

تقييم أثر تغير المناخ والنمو الاقتصادي على مستوى الضغط المائي في

الجزائر: دراسة قياسية للفترة 1990-2020

Assessing the Impact of Climate Change and Economic Growth on Water Stress Levels in Algeria: An Econometric Study for the Period 1990-2020

سفيان الوناس*¹، المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف ميلة، الجزائر، مخبر دراسات استراتيجيات التنويع

الاقتصادي لتحقيق التنمية المستدامة، lounnas.soufyane@centre-univ-mila.dz

خير الدين مخلوف²، جامعة الحاج لخضر باتنة 1، الجزائر، khayreddine.makhlouf@gmail.com

عبد المنعم رزقي³، المدرسة الوطنية العليا للإحصاء والاقتصاد التطبيقي، الجزائر، rezmounaim@hotmail.fr

تاريخ قبول المقال: 2025/03/28

تاريخ إرسال المقال: 2025/01/01

الملخص:

هدفت الدراسة إلى معرفة أثر تغير المناخ والنمو الاقتصادي على مستوى الضغط المائي في الجزائر خلال الفترة 1990-2020، وباستخدام نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية المبطأة (ARDL) توصلت الدراسة إلى وجود أثر سلبي معنوي للتساقطات المطرية في الأجل الطويل حيث ينخفض مستوى الضغط المائي بـ 0.45 وحدة عند زيادة التساقطات المطرية بوحدة واحدة، بينما يوجد أثر إيجابي معنوي لدرجة الحرارة والنمو الاقتصادي، حيث تؤدي زيادة درجة الحرارة بوحدة واحدة إلى زيادة الضغط المائي بـ 15.70 وحدة، ويزيد أيضا مستوى الضغط المائي بـ 0.01 وحدة عند زيادة النمو الاقتصادي بوحدة واحدة.

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ، نمو اقتصادي، ضغط مائي، ARDL.

Abstract: The study aimed to investigate the impact of climate change and economic growth on water stress levels in Algeria during the period 1990-2020. Using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, the findings revealed a significant negative long-term effect of rainfall, where a one-unit increase in precipitation reduces water stress levels by 0.45 units. Conversely, there is a significant positive long-term effect of temperature and economic growth, as a one-unit increase in temperature raises water stress levels by 15.70 units, while a one-unit increase in economic growth increases water stress levels by 0.01 units.

Key words: Climate Change, Economic Growth, Water Stress, ARDL.

المقدمة:

لقد أصبحت التغيرات المناخية من أبرز القضايا البيئية التي تلقي بظلالها على كوكب الأرض، وخاصة على الموارد المائية في مختلف أنحاء العالم، ومع تسارع ظاهرة الاحتباس الحراري أصبح ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الظواهر المناخية المتطرفة وتغير أنماط تساقط الأمطار من سمات تغير المناخ، هذه التغيرات في طبيعة المناخ ترافقها ضغوطات اقتصادية من أجل زيادة معدلات النمو ما يؤدي إلى استنزاف هذه الموارد، وأدى تفاقم الضغوط على الموارد المائية خاصة في الدول التي تعاني من ندرة مائية مثل الجزائر التي تعتمد على موارد مائية محدودة ومتجددة لمواجهة زيادة الطلب بفعل ضغوطات النمو السكاني والاقتصادي، وتشير تقارير البنك الدولي لسنة 2021 إلى أن حوالي 25% من سكان العالم يعيشون في مناطق تعاني من إجهاد مائي حاد، كما أنه من المتوقع ارتفاع هذه النسبة مع استمرار التغيرات المناخية، بالإضافة إلى تقرير الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) لسنة 2022 حيث تطرق إلى المناطق الجافة وشبه الجافة مثل شمال إفريقيا حيث ستشهد تراجعاً في الموارد المائية بنسبة تتراوح بين 10 إلى 30% بحلول عام 2050 نتيجة تغير أنماط تساقط الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، وهو ما أكدته دراسة لـ LIU ET AL (2021) حيث ستؤدي التغيرات في أنماط تساقط الأمطار وزيادة درجات الحرارة إلى انخفاض الموارد المائية المتجددة في المناطق الجافة بنسبة تصل إلى 20% بحلول عام 2050 مما يرفع من مستوى الضغط المائي، بينما توقع KUMMU ET AL (2022) أن حوالي 4 مليارات شخص حول العالم قد يواجهون أزمة مائية حادة بحلول منتصف القرن نتيجة التغيرات المناخية وتزايد الطلب على المياه، وفي الجزائر وحسب إحصائيات البنك الدولي انخفض نصيب الفرد من المياه العذبة إلى أقل من 300 متر مكعب حالياً مما يضعها ضمن قائمة الدول التي تعاني من ندرة مائية حادة.

إشكالية الدراسة: على ضوء ما تقدم يمكن طرح الإشكالية التالية:

- ما مدى تأثير التغيرات المناخية والنمو الاقتصادي على مستوى الضغط المائي في الجزائر؟

فرضيات الدراسة: للإجابة على إشكالية الدراسة تمت صياغة الفرضيات الآتية:

- زيادة درجات الحرارة تؤدي إلى زيادة مستوى الضغط المائي؛

- زيادة التساقطات المطرية تؤدي إلى انخفاض مستوى الضغط المائي؛

- زيادة النمو الاقتصادي يؤدي إلى زيادة مستوى الضغط المائي.

أهداف البحث: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أثر تغير المناخ والنمو الاقتصادي على مستوى الضغط المائي في الجزائر خلال الفترة 1990-2020، كما تسعى إلى تحديد علاقة العوامل المناخية (تساقطات الأمطار

وارتفاع درجات الحرارة) والنمو الاقتصادي مع مستوى الضغط المائي في الجزائر، مع تقديم توصيات عملية للتكيف مع الآثار السلبية لتغير المناخ.

منهج البحث والأدوات المستخدمة: بناء على طبيعة الموضوع محل الدراسة وكذا الإشكالية المطروحة، اعتمدنا المنهج القياسي باستخدام نموذج ARDL وذلك لبناء نموذج قياسي لتحديد مدى تأثير تساقطات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة والنمو الاقتصادي على مستوى الضغط المائي في الجزائر خلال الفترة 1990-2020.

