التأثير اللامتماثل لاستهلاك الطاقة، وفرة الموارد الطبيعية، عدم اليقين في السياسات الاقتصادية والمخاطر الجيوسياسية على استدامة البيئة في الجزائر: دراسة قياسية

The Impact of Energy Consumption, Natural Resources Abundance, Economic Policy Uncertainty, and Geopolitical Risk on Environmental Sustainability in Algeria: An Econometric

دحماني مُحَمَّد ادريوش *، مخبر الأبحاث الكمية في الاقتصاد والمالية، جامعة جيلالي ليابس – سيدي بلعباس (الجزائر)،
mohammed.dahmani@univ-sba.dz
نهاري أمال، جيلالي ليابس – سيدي بلعباس (الجزائر)، amelnehari0@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2026/07/10 تاريخ القبول: 2026/09/18 تاريخ النشر: 2026/09/30

ملخص:

نحاول من خلال هذه الورقة البحثية التقصي في أهم محددات الاستدامة البيئية في الجزائر واختبار التأثير اللامتماثل عليها خلال الفترة 1986–2024. اعتمدت الدراسة على منهج انحدار الكميات على الكميات QQR، وامتداده اللامعلمي القائم على دالة النواة QQKRLS لاختبار المتانة. كشفت النتائج عن أن فرضية كوزنتس البيئي لا تتحقق بصيغتها الكلاسيكية في حالة استخدام مؤشر غاز ثاني أكسيد الكاربون CO2، كما أن استهلاك الطاقة يمارس أقوى أثر على البصمة البيئية، وأن أثر ريوع الموارد متعدد القطبية، وأن المخاطر الجيوسياسية وعدم اليقين العالمي يمارسان أثرا لاتماثليا ينقلب في إشارته بين الكميات الدنيا والعليا من توزيع الضغط البيئي. في الأخير أكدت نتائج منهجية QQKRLS متانة نتائج منهجية QQR، وانتهت الدراسة إلى توصيات سياساتية مرحلية تربط كل تدخل بالكمية المستهدفة من توزيع الضغط.

كلمات مفتاحية: استدامة بيئية، استهلاك طاقة، مؤشر مخاطر جيوسياسية واقتصادية، انحدار كميات على كميات؛ انحدار كميات على كميات دالة النواة.

تصنيفات JEL : Q53، Q56، C14، Q43، F51

* المؤلف المرسل.

Abstract:

This study investigates the determinants of environmental sustainability and asymmetric effects in Algeria over 1986–2024, using Quantile-on-Quantile Regression (QQR) and Quantile-on-Quantile Kernel Regularized Least Squares (QQKRLS) for robustness. The results show that the classical Environmental Kuznets Curve hypothesis does not hold when CO_2 emissions are used as a proxy. Energy consumption has the strongest impact on the ecological footprint, while natural resource rents exert multifaceted effects. Geopolitical risks and global uncertainty display asymmetric effects, reversing across lower and upper quantiles of environmental pressure. QQKRLS confirms the robustness of the findings and supports targeted, quantile-specific policy recommendations.

Keywords: Environmental Sustainability; Energy Consumption; Geopolitical and Economic Risks Index; QQR; QQKRLS.

Jel Classification Codes: Q53, Q56, C14, Q43, F51

1. مقدمة:

يشهد العالم منذ مطلع الألفية الثالثة تحولا جوهريا في النظرة الاقتصادية إلى الموارد الطبيعية والبيئة، إذ لم تعد البيئة عاملا خارجيا يغفل في حساب معدلات النمو الاقتصادي، بل قيدا حقيقيا يحكم استدامة المسار التنموي ذاته على المديين المتوسط والبعيد. وقد أفرز التراكم المعرفي في هذا الحقل سلسلة من المؤشرات الكمية التي تعكس الاستدامة البيئية، أبرزها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والبصمة البيئية. وتفصح المؤشرات الحديثة عن أن الانبعاثات العالمية تجاوزت 37 مليار طن في 2023 (Friedlingstein, et al., 2023)، وأن البصمة البيئية البشرية تستهلك ما يعادل 1.75 مرة من القدرة البيولوجية للكوكب، مما يضع البشرية في وضع عجز إيكولوجي بنيوي ومتفاقم (Network, Global Footprint, 2023).

تمثل الجزائر نموذجا لهذه المفارقة الاقتصادية البيئية، إذ تجمع بين موروث طاقوي أحفوري تقليدي يتجلى في احتياطيات الغاز والنفط التي تجعلها سابع منتج للغاز عالميا، وبين إمكانيات شمسية ورياحية كبيرة. وتترجم هذه المفارقة في معطيات كمية مهولة حيث ارتفعت انبعاثات الفرد من 2.69 إلى 4.20

طن متري بين 1996 و 2019، وتنامت البصمة البيئية من 1.39 إلى 2.61 هكتار عالمي، مع نسبة طاقة متجددة لا تتجاوز 1% من المزيج الطاقوي الشامل (Network, Global Footprint, 2024). وقد عمقت هذه المفارقة صدمات متعاقبة شملت أزمة الديون أواخر الثمانينيات، وعشرية التسعينيات الانكماشية، وطفرة الأسعار النفطية بين 2000 و2014، وأزمة انهيار الأسعار بين 2014-2015، وصدمة جائحة الكوفيد عام 2020، وتداعيات الحرب الروسية الأوكرانية عام 2022. وتتميز حالة الجزائر بحساسية مزدوجة لاثنين من المحددات الخارجية الأقل دراسة في الأدبيات السابقة، أولها هي عدم اليقين العالمي الذي بلغ ذروته القياسية عام 2019 بقيمة 0.938 وفق مؤشر WUI[i] (Ahir, Bloom, & Furceri, 2022) ، حيث يعكس تشابك الأزمات السياسية والاقتصادية والصحية. أما الثاني فهو المخاطر الجيوسياسية التي تأرجح مؤشرها GPR[ii] بين 50.76 و174.32 خلال فترة الدراسة (Caldara & Iacoviello, 2022)، بمعامل تفلطح حاد يكشف عن وجود ذيول سميكة وقيم متطرفة لا يمكن تجاهلها. وتنتقل آثار هذين المحددين إلى البيئة عبر قنوات متعددة.

1.1. إشكالية البحث: بينت العديد من الأدبيات التطبيقية المتعلقة بالحالة الجزائر عن تناقضات عميقة، فثمة دراسات أثبتت تحقق فرضية كوزنتس البيئي، وأخرى رفضتها، وثالثة عالجتها بمناهج لاخطية. ومن هذا الاختلاف تنبثق الإشكالية الرئيسية للدراسة على النحو التالي:

إلى أي مدى تتباين التأثيرات غير الخطية وغير المتماثلة لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، استهلاك الطاقة، وفرة الموارد الطبيعية، المخاطر الجيوسياسية، وحالة عدم اليقين العالمي على الاستدامة البيئية في الجزائر وعبر مستوياتها المختلفة؟

---

[i] WUI: World Uncertainty Index مؤشر اللايقين العالمي طور هذا المؤشر كل من Ahir، Bloom و Furceri (2022)، حيث يقيس هذا الآخير مستوى عدم اليقين على مستوى العالم، ويغطي مجموعة غير متوازنة من 143 دولة على أساس ربع سنوي، بالاعتماد على تكرار كلمة "uncertainty" ومشتقاتها في التقارير القطرية الصادرة عن وحدة Economist Intelligence Unit.

[ii] GPR: The geopolitical risk مؤشر المخاطر الجيوسياسية والذي طوره الاقتصاديان Dario Caldara وIacoviello Matteo (2022)، وهما باحثان في مجلس الاحتياطي الفيدرالي الأمريكي، هذا المؤشر يقيس مستوى المخاطر الجيوسياسية شهريا بالاعتماد على إحصاء عدد المقالات الصحفية التي تحتوي على مصطلحات مرتبطة بالتوترات الجيوسياسية، مع دراسة تطوره وآثاره منذ عام 1985.

2.1. فرضيات البحث:

- تتحقق فرضية كوزنتس البيئي EKC في الجزائر بالنسبة لانبعاثات CO2؛
- تحدث كل المتغيرات المستقلة أثرا موجبا على انبعاثات CO2؛
- تمارس المخاطر الجيوسياسية وحالة اللايقين في السياسات الاقتصادية آثارا غير متماثلة على انبعاثات CO2.

3.1. منهج البحث: ما يميز هذه الدراسة عن سابقتها أنها تطبق مقاربات قياسية حديثة جدا تتمثل في منهج انحدار الكميات على الكميات QQR بالإضافة لاستخدام طريقة QQKRLS كمنهج متانة لتعزيز موثوقية النتائج، وهو ما لم يطبق سابقا على دراسات الاستدامة البيئية في الجزائري. كما أن إدماج المخاطر الجيوسياسية وعدم اليقين العالمي بوصفهما محددين رئيسيين، سيكشف عن قنوات الأثر التي تجاهلتها الأدبيات السابقة.

