots and Structural Breaks: A Survey of the Literature, Working Papers 2006_06, Business School - Economics, University of Glasgow.

(33) Eric Zivot & Donald W. K. Andrews, Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis, Journal of Business & Economic Statistics, 1992, vol 03, No 10, pages 251-270.

المصدر: بالاعتماد على الملحق رقم 1

ملاحظة: قبل تطبيق الاختبارات تم اختيار درجة التأخير وفق⁽³³⁾ Hall (1994) حيث يتم اختيار أقصى عدد من التأخيرات " k " الذي يساوي إلى $k_{max} = \text{int}(12(T/100)^{1/4})$ وقد استعملت نفس العلاقة في دراسة Serena and Perron (2001)⁽³⁴⁾، ثم نقوم بتقدير النموذج الموسع من ADF ونحذف التأخير إذا كان غير معنوي عند مستوى خطأ 10 بالمئة وهذا بناء على t-statistics. في دراستنا عدد التأخيرات القصوى هو 9 وبعد تطبيق النهج السابق سيظهر عدد تأخير خاص بكل سلسلة في نتائج مخرجات البرنامج الاحصائي.

ثانيا: اختبار التكامل المشترك

بما أنه توجد انكسارات هيكلية وقد تعاملنا معها في اختبارات الكشف عن جذر الوحدة أو الاستقرار، فسنختبر كذلك احتمال وجود تكامل مشترك بين المتغيرات المتكاملة من نفس الرتبة 1 في ظل وجود انكسار هيكل واحد، حيث تصبح الاختبارات التقليدية غير قوية كما سبق الإشارة إليه. وفي هذا الصدد سنستخدم اختبار Gregory and Hansen⁽³⁵⁾ (1996) للكشف عن التكامل المشترك مع وجود كسر هيكل في المستوى (لم نستخدم النماذج الأخرى لصغر حجم العينة حتى لا تكثر لدينا المتغيرات المستقلة وتؤثر على قوة النتائج ودقتها). نتائج الاختبار مبينة في الجدول 4

الجدول 4: نتائج اختبار التكامل المشترك ل Gregory-Hansen 1996

8 . ghsansen co2 rwc ffc gdp gdp2, break(level) lagmethod(aic) maxlags(9) trim(0.10)						
Gregory-Hansen Test for Cointegration with Regime Shifts						
Model: Change in Level			Number of obs =		35	
Lags = 0 chosen by Akaike criterion			Maximum Lags =		9	
	Test	Breakpoint	Date	Asymptotic	Critical Values	
	Statistic			1%	5%	10%
ADF	-5.83	5	1993	-6.05	-5.56	-5.31
Zt	-6.43	6	1994	-6.05	-5.56	-5.31
Za	-41.08	6	1994	-70.18	-59.40	-54.38

(33) Hall, A, Testing for a Unit Root in Time Series With Pretest Data-Based Model Selection, Journal of Business & Economic Statistics, 1994, vol 12, No 4, pages 461-470.

(34) Serena Ng, Pierre Perron, Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power. Econometrica, 2001, vol 69, No 6, pages 519-1554.

(35) Gregory A. W, Hansen B. E, Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts. Journal of Econometrics, 1996, vol 70, No1, pages 99-126. doi:https://doi.org/10.1016/0304-4076(69)41685-7

المصدر: برنامج stata18

نتائج الاختبار المبنية في الجدول توضح أنه توجد علاقة تكامل مشترك وفق ADF و Z_t عند مستوى 5 بالمئة في حين أن إحصائية Z_a لا تشير إلى ذلك، وبناء على ADF و Z_t سنقوم بتقدير العلاقة طويلة الأجل بطريقة المربعات الصغرى المعدلة جزئياً، مع ادراج سنة الانكسار 1993 ثم سنة الانكسار 1994.

ثالثاً: تقدير العلاقة التكاملية في الأجل الطويل واختبار نظرية كوزنتس:

النموذج الذي سنقده في الأجل الطويل في ظل انكسار هيكلي واحد سنة 1993 أو سنة 1994 يكتب من الشكل:

$$CO2_t = c + \beta_1 GDP_t + \beta_2 GDP2_t + \beta_3 RWC_t + \beta_4 FFC_t + dummy_{93 \text{ or } 94} + \varepsilon_t$$

حيث $dummy_{93 \text{ or } 94}$ تأخذ القيمة 1 بعد الانكسار الهيكلي وصفر من بداية الفترة إلى غاية سنة الانكسار، ولتكون النتائج بعد التقدير محققة لفرضية كوزنتس يجب أن تكون المعلة β_1 موجبة و β_2 سالبة، أي أن المنحنى في شكل U مقلوب، وتفسيره أن الانبعاثات ستخفض عند المستويات العالية من الناتج الداخلي الخام للفرد نظرياً.

