

أثر استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي على انبعاثات الكربون - دراسة قياسية.
The Impact of Renewable Energy Consumption and Economic Growth on Carbon Emissions – An Econometric Study

بختي عمارية¹، عتيق خديجة²

¹ جامعة الدكتور مولاي الطاهر، سعيدة (الجزائر)، amaria.bakhti@univ-saida.dz

² جامعة الدكتور مولاي الطاهر، سعيدة (الجزائر)، khadidja.atig@univ-saida.dz

تاريخ النشر: 2025/11/25

تاريخ القبول: 2024/05/14

تاريخ الاستلام: 2025/03/12

ملخص:

تعتبر الطاقة المتجددة من الطاقات النظيفة والأمنة التي تحتاجها الدول من أجل دعم نموها الاقتصادي لتحسين المستوى المعيشي لأفرادها والمساهمة في التنمية البيئية المستدامة، ومن خلال هذه الورقة تم تسليط الضوء على العلاقة بين الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي وانبعاثات الكربون، كما تم بناء نموذج قياسي باستخدام نماذج السلاسل الزمنية المقطعية (*VAR panel data*) لعينة تتكون من 50 بلد نامي من بينها دول عربية وإفريقية ودول اليريكس خلال الفترة الممتدة من 1990 إلى 2020. وقد توصلت هذه الدراسة إلى أن هناك أثر سلبي بين استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة الحالية على انبعاثات الكربون، كما أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية لاستهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة، في حين هناك ارتباط إيجابي بين إجمالي الناتج المحلي وانبعاثات الكربون كما توصلنا إلى اقتراح نموذج التأثيرات الثابتة (*Fixed Effects*) لدراسة العلاقة بين استهلاك الطاقة غير المتجددة والنمو الاقتصادي وانبعاثات الكربون.

كلمات مفتاحية: طاقة متجددة، تنمية بيئية مستدامة، نمو اقتصادي، انبعاثات الكربون، *VAR panel data*.

تصنيف JEL: Q44، C33.

Abstract:

Renewable energy is considered a clean and safe source of energy that countries need to support their economic growth, improve the living standards of their citizens, and contribute to sustainable environmental development. This paper highlights the relationship between renewable energy, economic growth, and carbon emissions. A panel VAR model was built using time-series cross-sectional data (*VAR panel data*) for a sample of 50 developing countries, including Arab, African, and BRICS countries, over the period from 1990 to 2020.

The study found that current renewable energy consumption negatively impacts carbon emissions, while the results show a positive relationship for past renewable energy consumption. Additionally, there is a positive correlation between gross domestic product (GDP) and carbon emissions. The study also proposes a fixed-effects model (*Fixed Effects*) to examine the relationship between non-renewable energy consumption, economic growth, and carbon emissions.

Keywords: Renewable energy, sustainable environmental development, economic growth, carbon emissions, *VAR panel data*.

JEL Classification: Q44, C33.

1. مقدمة:

مع تسابق الدول نحو رفع مؤشرات التنمية الاقتصادية لتحسين المستوى المعيشي لأفرادها الذين يرتفع عددهم بشكل مستمر الأمر الذي أدى الى ارتفاع استهلاك الطاقة على اختلاف أنواعها في مقدمتها الطاقة الاحفورية مثل النفط والغاز والفحم ، والتي أصبحت من اهم الركائز الأساسية لرفع معدلات النمو الاقتصادي ودفع عجلة التنمية الاقتصادية . رغم أهمية الطاقة الا ان انتاجها من خلال حرق الوقود الاحفوري ينتج العديد من الكثير من انبعاثات الكربون بما يؤثر سلبا على المناخ إذ تساهم في الاحتباس الحراري وارتفاع منسوب المياه والفيضات وارتفاع حرائق الغابات وتغير النظم الإيكولوجية. مما يساهم في الحد من التنوع البيولوجي لكوكب الأرض وتهديد الحياة البشرية، ولذلك أصبح التوجه نحو الطاقة المتجددة أمر حتمي تفرضه الاستدامة البيئية، وقد دعت المنظمات العالمية وعلى رأسها الأمم المتحدة ووكالة الطاقة الدولية ومنظمة التعاون الاقتصادي والوكالة الدولية للطاقة المتجددة جميع الدول لدعم هذا الخيار باعتباره الخيار الأمثل من أجل التنمية البيئية المستدامة ومستقبل آمن للبشرية ، وتجسد ذلك من خلال توقيع معظم الدول على اتفاقية باريس للمشاركة في الحد من التغيرات المناخية .

1.1 إشكالية البحث:

وانطلاقا مما سبق أردنا أن نتطرق إلى المشكلة المتمثلة في: ما مدى تأثير استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي على انبعاثات الكربون؟

2.1 أسئلة البحث:

كيف يساهم استخدام مصادر الطاقة المتجددة في تقليل انبعاثات الكربون؟
هل هناك علاقة مباشرة بين زيادة استهلاك الطاقة المتجددة وانخفاض مستويات التلوث؟
ما مدى فعالية الطاقة المتجددة مقارنة بالوقود الأحفوري من حيث الحد من الانبعاثات الكربونية؟

3.1 فرضيات البحث:

تساهم الطاقة المتجددة في الحد من انبعاثات الكربون في المدى القصير والطويل معا.
يساهم الناتج الداخلي الخام في زيادة انبعاثات الكربون في المدى القصير والطويل معا.

