

أثر التحول الطاقوي على استهلاك طاقة الوقود الأحفوري في ألمانيا - دراسة قياسية للفترة 1990-2021

## The Impact of the Energy Transition on the Consumption of Fossil Fuel Energy in Germany

Econometric Study for the Period 1990 - 2021

أميرة عبد الحق<sup>1</sup> ، رفيق مزاهدية<sup>2</sup>

<sup>1</sup> مخبر حاضنات المؤسسات والتنمية المحلية، جامعة عباس لغرور خنشلة (الجزائر)، [abdelhak.amira@univ-khenchela.dz](mailto:abdelhak.amira@univ-khenchela.dz)

<sup>2</sup> مخبر حاضنات المؤسسات والتنمية المحلية، جامعة عباس لغرور خنشلة (الجزائر)، [mezahdiarafik@yahoo.fr](mailto:mezahdiarafik@yahoo.fr)

تاريخ القبول: 2022-11-29	تاريخ الإرسال: 2022-10-02
<p><b>Abstract</b> This study aimed to measure the impact of the energy transition on the consumption of fossil fuels in Germany during the period 1990-2021. To this purpose, the Vector Autoregressive Model VAR (3) was used. The study concluded that there is an opposite and significant effect in the short term between the variables of the study (energy transition and fossil fuel consumption) That is, the greater the energy transition, the lower the consumption of fossil fuels in Germany. Thus, the study recommended the need to move towards renewable energies and get rid of energy dependence, as demonstrated by the recent Russian-Ukrainian crisis and its repercussions on the countries of the European Union, especially Germany.</p> <p><b>Keywords:</b> Fossil Fuels, Energy Transition, VAR Model, Germany.</p> <p><b>JEL Classification Codes:</b> D74 ، Q4، Q49</p>	<p><b>ملخص</b> هدفت هذه الدراسة إلى قياس أثر التحول الطاقوي على استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا خلال الفترة 1990-2021 ولهذا الغرض، تم استخدام نموذج شعاع الانحدار الذاتي (3) VAR وقد خلصت الدراسة إلى تأكيد وجود أثر عكسي ذو دلالة إحصائية في المدى القصير بين متغيرات الدراسة (التحول الطاقوي واستهلاك الوقود الأحفوري). فكلما زادت وتيرة التحول الطاقوي قل استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا. وبذلك أوصت الدراسة بضرورة التوجه نحو الطاقات المتجددة والتخلص من التبعية الطاقوية، على غرار ما أثبتته الأزمة الروسية الأوكرانية الأخيرة وتداعياتها على دول الاتحاد الأوروبي وخاصة ألمانيا.</p> <p><b>الكلمات المفتاحية:</b> وقود أحفوري، تحول طاقوي، نموذج شعاع الانحدار الذاتي، ألمانيا.</p> <p><b>تصنيفات JEL:</b> D74، Q4، Q49</p>

\* المؤلف المرسل

## 1. مقدمة

تحظى الطاقة باهتمام واسع ومتجدد على الساحة الدولية، لما لها من أهمية كمورد استراتيجي وحيوي. وقد اقترن موضوع الطاقة بأزمات عديدة وصراعات جيوسياسية انعكست سلبا على اقتصاديات الدول المستهلكة تحديدا، وهو ما شهدته الساحة الأوروبية مؤخرا من هيمنة طاقوية روسية، استعملت فيها الطاقة كسلاح لتحقيق غايات وأهداف سياسية واقتصادية. وفي هذا الصدد، تعد ألمانيا من أكثر الدول الأوروبية استهلاكاً للطاقة وبالتالي فهي الأشد تضرراً من تبعيتها لخطوط الإمداد الطاقوية الخارجية، لاسيما تلك المرتبطة بروسيا والتي تمول ألمانيا بحوالي 40% من احتياجاتها الطاقوية.

وإدراكاً لأهمية الطاقة عامة وبدائلها النظيفة، لاسيما في ظل الدعوة إلى الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، عملت ألمانيا في وقت مبكر على وضع استراتيجية وطنية بعيدة المدى، للحد من استهلاكها للطاقات الأحفورية ودعم جهود التحول نحو الطاقات البديلة، تحت مسمى "قانون تنظيم تغذية الكهرباء". اليوم، تعتبر ألمانيا الثالثة عالمياً من حيث إنتاج الطاقة البديلة بفضل تلك الجهود وهو ما يمكن أن يعزز أمنها الطاقوي. وقد جاء على لسان وزير البيئة الألماني زيجمار غابرييل في حديثه بمناسبة افتتاح المنتدى العالمي الثالث للطاقة المتجددة في مدينة بون بأن "التوجه إلى الاعتماد على الطاقات المتجددة سيجعل مستقبل المواطنين الألمان أكثر أماناً".

وعلى ضوء ما سبق يمكن طرح الإشكالية التالية: ما هو واقع التحول الطاقوي في ألمانيا؟ وما أثر

هذا التحول على استهلاك الطاقة الأحفورية في ألمانيا في الفترة ما بين 1990 - 2021؟

فرضيات الدراسة: كإجابة على هذه الأسئلة طرحت الفرضيات الأساسية التالية:

✓ يساهم التحول الطاقوي في الاستغناء عن طاقة الوقود الأحفوري في ألمانيا خلال الفترة 1990-

2021.

✓ توجد علاقة عكسية ذات دلالة إحصائية بين التحول الطاقوي واستهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا خلال الفترة 1990-2021.

### أهداف الدراسة

تبرز أهداف البحث فيما يلي:

✓ الإلمام بالإطار المفاهيمي للموضوع.

✓ إبراز الواقع الطاقوي في ألمانيا.

✓ قياس وتحليل أثر التحول نحو الطاقات المتجددة على استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا خلال الفترة: 1990-2021.