2. مراجعة للدراسات السابقة:

تمثل فرضية منحنى كوزنتس البيئي الإطار النظري الأكثر اختبارا في أدبيات الاقتصاد البيئي، وقد تراكمت حولها العديد الدراسات القياسية التي تتباين نتائجها بحسب طبيعة العينة والفترة الزمنية والمنهجية المستخدمة. في الدراسات التي شملت عينات واسعة من الدول، توصل كل من Altinoz & Dogan عام 2021 في تحليلهما لـ 82 دولة خلال الفترة 1990-2017 واستخدام انحدار الكميات لبيانات البانل إلى نتائج بالغة الأهمية تجلت في تأكيد الدراسة صحة فرضية منحنى كوزنتس البيئي EKC في غالبية الدول التي تم اخيارها، مع وجود تغاير كمي ملحوظ في قوة العلاقة ونقطة الانعطاف. وأثبتت أيضا أن استهلاك الطاقة المتجددة يسهم في تحسين الجودة البيئية، في حين تفاقم وفرة الموارد الطبيعية التدهور البيئي خاصة عند الكميات المرتفعة من الانبعاثات (Altinoz & Dogan, 2021).

كما تناول كل من Muhammad Farhan Bashir وآخرون العلاقة بين التحول الطاقوي، واستهلاك الموارد الطبيعية، والمخاطر الجيوسياسية، والتدهور البيئي، مع إدراج كل من النمو

الاقتصادي والتطور البنكي لفهم دور المتغيرات الكلية في حماية البيئة في دول البريكس. واعتمدت على بيانات تمتد من 1995 إلى 2021. خلصت النتائج إلى أن التحول الطاقوي والتطور البنكي يساهمان في تعزيز الاستدامة البيئية، بينما يؤدي استهلاك الموارد الطبيعية والمخاطر الجيوسياسية والنمو الاقتصادي إلى زيادة التدهور البيئي. كما أكدت اختبارات المتانة صحة النتائج على المدى الطويل. تقترح الدراسة في النهاية أن دعم التحول نحو الطاقة النظيفة، وتطوير القطاع البنكي، من أهم السياسات التي تساعد على مواجهة التحديات البيئية وتحقيق التنمية المستدامة (Bashir, Shahbaz, Malik, Ma, & Wang, 2023).

بالنسبة للسياق الجزائري أولى البحوث الكمية في هذا المجال هي الدراسة التي قدمها عبد العزيز بوخلخال حيث عالج إمكانية التوفيق بين النمو الاقتصادي والحفاظ على الجودة البيئية في الجزائر، وذلك من خلال التركيز على دور رأس المال البشري باستخدام منهجية ARDL خلال الفترة 1980-2017، خلصت النتائج إلى أن الواردات تسهم في خفض البصمة البيئية في الأجلين القصير والطويل، على عكس النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة والصادرات وإيرادات الموارد الطبيعية التي تزيد من التدهور البيئي. في حين يفاقم التعليم والتوقع الصحي التدهور البيئي في الأجل القصير، ينعكس دورهما في الأجل الطويل، حيث يسجل تحسن نوعي يتمثل في مساهمة التعليم في خفض البصمة البيئية، بينما تواصل الزيادة في متوسط العمر المتوقع تغذيتها. وتؤكد هذه النتائج المفارقة أن الاستثمار في التعليم لا يجني ثماره البيئية إلا على المدى البعيد (Boukhelkhal, 2022).

زادت الأدبيات التي تخص السياق الجزائري في السنوات الأخيرة، وتعد دراسة سعيد مزيان وبرقوقي إبراهيم عام 2026 من أكثر الدراسات تطورا، إذ طبقت منهجية NARDL على بيانات الفترة الممتدة من 1970 Q1 وإلى غاية 2022 Q2. كانت تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين ريع الموارد الطبيعية والبصمة البيئية في الجزائر، وتتجاوز ذلك إلى تحليل الآثار المتباينة لكل نوع من أنواع الموارد على حدى (النفط، الغاز، المعادن، الفحم، والغابات). كشفت النتائج عن وجود أثر غير متماثل لإجمالي ريع الموارد الطبيعية على البصمة البيئية، حيث تؤدي الصدمات الإيجابية إلى زيادة معتبرة فيها بينما تعمل

الصدمات السلبية على تقليصها. كما أظهر التحليل التفصيلي تباينا واضحا حسب نوع المورد (Meziane & Brahim, 2026).

من جهتهم قدمت كل من بن دحمان أمينة وآخرون دراسة حول تقييم أثر استهلاك الطاقة، والموارد الطبيعية، والانفتاح التجاري، والاستثمار الأجنبي المباشر على جودة البيئة في الجزائر خلال الفترة الممتدة بين 1970 و2022، بالاستعانة بنموذج DYNARDL ونماذج التعلم الآلة KRLS. كشفت النتائج عن مفارقة جوهرية تتمثل في تراجع دلالة استهلاك الطاقة كمحرك رئيسي للانبعاثات عند الانتقال من النماذج التقليدية إلى النماذج الديناميكية، مما يعكس تحول الهيكل الطاقوي الجزائري نحو الاعتماد المتزايد على الغاز الطبيعي الأقل تلويثا. كما تؤكد النتائج فرضية "ملاذ التلوث" فيما يخص الانفتاح التجاري، في حين يسجل أن الموارد الطبيعية تسهم إيجابيا في تحسين المؤشرات البيئية، على عكس الاستثمار الأجنبي المباشر الذي يظل أثره محدودا وغير معنوي إحصائيا. وأخيرا، أثبتت محاكاة KRLS وجود علاقات لاخطية ومعقدة بين المتغيرات الاقتصادية والبيئية (Bendahmane, Dahmani, Attouchi, Boutalbi, & Berrarbi, 2025).

3. البيانات والمنهجية:

1.3. البيانات ومتغيرات الدراسة:

تستند الدراسة القياسية إلى متغيرات اقتصادية وبيئية، أولها الاستدامة البيئية التي يتم التعبير عنها بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد بالطن المتري CO2. هذا الأخير يلتقط البصمة الكربونية. أما المتغيرات التفسيرية فتضم الناتج المحلي الإجمالي للفرد GDP، وريوع الموارد الطبيعية NAT حيث تم تحميل بيانات هذه المتغيرات من قاعدة البنك الدولي. بالإضافة على متغير استهلاك الطاقة الأولية للفرد ENER والذي تم الحصول عليه من الوكالة الدولية للطاقة. أما مؤشر المخاطر الجيوسياسية GPR تحصلنا عليه من الموقع الرسمي لكالدارا وإياكوفييلو[iii]، في حين مؤشر عدم اليقين العالمي WUI من الموقع الرسمي للمؤشر [iv]. والجدول التالي يشرح متغيرات الدراسة القياسية:

[iii] https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm
[iv] https://www.worlduncertaintyindex.com

الجدول 1: متغيرات الدراسة والإشارة المتوقعة لكل منها

الرمز	التسمية	الوحدة	الدور	الإشارة المتوقعة على CO2
CO2	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد	طن متري للفرد	تابع	
ENER	استهلاك الطاقة الأولية للفرد	كغ مكافئ نفطي	تفسيري	+ وغير متماثل
NAT	ريوع الموارد الطبيعية	% من GDP	تفسيري	+ وغير متماثل
GDP	الناتج المحلي الإجمالي للفرد	دولار ثابت 2015	تفسيري	-/ + وغير متماثل
GPR	مؤشر المخاطر الجيوسياسية	مؤشر معياري	تفسيري	+ وغير متماثل بشدة
WUI	مؤشر عدم اليقين العالمي	مؤشر معياري	تفسيري	-/ + وغير متماثل

المصدر: من إعداد الباحثين واستنادا إلى مراجعة عدد من الأدبيات النظرية والتطبيقية.

تمتد فترة الدراسة من الفصل الأول من سنة 1986 وإلى غاية الفصل الرابع من 2024. استخدام البيانات الفصلية كانت حتمية بسبب أن هذه المنهجيات القياسية الحديثة تتطلب حجما كافيا من المشاهدات لضمان دقة التقدير عبر التقاطعات الكمية المختلفة، حيث قمنا بتحويلها لبيانات فصلية باستخدام تقنية مجموع المطابقة التربيعية وهذا انسجاما مع بعض التطبيقات الحديثة في اقتصاديات الطاقة والاقتصاد البيئي، مثل دراسة Hoang و Hung (2023)، Nguyen و Duong (2026) وAkadiri وآخرون (2026). وقد أتاح هذا الإجراء زيادة عدد المشاهدات بما يتلاءم مع تطبيق المنهجيات الكمية الحديثة، مع الحفاظ على اتساق مجموع القيم الفصلية المقدرة مع القيم السنوية الأصلية (Nguyen, T. P, 2026).

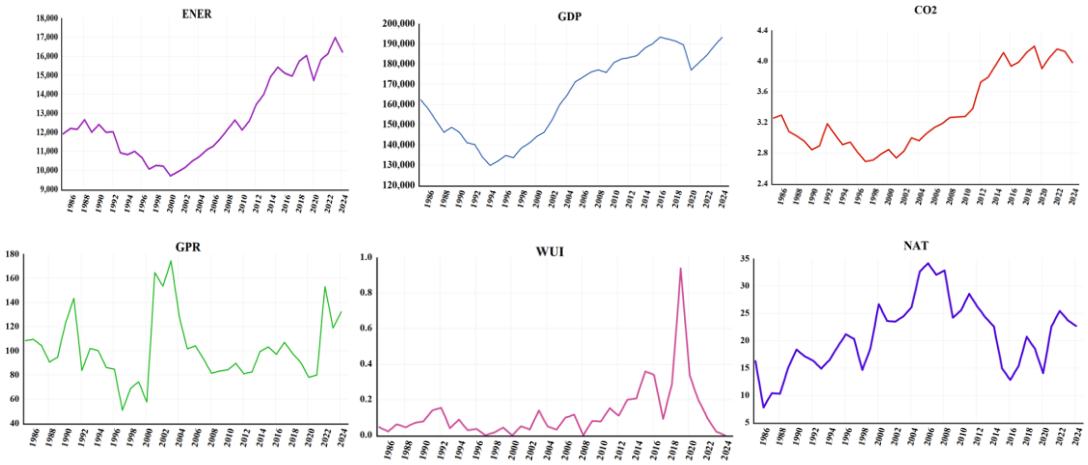
إن الاعتماد على عدد كبير من المشاهدات يزيد من قوة الاختبارات الإحصائية. يصاغ نموذج الدراسة على النحو الآتي:

$$CO_{2_t} = f(GDP_t, ENER_t, NAT_t, GPR_t, WUI_t) + \varepsilon_t$$

بعدها تم تحويل جميع البيانات نحو الصيغة اللوغاريتمية.