4.1 أهمية موضوع الدراسة:

تكتسي هذه الدراسة أهمية بالغة من خلال تسليط الضوء على العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي وانعكاساتها على انبعاثات الكربون وذلك من أجل رسم وتنفيذ استراتيجيات فعالة تساهم في الحد من التلوث البيئي والاحتباس الحراري وبذلك تحقق أهداف التنمية البيئية المستدامة.

5.1 الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة السببية بين استهلاك الطاقة المتجددة، النمو الاقتصادي وانبعاثات الكربون في مجموعة متنوعة من الدول، بما في ذلك الدول الأفريقية والعربية والنامية ودول البريكس، وذلك خلال الفترة الزمنية الممتدة من 1990 إلى 2020 باستخدام نموذج (VAR Panel Data)

6.1 منهج الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة الجوانب النظرية وتوضيح المفاهيم متغيرات الدراسة وتحليل البيانات مع استخدام الأسلوب الكمي لتحديد أثر استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي على انبعاثات الكربون باستخدام نموذج الانحدار الذاتي المتجه للبيانات اللوحية (VAR Panel Data) وبرنامج Eviews12

7.1 الدراسات السابقة :

دراسة (Nicholas Apergis et al, 2010) : بحثت هذه الدراسة في العلاقة السببية بين المتغيرات المستقلة المتمثلة في استهلاك الطاقة النووية واستهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي والمتغير التابع والمتمثل في انبعاثات الكربون لعينة من الدول المتقدمة والنامية (19 بلد) باستخدام نموذج تصحيح خطأ اللوحة (Panel Error Correction Model - PECM) خلال الفترة الممتدة ما بين 1984 الى 2007 ، وقد توصلت الى سلسلة من النتائج المتمثلة في : وجود علاقة عكسية طويلة الاجل بين استهلاك الطاقة النووية وانبعاثات الكربون في حين أن هناك علاقة طردية بين استهلاك الطاقة المتجددة والانبعاثات ، كما أشار اختبار السببية ل GRANGER أن استهلاك الطاقة في المدى القصير يساهم في خفض الانبعاثات في حين أن الطاقة المتجددة لا تساهم في ذلك. (Nicholas , James E, Kojo , & Yemane , 2010) دراسة (Wang et al, 2020) هدفت هذه الدراسة الى تحديد محددات انبعاثات الكربون في بلدان N11 خلال الفترة الممتدة من 1990 الى 2017 باستخدام مجموعة متوسطة تأثير الارتباط المشترك ، وقد توصلت هذه الدراسة الى أن هناك علاقة طردية بين الناتج الإجمالي الخام والتنمية المالية وانبعاثات الكربون في حين تأثير كل من الطاقة المتجددة والابتكار التكنولوجي على انبعاثات الكربون هو تأثير سلبي . (Rong , Nawazish , Dinara G., Qaisar , & Deping , 2020)

دراسة (روابي وهديوق ، 2022) : هدفت هذه الدراسة الى قياس أثر الطاقات المتجددة على النمو الاقتصادي وانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في 7 دول عربية، خلال الفترة (1990-2018) باستخدام طريقة متوسط المجموعة المدججة، وقد خلصت الدراسة الى وجود علاقة إيجابية ومعنوية بين استهلاك الطاقات المتجددة ونمو الاقتصادي، ووجود علاقة عكسية معنوية بين استهلاك الطاقات المتجددة وانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الأجل الطويل.

دراسة (Keith Bothongo & Ali Kinyar, 2024) : هدفت هذه الدراسة الى تحديد تأثير الابتكار البيئي استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي على الانبعاثات الكربون في المملكة المتحدة (UK) باستخدام نموذج (ARDL) المرتبط بنموذج تصحيح الخطأ (ECM) لفحص التكامل المشترك على المدى الطويل والقصير خلال الفترة الممتدة من 1988 الى 2020 ، وقد توصلت هذه الدراسة الى أن الابتكار البيئي والابتكار البيئي للعمليات واستهلاك الطاقة المتجددة لها تأثير إيجابي في التخفيف من حدة انبعاثات الكربون ، في حين أن النمو الاقتصادي يساهم في التدهور البيئي في المملكة المتحدة ، كما توصلت هذه الدراسة الى أن مساهمة الابتكار البيئي أقوى من مساهمة الابتكار البيئي للعمليات في خفض انبعاثات الكربون سواء في المدى القصير أو الطويل . (Kinyar & Bothongo, 2024)

ما يميز هذه الدراسة عن غيرها حصر متغيرات الدراسة في متغيرين مستقلين فقط وهما استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي وتأثيرهما على انبعاثات الكربون باستخدام (VARPANEL DATA) خلال الفترة الممتدة من 1990 الى 2020 حسب توفر البيانات الى جانب عينة الدراسة والتي شملت 50 دولة افريقية وعربية ودول البريكس ودول نامية.