### منهج الدراسة

لتحقيق أهداف الدراسة، استخدم المنهج الوصفي التحليلي بالتطرق إلى الخلفية النظرية لكل من التحول الطاقوي والوقود الأحفوري، وتحليل واقع الطاقة في ألمانيا وإفرازات ذلك على الاقتصاد الألماني. في حين استعمل المنهج القياسي لنمذجة أثر التحول الطاقوي على استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا خلال الفترة 1990-2021 بالاستعانة ببرمجية Eviews 09.

## 2. التأسيس النظري

تؤدي الطاقة دورا حيويا لا غنى عنه في عالمنا المعاصر، ويتجلى ذلك في ارتباطها الوثيق بعملية التنمية ومختلف مجالات التنمية المستدامة وأبعادها. ومن المؤكد أن هذا الارتباط قد ولد ضغوطا كبيرة على البيئة نتيجة لسيطرة مصادر الطاقة الناضبة على هيكل المزيج الطاقوي العالمي. وتعتبر الطاقات البديلة أو المتجددة مصدرا نظيفا لإنتاج الطاقة، إذ لا ينتج عنه ملوثات بيئية (بن جيلاني فرج و خليفة، 2020، صفحة 198) وهذا ما حدى بالباحثين لعقد المقارنة بين المفهومين: الطاقات الناضبة والطاقات البديلة.

### 1.1. المفهوم العام للطاقات التقليدية (الناضبة)

الطاقات الناضبة، أو غير المتجددة هي التي يكون رصيدها في الطبيعة ثابت، ويتناقص عبر الزمن مع زيادة عمليات الاستخدام أو الاستخراج، مما يجعلها معرضة للنفاد (بن محمد ال الشيخ، 2007، صفحة 27)، أما الوقود الأحفوري فهو وقود يتم استعماله لإنتاج الطاقة الأحفورية، ويستخرج من المواد الأحفورية كالفحم الحجري، الفحم النفطي الأسود، الغاز الطبيعي، ومن البترول (خضر و الفهداوي، 2016، صفحة 3). تشمل الموارد الطاقوية الناضبة: الفحم، النفط والغاز الطبيعي.

أ. النفط والبترول (النفط الخام): يعتبر زيت البترول من أهم مصادر الطاقة في هذا العصر، ويطلق عليه الذهب الأسود تشبيها له في قيمته وأهميته، يستخدم كوقود في الصناعات المختلفة كما يستخدم كمصدر للطاقة في قطاع الزراعة وفي توليد الكهرباء (تكواشت، 2011/2012).

ب. الغاز الطبيعي: يشكل الغاز موردا طاقويا هاما نتيجة لمزاياه الاقتصادية والبيئية، ولذلك تطور إنتاجه واستهلاكه بشكل سريع، إذ يحتل من حيث الأهمية الاستهلاكية المرتبة الثالثة عالميا بعد الفحم والنفط، ويشكل نسبة 18% من مجمل الاستهلاك العالمي (بوفاس و بلايلية، 25 و 26 افريل 2017، صفحة 5).

ج. الفحم الحجري: هو عبارة عن صخور رسوبية قابلة للاشتعال، تم تشكيلها عبر ملايين السنين، حيث دفنت بعض الكائنات الحية النباتية والحيوانية تحت التربة وغطتها طبقات رسوبية من الرمل والطين وعزلتها تماما عن الأكسجين (الشمري و حميد، 2009، صفحة 1)، يصنف الفحم الحجري بحسب الرتبة، حيث يصبح الفحم الحجري أكثر سوادا وكثافة مع زيادة رتبته (ر. فانشي، 2011، صفحة 249).

## 2.2. المفهوم العام للتحول الطاقوي

يشير التحول الطاقوي للانتقال من الاستخدام غير المستدام للوقود الأحفوري والطاقة النووية إلى إمدادات الطاقة المستدامة باستخدام الطاقات المتجددة (Verbruggen, 2014, p. 120) كما يعرف التحول الطاقوي (المستدام) بأنه التخلي التدريجي عن بعض مصادر الطاقة (الأحفورية، وأحيانا

النوية) توازيا مع تنمية الطاقات الأخرى (المتجددة)، مصحوبة بإجراءات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة (رحمان و خوي، 2017، صفحة 42).

### 3.2. المفهوم العام للطاقة المتجددة

الطاقات المتجددة هي الطاقات التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري (قدي، اوسرير، وحمو، 2010، صفحة 133)، وتعرفها مختلف الهيئات الدولية والحكومية كما يلي:

**تعريف منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية:** هي تلك الطاقات المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ (الاقتصادي، 2009).

**تعريف وكالة الطاقة العالمية (IEA):** تشكل الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس والرياح، الطاقة الكهرومائية، و طاقة باطن الأرض والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها (كافي، 2017، صفحة 176). للطاقة المتجددة مصادر عديدة ومتنوعة، من أهمها:

أ. **الطاقة الشمسية:** هي طاقة متجددة مصدرها الشمس، حيث بدأ الإنسان استغلالها بصورة جدية في أواخر الخمسينيات عندما استعملت الخلايا الشمسية لتشغيل الأقمار الصناعية في الفضاء (النعمي، 2015، صفحة 178). وتستلم الأرض طاقة شمسية كبيرة جدا، فهي تعادل ضعف كمية الطاقة التي تتأتى من قبل جميع مصادر الطاقة الأخرى في العالم (الخفاف و خضير، 2007، صفحة 118)

ب. **طاقة الرياح:** من بين مصادر الطاقة المختلفة ربما تكون الرياح أكثر المصادر ملاءمة وأقلها تكلفة. وتتميز بسرعة تأثيرها بالتغيرات في أشكال وطبوغرافية المنطقة وأنماطها المناخية، ولا شك أن الشمس هي مصدر طاقة الرياح. إذ قدر الخبراء أن 2% من الطاقة الشمسية تتحول إلى طاقة رياح (الخفاف و خضير، 2007، صفحة 95)

ج. طاقة الحرارة الجوفية: تتكون هذه الطاقة عن طريق استخراج الطاقة الموجودة في التربة لاستعمالها في شكل تدفئة أو كهرباء، حيث أن الحرارة تنتقل أساساً من سطح الأرض نحو باطنها، ويتم إنتاج هذه الحرارة عن طريق النشاط الإشعاعي الطبيعي للصخور المكونة للقشرة الأرضية (حدة، 2012، صفحة 151).