2.3. التحليل الوصفي للبيانات:

الشكل 1: تطور واتجاه متغيرات الدراسة القياسية (1986–2024)



المصدر: من إعداد الباحثين وبالاستعانة ببرنامج Eviews النسخة 12.

يكشف الشكل 1 عن أربعة أنماط ديناميكية متمايزة. النمط الأول يتجلى في المتغيرات الاتجاهية التصاعدية CO2، ENER التي سجلت ثباتا نسبيا في المرحلة الأولى (1986–1999) ثم انطلاقا متسارعا بعد 2000، مع كسر هيكلي ملحوظ حول سنة 2011 ويتزامن مع موجة الإنفاق العمومي التوسعي. وقد ارتفعت انبعاثات CO2 من 2.69 إلى 4.20 طن للفرد، وقفز استهلاك الطاقة بأكثر من 75% بين 2000 و2023، مما يكشف عن نمط واضح لإخفاق الفصل بين النمو والتدهور البيئي. النمط الثاني يتجلى في مسار GDP للفرد الذي اتخذ شكل حرف U الممتد، حيث انخفض من 162 ألف دولار عام 1986 إلى 129 ألف عام 1994 إثر أزمة الديون وبرنامج التعديل الهيكلي، ثم تعافى تدريجيا إلى 193 ألف عام 2016 على إثر طفرة أسعار النفط الكبرى، قبل صدمة جائحة كوفيد في 2020. أما النمط الثالث يتجلى في متغير NAT الذي يبرز بطابعه الدوري الواضح المرتبط بدورات أسعار النفط الدولية، حيث ارتفعت الريوع إلى ذروة 34.19% عام 2006 ثم تراجعت بحدة إلى 12.82% عام 2016، قبل أن تتعافى جزئيا. ويعكس هذا التذبذب الحاد هشاشة هيكل الإيرادات الوطنية وتعرضه المباشر للصدمات الخارجية. في الأخير يتجلى النمط الرابع في متغيري GPR وWUI اللذين أبديا طابعا نبضيا لا اتجاهيا، تتخللهما ذروات متفرقة ترتبط بأحداث جيوسياسية كبرى (حرب

الخليج، أحداث سبتمبر، الحرب الأوكرانية) وذروات تخص حالة عدم اليقين العالمي. ويلاخظ من هذه المسارات وجود نقاط انكسار هيكلية محتملة حول الأعوام 2000 و2011 و2020.

الجدول 2: الخصائص الإحصائية لبيانات متغيرات الدراسة القياسية

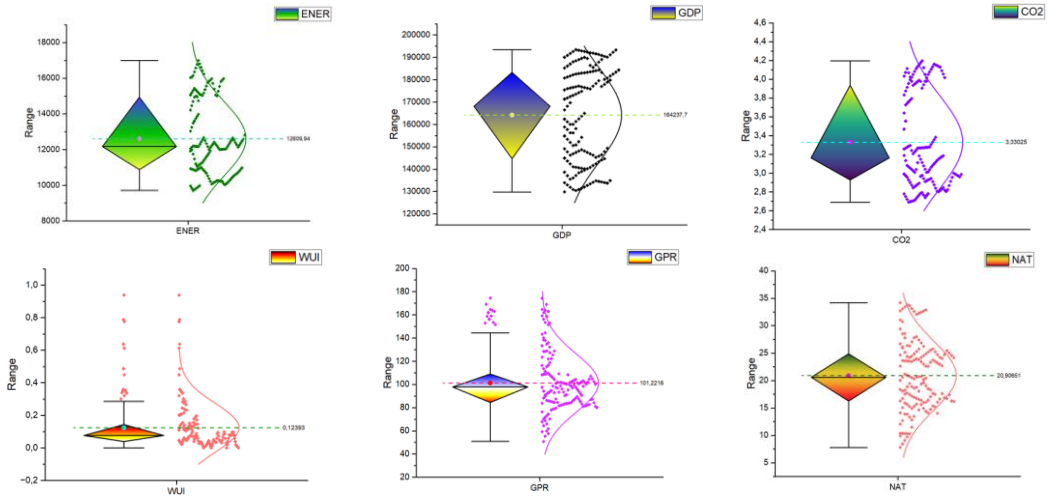
	CO2	GDP	ENER	NAT	GPR	WUI
المتوسط الحسابي	3.330	164237.8	12609.95	20.906	101.221	0.123
الوسيط	3.161	168120.0	12167.46	20.598	97.797	0.076
الانحراف المعياري	0.496	21061.93	2084.188	6.232	25.037	0.149
معامل الالتواء	0.518	-0.149	0.522	0.183	0.895	2.879
معامل التفرطح	1.703	1.488	1.982	2.420	3.617	12.946
اختبار جارك-بيرا	18.034	15.529	13.914	3.079	23.465	864.121
القيمة الاحتمالية	0.000	0.000	0.000	0.214	0.000	0.000

المصدر: من إعداد الباحثين وبالاستعانة ببرنامج Eviews النسخة 12.

تكشف الإحصاءات الوصفية عن عدة خصائص جوهرية. أولا، يتراوح متوسط انبعاثات CO2 للفرد عند 3.33 طن متري، يفوق المتوسط فيه الوسيط 3.16 مما يدل على التواء موجب طفيف، وترفض احتمالية جارك-بيرا (0.000) فرضية الطبيعة رفضا قاطعا. ثانيا، يبلغ معامل التغاير لمتغير WUI الأعلى ضمن العينة، يقترن بمعامل التواء استثنائي 2.88 وتفلطح حاد 12.95، مما يكشف عن توزيع غير طبيعي، مما يبرر منهجيا اللجوء إلى تقنيات لا تشترط افتراض الطبيعية. ثالثا، يظهر متغير GPR التواء موجبا 0.895 مع تفلطح أعلى من ثلاثة 3.618، مما يكشف عن وجود ذيول سميكة وقيم متطرفة مرتبطة بمراحل الاضطراب الجيوسياسي. رابعا، يبرز متغير NAT بوصفه الاستثناء الوحيد ضمن المتغيرات السبعة الذي تقبل عنده فرضية الطبيعة (احتمالية 0.214)، ويعكس هذا انتظام دورات أسعار النفط حول قيمة مركزية.

3.3. مخطط الألماس وتوصيف الخصائص التوزيعية:

الشكل 2: مخطط الألماسة (Diamond Plot)



المصدر: من إعداد الباحثين وبالاستعانة ببرنامج Origin النسخة 2024.

الملاحظة الأولى بعد فحص مخططات الألماس يتضح أن المتغير التابع CO2 يبدي توزيعا شبه ثنائي النمط يعكس وجود نظامين متمايزين في فترة الدراسة، نظام انكماشي يميز التسعينيات ونظام توسعي يميز فترة ما بعد 2011. ويظهر هذا الانقسام بصريا في تكتل المشاهدات حول قيمتين مركزيتين بدلا من قيمة واحدة. الملاحظة الثانية أن متغيري GPR وWUI يتميزان بذيول سميكة وقيم متطرفة لا يمكن تجاهلها، مما يفقد المناهج القائمة على المتوسط جزءا من قدرتها التحليلية. الملاحظة الثالثة أن مخطط NAT يؤكد بصريا ما رصده اختبار جارك-بيرا من قبول التوزيع الطبيعي، إذ تأخذ ألماسته شكلا متماثلا حول قيمة وسطية 20.91 % دون قيم متطرفة بارزة.