هيكل البحث: تم تقسيم هذه الورقة البحثية الى عدة أقسام من أجل إحاطة شاملة بالموضوع، حيث يتناول المبحث الأول مختلف الأدبيات والدراسات السابقة، بينما المبحث الثاني فقد خصص للتعريف بالمتغيرات والبيانات المستعملة وشرح منهجية ARDL، أما المبحث الثالث فيتضمن مناقشة للنتائج المتوصل إليها من خلال تقدير هذا النموذج.

المبحث الأول: مراجعة الأدبيات

إن تغير المناخ وما له من آثار سلبية على البيئة والاقتصاد والإنسان جعل الأمم المتحدة تدق ناقوس الخطر، حيث انعقد في ريو دي جانيرو بالبرازيل سنة 1992 ما يعرف أيضا بقمة الأرض، وكان التركيز منصبا حول نشاطات الإنسان التي تؤثر على البيئة وكان لابد من تبني استراتيجيات لخلق توازن بين النمو الاقتصادي وحماية الموارد الطبيعية من الاستنزاف من أجل ضمان استدامتها، ومن أبرز نتائج هذا المؤتمر اعتماد اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) واتفاقية التنوع البيولوجي وإنشاء لجنة التنمية المستدامة، وبخصوص المياه فلا بد من حماية الإمدادات الخاصة بالمياه العذبة وكذلك الحياة في البحار والمحيطات، وقد تناولت العديد من الدراسات هذا الموضوع من أجل الخروج بنتائج علمية لمواجهة هذه التحديات الصعبة في عالم يسعى لزيادة معدلات النمو دون مراعاة أثرها على الطبيعة.

المطلب الأول: دراسات حول العالم

- دراسة لـ Doeffinger, T., & Hall, J. W (2020) ، تطرقت الدراسة إلى تأثير الإنتاجية المائية على مستوى ضغط المياه، تم استخدام تحليل اقتصادي قياسي لتقييم العلاقة بين ضغط المياه والإنتاجية على مستوى الدول، حيث أن زيادة الإنتاجية بنسبة 1.0% يؤدي إلى انخفاض بنسبة 0.81% في ضغط المياه داخل البلد، وهو ما يعني أن الزيادة في الإنتاجية له القدرة على خفض ضغط المياه. يظهر تحليل الاتجاهات في الضغط والإنتاجية أن عدة دول متقدمة بدأت تظهر اتجاهات انخفاض في الضغط، بالمقابل

الضغط في البلدان النامية في ارتفاع، كما أن هنالك تأثيرا للسكان والأراضي المزروعة والاستقرار السياسي أيضا على مستوى الضغط داخل البلد، وتفسر الاختلافات في الناتج المحلي الإجمالي وهطول الأمطار التباين في الضغط عند النظر عبر البلدان، حيث تظهر نتائج هذا التحليل أنه مع تطور الدولة من المحتمل أن يزداد ضغط المياه في البداية ولكن زيادة إنتاجية المياه التي تحدث عادة في وقت لاحق من مسار تنمية البلد تؤدي إلى انخفاض الضغط، لذا فإن ضغط المياه سوف ينخفض إذا حدثت زيادة في الإنتاجية في وقت أقرب (Doeffinger & Hall, J, 2020).

- دراسة لـ Zubaidi, S. L et al (2020)، حول توقع الطلب على المياه الحضرية لمدينة تعاني من تغير المناخ والنمو السكاني: دراسة حالة لمقاطعة غاوتينغ في الصين، وذلك من أجل فهم كيفية تسريع التقدم نحو تحقيق ترابط مستدام بين المياه والطاقة والغذاء بحلول عام 2030، تم إجراء تحليل كمي للسيناريوهات المكانية لتحديد المقاطعات التي من المتوقع أن تشهد تغييرات في مستوى الضغط المائي نتيجة التنافس على المياه بين قطاعي الغذاء والطاقة وأظهرت النتائج وجود اختلال في توافر المياه لتلبية الطلب بين هذين القطاعين، حيث لعب قطاع الغذاء الدور الرئيسي في الضغط المائي الأساسي، ثم يليه قطاع الطاقة (Zubaidi, et al., 2020)، ومن المتوقع أن يؤثر التحضر بشكل كبير على مدى توفر المياه خاصة في المقاطعات الشرقية، أوصت الدراسة بضرورة تحقيق التوافق والتكامل بين السياسات وتبني مشاركة أكبر وشفافية في عملية صنع القرار.

- دراسة لـ Tzanakakis, V et al (2020)، حول إمدادات المياه ونُدرة المياه حيث قدمت نظرة عامة على إمدادات المياه وندرتها، وقضايا إدارة المياه في ظل ندرة المياه، وحصاد مياه الأمطار، وجودة المياه وتدهورها، وتأثيرات التغيرات المناخية على الموارد المائية، توصلت الدراسة إلى ضرورة إعادة النظر في إدارة المياه، خاصة في المناطق التي تشهد تغييرات ديموغرافية وضعفا مناخيا، لتحقيق إمدادات مياه مستدامة وأمنة، واعتماد حلول وتقنيات متقدمة لتحسين كفاءة استخدام المياه واستخدام الموارد المائية البديلة (غير التقليدية)، وتقليل النزاعات الناشئة بين مستخدمي المياه (Tzanakakis, Paranychianakis, & Angelakis, 2020).

- دراسة لـ Rosa, L. et al (2020)، بخصوص الندرة الاقتصادية للمياه الزراعية على المستوى العالمي، تناولت موضوع ندرة المياه والمخاوف الكبيرة بشأن المستقبل المستدام للبشرية والحفاظ على الوظائف الحيوية للنظم البيئية المهمة لتلبية الطلب المتزايد على الغذاء دون توسيع المساحات المزروعة، من المرجح أن يحتاج القطاع الزراعي إلى إدخال الري في الأراضي الزراعية التي تعتمد حاليا على مياه الأمطار

ولكن بتوفير ما يكفي من المياه للري، طورت الدراسة تحليل زراعي-هيدرولوجي شهري لرسم خريطة للمناطق الزراعية المتأثرة بندرة المياه الاقتصادية في الزراعة. توصلت الدراسة إلى أن مناطق تشكل ما يصل إلى 25% من الأراضي الزراعية العالمية وتتركز بشكل رئيسي في إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وأوروبا الشرقية وآسيا الوسطى، كما يمكن أن يسهم الري المستدام للأراضي الزراعية التي تعاني من ندرة المياه الاقتصادية في توفير الغذاء لـ 840 مليون شخص إضافي، مع تجنب تقاوم ندرة المياه الزرقاء بشكل أكبر (Rosa, Chiarelli, Rulli, Dell'Angelo, & D'Odorico, 2020).