د. الطاقة المائية: تأتي الطاقة المائية من طاقة تدفق المياه أو سقوطها في حالات الشلالات أو تلاطم الأمواج في البحار، فمن حركة الأمواج هذه تنشأ طاقة يمكن استغلالها وتحويلها إلى طاقة كهربائية (خبابة و آخريين، 2013، صفحة 45).

هـ. طاقة الهيدروجين: تعتبر خلايا الوقود تكنولوجيا واعدة للعمل كمصدر للحرارة والكهرباء في المباني والسيارات، لذا تعمل شركات تصنيع السيارات على تصنيع وسائل نقل تعمل بخلايا الوقود والتي تحتوي على جهاز كهروكيميائي بفصل الهيدروجين والأكسجين لإنتاج كهرباء يمكنها إدارة موتور كهربائي يتولى تسيير العربة (الخياط، 2008، صفحة 5).

و. طاقة الكتلة الحيوية "الوقود الحيوي": هي الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية منها، وتشتق من كتلة عضوية لكائنات حية حديثة (نباتات أو حيوانات) أو نواتجها العريضة الأيضية، مثل سماد الأبقار (عيساني و معامير، 2017، صفحة 381)

### 3. الواقع الطاقوي في ألمانيا

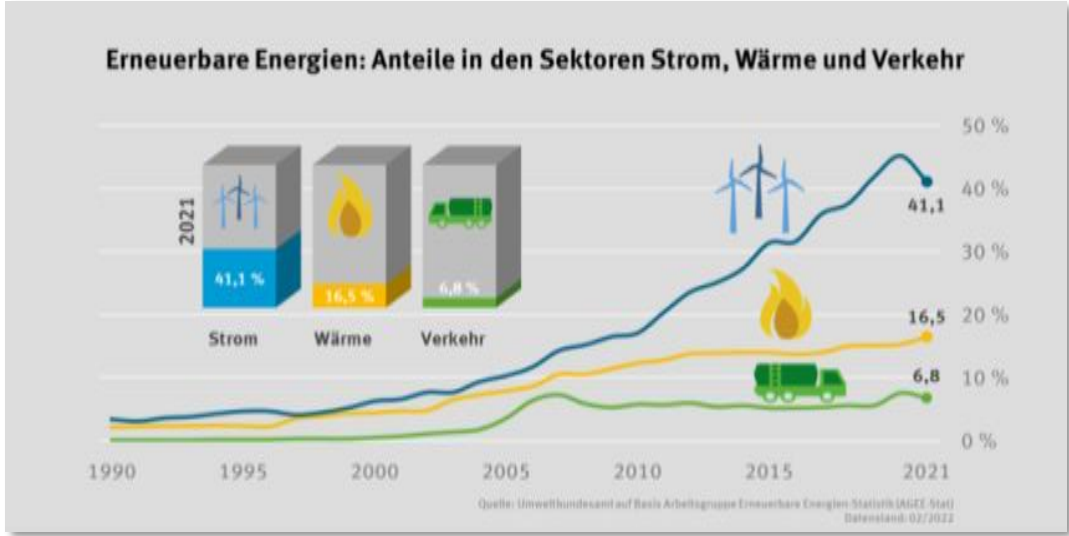
يشمل التحول الطاقوي في ألمانيا جميع القطاعات الثلاثة: الكهرباء، والحرارة، والنقل.

#### 1.3. حصة الطاقات المتجددة في قطاعات الكهرباء والحرارة والنقل.

من الشكل أدناه يتضح أن حصة الطاقات المتجددة تطورت بشكل إيجابي في السنوات الأخيرة، إلا أن هناك اختلافات كبيرة بين القطاعات الثلاثة، حيث أن حصة الطاقات المتجددة من إجمالي استهلاك

الكهرباء تضاعف أكثر من الضعف في السنوات العشر الماضية وبلغ 41.1% في عام 2021، بينما تزداد ببطء حصص الطاقات المتجددة في مجالات الحرارة والنقل بنسبة 16.5% و6.8% على التوالي.