4.3. اختبار BDS لعدم الخطية:

الجدول 3: نتائج اختبار BDS لعدم الخطية

المتغيرات	m = 2	m = 3	m = 4	m = 5	m = 6
CO2	0.194994 *	0.326608 *	0.415190 *	0.474762 *	0.514467 *
GDP	0.197791 *	0.331936 *	0.422400 *	0.482868 *	0.522461 *
ENER	0.192686 *	0.322577 *	0.410554 *	0.470227 *	0.510729 *
NAT	0.177940 *	0.295811 *	0.369995 *	0.414002 *	0.437754 *
GPR	0.160125 *	0.259891 *	0.323292 *	0.360632 *	0.380012 *
WUI	0.178233 *	0.296406 *	0.372795 *	0.422641 *	0.454496 *

ملاحظات: تشير * إلى رفض فرضية الخطية عند مستوى معنوية 1%

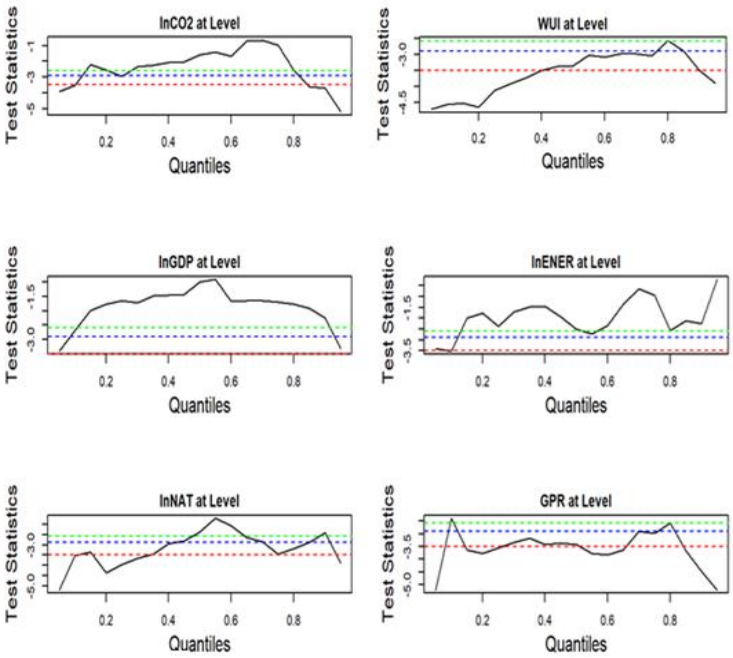
المصدر: من حساب الباحثين استنادا إلى نتائج اختبار BDS المولدة بالاستعانة ببرنامج EViews.

تكشف نتائج اختبار BDS عن رفض فرضية الخطية رفضا قاطعا في جميع المتغيرات الستة وعبر كل الأبعاد الخمسة بمعنوية عند مستوى 1%. وترتفع إحصائية BDS كلما ارتفع البعد m من 2 إلى 6 في كل المتغيرات، مما يدل على أن البنية اللاخطية ليست ظرفية بل بنيوية تتجلى في كل الأبعاد. والملاحظة المنهجية الحاسمة هي أن متغير NAT الذي قبل اختبار جارك-بيرا فرضية طبيعته يرفض اختبار BDS فرضية خطيته بقوة. ويشكل هذا الاختبار الحجة المنهجية الحاسمة على رفض النماذج الخطية الكلاسيكية والانتقال إلى منهج انحدار الكميات على الكميات QQR.

5.3. اختبارات جذر الوحدة الكمية QADF:

تختلف اختبارات QADF عن نظيراتها الكلاسيكية في أنها تختبر الاستقرار عبر كل شرائح التوزيع الكمي للمتغير، لا عند المتوسط فقط. ويعد هذا الاختبار شرطا منهجيا لازما لتطبيق QQR (Ullah & Lin, 2025).

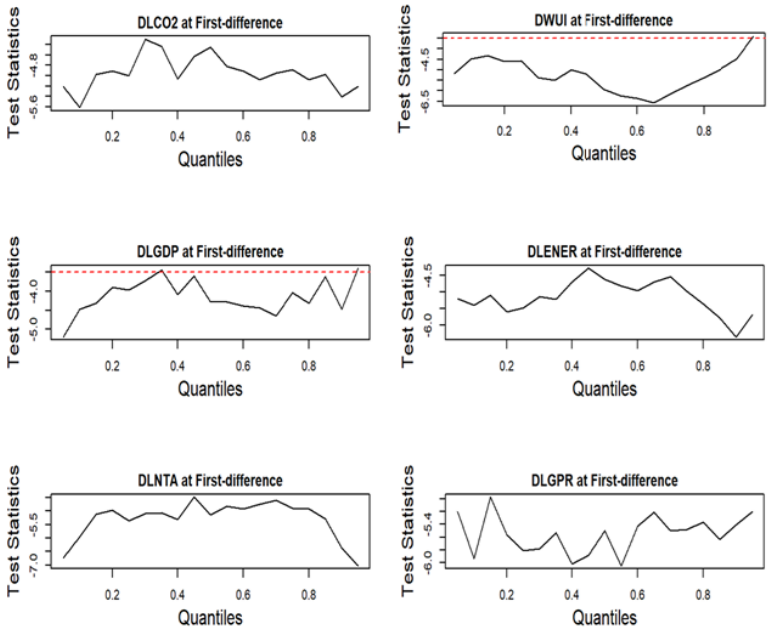
الشكل 3: اختبارات جذر الوحدة لـ QADF الكمي في المستوى



المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

تكشف نتائج الاختبار في المستوى عن أن إحصاءات الاختبار لمعظم المتغيرات (lnCO2, lnEF, lnGDP, lnENER, lnNAT) تتموضع فوق القيم الحرجة عند معظم الكميات، مما يدل على عدم الاستقرار لهذه السلاسل في مستوياتها الأصلية. وتظهر السلاسل سلوكا غير مستقر أوضح في الكميات الوسطى، حيث تبتعد الاحصائية عن القيم الحرجة بفارق معتبر، فيما يتقلص هذا الفارق عند الكميات الطرفية. أما متغير GPR فيكشف عن استقرار جزئي عند بعض الكميات، إذ تنخفض الاحصائية تحت القيمة الحرجة عند بعض المواقع. ومتغير WUI يبدي استقرار في الكميات الدنيا فقط (دون 0.30) في حين يظل غير مستقر في الكميات العليا.

الشكل 4: اختبارات جذر الوحدة لـ QADF الكمي في الفرق الأول



المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

تكشف نتائج الاختبار في الفرق الأول عن أن إحصاءات الاختبار لجميع المتغيرات تنخفض بقوة تحت القيم الحرجة عند جميع الكميات. ويعني ذلك رفض فرضية جذر الوحدة رفضا قاطعا عبر كل الشرائح الكمية لكل المتغيرات. وتؤكد هذه النتيجة أن جميع السلاسل مستقرة في الفرق الأول، أي أنها متكاملة من الدرجة I(1)، مما يفي بشرط منهجي لتطبيق مقاربة QQR وQQKRLS بصورة

سليمة قياسيا. كذلك يلاحظ أن استقرار السلاسل في الفرق الأول يتماثل عبر معظم الكميات دون تباين جوهري.

6.3. تقدير انحدار الكميات على الكميات QQR:

لتحليل طبيعة العلاقة بين المتغيرات المستقلة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2) بشكل أكثر دقة وشمولية، تم الاعتماد على منهجية انحدار الكم على الكم QQR التي طورها كل من Sim وZhou (2015)، والتي تعد امتدادا لمنهجية انحدار الكم التقليدي QR. تتميز هذه المنهجية بقدرتها على الكشف عن التأثير غير المتماثل وغير الخطي للمتغير المستقل على المتغير التابع عبر مستويات مختلفة (كميات) لكلا من المتغيرين معا، بدلا من الاقتصار على تقدير تأثير ثابت عند متوسط التوزيع كما هو الحال في نماذج الانحدار الخطي التقليدية (OLS). وبذلك تسمح هذه الطريقة بتقدير معامل منفصل $\beta(\theta, \tau)$ لكل زوج من كميات المتغير التابع (τ) وكميات المتغير المستقل (θ)، مما يتيح رسم خريطة حرارية ثلاثية الأبعاد تظهر كيفية تغير قوة واتجاه التأثير باختلاف مستويات كل من الانبعاثات والمتغيرات المستقلة. ينطلق المنهج من معادلة الانحدار الكمي العام (Sim & Zhou, 2015):

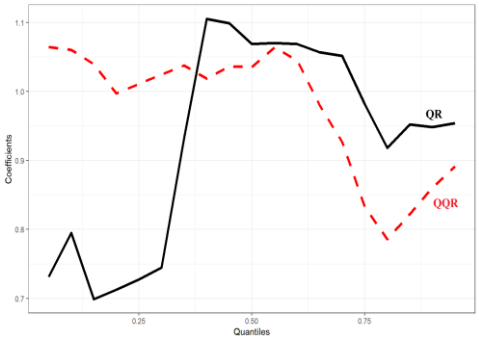
$$Y_t = \beta^{\theta}(X_t) + \varepsilon_t^{\theta}$$

ويوسعها بإدخال موقع كمي للمتغير المستقل τ: $Y_t = \beta^{\theta}(X_t^{\tau}) + \varepsilon_t^{\theta,\tau}$

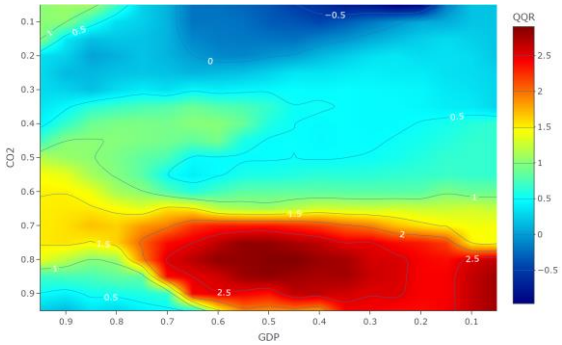
ويسمح هذا التوسيع باستخراج المعامل $\beta(\theta, \tau)$ عبر كل تقاطعات الكميات. وتتقاطع خصائص QQR مع متطلبات البيانات المرصودة في الدراسة من عدم طبيعية التوزيعات، واللاخطية، والذيول السميكة، وعدم التماثل في الأثر عبر الشرائح.