- دراسة لـ Frank A et al (2021)، حول التحسين الاقتصادي لتوجيه التكيف مع الإجهاد المائي الناتج عن تغير المناخ، تطرقت الدراسة إلى تخصيص المياه عبر أبعادها الستة (الكمية، والجودة، والتوقيت، والموقع، والسعر، والتكلفة) الذي يعتبر تحديا مستمرا في تخطيط الموارد المائية على مستوى العالم، ويتفاقم هذا التحدي مع تزايد الأدلة على تغير المناخ وضغوطات العرض المائي المرتبطة به، كما ستشكل هذه الضغوط تحديات لأنظمة الغذاء والطاقة والمياه، في حين تستمر السياسات المتعلقة بتكيف المناخ في كونها موضوعا للجدل على الرغم من العديد من الإنجازات التي حققتها سابقا، ركزت على التحليل الأمثل للموارد المائية على مستوى الأحواض المائية واقترح استراتيجيات حديثة لتوجيه السياسات لتحسين تكيف أنظمة الموارد المائية في ظل الضغوط المناخية، كما تصف إطارا اقتصاديا لدعم تخطيط الأحواض المائية التي تواجه تحدي إدارة الأبعاد الستة للمياه في منطقة الشرق الأوسط (Frank A. Ward, et al., 2022).

- دراسة لـ Stringer, L et al (2021)، حيث تطرقت إلى آثار تغير المناخ على الأمن المائي في المناطق الجافة العالمية، أين يعيش أكثر من 2 مليار شخص في أراضي جافة على مستوى العالم، كما تناولت الدراسة الآثار المتوقعة للتغير المناخي على الأمن المائي عبر الأراضي الجافة في العالم على غاية سنة 2100 م (Stringer, et al., 2021)، توصلت الدراسة إلى أن الإدارة الفعالة للمياه واستخدام التكنولوجيات المتطورة و تحديث البنية التحتية يمكن أن توفر حولا فعالة كما أوصت الدراسة بضرورة مراعاة أوجه التشابه بين الأمن المائي والأبعاد الأخرى للتنمية المستدامة لدعم نهج منصف لا يتخلف فيه أحد عن الركب خاصة في المناطق الجافة.

- دراسة لـ Daneshi, Alireza, et al (2021)، حول نمذجة تأثيرات تغير المناخ واستخدام الأراضي على الأمن المائي في حوض مستجمع شبه جاف مغطى بالغابات باستخدام أداة InVEST ، تطرقت الدراسة إلى ضرورة تحقيق الأمن المائي لكونه مفتاح التنمية المستدامة، في ظل الضغوط التي يواجهها نتيجة لتغير استخدام الأراضي وتغير المناخ، خاصة في المناطق (شبه) القاحلة مثل إيران، باستخدام نموذج

إنتاجية المياه في أداة التقييم المتكامل للخدمات البيئية والمقايضات (InVEST) يؤدي تغير استخدام الأراضي إلى تغيير الجريان السطحي ويؤثر على العمليات الهيدرولوجية واستهلاك المياه على مستوى الأحواض، بينما يغير تغير المناخ أنماط الهطول ودرجات الحرارة، مما يؤثر بالتالي على التبخر وإمدادات المياه (Daneshi, et al., 2021)، أظهرت النتائج وجود تباين مكاني كبير في التأثيرات السلبية على إمدادات المياه والأمن المائي المستقبلي، مما يزيد من الضغوط على سكان المنطقة وأنشطتهم الاقتصادية وقيمهم البيئية، كما يسمح بإبلاغ صناع السياسات ومتخذي القرار بالاستثمارات المستقبلية في التكيف مع المناخ والتخفيف من تأثيراته.

- دراسة لـ Molajou, A., Afshar, A., Khosravi, M (2023)، تطرقت إلى العلاقة بين الطلب على المياه العذبة والطاقة والغذاء التي تتأثر بالنمو السكاني والتطور الاقتصادي والتجارة الدولية وزيادة التحضر وتنوع الأغذية، بالإضافة إلى ذلك أثرت التغيرات الثقافية وغيرها من الظواهر سلبا على الطلب على موارد المياه والطاقة والغذاء (WEF). ونتيجة لذلك فإن التأثير السلبي لتغير المناخ وهو ظاهرة غير مرغوب فيها سيزداد بوتيرة مذهلة، حيث كانت استراتيجيات الإدارة تستخدم عادة لكل مورد بشكل مستقل تماما عن الموردين الآخرين، ولأن هذه الاستراتيجيات لم تأخذ بعين الاعتبار التفاعلات بين الأنظمة الثلاثة كانت نتائج الاستراتيجيات المطبقة متناقضة أحيانا، أيضا بسبب قلة الاهتمام بالروابط الحيوية بين هذه القطاعات الثلاثة ارتفع مستوى المنافسة بينها لذلك في السنوات الأخيرة، أدى دراسة التفاعلات والروابط المعقدة بين هذه الموارد إلى ظهور مصطلح جديد في الأوساط العلمية يسمى "ترابط المياه والطاقة والغذاء" (Molajou, Afshar, & Khosravi, 2023)، اقترحت الدراسة نموذجا جديدا لترابط WEF، يركز على توسيع الفضاء الممكن لهذا الترابط بعد مراجعة التفاعلات المعقدة بين أنظمة المياه والطاقة والغذاء.