وبما أن حجم العينة صغير لا يتعدى 35 مشاهدة سنكتفي بدراسة الاستقرار عند احتمال انكسار هيكلي واحد، والحال نفسه بالنسبة لدراسة التكامل المشترك، سنكتفي بانكسار واحد وبالنسبة للنموذج الثاني فقط وهو النموذج الخاص بكسر في المستوى حتى لا تكثر عندنا المتغيرات المستقلة وتؤثر على النتائج ودقتها. والنتائج مبينة في الجدول 5.

الجدول 5: تقدير العلاقة طويلة الأجل بواسطة FMOLS

Dependent Variable: CO2 Method: Fully Modified Least Squares (FMOLS) Date: 09/05/25 Time: 12:25 Sample: 1989 2023 Included observations: 35 Cointegrating equation deterministics: C Long-run covariance estimate (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 4.0000)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D94	0.247112	0.070113	3.524493	0.0014
GDP	-0.004947	0.001078	-4.590983	0.0001
GDP2	6.19E-07	1.40E-07	4.410281	0.0001
RWC	0.004591	0.002128	2.157390	0.0394
FFC	0.000134	2.29E-05	5.855711	0.0000
C	11.10524	2.196311	5.056314	0.0000
R-squared	0.899208	Mean dependent var	3.395246	
Adjusted R-squared	0.881831	S.D. dependent var	0.429629	
S.E. of regression	0.147688	Sum squared resid	0.632544	
Long-run variance	0.013431			

Dependent Variable: CO2 Method: Fully Modified Least Squares (FMOLS) Date: 09/05/25 Time: 12:11 Sample: 1989 2023 Included observations: 35 Cointegrating equation deterministics: C Long-run covariance estimate (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 4.0000)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	-0.004717	0.001301	-3.625779	0.0011
GDP2	5.91E-07	1.70E-07	3.469871	0.0017
RWC	0.004573	0.002444	1.870821	0.0716
FFC	0.000137	2.69E-05	5.082193	0.0000
D93	0.244798	0.084293	2.904147	0.0070
C	10.60920	2.663780	3.982762	0.0004
R-squared	0.894216	Mean dependent var	3.395246	
Adjusted R-squared	0.875977	S.D. dependent var	0.429629	
S.E. of regression	0.151302	Sum squared resid	0.663877	
Long-run variance	0.017745			

المصدر: برنامج Eviews 13

بعد تقدير العلاقة التوازنية في الأجل الطويل بطريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة كليا يتضح لنا بأن معلمتي الناتج الداخلي الخام للفرد سالب ($\beta_1 < 0$) ومربع الناتج الداخلي الخام للفرد موجب ($\beta_2 > 0$) وهذا يعني أن فرضية منحى كوزنتز غير محققة، وتفسير ذلك أن الانبعاثات تبقى تزداد عند المستويات المرتفعة من النمو الاقتصادي.

بالنسبة للطاقات المتجددة هي معنوية عند 10 بالمئة وشارتها موجبة، وهذا يفسر أيضا بعدم مقدرتها حاليا على خفض الانبعاثات، والحال نفسه بالنسبة للوقود الأحفوري الذي يعتبر مساهمته في زيادة الانبعاثات منطقيا جيدا بالنظر لاستخداماته بكثرة في كل المجالات كما كرنا في المبحث الأول وعرضناه في الشكل 1.

خاتمة:

نتائج الدراسة الحالية بعد اقتراح نموذج قياسي لحالة الجزائر وتقديره في الأجل الطويل باستخدام FMOLS أظهرت أنّ العلاقة بين استهلاك الطاقات المتجددة، النمو الاقتصادي، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة (1989-2023) لا تتوافق مع فرضية منحى كوزنتس البيئي. ففي الجزائر تزداد الانبعاثات في المدى الطويل كلما ارتفعت معدلات النمو الاقتصادي، خاصة مع الاعتماد الكبير على مصادر الطاقة الأحفورية، في حين يبقى تأثير الطاقات المتجددة ضعيفاً وغير كافٍ لتحقيق انخفاض ملموس في الانبعاثات.

هذا يعكس محدودية مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة الوطني كما بينا ذلك في الجزء النظري، ويؤكد الحاجة إلى سياسات أكثر فعالية لتشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة وتعزيز دورها في التحول الطاقوي. ومن ثمّ، فإن مواجهة تحديات التنمية المستدامة في الجزائر تتطلب الجمع بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة من خلال توسيع استخدام الطاقات المتجددة وتقليص الاعتماد على الوقود الأحفوري من أجل بلوغ هدف الحياد الكربوني.