نستخدم الخريطة الثلاثية الحرارية (Heatmap) لتمثيل معاملات QQR عبر شبكة من الكميات، حيث يظهر المحور الأفقي مستويات كميات المتغير المستقل والمحور الرأسي مستويات كميات المتغير التابع CO2، بينما يعكس اللون شدة المعامل واتجاهه. والأشكال التالية توضح ذلك على النحو التالي:

الشكل 5: نتائج الانحدار الكمي QR ومنهجية QQR (نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي)



الشكل 6: تأثير نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي على انبعاثات CO2 باستخدام منهجية QQR

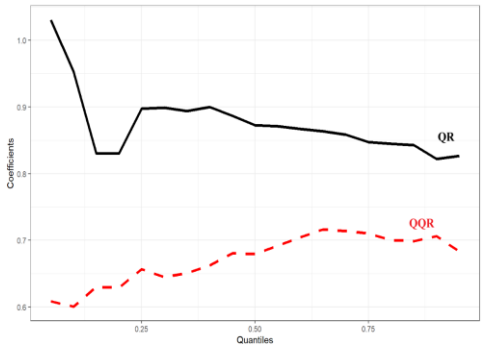


المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

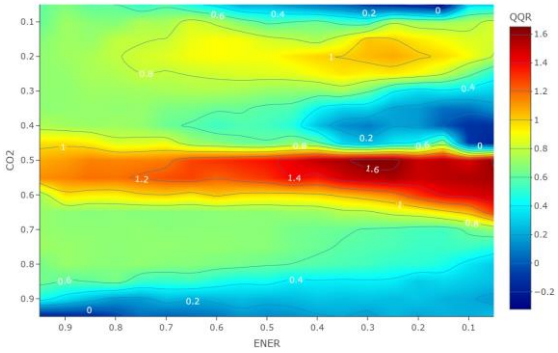
تكشف الخريطة الحرارية عن أربع مناطق متمايزة. المنطقة الأولى في الزاوية العليا اليمنى حيث تتقاطع الكميات الدنيا من CO2 (0.1-0.3) مع الكميات الدنيا من GDP (0.7-0.9)، تسجل معاملات تتراوح بين 0.5- و 0.5، مما يدل على غياب أثر معتبر لـ GDP على CO2 في الفترات التي تتسم بانخفاض المتغيرين معا، وتتطابق هذه المنطقة زمنيا مع فترة التسعينيات الانكماشية. المنطقة الثانية في الجزء الأوسط تسجل معاملات معتدلة (0.5 إلى 1.5)، تعكس الفترة الانتقالية بين الانكماش والطفرة (2000-2010). المنطقة الثالثة وهي الأهم في الجزء السفلي الأوسط، حيث تتقاطع الكميات العليا من CO2 (0.7-0.9) مع الكميات الوسطى من GDP (0.3-0.6)، تسجل معاملات تتراوح بين 2.0 و 2.5، مما يدل على أن مرونة الانبعاثات إزاء النمو تبلغ ذروتها في الفترات ذات الانبعاثات المرتفعة. ويفسر هذا النمط بقنوات الإغلاق التكنولوجي وهيمنة الوقود الأحفوري على المزيج الطاقوي والاستهلاك الكثيف في فترات الطفرة. المنطقة الرابعة في الزاوية السفلى اليسرى تسجل معاملات تتراوح بين 1.5 و2.0، تدل على بداية أثر التشبع. وتدحض هذه النتائج فرضية منحنى كوزنتس البيئي في صيغتها الكلاسيكية، إذ بدل أن يتراجع الأثر في الكميات العليا، يتصاعد ليبلغ ذروته فيها.

يلاحظ أن نتائج منهجية الانحدار الكمي QR تبالغ في تقدير الأثر في الكميات الوسطى بسبب عدم استيعابه للتغاير في GDP ذاته، فيما يقدم QQR تشخيصا أدق حيث يكشف عن انخفاض الأثر في الكميات العليا من CO2. وهذا التراجع في الكميات العليا يدعم وجود نقطة انعطاف جزئية تحدث فقط في الكميات الأكثر تطرفا.

الشكل 7: نتائج الانحدار الكمي QR ومنهجية QQR (استهلاك الطاقة للفرد)



الشكل 8: تأثير استهلاك الطاقة للفرد (ENER) على انبعاثات CO2 باستخدام منهجية QQR



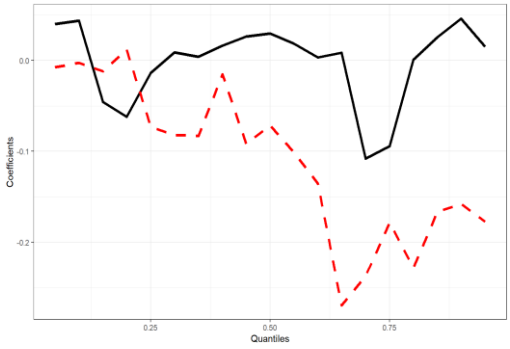
المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

من خلال الشكل 8 تكشف الخريطة الحرارية الثانية عن نمط مميز يتمحور حول شريط أحمر واضح يقع في الكميات الوسطى من CO2 (0.5–0.6) عند تقاطعه مع الكميات الوسطى والعليا من ENER (0.3–0.5)، حيث تبلغ المعاملات ذروتها عند 1.6 وهو أعلى أثر مرصود في هذا التقاطع. ويعكس هذا الشريط الأحمر بنية محورية للأثر حيث استهلاك الطاقة يحدث أثره الأقصى على CO2 في المرحلة المتوسطة من تطور الانبعاثات، وهي المرحلة التي يبدأ فيها الاقتصاد بالخروج من الانكماش نحو التوسع. وتتراجع المعاملات إلى مستويات متوسطة (0.8–1.2) في الكميات الدنيا من CO2 (0.1–0.4)، مما يدل على أن الطاقة المستهلكة في الفترات الانكماشية لا تترجم بالكامل إلى انبعاثات بسبب تعطل النشاط الإنتاجي. والملاحظة المثيرة هي أن المعاملات تنخفض إلى ما دون 0.5 في الكميات العليا من CO2 (0.7–0.9)، ما يشير إلى ظاهرة تشبع خلال فترات الذروة حيث أن البنية الإنتاجية المعتمدة على الوقود التقليدي تصل إلى حدودها القصوى، فيتباطأ تحويل الطاقة الإضافية إلى انبعاثات إضافية.

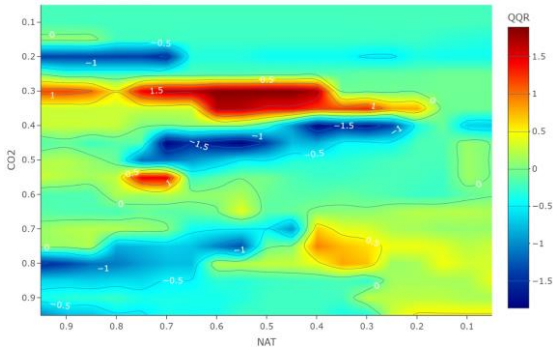
في حين الشكل 7 يكشف عن فجوة منهجية واضحة بين منهجي QR وQQR. فخط QR يبدأ مرتفعا عند 1.03، لينخفض إلى 0.83 عند الكمية 0.20، ثم يستقر حول 0.85–0.90 عبر الكميات الوسطى، فيتراجع تدريجيا إلى 0.83 عند الكميات العليا. أما خط QQR فيبدأ منخفضا عند 0.60، يرتفع تدريجيا ليبلغ ذروته حوالي 0.72 عند الكميات 0.65–0.70، ثم يتراجع قليلا. يعكس هذا الفارق أن QR يبالغ في تقدير الأثر بسبب عدم استيعابه للتغاير في ENER ذاته، فيما يقدم QQR تشخيصا أكثر دقة. وعلى الرغم من الفارق الكمي، يتفق المنهجان على أن

الأثر موجب ومعتبر في كل الكميات، مما يؤكد أن قناة الطاقة هي الناقل البنيوي للانبعاثات في الاقتصاد الجزائري.

الشكل 9: نتائج الانحدار الكمي QR ومنهجية QQR (إجمالي ريوع الموارد الطبيعية)



الشكل 10: تأثير إجمالي ريوع الموارد الطبيعية (NAT) على انبعاثات CO2 باستخدام منهجية QQR



المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

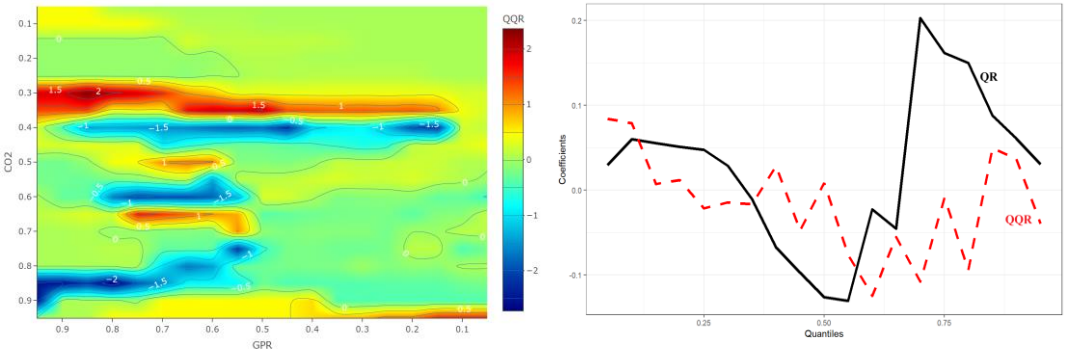
تكشف الخريطة الحرارية في الشكل 10 عن نمط معقد للغاية لا يتسم بسطح موحد بل بمناطق متناوبة من الأثر الموجب والسالب. تتمركز المنطقة الموجبة الأولى عند الكميات الدنيا من CO2 (0.3) وفي تقاطع مع الكميات العليا والوسطى من NAT (0.9-0.3)، حيث تبلغ المعاملات ذروتها عند 1.5، مما يدل على أن الريوع المرتفعة ترفع الانبعاثات في كميات الانبعاثات المنخفضة عبر تمويل الإنفاق العمومي التوسعي الذي يحفز الاستهلاك الطاقوي. تتمركز منطقة موجبة ثانية أصغر عند CO2=0.55 وNAT=0.7-0.8، بمعاملات تتراوح بين 1.0 و1.5. أما المناطق السالبة فتتمركز عند الكميات الوسطى من CO2 (0.4-0.5) وفي تقاطعها مع الكميات الوسطى من NAT (0.6-0.4)، بمعاملات تصل إلى 1.5-، مما يكشف عن أثر معاكس للريوع في هذه الشريحة. ويفسر هذا التذبذب اقتصاديا بأن الريوع تحدث أثرا مزدوجا، فمن جهة تمول الاستهلاك المباشر للطاقة الذي يرفع الانبعاثات، ومن جهة أخرى قد تمول استثمارات بيئية تخفف منها.

وعند المقارنة بين المعاملات في كلا المنهجين تكشف النتائج أن خط QR يبدأ من نحو 0.05 عند الكميات الدنيا، يتذبذب قرب الصفر عبر الكميات الوسطى، ثم يتراجع إلى نحو 0.10- عند الكمية 0.70 قبل أن يعود إلى الصفر تقريبا. أما خط QQR فيبدأ من نحو 0.01-، يحافظ على تذبذب قرب الصفر في الكميات الدنيا، ثم يتراجع بحدة أكبر من QR ليبلغ نحو 0.25- عند الكمية 0.65 ويستقر حول 0.15- عند الكميات العليا. يعني هذا التباين أن QQR أكثر حساسية

لالتقاط الأثر السالب الذي تمارسه الريوع على CO2 في الكميات العليا من الانبعاثات. تفسر هذه النتائج على أنه في فترات ذروة الانبعاثات (الكميات 0.65-0.90)، تكون الجزائر عادة في طور انكماش الإيرادات النفطية والذي يرافق انهيار الأسعار الدولية، فتنخفض الريوع تزامنا مع ارتفاع الانبعاثات، فيظهر معامل سالب. هذه النتيجة تبين أن العلاقة بين الريوع والانبعاثات ليست خطية موجبة كما تفترض فرضية لعنة الموارد، بل تتغير إشارتها بحسب موقع الاقتصاد على دورة الانبعاثات.

الشكل 11: نتائج الانحدار الكمي QR ومنهجية QQR (مؤشرات المخاطر الجيوسياسية)

الشكل 12: تأثير مؤشرات المخاطر الجيوسياسية (GPR) على انبعاثات CO2 باستخدام منهجية QQR



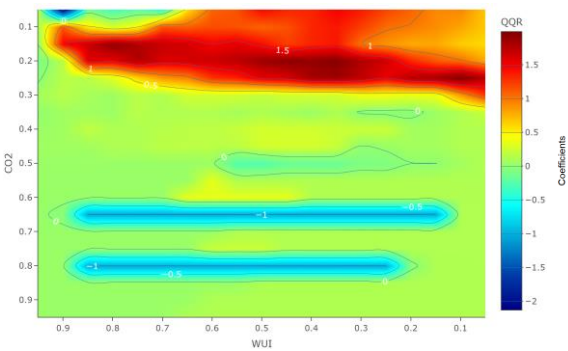
المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

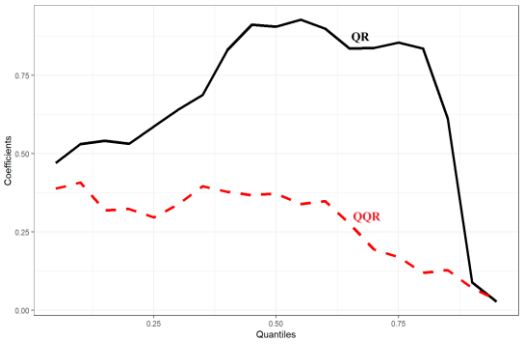
تكشف الخريطة الحرارية في الشكل 12 عن نمط معقد ينطوي على مناطق موجبة وسالبة متناوبة، يعكس الطابع غير المتماثل لأثر المخاطر الجيوسياسية. تبرز المنطقة الموجبة الرئيسية عند الكميات الدنيا من CO2 (0.3) في تقاطعها مع الكميات العليا والوسطى من GPR (0.5-0.9)، حيث تسجل معاملات تتراوح بين 1.5 و2.0. ويعني ذلك أن تصاعد المخاطر الجيوسياسية ترفع الانبعاثات في كميات الانبعاثات المنخفضة، عبر قنوات تشمل تحفيز الإنفاق الدفاعي وتأخير الاستثمارات في الطاقة النظيفة وارتفاع التكاليف اللوجستية للطاقة. أما المناطق السالبة فتتوزع في الكميات الوسطى والعليا من CO2 (0.4-0.9) عند تقاطعها مع الكميات العليا من GPR (0.6-0.9)، بمعاملات تصل إلى 2.0- و1.5-. ويدل ذلك على أن تصاعد المخاطر الجيوسياسية تخفض الانبعاثات في فترات الانبعاثات المرتفعة، عبر قناة الانكماش الاقتصادي الذي يصاحب الأزمات الكبرى.

تكشف المقارنة بين المنهجين عن انخفاض حدة الأثر عند الكميات العليا. فخط QR يبدأ من نحو 0.04 عند الكميات الدنيا، يتذبذب بين القيم الموجبة الطفيفة والسالبة في الكميات الوسطى، ثم يستقر قرب الصفر عند الكميات العليا. أما خط QQR فيبدأ قرب الصفر، يتذبذب بصورة أكبر في

الكميات الوسطى، ثم ينخفض بحدة عند الكمية 0.65 ويظل سالبا عند الكمية 0.90. وتظهر بصورة جلية أن QQR يكشف عن أثر سالب أعمق في الكميات العليا لم يلتقطه QR. ويتسق هذا التشخيص مع القراءة الاقتصادية التي تشير إلى أن الكميات العليا من توزيع CO2 ترتبط بفترات الذروة الإنتاجية والاستهلاكية، وفي هذه الفترات تأتي صدمات GPR لتقلص الطلب الكلي وتخفض الانبعاثات. وتؤكد هذه النتيجة أن منهج QQR يتفوق منهجيا على QR في التقاط الديناميكيات السالبة الكامنة في الذيول العليا للتوزيع، التي يخفيها التحليل القائم على المتوسط.

الشكل 13: نتائج الانحدار الكمي QR ومنهجية QQR (مؤشر عدم اليقين العالمي للجزائر)





الشكل 14: تأثير مؤشر عدم اليقين العالمي للجزائر (WUI) على انبعاثات CO2 باستخدام منهجية QQR

المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

تكشف الخريطة الحرارية في الشكل 14 عن نمط بنيوي بالغ الوضوح، يقسم تأثير عدم اليقين العالمي على CO2 إلى منطقتين متعاكستين تماما. المنطقة الأولى تتمركز في الكميات الدنيا من CO2 (0.1–0.3) وتظهر بلون أحمر متوهج بمعاملات تتراوح بين 1.0 و1.5، تبلغ ذروتها 1.5 عند تقاطعها مع كميات WUI الوسطى (0.3–0.5). ويعني ذلك أن صدمات عدم اليقين ترفع الانبعاثات بصورة حادة في فترات الانبعاثات المنخفضة، ربما عبر قناة تأجيل الاستثمار في البدائل النظيفة والاحتفاظ بالنموذج التقليدي للطاقة الأقل تكلفة على المدى القصير. أما المنطقة الثانية فتتمركز في الكميات العليا من CO2 (0.6–0.8) وتظهر بلون أزرق فاتح إلى متوسط بمعاملات تتراوح بين 1.0- و 0.5-، مما يدل على أن صدمات عدم اليقين تخفض الانبعاثات في فترات الانبعاثات المرتفعة عبر قناة الانكماش الاستثماري والتجاري.

أما الشكل 13 يوضح فجوة تحليلية هامة بين تقديرات نموذج الانحدار الكمي التقليدي QR ونظيره المتقدم QQR في تفسير أثر عدم اليقين العالمي على انبعاثات الكربون. فبينما يعطي نموذج QR انطباعا بأن التأثير يتزايد ليتصدر المشهد عند الكم المرتفع 0.90 قبل أن ينهار فجأة. يصحح نموذج QQR هذه الرؤية؛ إذ يظهر الأثر مستقرا وعند مستويات منخفضة تعادل 0.35 عبر أغلب مستويات التوزيع، لينعدم تماما عند ذروة عدم اليقين. هذا التباين لا يثبت فقط التفوق القياسي لمنهجية QQR في رصد العلاقات المتشابكة، بل يقدم دليلا اقتصاديا على وجود استجابات هيكلية وتكيفية ضمنية (كتنويع مصادر الطاقة والارتقاء التقني) نجحت في جعل الانبعاثات أكثر حصانة وأقل حساسية تجاه عوامل عدم اليقين المستمرة.