المطلب الثاني: دراسات حول الجزائر

- دراسة لـ Berhail, S (2019)، هدفت الدراسة إلى قياس تأثير تغير المناخ على الموارد المائية الجوفية باستخدام بيانات السلاسل الزمنية لتساقط الأمطار والجريان السطحي التي تم قياسها في حوض تافنة (7245 كيلومتر مربع) بالجزائر، وأظهرت تطبيقات مؤشرات الجفاف المناخي والاختبار الإحصائي أن تعديلا في نظام هطول الأمطار حدث في السبعينيات، ويكشف هذا التعديل عن انخفاض في معدل تساقط الأمطار بنسبة تتراوح بين 8.21% و 38.85% حسب المحطات، بمتوسط انخفاض قدره 17.85%، تشير هذه النتائج إلى انخفاض كبير في حجم المياه التي توفرها الطبقات الجوفية بعد عام 1987، مما يوحي بتراجع كبير في الموارد المائية الجوفية تحت تأثير تغير المناخ (Berhail, 2019).

- دراسة لـ فريمش مليكة (2020)، حول الأمن المائي في الجزائر واستراتيجية تحقيقه حيث تناولت الدراسة واقع السياسة المائية في الجزائر من خلال البرامج التي اعتمدها الدولة من أجل بلوغ الأمن المائي، حيث انخفض نصيب الفرد من المياه العذبة من 1500 م³ سنة 1962 ليصل إلى 500 م³ سنة 1999 وهو ما يعتبر إنذارا حقيقيا لواقعي السياسات من أجل إيجاد حلول بديلة ومستعجلة، خاصة فيما يتعلق بتدني وضعيات محطات التصفية، والعجز من حماية المدن من الفيضانات، وتوحد السدود بالإضافة إلى اللامعالية في التوزيع، أوصت الدراسة بضرورة تدعيم قدرات التخزين وترشيد استعمال المياه لمواكبة التغيرات المناخية من أجل الوصول إلى مستوى نصيب الفرد من المياه العذبة إلى 1700 م³ على الأقل (Frimeche, 2020).

- دراسة لـ ديدوح عبد الرحمن (2022)، حول الاستراتيجية الجزائرية للأمن المائي ودورها في تحقيق التنمية المستدامة والأمن الغذائي، حيث تناولت الدراسة الاستراتيجيات التي تبنتها الدولة الجزائرية في قطاعي الموارد المائية والفلاحة من أجل تحقيق الأمن المائي ومنه الأمن الغذائي، كما تطرقت الدراسة إلى الوضع المائي في الجزائر حيث تصنف الجزائر ضمن الدول الأكثر فقرا مائيا في العالم حسب الإحصائيات العالمية (ديدوح، 2022)، أوصت الدراسة بضرورة البحث عن مصادر مائية جديدة وترشيد الاستهلاك، وتشجيع البحث في ميادين الطقس والمناخ ، والتخطيط جيدا لتطوير الموارد المائية.

- دراسة لـ مكي احمد (2023)، حول تأثير التغيرات المناخية على الأمن المائي في الجزائر، حيث تناولت الدراسة قضية ارتفاع درجات الحرارة وتأثيراتها السلبية على المخزون المائي في الجزائر عن طريق تحليل واقع الموارد المائية والتحديات المستقبلية، وكذلك سعي الجزائر إلى تخفيض الغازات الدفيئة بموجب الاتفاقيات الدولية التي صادقت عليه، كما تطرقت إلى توجه الجزائر إلى تحلية مياه البحر وتصفية المياه المستعملة كخيار استراتيجي لتغطية آثار تغير المناخ وانخفاض التساقطات المطرية (أحمد، 2023).

لقد تناولت العديد من الدراسات تأثير التغيرات المناخية على مستوى الضغط المائي على مستوى العالم، أو على مستوى أقاليم معينة، بالإضافة إلى تقييم آثار عوامل أخرى كالنمو السكاني وزيادة التحضر وزيادة المياه الموجهة للزراعة، بينما البعض تطرق إلى ضغوطات النمو الاقتصادي على المياه، أما بخصوص الجزائر فكانت أغلب الدراسات تحليلية للواقع والسياسات المائية المتبعة من أجل تحقيق الأمن المائي، سنحاول في هذه الورقة البحثية تقدير نموذج قياسي لأثر التغيرات المناخية والنمو الاقتصادي على مستوى الضغط المائي في الجزائر.

المبحث الثاني: البيانات والمنهجية

المطلب الاول: تعريف المتغيرات ومصادر البيانات

اعتمدت الدراسة على بيانات سنوية لأربعة متغيرات تخص الجزائر خلال الفترة 1990-2020، وتتمثل هذه المتغيرات في متوسط تساقط الأمطار السنوي (مم)، متوسط درجة الحرارة السنوي (درجة مئوية °C)، نصيب الفرد من الناتج الداخلي الخام (بالأسعار الثابتة للعملة المحلية)، إضافة الى مستوى الضغط المائي (%). ويلخص الجدول الموالي ترميز هذه المتغيرات ومصدر المعطيات.

جدول رقم (01): مصادر البيانات وتعريف المتغيرات.

رمز المتغير	التعريف	مصدر البيانات
PIB : نصيب الفرد من إجمالي الناتج المحلي	هو حاصل قسمة إجمالي الناتج المحلي على عدد السكان في منتصف العام. (بالأسعار الثابتة للعملة المحلية)	البنك الدولي
PREC : متوسط تساقط الأمطار السنوي	هو متوسط كمية الأمطار التي تسقط على منطقة معينة خلال عام واحد، (مم).	البنك الدولي
TEMP : متوسط درجة الحرارة السنوية	متوسط درجات الحرارة المسجلة على مدار السنة، درجة مئوية (°C).	البنك الدولي
LSW : مستوى الضغط المائي	نسبة (%) سحب المياه العذبة السنوي (إجمالي المياه المسحوبة من المصادر العذبة إلى إجمالي الموارد المائية العذبة المتجددة)	البنك الدولي

المصدر: من إعداد الباحثين.