8.1 محاور البحث: للإجابة على هذه الإشكالية ارتأينا تقسيم هذه الورقة البحثية إلى المحاور التالية:

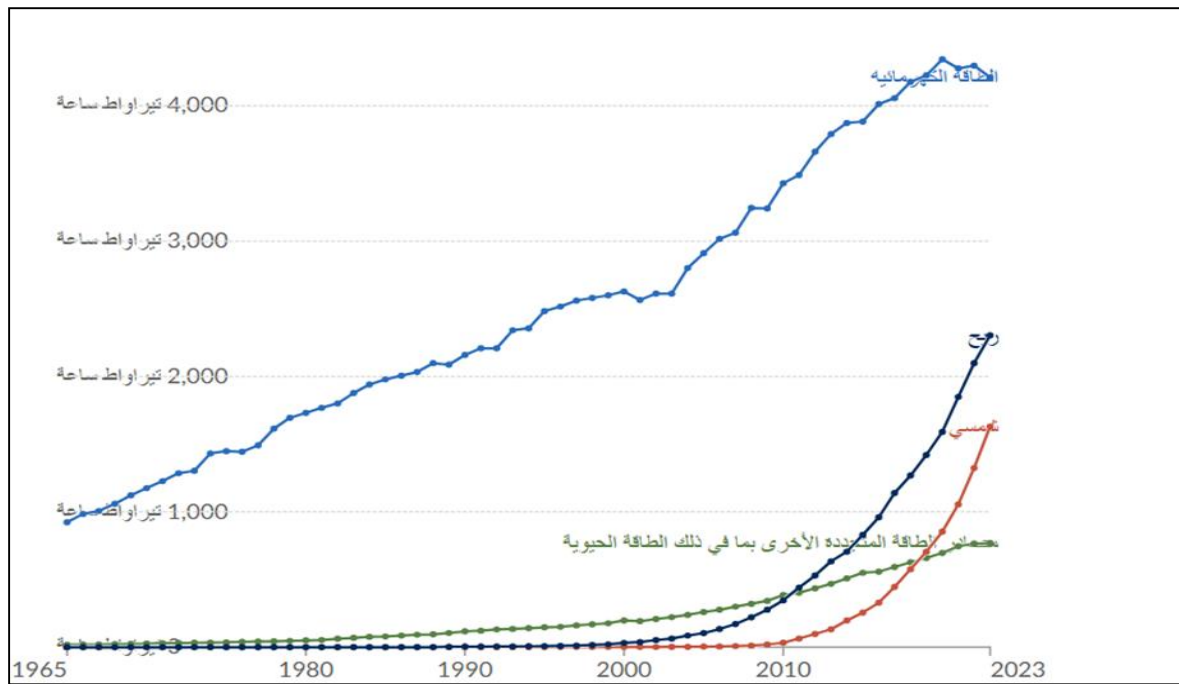
أولاً: الطاقة المتجددة وانبعاثات الكربون.

ثانياً: الجانب التطبيقي للدراسة.

2. تأثير الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي على انبعاثات الكربون :

تُعرّف الطاقة المتجددة بأنها تلك الموارد التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري (العياشي و مداحي، 2016) ، إذ يعد توفير الطاقة المستدامة أمراً حيوياً ليس فقط لتحقيق الهدف السابع (7) من أهداف التنمية المستدامة، ولكن أيضاً لتحقيق باقي الأهداف الأخرى مثل التخفيف من حدة الفقر، والقضاء على الجوع على نطاق عالمي، وخلق فرص العمل ورفع مستويات المعيشة ، ومنع تغير المناخ (Ugur , Sinan, & Selin , 2024) ، ولها عدة مصادر تتمثل في الطاقة الشمسية ، طاقة الرياح ، الطاقة الكهرومائية ، الطاقة الحيوية... الخ ، والرسم البياني الموالي يوضح تطور انتاج مصادر الطاقة المتجددة في العالم خلال الفترة من 1965 الى 2023 بناء على معطيات معهد الطاقة :

الشكل رقم (1): تطور انتاج مصادر الطاقة المتجددة في العالم خلال الفترة من 1965 الى 2023



المصدر : (Energy Institute, 2024)

يبين الرسم البياني أن هناك ارتفاع مستمر في إنتاج مختلف أنواع مصادر الطاقة المتجددة خلال الفترة الزمنية المحددة، وذلك لزيادة الطلب عليها عالمياً وذلك لأدراكه لأهميتها خاصة في دعم التنمية البيئية المستدامة باعتبارها من مصادر الطاقة النظيفة والامنة، وتعتبر الطاقة الكهرومائية أكثر مصادر الطاقة المتجددة إنتاجاً لعدة سنوات ، في حين شهدت الطاقة الشمسية والرياح نمواً متسارعاً مقارنة بالطاقة الكهرومائية ، وذلك راجع إلى انخفاض تكاليف إنتاجها، ففي عام 2023، حققت الصين إنجازاً لافتاً في هذا المجال ، إذ بلغ إنتاجها وحده ما أنتجه العالم في عام 2022، لتؤكد بذلك ريادتها في هذا القطاع (iea, 2024) ، إلى جانب مصادر الطاقة المتجددة السابقة ظهرت طاقات متجددة أخرى كالطاقة الحيوية و الحرارية الأرضية ولكن لايزال إنتاجهما بكميات محدودة.