الشكل 1: تطور حصص الطاقات المتجددة في ألمانيا

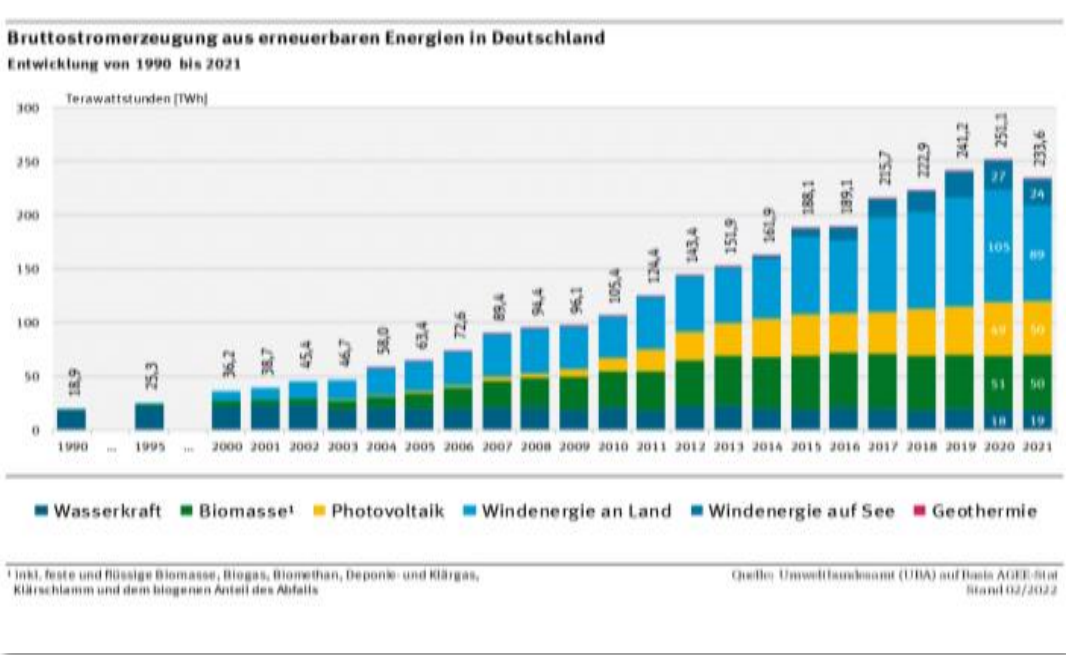


المصدر: (AGEE-STAT, 2022)

### 1.1.3. الكهرباء المتولدة من الطاقات المتجددة

انخفضت حصة الطاقات المتجددة في قطاع الكهرباء من 45.2% عام 2020 إلى 41.1% عام 2021 من إجمالي استهلاك الكهرباء الإجمالي، وتم توليد حوالي 233.6 مليار كيلوواط/ساعة من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في عام 2021، كان هذا أقل بحوالي 17 مليار كيلوواط/ساعة مقارنة بالعام السابق. في عام 2021 تجاوز توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري.

الشكل 2: تطور إجمالي توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة



المصدر: (AGEE-Stat, 2022)

أ. طاقة الرياح

على الرغم من الانخفاض الكبير بنحو 14 %، فقد قدمت طاقة الرياح عام 2020 أكبر مساهمة في توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة بعائد قدره 113.8 كيلوواط/ساعة، مقارنة بعام 2016 التي كانت 79.9 كيلوواط/ساعة بنسبة زيادة قدرها 42% (Energy-Statistics, Renewable Energies in Germany Data on the development in 2021, 2022)

ب. الطاقة الشمسية

استفاد توليد الكهرباء من الخلايا الكهروضوئية من العدد الكبير للأنظمة المبنية حديثاً في عامي 2020 و 2021، ولكن تم تحقيق زيادة طفيفة فقط في توليد الكهرباء بسبب قلة أشعة الشمس، حيث



وصل حجم الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية إلى حوالي 25 مليار كيلواط/ساعة في عام 2020 (خلالف و بلقاسم، 2021، صفحة 202)، كما كان للمنازل والمزارع دور في إنتاج هذه الطاقة من خلال استخدامها للوحات الشمسية (Peter, 2013)

### ج. طاقة الكتلة الحيوية

في عام 2021 تم توليد حوالي 50.4 مليار كيلواط/ساعة من الكهرباء من الكتلة الحيوية والنفايات الحيوية مقارنة بعام 2020 (50.9 مليار كيلواط/ساعة)، كما بلغت قيمة الطاقة المولدة من الغاز الحيوي 28.5 مليار كيلواط/ساعة، والكتلة الحيوية الصلبة (11.4 مليار كيلواط/ساعة) والجزء الحيوي من النفايات 5.6 مليار كيلواط/ساعة (Nickel, 2022).

### د. الطاقة المائية والطاقة الحرارية الجوفية

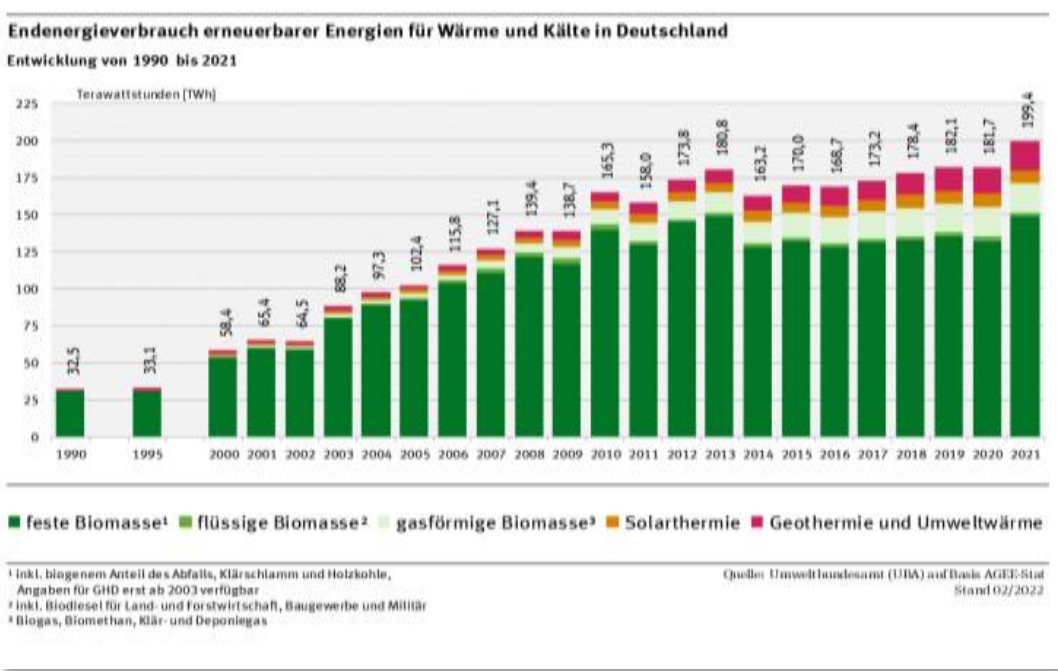
بلغ توليد الكهرباء من الطاقة الكهرومائية قيمة 19.1 مليار كيلواط/ساعة، أعلى بشكل ملحوظ من العام السابق (18.3 كيلواط/ساعة) بسبب ارتفاع هطول الأمطار، اعتمادا على الطقس كانت التغذية السنوية ثابتة نسبيا لسنوات عديدة بحد أقصى بلغ حوالي 20 مليار كيلواط/ساعة، كما تجاوز توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية قيمة العام السابق بنحو 8% أي 0.2 مليار كيلواط/ساعة عام 2021، لكنه لا يزال يساهم بأقل من 0.1% في توليد الكهرباء المتجددة (AGEE-STAT, 2022).  
Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2021, 2022.