سنقوم ببناء نموذج قياسي يسمح لنا باختبار أثر كل من درجة الحرارة والتساقطات المطرية والنمو الاقتصادي في الجزائر على مستوى ضغط المياه خلال فترة الدراسة، حيث تم اقتراح النموذج من خلال بالعلاقة التالية:

$$LSW = f (MET, PREC, PIB)$$

المطلب الثاني: منهجية الدراسة

قمنا ببناء نموذج قياسي بالاعتماد على نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة model Autorégressive Distributed Lag (ARDL) من أجل الإجابة على تساؤلات الدراسة، حيث يعتبر من أهم النماذج القياسية التي تتعامل مع السلاسل التي تتميز بعدم السكون، والتي طورها (S & P

(Hachem, 2001) لإيجاد حلول لبعض المشاكل التي تواجه دراسة التكامل المشترك التقليدية التي تفترض أن المتغيرات لا تكون مستقرة ومتكاملة من نفس الدرجة، بالإضافة إلى أن هذه المنهجية تقبل بوجود تأخيرات مختلفة لمجموعة من المتغيرات مع إمكانية أن تكون السلاسل الزمنية مستقرة في المستوى (0)، أو متكاملة من الدرجة الأولى (1)، كما يمكن أن تكون خليطا بينهما. ويمكن التعبير على نموذج ARDL المستخدم لدراسة آثار الأجل القصير والطويل للمتغيرات المستقلة على مستوى الضغط المائي في هذه الدراسة كما يلي:

$$\Delta LSW_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_{1i} \Delta LSW_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} a_{2i} \Delta PREC_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} a_{3i} \Delta MET_{t-i} + \sum_{i=1}^{q_3} a_{4i} \Delta PIB_{t-i} +$$

$$b_1 LSW_{t-i} + b_2 PREC_{t-i} + b_3 MET_{t-i} + b_4 PIB_{t-i} + \varepsilon_t$$

Δ : الفروق من الدرجة الأولى؛ p : فترة إبطاء المتغير التابع؛ q_1 ، q_2 ، q_3 : فترات إبطاء المتغيرات المستقلة؛ b_1 ، b_2 ، b_3 ، b_4 : معاملات العلاقة طويلة المدى؛ α_{1i} ، α_{2i} ، α_{3i} ، α_{4i} : معاملات العلاقة قصيرة المدى؛ α_0 : الجزء القاطع؛ ε_t : حد الخطأ العشوائي.

وللتأكد من وجود علاقة التكامل المشترك بين المتغيرات سنستخدم اختبار الحدود الذي يبنى على أساس الفرضية التالية:

$$H_0 : b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 0$$

$$H_1 : b_1 \neq b_2 \neq b_3 \neq b_4 \neq 0$$

أولا يجب تحديد ما إذا كانت المتغيرات ثابتة في الفروق الأولى أم الثانية، ويستخدم اختبار ديكي فولر (ADF) لتحديد عدد الجذور الوحدية في كل من المتغيرات.

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad \text{الانحدار بدون الثابت:}$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad \text{الانحدار مع الثابت:}$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad \text{والانحدار مع الثابت والاتجاه الزمني:}$$

الفرضية الصفرية للجذر الوحدية هي $H_0 : \gamma = 0$ ، والفرضية البديلة هي $H_1 : \gamma < 0$

يمكن اختبار فرضية وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات من خلال مقارنة القيمة المحسوبة لإحصائية F مع القيم الحرجة التي تم تحديدها في دراسة (Pesaran et al., 2001) وفقا لهذه الدراسة القيم الحرجة للحدود الدنيا تفترض أن المتغيرات المفسرة متكاملة من الدرجة (0)، بينما القيم الحرجة للحدود العليا تفترض أنها متكاملة من الدرجة (1).

إذا كانت قيمة إحصائية F المحسوبة أقل من القيم الحرجة الدنيا عند مستوى معنوية معين يتم قبول فرضية العدم، مما يعني عدم وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، وإذا كانت قيمة إحصائية F المحسوبة أكبر من القيم الحرجة العليا عند نفس مستوى المعنوية يتم رفض فرضية العدم، مما يشير إلى وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغيرات، أما إذا وقعت قيمة F المحسوبة بين الحدود الدنيا والعليا فإن النتيجة تظل غير حاسمة.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تحديد وجود علاقة تكامل مشترك بين المتغيرات من خلال تقدير معاملات الأجلين القصير والطويل في نفس المعادلة، وهي إحدى الخصائص المميزة لنموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة، ثم نقوم باختبار التكامل من خلال استنتاج تصحيح الخطأ الشرطي (CEC) في اختبار حدود التكامل لـ Pesaran و Shin و Smith (2001) هذا الاختبار يعتمد على إحصائية F عند حد أدنى $I(0)$ ، وحد أقصى $I(1)$ (Carla Fernandes, Maria Rosa Borges, & Jorge Caiado, 2021, p. 406)

المبحث الثالث: مناقشة النتائج

يعد تحليل الخصائص الإحصائية للسلاسل الزمنية خطوة أساسية تسبق تقدير النماذج القياسية، حيث يتم من خلالها فحص استقرارية السلاسل الزمنية وتحديد درجة تكاملها، يعد إهمال هذه الخطوة سببا محتملا للحصول على نتائج مضللة وغير موثوقة، وفي هذا السياق سيتم الاعتماد على اختبار ديكي فولر الموسع (ADF Test) لتقييم استقرارية السلاسل الزمنية وتعرض نتائجه في الجدول التالي:

جدول رقم (02): درجة تكامل السلاسل الزمنية.

السلسلة	LSW	TEMP	PIB	PREC
درجة التكامل	I (1)	I(0)	I (1)	I(0)

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات برنامج EViews12.