وقد أوضحت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة من خلال تقريرها لسنة 2023 ان تكاليف استخدام تقنيات الطاقة المتجددة أصبح تنافسيا بشكل متزايد خاصة بالنسبة للطاقة الكهروضوئية والتي اقتربت من 56٪ من المتوسط المرجح للبداية التي تعمل بالوقود الأحفوري في عام 2023، بعد أن كان أكثر تكلفة بنسبة 414٪ في عام 2010. كما سجل المتوسط المرجح العالمي لمشاريع طاقة الرياح أقل بنسبة 67٪ من المتوسط المرجح للبديل الذي يعمل بالوقود الأحفوري لسنة 2023، بعد أن كان أعلى بنسبة 23٪ من المتوسط المرجح لمكافئ الوقود الأحفوري في عام 2010. وتشير التقديرات إلى أن الطاقة المتجددة الجديدة المضافة منذ عام 2000 قد خفضت تكاليف الوقود في قطاع الكهرباء في عام 2023 بما لا يقل عن 409 مليار دولار أمريكي، (International Renewable Energy Agency، 2024) مما رفع رصدها كطاقة آمنة ونظيفة وتنافسية، وبذلك تساهم في زيادة الاستثمار وخلق فرص عمل كل دولار من الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة يخلق وظائف أكثر بثلاث مرات من صناعة الوقود الأحفوري (الأمم المتحدة، 2024)، ولكن مع توقعات البنك الدولي أن الناتج المحلي الإجمالي العالم سيعرف نمواً متباطئاً خلال السنتين القادمتين في ظل ظروف اقتصادية (التضخم المصاحب للتعافي من جائحة كورونا ومشاكل سلاسل الامداد) وأخرى الجيوسياسية (الحرب الروسية الأوكرانية، الحرب في الشرق الأوسط) فمن خلال تقريره الصادر في يونيو 2024 توقع خبراء البنك الدولي أن يظل النمو العالمي ثابتاً عند 2.6٪ في عام 2024 قبل أن يرتفع إلى 2.7٪ في المتوسط في الفترة 2025-2026، وهو أقل بكثير من المتوسط البالغ 3.1٪ في العقد السابق في ظل تفشي جائحة كورونا، إذ من المتوقع أن تنمو الاقتصادات النامية بنسبة 4٪ في المتوسط خلال الفترة 2024-2025، وهو أبطأ قليلاً مما كانت عليه في عام 2023. أما عن النمو في الاقتصادات منخفضة الدخل فقد يتسارع ليصل إلى 5٪ في عام 2024 بعدما سجل 3.8٪ في عام 2023. أما في الاقتصادات المتقدمة، فمن المتوقع أن يظل معدل النمو ثابتاً عند 1.5٪ في عام 2024 قبل أن يرتفع إلى 1.7٪ في عام 2025 (worldbank, 2024) الامر الذي سيؤثر حتماً على استخدامات الطاقة المتجددة وعلى أهداف وكالة الطاقة الدولية قبل مؤتمر المناخ 2030 والمتمثلة في مضاعفة قدرة الطاقة المتجددة العالمية لثلاث مرات بما يتجاوز 11000 جيغاوات بما يترافق مع صفيرة انبعاثات الكربون ولكن في ظل هذا التباطؤ الناتج عن الظروف المذكورة سابقاً فإنه بحلول 2030 فإن الطاقة المتجددة ستتضاعف بمقدار 2,5 ضعف مستواه الحالي (iea, 2024)

وهذا التراجع عن هذا الهدف سيكون له انعكاسات سلبية على البيئة وخاصة انبعاثات الكربون الذي يعتبر السبب الرئيسي في الاحتباس الحراري حيث أكد تقرير المنظمة (WMO) أن عام 2023 كان العام الأكثر دفئاً على الإطلاق، حيث بلغ المتوسط العالمي لدرجة الحرارة القريبة من السطح 1.45 درجة مئوية، وكان أغسطس 2024 هو أحر شهر أغسطس على مستوى العالم (جنباً إلى جنب مع أغسطس 2023)، بـ 0.71 درجة مئوية أعلى من متوسط 1991-2020 لشهر أغسطس، وقد صنف الشهر الثالث عشر في فترة 14 شهراً التي تجاوز فيها متوسط درجة حرارة الهواء السطحي العالمي 1.5 درجة مئوية فوق مستويات العاديّة (Copernicus Climate Change Service, 2024)، الامر الذي يستدعي ضرورة اتخاذ إجراءات وتدابير حاسمة لإنقاذ البشرية.

3. الجانب التطبيقي للدراسة: (النموذج، المتغيرات، النتائج ومناقشتها)

من خلال هذه الدراسة وقع اختيارنا على عينة تتكون من 50 دولة (دول البريكس، دول عربية وأخرى افريقية ودول من آسيا) حسب ما توفرت به بيانات إحصائية التي تم الحصول عليها من خلال موقع البنك الدولي، خلال

الفترة الزمنية من 1990 إلى 2020، وذلك لدراسة العلاقة بين متغيرات تفسيرية المتمثلة في استهلاك الطاقة المتجددة وإجمالي الناتج المحلي والمتغير التابع يتمثل في انبعاثات الكربون .