### 2.1.3. الحرارة من الطاقات المتجددة

في السنوات الأخيرة، كان تطور الطاقات المتجددة في قطاع التدفئة أقل ديناميكية، حيث ارتفعت حصة مصادر الطاقة المتجددة في استهلاك الطاقة النهائي للتدفئة والتبريد بنسبة 1.2% لتصل إلى 16.5% مقارنة بالعام السابق (2020)، حيث زاد الاستهلاك المطلق للحرارة المتجددة خاصة بسبب

برودة الطقس مقارنة بالعام السابق بشكل ملحوظ من 181.7 مليار كيلوواط/ساعة عام 2020 إلى 199.4 مليار كيلوواط/ساعة عام 2021.

الشكل 3: تطور استهلاك الحرارة من الطاقات المتجددة



المصدر: (AGEE-STAT, 2022)

### 3.1.3. الطاقات المتجددة في قطاع النقل.

قطاع النقل هو القطاع الذي يمثل أقل حصة حيوية من مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك استهلاك الكهرباء من الطاقات المتجددة في النقل بالسكك الحديدية والطرق. وبلغ إجمالي استهلاك الكهرباء في قطاع النقل في عام 2021 حوالي 12.4 مليار كيلوواط/ساعة، وتم توليد حوالي 5.1 مليار كيلوواط/ساعة من مصادر الطاقة المتجددة. على الرغم من الحصة المتزايدة للكهرباء المتجددة، فإن هذا يساهم بحوالي 1% فقط من إجمالي استهلاك الطاقة في قطاع النقل ويستخدم حالياً حوالي 89% في

(Energy-Statistics, Renewable Energies in النقل بالسكك الحديدية  
Germany Data on the development in 2021, 2022)

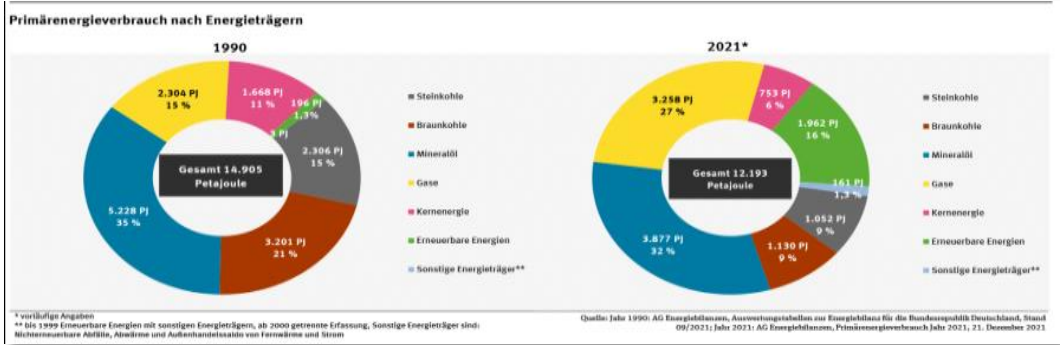
### 2.3. استهلاك الطاقة الأولية (PEV)

يشير استهلاك الطاقة الأولية إلى محتوى الطاقة لجميع مصادر الطاقة المستخدمة محليا، مثل الليغيت والفحم الصلب، الزيت المعدني أو الغاز الطبيعي، والتي يتم استخدامها إما مباشرة أو تحويلها إلى ما يسمى بمصادر الطاقة الثانوية مثل قوالب الفحم والوقود الكهربائي (Sandau & Timme, 2021)، يشهد استهلاك الطاقة الأولية في ألمانيا انخفاضا طفيفا منذ أوائل التسعينيات كنتيجة لتجميد عدد من محطات الطاقة بما فيها الطاقة النووية وطاقة الفحم الحجري إلى مستويات أدنى، وكنتيجة لاهتمام ألمانيا بالطاقات المتجددة تراجع ارتباط الاقتصاد الألماني استهلاكا وإنتاجا بالطاقات الأحفورية خاصة في السنوات الأخيرة، حيث انخفضت نسبة استهلاك الطاقة التقليدية من إجمالي الطاقة إلى 12.06 سنة 2016 (صباغ و كوديد، 2021، صفحة 9)

### 1.2.3. استهلاك الطاقة الأولية حسب مصدر الطاقة.

منذ عام 1990، تغير مزيج الطاقة بشكل كبير، حيث انخفض استهلاك الليغيت من 15 % إلى 9 % سنة 2021 والفحم البني من 21% عام 1990 إلى 9 % سنة 2021، كما ارتفع استهلاك الغاز بشكل كبير، كما زاد استخدام مصادر الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ.

الشكل 4: استهلاك الطاقة الأولية حسب مصدر الطاقة



المصدر: (Energiebilanzen, 2022)

### 3.3. أهداف ألمانيا في مجال التحول الطاقوي "هدف الطاقة 2050"

تمثل تلك الأهداف فيما يلي: (Energie, 2019)

- زيادة حصة الطاقات المتجددة في استهلاك الكهرباء إلى 80% بحلول عام 2050.
- تقليل استهلاك الطاقة الأولية بنسبة 50% في نفس الفترة مقارنة بعام 2008.
- تغطية ما لا يقل عن 60% من استهلاك الطاقة بحلول عام 2050 عن طريق الطاقات المتجددة.
- التخلص التدريجي الكامل من الطاقة النووية بحلول عام 2022.
- زيادة كفاءة الطاقة من أجل الاستخدام الرشيد لمصادر الطاقة الأولية، وزيادة الاستقلال عن واردات الطاقة من النفط والغاز الطبيعي.
- تعزيز ألمانيا كموقع تجاري من خلال الابتكارات في مجال الطاقة .
- زيادة الحصة المتجددة من مزيج الكهرباء من 40 إلى 45% ثم من 55 إلى 60% في عام 2035.