توضح النتائج ضمن الجدول أعلاه أن السلاسل الزمنية المتعلقة بمتغير النمو الاقتصادي ومتغير مستوى الضغط المائي متكاملة من الدرجة الأولى $I(1)$ ، أما فيما يخص متغير التساقطات المطرية ومتغير درجة الحرارة التحضر فالسلسلة مستقرة عند المستوى $I(0)$ ، ومنه تعد هذه السلاسل ملائمة للدراسة باعتبارها من المستقرة عند المستوى والمتكاملة من الدرجة الأولى. ويبين الملحق رقم (01) فترة الإبطاء المناسبة من خلال تقدير نموذج ARDL بعد وضع العدد الأقصى من التأخيرات مع الحفاظ على أقصى قدر من

المعلومات، أين يتم الأخذ بأقل قيمة لمعيار المعلومات (Akaike Information Criteria -AIC) أن النموذج الأفضل هو $ARDL(4,3,3,3)$ ، وللتحقق من وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة تم استخدام اختبار الحدود (Bounds Test) الذي يعتمد على إحصائية F-Statistic أظهرت النتائج أن القيمة المحسوبة لإحصائية F بلغت 11.73، وهي أكبر من الحدود العليا للقيم الحرجة عند مستويات معنوية 10%، 5%، و1%، وبناءً على ذلك يتم رفض فرضية العدم مما يشير إلى وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة، كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (03): نتائج اختبار الحدود

القرار	عدد المتغيرات (04)	القيمة (11.73)	احصائية فيشر
	القيم الحرجة للحدود		
نقبل فرضية وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيرات الدراسة عند جميع المستويات	الحد الأعلى (1)	الحد الأدنى (0)	القيم الجدولية
	3.53	2.61	10%
	4.19	3.16	5%
	5.81	4.42	1%

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات برنامج EViews12.

يمكن تقييم متانة النموذج المقترح في هذه الدراسة من خلال إجراء مجموعة من الاختبارات التشخيصية التي تهدف إلى التحقق من جودة أداء النموذج ومدى خلوه من المشكلات القياسية، مما يحدد إمكانية الاعتماد على نتائج، وبين الملحق رقم (02) النتائج التشخيصية لاختبارات نموذج $ARDL$ ، حيث تم تلخيص النتائج في الجدول رقم (05) أين نلاحظ أن النموذج لا يعاني من مشكلة الارتباط الذاتي بين الأخطاء، كما يظهر من اختبار Breusch-Godfrey حيث بلغت القيمة الاحتمالية لإحصائية Fisher 0.24، وهي أكبر من مستوى الدلالة 5%، بناءً على ذلك يتم قبول فرضية العدم مما يعني عدم وجود ارتباط ذاتي بين الأخطاء، بالنسبة لمشكلة عدم تجانس تباين الأخطاء تم استخدام اختبار Breusch-Pagan-Godfrey وأظهرت النتائج أن نموذج $ARDL$ المقترح لا يعاني من هذه المشكلة فقد بلغت القيمة الاحتمالية لإحصائية Fisher 0.60، وهي أكبر من مستوى الدلالة 5%، فيما يتعلق باختبار التوزيع الطبيعي للأخطاء تشير قيمة الاحتمال المقابلة لإحصائية Jarque-Bera إلى 0.68 وهي أكبر من 5%، مما يعني أن الأخطاء تتبع التوزيع الطبيعي، أما اختبار Ramsey RESET فقد أظهر أن النموذج لا يعاني من مشكلة عدم التحديد حيث بلغت القيمة الاحتمالية لإحصائية Fisher 0.57، وهي أكبر من

مستوى الدلالة 5%، بناء على هذه النتائج يمكن القول إن النموذج خال من المشكلات القياسية مما يتيح الاعتماد على نتائجه بثقة.

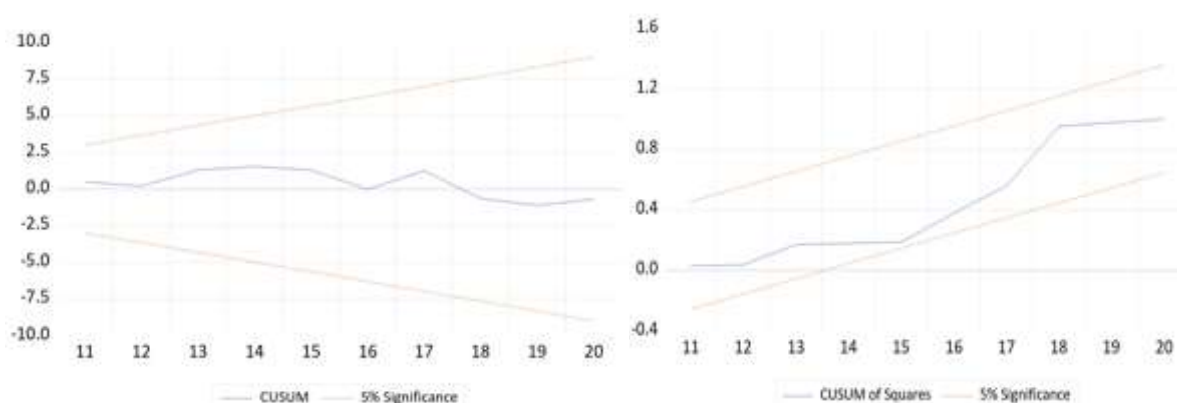
جدول رقم (04): نتائج اختبارات تشخيص النموذج.

الاختبار الاحصائي	Godfrey- Breusch Serial Correlation LM Test	Heteroskedasticity -Breusch Test Godfrey-Pagan	Bera - Jarque test normalité	RESET Ramsey (Fisher)
فرضية الاختبار	اختبار الارتباط الذاتي للأخطاء	اختبار فرضية تجانس تباين الأخطاء	اختبار التوزيع الطبيعي للأخطاء	اختبار ملائمة الشكل الدالي للنموذج
القيمة (الاحتمال)	1.71(0.24)	0.87 (0.60)	0.75(0.68)	0.33 (0.57)

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على مخرجات برنامج EViews12.

يوضح الشكل رقم (01) الخاص باختباري المجموع التراكمي للبواقي (CUSUM Test) والمجموع التراكمي لمربعات البواقي (CUSUM of Squares Test) أن المنحنى يقع ضمن الحدود الحرجة لكلا الاختبارين عند مستوى معنوية 5%، يشير ذلك إلى أن معاملات النموذج المقدرة تتميز بالاستقرار الهيكلي كما يظهر وجود توافق بين نتائج تصحيح الخطأ في الأجلين القصير والطويل، مما يدل على استقرار النموذج وعدم تعرضه لأي تغيرات هيكلية خلال فترة الدراسة.

الشكل 01: نتائج اختبار المجموع التراكمي للبواقي ومربعات البواقي.



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على مخرجات برنامج EViews12.