1.2. تقدير النموذج :

حتى نستطيع تقدير النموذج لابد لنا من اختيار النموذج الملائم للدراسة بناء على طبيعة البيانات لذلك لابد من القيام باختبارات تسمح لنا بتحديد النموذج المناسب كمايلي :

1.1.2. اختبار جذر الوحدة : (panel unit root test) :

كخطوة أولى يجب علينا اجراء مجموعة من الاختبارات ، في مقدمتها اختبار جذر الوحدة (panel unit root test) للتأكد من أن البيانات التي نستخدمها مستقرة اعتمادا على مجموعة من الاختبارات حيث أظهرت النتائج في الجدول التالي :

الجدول رقم (01) : نتائج الاستقرارية.

الاختبارات		مستقر عند المستوى		مستقر عند الفرق الأول	
		Statistic	الاحتمال (Prob)	Statistic	الاحتمال (Prob)
CO2	Levin, Lin & Chu t*	4.84962	1.0000	-18.9365	0.0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	11.1428	1.0000	-22.3499	0.0000
	ADF - Fisher Chi-square	53.0090	1.0000	653.949	0.0000
	PP - Fisher Chi-square	43.9200	1.0000	763.376	0.0000
REC	Levin, Lin & Chu t*	-1.54318	0.0614	-23.8258	0.0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	2.28269	0.9888	-26.2237	0.0000
	ADF - Fisher Chi-square	112.646	0.0709	744.750	0.0000
	PP - Fisher Chi-square	101.789	0.2278	792.508	0.0000
GDP	Levin, Lin & Chu t*	19.1625	1.0000	-5.93254	0.0000
	Im, Pesaran and Shin W-stat	22.6398	1.0000	-9.10269	0.0000
	ADF - Fisher Chi-square	31.6436	1.0000	337.338	0.0000
	PP - Fisher Chi-square	14.8840	1.0000	405.645	0.0000

المصدر : اعداد الباحثين اعتماد على مخرجات EViews12

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن السلسلة الزمنية للمتغير CO2 (انبعاثات الكربون) في جميع احتمالات الاختبارات (Prob) تساوي 1.0000 وهي أكبر من مستوى الدلالة 5 % وبالتالي هي غير مستقرة، وعند الفرق الأول جميع الاحتمالات تساوي 0.0000، مما يعني أن السلسلة مستقرة عند الفرق الأول.

اما بالنسبة للسلسلة الخاصة بالمتغير REC (استهلاك الطاقة المتجددة) القيم الاحتمالية لبعض الاختبارات قريبة من 0.05، مما يشير إلى عدم استقرار السلسلة عند المستوى، ولكن عند الفرق الأول جميع الاحتمالات تساوي 0.0000، مما يدل على استقرار السلسلة عند الفرق الأول.

اما بالنسبة للسلسلة الخاصة بالمتغير GDP (الناتج الداخلي الخام) فجميع الاحتمالات تساوي 1.0000، مما يعني أن السلسلة غير مستقرة عند المستوى، وبعد اجراء اختبارات عند الفرق الأول فقد كانت جميع الاحتمالات تساوي 0.0000، مما يدل على استقرار السلسلة عند الفرق الأول.

مما سبق تشير النتائج أن جميع قيم الاحتمال (p-values) أكبر بكثير من المستوى المعتاد للدلالة (5%) لجميع السلاسل الزمنية عند المستوى، مما يعني أننا نقبل الفرضية الصفرية لكل من الاختبارات. وبالتالي، هناك دليل قوي على وجود جذر وحدة في سلاسل الزمنية أي أنها غير مستقرة عند المستوى، وبعد إجراء الاختبارات لمتغيرات الدراسة عند الفروقات من الدرجة الأولى (1ST DIFFERENCES) أصبحت مستقرة I(1) عند مستوى معنوية 5%.

2.1.2. اختبار التكامل المشترك:

بعد القيام باختبار جذر الوحدة لا بد من إجراء اختبار التكامل المشترك للمتغيرات لتجنب الانحدار الزائف من خلال تم استخدام عدة اختبارات للكشف عن التكامل المشترك، بما في ذلك اختبارات Panel rho-Statistic و Panel PP-Statistic و Panel ADF-Statistic، إذ تعتمد هذه الاختبارات على أن الفرضية الصفرية تتضمن عدم وجود تكامل مشترك بين المتغيرات أي أن المتغيرات ليس لديها علاقة طويلة الأمد، وقد ظهرت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول رقم (02): التكامل المشترك

الاختبارات	Statistic	الاحتمال (Prob)	Statistic	الاحتمال (Prob)
Panel v-Statistic	3.616971	0.0001	0.482806	0.3146
Panel rho-Statistic	4.472362	1.0000	-0.618414	0.2682
Panel PP-Statistic	3.405011	0.9997	-5.648114	0.0000
Panel ADF-Statistic	3.250463	0.9994	-7.033356	0.0000
Group rho-Statistic	1.576678	0.9426		
Group PP-Statistic	-4.628477	0.0000		
Group ADF-Statistic	-5.589406	0.0000		

المصدر: اعداد الباحثين اعتماد على مخرجات EVIEWS12

من خلال الجدول والذي يضم 7 اختبارات و 11 قيمة احتمالية، نلاحظ أن قيمة الاحتمال (p-values) أكبر من المستوى المعتاد للدلالة (5%) ضمن ستة اختبارات، مما يعني قبول الفرضية الصفرية، والتي تعني بعدم وجود تزامن مشترك للسلاسل الزمنية أي ان المتغيرات ليس لها علاقة طويلة المدى.