➤ خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 80% تماشيا مع أهداف الاتحاد الأوروبي إلى 95% مقارنة بمستويات عام 1990 (Klaus & Vollmer, 2010)

#### 4. الدراسة التطبيقية

أثر التحول الطاقوي على استهلاك طاقة الوقود الأحفوري في ألمانيا خلال العشريتين الماضيتين (1990-2021). ولقياس أثر التحول الطاقوي على استهلاك طاقة الوقود الأحفوري في ألمانيا اعتمدنا على البيانات السنوية الممتدة من عام 1990 إلى 2021. وقد تم اختيار هذه المدة بسبب توفر المعطيات في قاعدة بيانات البنك الدولي ووكالة البيئة الفيدرالية الألمانية، ومراعاة لحجم العينة الذي يتطلب وجود أكثر من 30 مشاهدة سنوية لتجنب مشكلة الارتباط الذاتي للأخطاء.

#### 1.4. تعريف متغيرات الدراسة:

➤ المتغير المستقل (EE): إجمالي الطاقات المتجددة بالكيلوواط/ساعة.

➤ المتغير التابع (VEFB): استهلاك طاقة الوقود الأحفوري (% من الإجمالي).

ومن أجل دراسة أثر التحول الطاقوي إلى الطاقات المتجددة على استهلاك طاقة الوقود الأحفوري

في ألمانيا للفترة 2021/1990، اقترحنا النموذج التالي:

$$VEFB = B_0 + B_1VEFB + \epsilon t$$

#### 2.4. دراسة استقرارية السلال الزمنية للمتغيرات محل الدراسة

تتضمن الدراسة القياسية التعريف بالمنهجية المستخدمة في مرحلة أولى، ثم تطبيق النموذج المعتمد في

المرحلة الثانية، ولذلك من الضروري اختبار استقرار السلاسل الزمنية ومعالجتها لمعرفة درجة تكاملها، واختبار

استقرار السلاسل الزمنية سنستخدم على اختيار ديكي - فولر المطور (ADF).

#### 1.2.4. اختبار ديكي - فولر المطور

هو اختبار من أجل التأكد من استقرارية السلاسل الزمنية للمتغيرات التابعة والمتغير المستقل، لإجراء هذا الاختبار نقوم بتحديد مستوى المعنوية عند 5%.

الجدول 1: نتائج اختبار (ADF) لاستقرار سلاسل متغيرات الدراسة

المستوى الثاني			المستوى الأول			المستوى			القيم الحرجة عند 0.05
الثابت	معامل الاتجاه	بدون	الثابت	معامل الاتجاه	بدون	الثابت	معامل الاتجاه	بدون	
1.95-	3.58-	2.97-	1.95-	3.5-	2.96-	1.95-	3.56-	2.96-	EE
10.32-	10.08-	10.32-	1.45-	5.26-	5.00-	4.99	2.80-	1.16	(0.00)
(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.13)	(0.00)	(0.00)	(1.00)	(0.20)	(0.99)	
-	-	-	3.44-	4.48-	4.53-	2.62-	3.28-	0.47-	VEFB
			(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.01)	(0.08)	(0.88)	

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج إفيوز 09

تبين لنا من خلال نتائج اختبار ديكي - فولر المطور ADF باستعمال برنامج إفيوز 09 ما يلي:

➤ بالنظر إلى الملاحق 1، 2، 3 من خلال نتائج النماذج الثلاث لسلسلة المتغير المستقل

(EE)، نلاحظ أن السلسلة غير مستقرة في المستوى وكذلك الحال عند الفرق الأول في النماذج الثلاث،

بعدها تم إجراء الفرق الثاني وكانت السلسلة مستقرة. وعليه فهي متكاملة من الدرجة الثانية (I(2)، كما

تبين أيضا من خلال الجدول أعلاه وبالنظر إلى الملاحق رقم 4، 5 (نتائج النماذج الثلاث لسلسلة المتغير

التابع (VEFB))، أن السلسلة VEFB مستقرة في الفرق الأول وعليه فهي متكاملة من الدرجة الأولى

. I(1)

بعد التأكد من سكون السلاسل الزمنية وعدم وجود علاقة تكامل مشترك بين متغيرات نموذج الدراسة، بسبب عدم وجود استقرارية السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة في نفس المستوى، فقد تم تقدير نموذج شعاع الانحدار الذاتي (VAR).

يعد نموذج شعاع الانحدار الذاتي من بين النماذج التي لقيت رواجاً كبيراً في أدبيات القياس الاقتصادي، فهو ذلك النظام الذي تكون فيه كل المتغيرات دالة للقيم المتأخرة لذات المتغير والقيم الماضية لباقي المتغيرات الأخرى المكونة لشعاع الانحدار الذاتي إضافة إلى الحدود، ولبناء هذا النموذج نقوم بتحديد عدد التباطؤات الزمنية (بلعيد و بوراس، 2020، صفحة 84)

### 3.4. تحديد فترات الإبطاء الأنسب (LagLengthCriteria)

لابد من تحديد عدد درجات التأخير (P) لتحديد طول فترة التباطؤ المثلى لمعادلة نموذج القياس، وذلك بالاعتماد على مجموعة من المعايير أهمها: معيار Akaike (AIK)، معيار Schwarz ومعيار Hannan Quin (HQ).