7.3. منهجية انحدار الكميات على الكميات بدالة النواة QQKRLS:

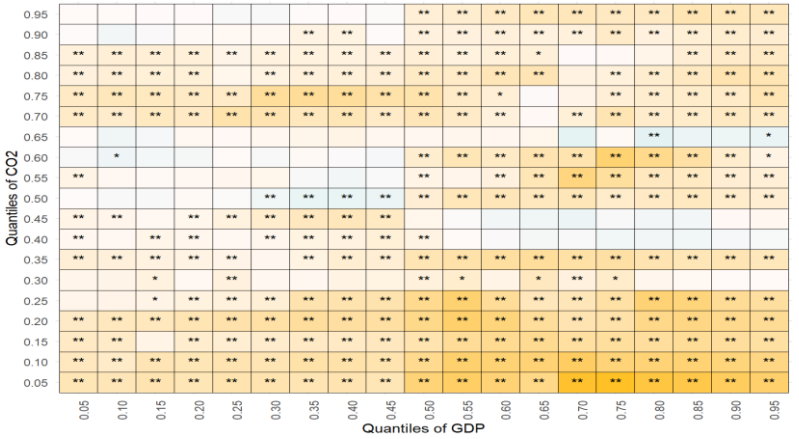
يمثل QQKRLS امتدادا لامعلميا متقدما لـ QQR، يدمج بين الانحدار الكم على الكم وتقنية المربعات الصغرى المنتظمة القائمة على دالة النواة. ويصاغ النموذج على النحو التالي (Adebayo, Meo, Eweade, & Özkan, 2024):

$$\boldsymbol{Q_Y(\theta \mid X)} = \sum_{\{i=1\}}^{n} \boldsymbol{c_i^{\{\theta\}} K(X_i, X)} + \lambda^{\{\theta\}}$$

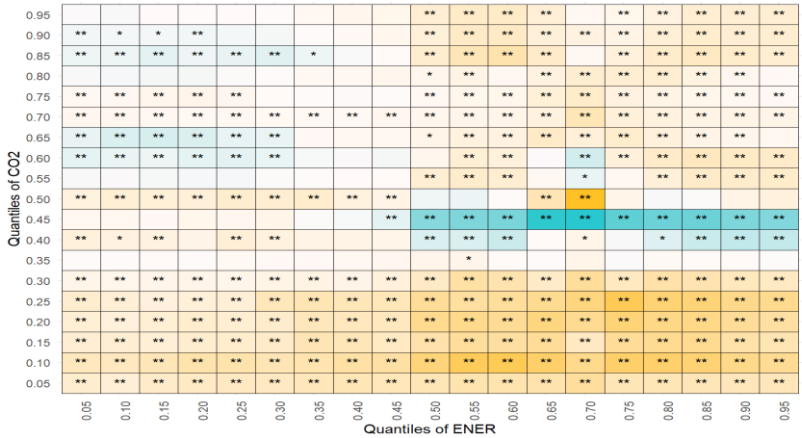
حيث $K(X_i, X)$ دالة النواة الغوسية، و c_i المعاملات المقدرة، وλ معامل التنظيم. ويوظف QQKRLS بوصفه منهج متانة للنتائج المستخرجة من QQR.

الأشكال التالية تعكس نتائج تقديرات منهجية الانحدار الكمي على الكمي باستخدام دالة النواة QQKRLS لاختبار متانة نموذج QQR، حيث تمثل الخلايا معاملات التأثير عند تقاطعات كميات انبعاثات CO2 (المحور الرأسي) وكميات كل متغير مستقل على حدا (المحور الأفقي)، مع إشارات الدلالة الإحصائية (*):

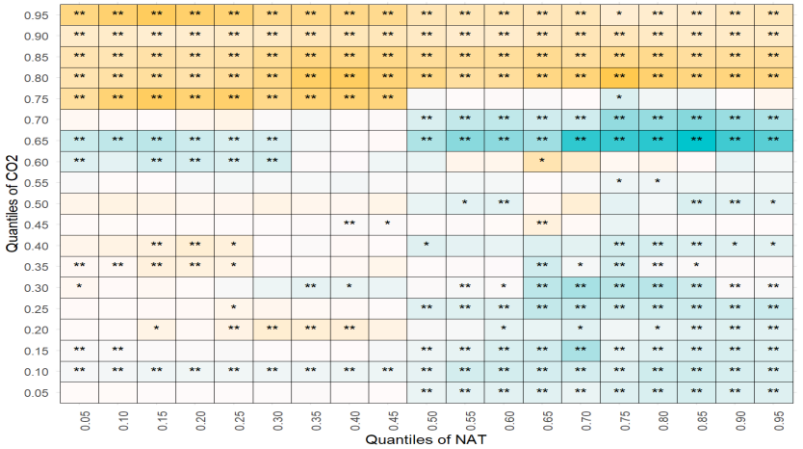
الشكل 15: تأثير المتغيرات المستقلة على انبعاثات CO2 باستخدام منهجية QQKRLS



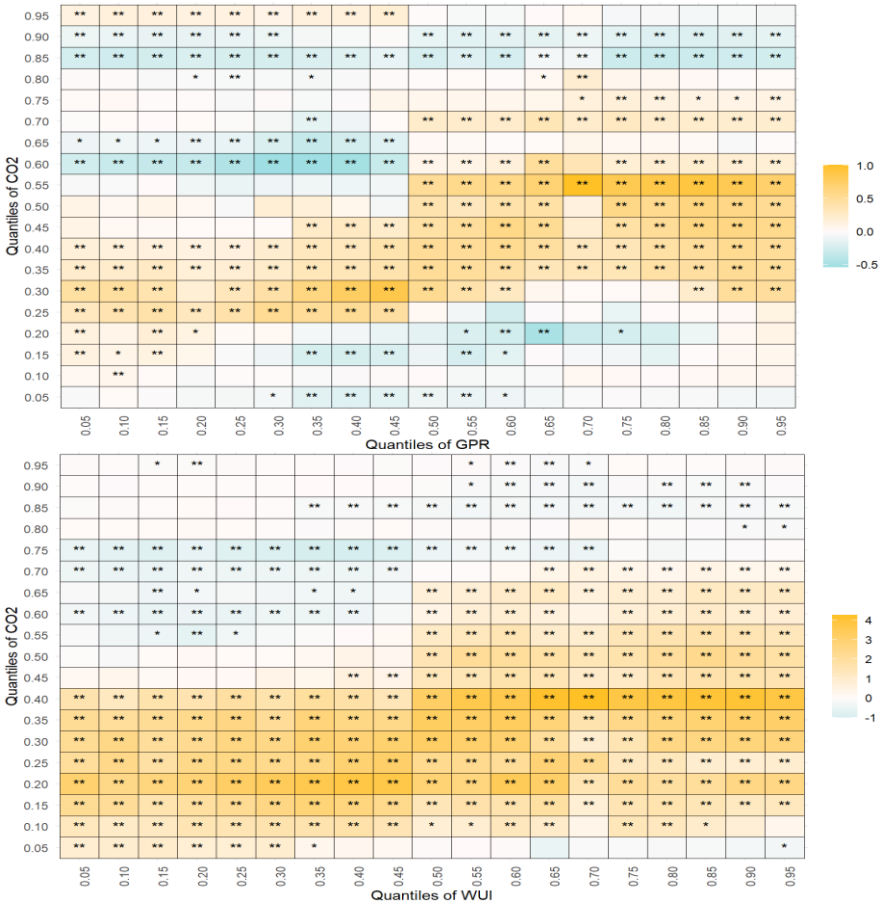
15–A



15–B



15–C



15-D

15-E

ملاحظة: (**) معنوية عند 1%، (*) عند 5%.

المصدر: من إعداد الباحثين بالاستعانة ببرنامج R Studio

بالنسبة للشكل 15-A تكشف الخريطة الحرارية لـ QQKRLS عن نمط متسق مع نتائج QQR لكن بصورة أكثر تفصيلا. تتمركز المنطقة الموجبة الكبرى (البرتقالية) عند الكميات الدنيا من CO2 (0.05-0.30) عبر كل كميات GDP، بمعاملات تتراوح بين 1.0 و 2.0، وتتميز معظم خلاياها بدلالة معنوية عند 1%. ويعكس ذلك أن GDP يرفع CO2 بصورة معنوية وقوية في فترات الانبعاثات المنخفضة، مما يتسق مع المرحلة التصاعدية من منحنى كوزنتس. وتظهر منطقة موجبة ثانية في الكميات العليا من CO2 (0.70-0.95) بمعاملات أقل حدة (0.5-1.0) ومعنوية عند 1% أيضا. أما المنطقة الفاتحة المتوسطة فتتمركز عند الكميات الوسطى من CO2 (0.45-0.65) بمعاملات قريبة من الصفر، يكون بعضها معنوي عند 5% فقط. وتؤكد هذه النتيجة متانة التشخيص

المستخرج من QQR، إذ يحافظ الأثر الموجب على معنويته الإحصائية في معظم تقاطعات الكميات، مع تباين في الحدة يعكس البنية اللاخطية للعلاقة.