بما أن السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة غير مستقرة عند المستوى ومستقرة عند الفرق الأول (I1) مع عدم وجود تكامل مشترك لها، لذلك سيتم تقدير نموذج شعاع الانحدار الذاتي لبيانات بانل (VAR PANEL DATA)، والذي يتميز بالمعادلة التالية: (Pesaran, Shin, & Smith, 1999)

$$Y_{it} = \sum_{j=0}^p \lambda_{ij} Y_{i,t-1} + \sum_{j=0}^p \delta_{ij} X_{i,t-1} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

3.1.2. اختبار هوسمان (Hausman Test) :

لتحديد الطريقة الأنسب لتقدير معاملات الانحدار ، لابد من المفاضلة بين نموذج الآثار الثابتة (fixed effects) ونموذج الآثار العشوائية (random) من خلال القيام باختبار هوسمان (Hausman Test) ، كما هو موضح في الجدول الموالي:

جدول (03): مخرجات اختبارات المفاضلة لاستخراج النموذج المناسب للدراسة

الاختبار	القيمة المحسوبة	الاحتمال	المفاضلة بين النماذج	القرار
Hausman Test	102.983192	0.0000	Random VS Fixed Effects Effects	Fixed Effects

المصدر: اعداد الباحثين اعتماد على مخرجات EVIEWS12

بما أن القيمة الاحتمالية (p-value) تساوي صفرًا تقريباً وهو أقل من مستوى الدلالة 5 %، مما يعني أننا نرفض فرضية العدم التي تفترض أن نموذج الآثار العشوائية هو النموذج المناسب للتقدير وعليه فإن القرار هو اختيار نموذج التأثيرات الثابتة بدلاً من نموذج التأثيرات العشوائية.

4.1.2. تقدير نموذج التأثيرات الثابتة :

بعد اختيار النموذج المناسب يمكننا الآن تقدير معاملات نموذج الدراسة كما هو موضح في الجدول الموالي :

جدول رقم (04) : تقدير معلمات نموذج Fixed Effects

المتغير	معامل الانحدار	الخطأ العشوائي (Std. Error)	قيمة T (t-Statistic)	الاحتمال (Prob)
CO2(-1)	1.007193	0.006069	165.9605	0.0000
REC	-1949.284	562.5090	-3.465338	0.0005
REC(-1)	1630.764	563.9023	2.891926	0.0039
GDP	3.52E-07	1.45E-08	24.30963	0.0000
GDP(-1)	-3.74E-07	1.47E-08	-25.45451	0.0000
C	19249.36	6903.193	2.788472	0.0054
قيمة R ²	0.998992			
قيمة F	26510.10			
الاحتمال ()	0.000000			

المصدر: اعداد الباحثين اعتماد على مخرجات EVIEWS12

من خلال الجدول أعلاه، نستنتج أن:

- قيمة R-squared والتي قدرت ب حوالي 99.90% من التباين في المتغير التابع (CO2) يتم تفسيره بواسطة المتغيرات المستقلة، مما يدل على ملاءمة قوية للنموذج بقيمة احتمالية (p-value = 0.000000)، مما يدل على أن النموذج ككل معنوي.
- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الفترة السابقة (CO2(-1)) معنوي حيث أن القيمة الاحتمالية (p-value = 0.0000) وهي أقل من مستوى الدلالة 5 % يدل ذلك على أن انبعاثات العام السابق تؤثر بشكل إيجابي قوي على انبعاثات العام الحالي.

- يشير إلى وجود علاقة قوية بين انبعاثات الفترة الحالية والماضية. هذا يعني أن مستويات الانبعاثات السابقة تؤثر بشكل كبير على مستويات الانبعاثات الحالية.
- استهلاك الطاقة المتجددة (REC) وهو معنوي ($p\text{-value} = 0.0005$) يشير ذلك المعامل السالب إلى علاقة عكسية بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. هذا يعني أنه كلما زاد استهلاك الطاقة المتجددة، كلما انخفضت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل عام، وهذا يدعم الفكرة أن زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة يساهم في تقليل الانبعاثات هذا يعني أن التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة يساهم بشكل فعال في تقليل التلوث البيئي.
- استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة ($\text{REC}(-1)$) معنوي ($p\text{-value} = 0.0039$). معامل موجب يشير إلى تأثير متأخر، حيث أن الزيادة في استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة لها تأثير إيجابي على تقليل الانبعاثات في الفترة الحالية. هذا قد يعكس التأثير المتراكم للاستثمارات في الطاقة المتجددة.
- الناتج الداخلي الخام (GDP) معنوي ($p\text{-value} = 0.0000$). معامل موجب يدل على أن زيادة الناتج المحلي الإجمالي ترتبط بعلاقة طردية مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وهذا يعكس الواقع فارتفاع الناتج المحلي الداخلي يصاحبه زيادة في الطاقة والإنتاج والذي يتسبب فارتفاع انبعاثات الكربون .
- الناتج المحلي الإجمالي في الفترة السابقة ($\text{GDP}(-1)$) معنوي ($p\text{-value} = 0.0000$). معامل سالب يشير إلى وجود تأثير سلبي للناتج المحلي الإجمالي من السنة السابقة على الانبعاثات الحالية ، وقد يكون هذا نتيجة لتأثيرات تأخير زمني، حيث أن النمو الاقتصادي في الفترة السابقة قد يكون قد حفز الاستثمارات في تكنولوجيات نظيفة، مما أدى إلى انخفاض الانبعاثات في الفترة الحالية.
- تظهر النتائج أهمية استهلاك الطاقة المتجددة في تقليل انبعاثات CO_2 ، مما قد يدعم السياسات التي تشجع على التحول إلى مصادر الطاقة النظيفة.