بعد التحقق من وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والمتغيرات المستقلة، سنقوم بقياس طبيعة العلاقة بين هذه المتغيرات على الأجلين القصير والطويل، حيث يتيح نموذج ARDL إمكانية تقدير نموذج تصحيح الخطأ غير المقيد لتحليل العلاقة في الأجل القصير، إضافة إلى تحديد شكل العلاقة طويلة الأجل بين المتغيرات.

جدول رقم (05): نتائج تقدير نموذج ARDL

معاملات نموذج الأجل القصير			
المتغير	المعلمة	احصائية T	الاحتمال
D(TEMP)	-0.53	-0.67	0.51
D(PIB)	0.0006	1.76	0.10
D(PREC)	-0.008	0.78-	0.45
COINTEQ (-1)	-0.26	-9.06	0.0000
معاملات نموذج الطويل			
TEMP	15.70	2.86	0.01
PIB	0.01	10.24	0.0000
PREC	-0.45	-2.87	0.01

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات برنامج EViews12.

يتضح من خلال نتائج تقدير النموذج في الأجل القصير الواردة في الجدول وجود علاقة طردية بين التساقطات المطرية ودرجة الحرارة والنمو الاقتصادي مع مستوى الضغط المائي في الأجل القصير لكنه بدون معنوية إحصائية، أما بالنسبة لمعامل التصحيح فيشير إلى معنوية جيدة إحصائياً وبإشارة سالبة، و هو ما يضمن آلية تصحيح الخطأ بما يتوافق مع نظرية القياس الاقتصادي، حيث توضح هذه الاحصائية سرعة تكيف النموذج في الانتقال من الأجل القصير إلى الأجل الطويل، أي أن انحراف المتغير التابع خلال الفترة $t-1$ عن القيمة التوازنية سيتم تصحيحه في الفترة t بنسبة 26% وهي نسبة جيدة نوعاً ما، وتمثل المعادلة الموالية العلاقة طويلة الأجل:

$$LSW = 0.0103*PIB - 0.4543*PREC + 15.7077*TEMP - 272.7363$$

تبين النتائج أن التساقطات المطرية لها تأثير سلبي ومعنوي على مستوى الضغط المائي في الجزائر في الأجل الطويل بمعنوية إحصائية عند مستوى دلالة 05 % إذ أن زيادة التساقطات المطرية بوحدة واحدة

يؤدي الى انخفاض مستوى الضغط المائي بـ 0.45 وحدة، أما بالنسبة النمو الاقتصادي فله تأثير إيجابي ومعنوي على مستوى الضغط المائي في الجزائر في الأجل الطويل بمعنوية احصائية عند مستوى دلالة 05 % إذ أن زيادة النمو الاقتصادي بوحدة واحدة يؤدي إلى زيادة مستوى الضغط المائي بـ 0.01 وحدة. أما بالنسبة لدرجة الحرارة فلها تأثير إيجابي ومعنوي على مستوى الضغط المائي في الجزائر في الأجل الطويل بمعنوية احصائية عند مستوى دلالة 05 % إذ أن زيادة درجة الحرارة بوحدة واحدة يؤدي الى زيادة مستوى الضغط المائي 15.70 وحدة، أما بالنسبة للثابت فيمثل المتغيرات التي لم تستعمل في الدراسة وتؤثر سلبا على مستوى الضغط المائي ما يؤدي إلى انخفاضه وتتمثل في السياسات المائية المنتهجة من أجل تقليل الضغوطات المائية من خلال الإدارة المستدامة للموارد المائية.

الخاتمة:

تلعب المياه دورا رئيسيا في دعم التنمية الاقتصادية، حيث تعتبر أساس التنمية المستدامة باعتبارها متضررا رئيسيا من تلوث البيئة فأغلب أهداف التنمية المستدامة متعلقة بالماء، لذا من الضروري الحفاظ عليه خاصة في الدول التي تعاني من ندرة المياه، وباعتبار الجزائر متأثرة بتبعات تغير المناخ وتعرضها للجفاف منذ سنوات عديدة حيث انخفض نصيب الفرد من المياه العذبة من 600,18 م³ سنة 1980 إلى 258,83 م³ سنة 2020 حسب إحصائيات البنك الدولي، كما تشير التقارير الدولية إلى أن ندرة المياه ستؤثر بشكل متزايد على أكثر من نصف سكان العالم بحلول منتصف القرن، مما يعزز الحاجة إلى اعتماد استراتيجيات مستدامة لإدارة الموارد المائية، وفي هذا الإطار ركزت هذه الدراسة على الجزائر كإحدى الدول التي تواجه تحديات مائية متزايدة، أظهرت النتائج أن التساقطات المطرية تساهم في التخفيف مستوى الضغط المائي، حيث تؤدي زيادة التساقطات بوحدة واحدة إلى انخفاض الضغط المائي بمقدار 0.45 وحدة، في المقابل يعد تأثير النمو الاقتصادي ودرجة الحرارة أكثر تعقيدا، إذ تبين أن زيادة النمو الاقتصادي بوحدة واحدة ترفع مستوى الضغط المائي بمقدار 0.01 وحدة، بينما يعد تأثير ارتفاع درجات الحرارة الأكثر وضوحا حيث يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بوحدة واحدة إلى زيادة الضغط المائي بمقدار 15.70 وحدة وهو التأثير الأكبر بين المتغيرات المدروسة.

تشير هذه النتائج إلى أن ارتفاع درجات الحرارة يمثل العامل الأكثر تأثيرا على مستوى الضغط المائي في الجزائر، يليه نقص التساقطات المطرية، في حين أن تأثير النمو الاقتصادي أقل نسبيا. يبرز هذا الوضع ضرورة اتخاذ تدابير متكاملة للتخفيف من الضغوط المائية، بما في ذلك تحسين إدارة الموارد المائية، تعزيز استخدام التقنيات الحديثة في الري والزراعة، وتطوير سياسات مائية توازن بين النمو الاقتصادي واستدامة

الموارد الطبيعي، كما أن مواجهة تحديات الضغط المائي في الجزائر تتطلب جهودا حثيثة للتكيف مع التغيرات المناخية، بما يضمن الاستدامة المائية والبيئية على المدى الطويل، ويحقق الأمن المائي المستدام الذي يعتبر ركيزة أساسية للتنمية المستدامة.