وأخيرا، يمكن أن نعطي بعض الاقتراحات التي من شأنها أن تعطي نتائج أكثر منطقية من هذه الدراسة والتي تبدو غير منطقية إلى حد ما، كون يفترض أن يكون تأثير الوقود الأحفوري كبيرا والطاقات المتجددة لا بد أن يؤثر سلبا ولو بشكل ضعيف، ولهذا ربما إعادة تقدير النموذج المقترح في هذه الدراسة ولكن في الأجلين الطويل والقصير باستخدام إما

ARDL أو NARDL، وأيضا يمكن التعامل مع أكثر من انكسار هيكلي واحد بشرط أخذ عينة كافية وبيانات البانل قد تضمن هذا.

المراجع:

المراجع العربية:

- (1). الأمم المتحدة .(بلا تاريخ)، تاريخ الاسترداد 2025/08/02، من: <https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy>
- (2). هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. (بلا تاريخ). التقرير السنوي لعام 2024. تم الاسترداد من <https://www.nrea.gov.eg/Content/reports/arabic%202024.pdf>
- (3). وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية والتعاون الدولي المصرية(بلا تاريخ). تم الاسترداد من <https://moic.gov.eg/ar/sector/%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9/4>

المراجع الأجنبية:

- (4). Abdulkadir Abdulrashid Rafindadi, Revisiting the concept of environmental Kuznets curve in period of energy disaster and deteriorating income: Empirical evidence from Japan, Energy Policy, vol 94, 2016.
- (5). Balsalobre-Lorente Daniel et al, How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO2 emissions? Energy Policy, vol 113, 2018.
- (6). Ben Mbarek Mounir et al, Renewable and non-renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth in Tunisia, Quality and Quantity, vol 52, 2018;
- (7). Ben Mbarek Mouniret al, How Effective Are Renewable Energy in Addition of Economic Growth and Curbing CO2 Emissions in the Long Run? A Panel Data Analysis for Four Mediterranean Countries, Journal of the Knowledge Economy, vol 9, 2018b.
- (8). Cihan Özden, Emrah Beşe, Environmental Kuznets Curve (EKC) in Australia: Evidence from Nonlinear ARDL Model with a Structural Break, Polish Journal of Environmental Studies, vol 30, N° 3, 2021.
- (9). Eric Zivot & Donald W. K. Andrews, Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis, Journal of Business & Economic Statistics, vol 03, N° 10, 1992.

- (10). Fátima de Souza Freire et al, Economic growth and greenhouse gases in Brazilian States: is the environmental Kuznets curve applicable hypothesis? *Environmental Science and Pollution Research*, vol 30, 2023.
- (11). Gene M. Grossman, Alan B. Krueger, Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH(3914), 1991.
- (12). Ghaderi Zahed et al, Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in the MENA Region: The Roles of International Tourist Arrivals, Energy Consumption and Trade Openness. *Sustainability*, vol 15(2553), 2023.
- (13). Glynn John et al, Unit Root Tests and Structural Breaks: A Survey with Applications, *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, vol 3, 2007.
- (14). Gregory A. W, Hansen B. E, Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts. *Journal of Econometrics*, vol 70, N° 1, 1996.
- (15). Hall. A, Testing for a Unit Root in Time Series With Pretest Data-Based Model Selection. *Journal of Business & Economic Statistics*, vol 12 , N° 4, 1994.
- (16). Hamie Akhter, Sana Samreen, An Analysis of Environmental Kuznets Curve in the Gulf Cooperation Council (GCC) from 1995-2020, *South Asian Journal of Social Studies and Economics*, vol 21, N° 7, 2024.
- (17). Harbaoui Z. M, Renewable energy, non-renewable energy, carbon dioxide emissions and economic growth in selected Mediterranean countries. *Environmental Economics and Policy Studies*, vol 19, 2017.
- (18). Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai, Modeling and forecasting the CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, vol 36, N° 5, 2011.
- (19). International Renewable Energy Agency (IRENA), Statute of the International Renewable Energy Agency, 2011.
- (20). James B. Ang, CO2 emissions, energy consumption, and output in France, *Energy Policy*, vol 35, N° 10, 2007.
- (21). Joseph P. Byrne, Roger Perman, Unit Roots and Structural Breaks: A Survey of the Literature, Working Papers 2006_06. Business School - Economics, University of Glasgow.