2.2. اختبار اتجاه العلاقة السببية:

سيتم اختبار السببية بين المتغيرات الدراسة باستخدام (granger) لتحديد ما إذا كان تعظيم كل من الناتج الداخلي الخام واستهلاك الطاقة المتجددة يتسبب في انبعاثات الكربون، حيث يظهر الجدول رقم (05) يظهر نتائج اتجاه العلاقة السببية بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات الكربون كما يلي:

الجدول رقم (05): اختبار اتجاه العلاقة السببية بين REC و CO_2

الاختبار	القيمة	الاحتمال (Prob)
F-statistic	7.209807	0.0008
Chi-square	14.41961	0.0007
المتغيرات	القيمة	Std. Err
C(2)	-1949.284	562.5090
C(3)	1630.764	563.9023

المصدر: اعداد الباحثين اعتماد على مخرجات EViews12

من خلال الجدول رقم (05) نلاحظ أن الاحتمالات ($p\text{-values}$) لكل من F-statistic و Chi-square هي أقل من 0.05، مما يعني أننا نرفض الفرضية الصفرية (H_0) عند مستوى معنوية 5 % ، مما يعني أن المعاملين استهلاك الطاقة المتجددة (REC) واستهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة ($\text{REC}(-1)$) معنويان، وبالتالي استهلاك الطاقة المتجددة في الفترتين الحالية

والسابقة يؤثر على انبعاثات الكربون حيث أن معامل استهلاك الطاقة المتجددة (REC) له قيمة سالبة (-1949.284)، مما يعني أن زيادة استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة الحالية يقلل من انبعاثات الكربون، في حين أن معامل استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة (REC(-1)) له قيمة موجبة (1630.764)، مما يشير إلى أن استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة قد يزيد من الانبعاثات الحالية، ولكن بنسبة أقل من التأثير الإيجابي للاستهلاك في الفترة الحالية.

بعد دراسة العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات الكربون، الآن سنقوم بدراسة العلاقة السببية بين النمو الاقتصادي وانبعاثات الكربون والنتائج موضحة في الجدول رقم (06) كما يلي:

الجدول رقم (06): اختبار اتجاه العلاقة السببية بين GDP و CO2

الاختبار	القيمة	الاحتمال (Prob)
F-statistic	337.5164	0.0000
Chi-square	675.0328	0.0000
المتغيرات	القيمة	Std. Err
C(4)	3.52E-07	1.45E-08
C(5)	-3.74E-07	1.47E-08

المصدر: اعداد الباحثين اعتماد على مخرجات EVIEWS12

- إن نتائج اختبار Wald Test المتعلقة بالفرضية الصفرية التي تفترض أن معاملات الناتج المحلي الإجمالي (GDP) للفترة الحالية والفترة السابقة تساوي صفراً، تُظهر ما يلي:
- أن معاملات الناتج المحلي الإجمالي (GDP) الحالي والمتأخر ليس لها تأثير معنوي على انبعاثات الكربون.
 - كل من F-statistic و Chi-square لهما قيم احتمالية (p-values) تساوي 0.0000، وهي أقل بكثير من 0.05. وهذا يعني أننا نرفض الفرضية الصفرية عند مستوى معنوية 5.0% أي أن الناتج المحلي الإجمالي للفترة الحالية والفترة السابقة لهما تأثير معنوي على انبعاثات الكربون.
 - معامل الناتج الداخلي الإجمالي له قيمة موجبة (3.52E-07)، مما يعني أن زيادة الناتج المحلي الإجمالي في الوقت الحالي تزيد من انبعاثات الكربون.
 - معامل الناتج المحلي الإجمالي في الفترة السابقة GDP(-1) له قيمة سالبة (-3.74E-07)، مما يشير إلى أن زيادة الناتج المحلي الإجمالي في الفترة السابقة تقلل من انبعاثات الكربون في الوقت الحالي.
- وبذلك فإن نتائج اختبار Wald تشير إلى أن الناتج المحلي الإجمالي يؤثر بشكل معنوي على انبعاثات الكربون، حيث يكون للناتج المحلي الإجمالي في الفترة الحالية تأثير إيجابي، بينما يكون للناتج المحلي الإجمالي المتأخر تأثير سلبي.

4. تحليل النتائج:

تساهم انبعاثات الكربون بشكل رئيسي في الاحتباس الحراري والتدهور البيئي لكوكب الأرض مما يستدعي ضرورة الانتقال إلى الطاقة المتجددة ومن الموارد الاقتصادية المستدامة، ومن خلال هذه الدراسة توصلنا إلى مجموعة من النتائج تتمثل في:

- علاقة عكسية بين استهلاك الطاقة المتجددة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فهي طاقة آمنة ونظيفة.