أما الشكل B-15 فيكشف عن نمط أكثر تعقيدا، حيث تتمركز فيه المنطقة الموجبة الرئيسية (البرتقالية) في الكميات الدنيا لـ CO2 (0.05-0.30) بمعاملات تصل إلى 2.0 ومعنوية عند 1% في معظمها. ويظهر شريط سالب لافت عند الكميات الوسطى إلى الدنيا من (0.50-0.40) CO2 في تقاطعه مع الكميات الوسطى إلى العليا من (0.70-0.40) ENER، بمعاملات تصل إلى 2.0- ومعنوية عند 1%. ويعكس هذا الشريط السالب أثرا غير متوقع للطاقة في شريحة محددة من التوزيع، قد يفسر بمراحل التحول الاستثنائية التي تترافق فيها زيادة الاستهلاك مع تحسن نسبي في الكفاءة. ويظل النمط العام إيجابيا في الكميات العليا، مما يؤكد متانة النتيجة المركزية لمنهجية الـ QQR.

تظهر الخريطة الحرارية في الشكل C-15 نمط مميز يقسم الأثر إلى نطاقين متباينين. النطاق الأول الموجب (البرتقالي) يتمركز في الكميات العليا من CO2 (0.75-0.95) بمعاملات تصل إلى 0.4 ومعنوية عند 1%، ويعكس أن الريوع تفاقم الانبعاثات في فترات الذروة. أما النطاق السالب (الأزرق الفاتح) فيتمركز في الكميات الوسطى إلى العليا من CO2 (0.65-0.70) في تقاطعها مع الكميات العليا من NAT، بمعاملات تصل إلى 0.4-. ويتسق هذا التقسيم مع تشخيص QQR من أن أثر الريوع متعدد القطبية. وتؤكد المعنوية الإحصائية الواسعة لخلايا الخريطة متانة هذه النتيجة وعدم كونها مصادفة إحصائية.

بالنسبة لمؤشر المخاطر الجيوسياسية يبين الشكل D-15 عن أثر معتدل الحدة لكنه ذو دلالة إحصائية معتبرة. تتوزع المعاملات بين القيم الموجبة الطفيفة (0.5-1.0) والسالبة الطفيفة (0.5-)، مع هيمنة الأثر الموجب الطفيف على الكميات الدنيا من CO2 (0.10-0.45) والأثر السالب الطفيف على الكميات العليا (0.55-0.95). وتعكس هذه النتيجة أن المخاطر الجيوسياسية تمارس أثرا منتشرا ومنخفض الحدة على الانبعاثات، يتحول من موجب في القاع إلى سالب في القمة. وتؤكد المعنوية الإحصائية الواسعة في معظم الخلايا إلى متانة هذا النمط ودعمه لنتائج منهجية QQR.

في الأخير نجد أن مؤشر عدم اليقين العالمي (WUI) من خلال الخريطة الحرارية E-15 يكشف عن نمط ينسجم تماما مع نتائج الـ QQR من اللاتماثل الحاد بين القاع والقمة. تتمركز المنطقة البرتقالية القوية في الكميات الدنيا من CO2 (0.05-0.45) بمعاملات تصل إلى 1.0 ومعنوية عند 1% في

كل خلاياها تقريبا، مما يؤكد أن مؤشر عدم اليقين العالمي يرفع الانبعاثات بصورة قوية ومعنوية في فترات الانبعاثات المنخفضة. وتظهر منطقة سالبة طفيفة في الكميات العليا من CO2 (0.65-0.80) بمعاملات تصل إلى 0.5-، تعكس الأثر التخفيفي في فترات الذروة.

4. خاتمة:

تؤصل الدراسة ظاهرة الاستدامة البيئية باعتبارها متغيرا مركبا تتداخل فيه الأبعاد الاقتصادية والسياسية الدولية، مستندة إلى فرضية منحنى كوزنتس البيئي كإطار تفسيري يقتضي المعالجة بأدوات قياسية لاخطية. أظهرت الدراسة أن الاقتصاد الجزائري يواجه تحديا هيكليا عصيبا لوقوعه في الكميمات التصاعدية للمنحنى؛ مما يعكس عجز النموذج الريعي القائم على عوائد المحروقات عن تحقيق فك الارتباط بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي، فضلا عن وجود فجوة تنظيمية ملموسة بين رصانة النصوص التشريعية البيئية وقصور آليات تطبيقها على أرض الواقع.

على المستوى التطبيقي، فقد توصلت الدراسة إلى ستة نتائج جوهرية: عدم تحقق فرضية كوزنتس البيئي بصيغتها الكلاسيكية بالنسبة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، حيث يستمر أثر النمو الاقتصادي في التصاعد دون ظهور نقطة انعطاف حقيقية؛ وهيمنة استهلاك الطاقة الأولية باعتباره الناقل البنيوي الأقوى للضغط البيئي نظرا لهيمنة الوقود التقليدي على المزيج الطاقوي؛ وعدم استقرار أثر ريوع الموارد الطبيعية بين الموجب والسالب، مما يدحض فرضية "لعنة الموارد" الكلاسيكية ويثبت أن أثرها مشروط بمرحلة الاقتصاد؛ إضافة إلى الأثر المزدوج المتعاكس للمخاطر الجيوسياسية، والبنية اللاتماثلية الواضحة لعدم اليقين العالمي في السياسات الاقتصادية بين الكميات الدنيا والعليا؛ وأخيرا تأكيد منهجية QQKRLS لمتانة نتائج الانحدار الكمي بمعنوية إحصائية عالية.

بناء على نتائج الدراسة القياسية، توصي الدراسة بإعادة توجيه السياسات البيئية والاقتصادية نحو فك الارتباط بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي، من خلال تسريع الانتقال إلى الطاقات المتجددة، وتحسين إدارة الريوع النفطية وتوجيهها للاستثمار الأخضر، وتعزيز مرونة الاقتصاد أمام الصدمات الخارجية عبر التنويع الاقتصادي، إلى جانب تطوير منظومة الرصد البيئي. تؤكد الدراسة أن بناء السياسات البيئية ينبغي أن يستند إلى الطبيعة اللامتماثلة بين المتغيرات الاقتصادية الكلية والجيوسياسية من جهة والمتغيرات البيئية من جهة أخرى، بما يسمح بتبني سياسات أكثر استهدافا وفعالية وفقا لاختلاف مستويات النشاط

الاقتصادي والضغوط البيئية، وهو ما يمثل إضافة علمية يمكن الاعتماد عليه في الدراسات المستقبلية وصنع السياسات العامة في الجزائر.

5. قائمة المراجع:

Adebayo, T., Meo, M., Eweade, B., & Özkan, O. (2024). Examining the effects of solar energy innovations, information and communication technology and financial globalization on environmental quality in the United States via quantile-on-quantile KRLS analysis. *Solar Energy, 272*, 112450. doi:https://doi.org/10.1016/j.solener.2024.112450

Ahir, H., Bloom, N., & Furceri, D. (2022). The World Uncertainty Index. *NBER Working Paper*(29747). Récupéré sur https://worlduncertaintyindex.com

Altinoz, B., & Dogan, E. (2021). How renewable energy consumption and natural resource abundance impact environmental degradation? New findings and policy implications from quantile approach. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 16*(4), 345-356. doi:https://doi.org/10.1080/15567249.2021.1885527

Bashir, M., Shahbaz, M., Malik, M., Ma, B., & Wang, J. (2023). Energy transition, natural resource consumption and environmental degradation: The role of geopolitical risk in sustainable development. , https://doi.org/10.1. *Resources Policy, 85*, 103985. doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103985

Bendahmane, A., Dahmani, M., Attouchi, M., Boutalbi, H., & Berrarbi, A. (2025, Winter). How do energy consumption, natural resources, trade openness and FDI affect environmental quality in Algeria? Fresh insights from the novel DYNARDL simulations and KRLS approach. *Theoretical and Applied Economics, 32*(4), 121-142.

Boukhelkhal, A. (2022). Impact of economic growth, natural resources and trade on ecological footprint: do education and longevity promote sustainable development in Algeria? *International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 29*(8), 875-887. doi:https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2112784

Caldara, D., & Iacoviello, M. (2022). Measuring geopolitical risk. *American economic review, 4*(112), 1194-1225. doi:https://doi.org/10.1257/aer.20191823

Friedlingstein, P., O'sullivan, M., Jones, M., Andrew, R., Bakker, D., Hauck, J., & Zheng, B. (2023). *Global carbon budget 2023*. Earth System Science Data. doi:https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023

Meziane, S., & Brahim, B. (2026). Aggregate and disaggregate natural resources impacts on environmental sustainability: An Asymmetric NARDL analysis. *Resources Policy, 113*, 105830. doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2026.105830

Network, Global Footprint. (2023). *National Footprint and Biocapacity Accounts 2023*.

Network, Global Footprint. (2024). *National Footprint and Biocapacity Accounts*. York University Ecological Footprint Initiative. (2023/2024 Edition).

Nguyen, T. P., & Duong, T. T. T. (2025). Decoding the environmental effects of green finance, renewable energy, financial development, and globalization through quantile on quantile and wavelet coherence analysis. Discover Sustainability, 7(1), 167. https://doi.org/10.1007/s43621-025-02492-z

Sim, N., & Zhou, H. (2015). Oil prices, US stock return, and the dependence between their quantiles. *Journal of Banking & Finance, 55*, 1-8. doi:https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.01.013

Ullah, S., & Lin, B. (2025, December). Unveiling the green path: The role of green finance and just energy transition in environmental sustainability. *Gondwana Research, 148*, 348-367. doi:https://doi.org/10.1016/j.gr.2025.07.024