قائمة المصادر والمراجع:

- 1- Berhail, S. The impact of climate change on groundwater resources in northwestern Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, (2019), 12(24), 770.
- 2- Carla Fernandes, Maria Rosa Borges, & Jorge Caiado. The contribution of digital financial services to financial inclusion in Mozambique: an ARDL model. *Applied Economics*, (2021). 400-409.
- 3- Daneshi, A., Brouwer, R., Najafinejad, A., Panahi, M., Zarandian, A., & Maghsood, F, Modelling the impacts of climate and land use change on water security in a semi-arid forested watershed using InVEST. *Journal of Hydrology*, (2021).593, 125621.
- 4- Doeffinger, T., & Hall, J. W. Water stress and productivity: an empirical analysis of trends and drivers. *Water Resources Research*, (2020).56(3).
- 5- Frank A. Ward, Saud A. A., Dina A. S., Wayne R. B., Ahmed, A., Hatem, S., Hamdiea, S. Economic optimization to guide climate water stress adaptation. *Journal of Environmental Management*, 301, (2022). 113884.
- 6- Frimeche, M. الأمن المائي في الجزائر واستراتيجية تحقيقه. *Journal of Human Sciences*, (2020). 339-357.
- 7- Molajou, A., Afshar, A., & Khosravi, M. A new paradigm of water, food, and energy nexus. *Environ Sci Pollut Res* 30, (2023). 107487–107497.
- 8- Rosa, L., Chiarelli, D., Rulli, M., Dell'Angelo, J., & D'Odorico, P. Global agricultural economic water scarcity. *Science Advances*, 6(18), (2020).
- 9- S, Y., & P Hachem. Bounds testing Approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied Economics*, (2001). 289- 326.
- 10- Stringer, L. C., Mirzabaev, A., Benjaminsen, T., Harris, R., Jafari, M., Lissner, T., & Tirado-von Der Pahlen, C. Climate change impacts on water security in global drylands. *One Earth*, 4(6), (2021). 851-864.
- 11- Tzanakakis, V. A., Paranychianakis, N., & Angelakis, A. Water Supply and Water Scarcity. *Water*, 12(9), (2020). 2347.
- 12- Zubaidi, S. L., Ortega-Martorell, S., Al-Bugharbee, H., Olier, I., Hashim, K., Gharghan, S., & Al-Khaddar, R. Urban water demand prediction for a city that suffers from climate change and population growth: Gauteng province case study. *Water*, (2020), 12(7), 1885.

13- <https://data.albankaldawli.org>,

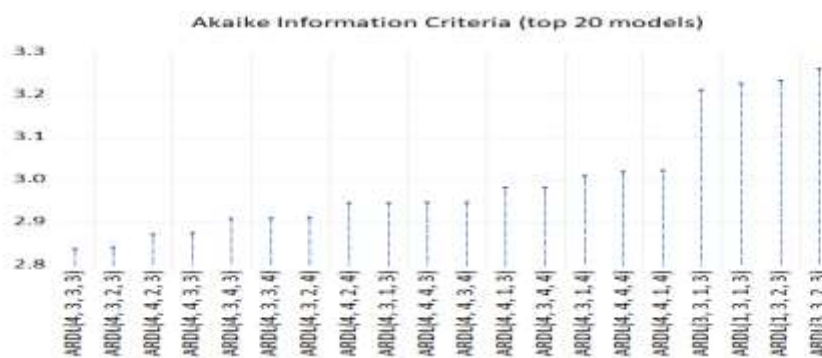
<https://data.albankaldawli.org/indicator/ER.H2O.FWDM.ZS?end=2020&locations=DZ&start=1961> Consulté le.(2024/09/09)

14- عبد الرحمن ديدوح. الاستراتيجية الجزائرية للأمن المائي ودورها في تحقيق التنمية المستدامة والأمن الغذائي. مجلة الدراسات الحقوقية، (2022)، 9(2)، 548-572.

15 - مكي أحمد. تأثير التغيرات المناخية على الأمن المائي في الجزائر (دراسة تحليلية). مدارات سياسية، (2023)، 7(2)، 106-125.

الملاحق:

ملحق رقم (01): نتائج اختبار فترات الابطاء لنموذج ARDL



ملحق رقم (02): النتائج التشخيصية لاختبارات نموذج ARDL

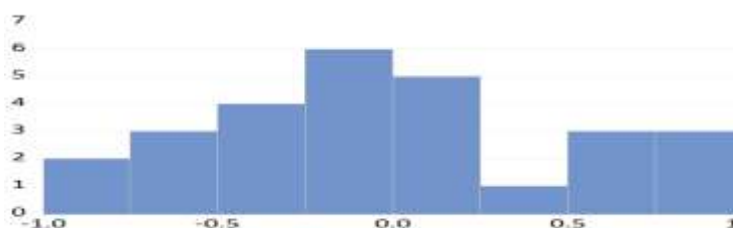
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	0.879313	Prob. F(16,10)	0.6051
Obs*R-squared	15.78226	Prob. Chi-Square(16)	0.4683
Scaled explained SS	1.383367	Prob. Chi-Square(16)	1.0000

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	1.712913	Prob. F(2,8)	0.2403
Obs*R-squared	8.095457	Prob. Chi-Square(2)	0.0175



Series: Residuals	
Sample 1994 2020	
Observations 27	
Mean	2.68e-14
Median	-0.032753
Maximum	0.951475
Minimum	-0.971855
Std. Dev.	0.543010
Skewness	0.194427
Kurtosis	2.277985
Jarque-Bera	0.756577
Probability	0.685033

Ramsey RESET Test

Equation: UNTITLED

Omitted Variables: Squares of fitted values

Specification: LSW LSW(-1) LSW(-2) LSW(-3) LSW(-4) PIB PIB(-1) PIB(-2) PIB(-3) PREC PREC(-1) PREC(-2) PREC(-3) TEMP TEMP(-1) TEMP(-2) TEMP(-3) C

	Value	df	Probability
t-statistic	0.579637	9	0.5764
F-statistic	0.335979	(1, 9)	0.5764
Likelihood ratio	0.989578	1	0.3198