- هناك علاقة طردية بين الناتج المحلي الإجمالي وانبعاثات الكربون وذلك بسبب زيادة الانتاج واستهلاك الطاقة الاحفورية.
- أن استهلاك الطاقة المتجددة في الفترة السابقة قد يزيد من الانبعاثات الحالية، ولكن بنسبة أقل من التأثير الإيجابي للاستهلاك في الفترة الحالية.
- هناك علاقة طردية لأثر الناتج المحلي الإجمالي على انبعاثات الكربون في الفترة الحالية وعلاقة عكسية للناتج المحلي الإجمالي المتأخر.

5. خلاصة:

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية الراهنة، أصبح التحول نحو الطاقة المتجددة خياراً استراتيجياً لا غنى عنه لتحقيق التنمية المستدامة وتقليل الآثار السلبية لانبعاثات الكربون. سعت هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة، النمو الاقتصادي، وانبعاثات الكربون في مجموعة من الدول النامية خلال الفترة الممتدة من 1990 إلى 2020، من خلال تطبيق نموذج (VAR Panel Data)

ما نوصي به من خلال هذه الدراسة :

ضرورة تكثيف الجهود الدولية من أجل الحد من انبعاثات الكربون لحماية البشرية من خلال استبدال الطاقة الاحفورية بالطاقة المتجددة وفق جدول زمني واضح المعالم، مع الزام مختلف الدول خاصة الصناعية منها والتي تساهم بشكل كبير في التلوث البيئي بضرورة تطبيق الاتفاقيات المناخ واحترامها.

6. الهوامش والإحالات:

- International Renewable Energy Agency. (2024). irena. Récupéré sur irena: <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
- Pesaran, J., Shin, Y., & Smith, R. (1999). Pooled Mean Group estimation of dynamic heterogenous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446).
- Copernicus Climate Change Service. (2024). Copernicus: Summer 2024 – Hottest on record globally and for Europe. Retrieved from copernicus: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-summer-2024-hottest-record-globally-and-europe>
- Energy Institute. (2024). Statistical Review of World Energy 2024. Retrieved from [OurWorldinData.org/renewable-energy](https://www.ourworldindata.org/renewable-energy)
- iea. (2024). Renewables 2023 . Retrieved from iea: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary>
- INTERNATIONAL NERGY AGENCY. (2024). INTERNATIONAL NERGY AGENCY. Retrieved from iea: <https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy#tracking>
- Kinyar, A., & Bothongo, K. (2024). The impact of renewable energy, eco-innovation, and GDP growth on CO2 emissions: Pathways to the UK's net zero target. *Journal of Environmental Management*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122226>
- Nicholas , A., James E, P., Kojo , M., & Yemane , W.-R. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11). doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.014>
- Rong , W., Nawazish , M., Dinara G., V., Qaisar , A., & Deping , X. (2020). The nexus of carbon emissions, financial development, renewable energy consumption, and technological innovation: What should be the priorities in light of COP 21 Agreements? *Journal of Environmental Management*, 271. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111027>
- Ugur , K., Sinan, E., & Selin , K. (2024). Response of renewable energy minerals to energy policy and technological advancement: An assessment of the Russian energy crisis. *Journal of Environmental Management*.

worldbank. (2024). Global Growth Is Stabilizing for the First Time in Three Years. Retrieved from worldbank: <https://www.albankaldawli.org/ar/news/press-release/2024/06/11/global-economic-prospects-june-2024-press-release>

الأمم المتحدة. (20 09, 2024). الطاقة المتجددة - توفير الطاقة لمستقبل أكثر أماناً. تم الاسترداد من الأمم المتحدة:

<https://www.un.org/en/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>

زرزار العياشي، و محمد مداحي. (2016). الاستثمار في الطاقات المتجددة كآلية لرفع معدلات النمو الاقتصادي للدول العربية: دراسة قياسية مقارنة بين الدول النفطية وغير النفطية. الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة ، 3، (1)5.

7. الملاحق :

Dependent Variable: CO2

Method: Panel Least Squares

Date: 09/21/24 Time: 10:53

Sample (adjusted): 1991 2020

Periods included: 30

Cross-sections included: 50

Total panel (balanced) observations: 1500

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CO2(-1)	1.007193	0.006069	165.9605	0.0000
CREC	-1949.284	562.5090	-3.465338	0.0005
REC(-1)	1630.764	563.9023	2.891926	0.0039
GDP	3.52E-07	1.45E-08	24.30963	0.0000
GDP(-1)	-3.74E-07	1.47E-08	-25.45451	0.0000
C	19249.36	6903.193	2.788472	0.0054

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

Root MSE	32471.27	R-squared	0.998992
Mean dependent var	257898.6	Adjusted R-squared	0.998954
S.D. dependent var	1022897.	S.E. of regression	33083.46
Akaike info criterion	23.68743	Sum squared resid	1.58E+12
Schwarz criterion	23.88225	Log likelihood	-17710.57
Hannan-Quinn criter.	23.76001	F-statistic	26510.10
Durbin-Watson stat	1.321114	Prob(F-statistic)	0.000000