#### الشكل 5: نتائج درجات التأخير المثلى p

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-331.2495	NA	1.80e+08	24.68515	24.78114*	24.71369
1	-326.0260	9.286312	1.65e+08	24.59452	24.88248	24.68015
2	-322.7517	5.335843	1.75e+08	24.64828	25.12822	24.79099
3	-316.2209	9.675330*	1.47e+08*	24.46081*	25.13272	24.66060*

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج إيفوز 09

من خلال الشكل أعلاه يتبين أن درجة التأخير المثلى هي  $p=3$  والتي تقبل أقل القيم للمعايير الثلاثة معيار (AIC) Akaike، معيار (SC) Schwarz، ومعيار (HQ) Hannan Quin.

#### 4.4. دراسة العلاقة السببية

سنحاول من خلال هذا الاختبار دراسة العلاقة السببية بين كل المتغيرات باستعمال سببية GRANGER، وهنا نحاول تبين ما إذا كان المتغير الأول يؤثر في الثاني أو العكس، أو ما إذا كانا يتأثران ببعضهما في نفس الوقت.

الشكل 6: نتائج اختبار السببية (GRANGER)

Pairwise Granger Causality Tests  
Date: 08/26/22 Time: 20:04  
Sample: 1990 2021  
Lags: 3

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DVEFB does not Granger Cause DDEE	27	0.00363	0.9997
DDEE does not Granger Cause DVEFB		3.06739	0.0515

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيز 09

من خلال اختبار (GRANGER) المتحصل عليها في الجدول أعلاه يتبين لنا:

➤ أن الاحتمال المقابل لفرضية العدم  $H_0$  والتي تقر بأن DDVEFB لا تسبب DDEE يساوي 0.99 وهو أكبر من مستوى المعنوية 0.05 مما يعني رفض الفرضية البديلة وقبول الفرض الصفري الذي يقر بأن DDVEFB لا تسبب DDEE.

➤ كما أن الاحتمال المقابل لفرضية العدم  $H_0$  والتي تقر بأن DDEE لا تسبب DDVEFB يساوي 0.05 (مستوى المعنوية) مما يعني رفض الفرضية  $H_0$  وقبول الفرضية البديلة الذي يقر بأن DDEE تسبب DDVEFB، ومنه DDEE تسبب DDVEFB.

وعليه وجود سببية وتأثير من جانب واحد: (DDEE) و (DDVEFB)



#### 5.4. تقدير نموذج شعاع الانحدار الذاتي

الشكل 7: نتائج تقدير نموذج (VAR3)

Vector Autoregression Estimates		
Date: 09/01/22 Time: 18:48		
Sample (adjusted): 1995 2021		
Included observations: 27 after adjustments		
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]		
	DDEE	DVEFB
DDEE(-1)	0.643984 (0.24068) [2.67595]	-1.17E-05 (7.95E-06) [-49881]
DDEE(-2)	-0.240894 (0.29565) [-0.81479]	-2.93E-05 (9.7E-06) [-3.02448]
DDEE(-3)	0.150315 (0.25719) [0.58445]	-1.587E-05 (8.4E-06) [1.87689]
DVEFB(-1)	373.8327 (5599.67) [0.06672]	-0.068076 (0.18361) [-0.37621]
DVEFB(-2)	-352.1914 (5822.66) [-0.06049]	-0.058885 (0.19092) [-0.30842]
DVEFB(-3)	-281.4214 (5597.67) [-0.05027]	-0.597940 (0.18355) [-3.25768]
C	14087.66 (7673.10) [1.83598]	-0.502250 (0.25160) [-1.99622]
R-squared	0.339274	0.506507
Adj. R-squared	0.141056	0.358459
Sum sq. resids	5.91E+09	6.359027
S.E. equation	17196.45	0.563872
F-statistic	1.711622	3.421236
Log likelihood	-297.5763	-18.79086
Akaike AIC	22.56121	1.910434
Schwarz SC	22.89717	2.246392
Mean dependent	31071.04	-0.341548
S.D. dependent	18554.81	0.703993
Determinant resid covariance (dof adj.)		93010608
Determinant resid covariance		51034627
Log likelihood		-316.2209
Akaike information criterion		24.46081
Schwarz criterion		25.13272

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيز 09

#### 6.4. التقييم الإحصائي والاقتصادي للنموذج:

بلغ معامل التحديد  $R^2 = 50$  وهي نسبة متوسطة، وهذا دليل على ارتباط متوسط بين المتغير المستقل "الطاقات المتجددة" والمتغير التابع "استهلاك الوقود الاحفوري"، أما معامل التحديد المصحح فبلغت قيمته 35.8%، أما الباقي راجع إلى متغيرات أخرى لم تدرج في النموذج، غير أنه بالنسبة للمعنوية الفردية لمعاملات النموذج كما هو معلوم في مثل هذا النوع من النماذج والتي يكون عدد المعامل كبير بسبب الإبطاء حيث يؤدي إلى انخفاض درجة الحرية مما يضعف معنوية المعامل، فلم يكن مهما بدرجة كبيرة لأن الهدف الأساسي لهذا النوع من النماذج هو دراسة السلوك الحركي للمتغيرات وتحليل الصدمات؛ كما أن القيمة الإحصائية لفيشر ( $F_c > F_t$ ) والبالغة (3.42 > 2.47) تدل على أن النموذج ذو معنوية

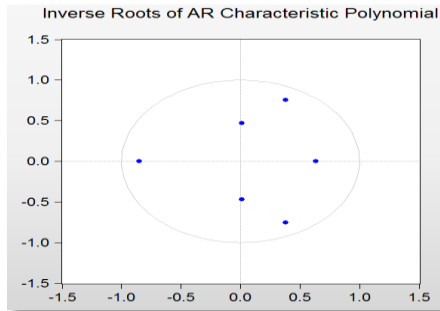
كلية إحصائية. ونلاحظ أيضا وجود ميل سالب بين متغير استهلاك الوقود الأحفوري ومتغير الطاقات المتجددة في فترات الإبطاء الثلاثة على التوالي) -1.17، -2.93، -1.58)، وهذا يعني وجود علاقة عكسية بين الطاقات المتجددة واستهلاك الوقود الاحفوري في ألمانيا خلال فترة الدراسة 2021/1990 وهو متوافق مع جوهر النظرية الاقتصادية.