- (22). Katsuya Ito, The relationship between CO2 emissions and income: evidence from Japan. Letters in Spatial and Resource Sciences, vol 14, 2021.
- (23). Leitão Nuno Carlos, Balsalobre-Lorente Daniel, The Linkage between Economic Growth, Renewable Energy, Tourism, CO2 Emissions, and International Trade: The Evidence for the European Union, energies, vol 13, N° 18, 2020.
- (24). Manuel A. Zambrano-Monserrate et al, Relationship Between Economic Growth and Environmental Degradation: Is there an Environmental Evidence of Kuznets Curve for Brazil? International Journal of Energy Economics and Policy, vol 06, N° 02, 2016.
- (25). Maxwell Chukwudi Udeagha, Marthinus Christoffel Breitenbach, Exploring the moderating role of financial development in environmental Kuznets curve for South Africa: fresh evidence from the novel dynamic ARDL simulations approach. Financial Innovation, vol 9 , N° 5, 2023.
- (26). Md. Bokhtiar Hasan et al, A new answer to the old question of the environmental Kuznets Curve (EKC) Does it work for BRICS countries? Resources Policy, vol 87 (Part B), 2023.
- (27). Sari Hasoun Salah eddine et al, Examining the Connection amongst Renewable Energy, Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions in Algeria. Ekoist: journal of Econometrics and Statistics, vol 14, No 29, 2019.
- (28). Serena Ng, Pierre Perron, Lag Length Selection and the Construction of Unit Root Tests with Good Size and Power. Econometrica, 69, N° 6, 2001.
- (29). Siddharth Singh, The relationship between growth in GDP and CO2 has loosened; it needs to be cut completely. iea. Retrieved 08 10, 2025.
- (30). Yahyaoui Ismahen, Ghandri Mohamed, Assessing the Relationship between CO2 Emissions, Renewable Energy, Trade Openness and Economic Growth: MENA Countries Analysis. International Journal of Energy Economics and Policy, vol 14, N° 4, 2024.

الملاحق:

الملحق رقم 1: اختبار جذر الوحدة في ظل وجود انكسار هيكل واحد ل-Clemente

Montañés-Reyes

نتائج اختبار clemio1 للمتغيرة FFC

```
. clemio1 ffc, trim(0.10) maxlag(9)
```

Clemente-Montañés-Reyes unit-root test with single mean shift, IO model

ffc T = 29 optimal breakpoint : 2010

AR(0)	du1	(rho - 1)	const
Coefficient: 1120.35302	-0.19788	2190.94248	
t-statistic: 2.742	-2.083		
P-value: 0.010	-4.270	(5% crit. value)	

نتائج اختبار clemio1 للمتغيرة CO2

```
. clemio1 co2, trim(0.10) maxlag(9)
```

Clemente-Montañés-Reyes unit-root test with single mean shift, IO model

co2 T = 29 optimal breakpoint : 2010

AR(6)	du1	(rho - 1)	const
Coefficient: 0.42895	-0.45873	1.40664	
t-statistic: 2.996	-2.220		
P-value: 0.008	-4.270	(5% crit. value)	

نتائج اختبار clemio1 للمتغيرة RWC

```
. clemio1 rwc, trim(0.10) maxlag(9)
```

Clemente-Montañés-Reyes unit-root test with single mean shift, IO model

rwc T = 29 optimal breakpoint : 2015

AR(7)	du1	(rho - 1)	const
Coefficient: 19.04844	-1.36639	24.88665	
t-statistic: 3.272	-3.103		
P-value: 0.005	-4.270	(5% crit. value)	

نتائج اختبار clemio1 للمتغيرة GDPP

```
. clemio1 gdpp, trim(0.10) maxlag(9)
```

Clemente-Montañés-Reyes unit-root test with single mean shift, IO model

gdpp T = 29 optimal breakpoint : 2000

AR(0)	du1	(rho - 1)	const
Coefficient: 260.13662	-0.20592	691.09562	
t-statistic: 4.173	-3.724		
P-value: 0.000	-4.270	(5% crit. value)	

نتائج اختبار clemio1 للمتغيرة GDP2

```
. clemio1 gdp2, trim(0.10) maxlag(9)
```

Clemente-Montañés-Reyes unit-root test with single mean shift, IO model

gdp2 T = 29 optimal breakpoint : 2000

AR(0)	du1	(rho - 1)	const
Coefficient: 1.95680e+06	-0.19262	2.164e+06	
t-statistic: 3.898	-3.454		
P-value: 0.001	-4.270	(5% crit. value)	

المصدر: مخرجات البرنامج STAT18