#### 7.4. اختبار صلاحية النموذج المقترح VAR(3)

##### 1.7.4. اختبار استقرارية نموذج VAR(3)

للتأكد من مدى استقرارية بواقي النموذج نستخدم اختبار الجذور المتعدد، حيث تعتبر نتائج الانحدار الذاتي مستقرة إذا كانت كل الجذور أقل من الواحد، والشكل أدناه يبين نتائج هذا الاختبار:

الشكل 8: اختبار استقرارية نموذج VAR (3)



المصدر من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيز 09

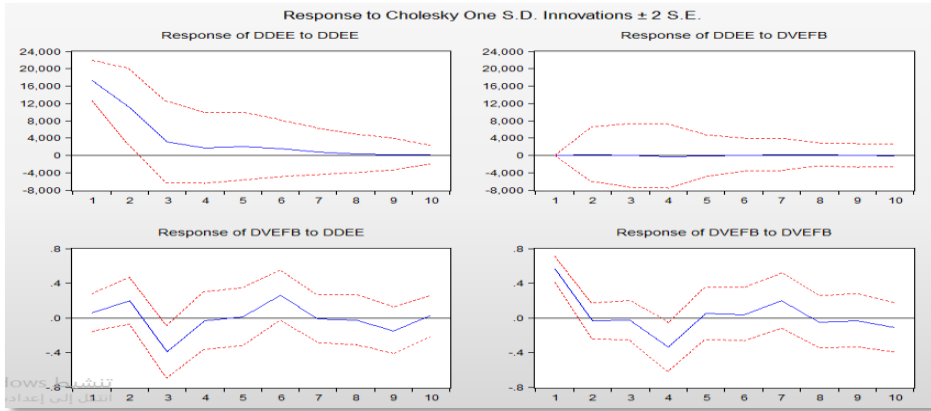
نلاحظ أن جميع الجذور الأحادية لنموذج VAR (3) تقع داخل الدائرة المستديرة ومنه يمكن

القول إن النموذج مستقر.

## 2.7.4. دوال الاستجابة وتحليل الصدمات

يتيح لنا تحليل الصدمات ودوال الاستجابة دراسة أثر الصدمة على المتغيرات الخاصة بالنموذج، حيث يسمح لنا هذا التحليل بقياس الأثر المفاجئ في ظاهرة معينة على باقي المتغيرات، وفي دراستنا سنقوم بتحليل استجابة DDVEFB لصدمة DDEE.

الشكل 9: الرسم البياني لاستجابة DDEE على DVEFB



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيزور 09

الشكل 10: بيانات استجابة DVEFB لصدمة DDEE

Response of DVEFB:	Response of DVEFB:	
Period	DDEE	DVEFB
1	0.058537 (0.10822)	0.560825 (0.07632)
2	0.198665 (0.13690)	-0.038740 (0.10311)
3	-0.390579 (0.15063)	-0.027878 (0.11443)
4	-0.036984 (0.16657)	-0.338185 (0.14103)
5	0.012104 (0.16783)	0.050738 (0.15050)
6	0.259212 (0.14632)	0.036739 (0.15279)
7	-0.012971 (0.13913)	0.199738 (0.16008)
8	-0.023686 (0.14597)	-0.049707 (0.15084)
9	-0.148487 (0.13377)	-0.032477 (0.15259)
10	0.023716 (0.11790)	-0.115506 (0.14246)

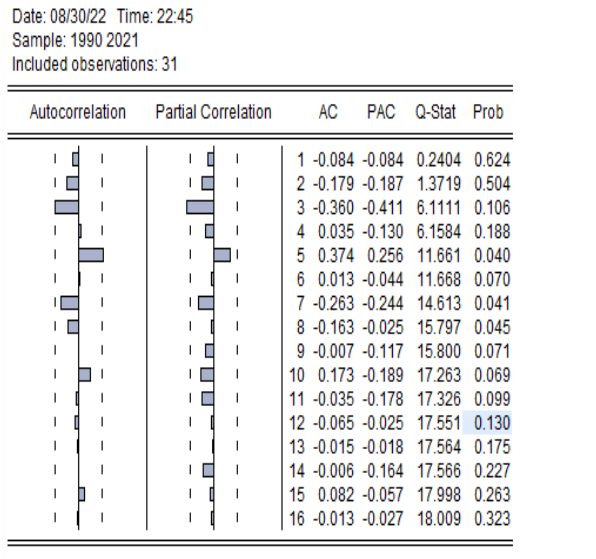
المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيزور 09

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ أن حدوث صدمة في الطاقات المتجددة بـ 0.058 أحدثت استجابة في استهلاك الوقود الأحفوري في الفترة الأولى بـ 0.56 ومع انخفاض مستوى الصدمات في الفترة الثالثة (-0.02) انخفض مستوى الاستجابة، لكن مع مرور الفترات وانخفاض الصدمات، تزامن ذلك مع ارتفاع مستوى الاستجابة في استهلاك الوقود الأحفوري وصلت قيمته إلى -0.11 عند مستوى الصدمة المقدرة بـ 0.02 في الفترة العاشرة. وبذلك نستطيع القول إن أي تغير في الطاقات المتجددة سيؤدي إلى نقصان في استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا.

#### 8.4. دراسة سلسلة البواقي:

يلاحظ من خلال الشكل 11 أن كل قيم معاملات الارتباط الذاتي البسيط والجزئي تقع داخل مجال الثقة ماعدا عند القيمة 03 عند مجال الثقة.

الشكل 11: دالة الارتباط الذاتي REID



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيز 09

لتعود بعد ذلك للاستقرار عند باقي قيم المعاملات، كما أن إحصائية JUNGBOX عند القيمة

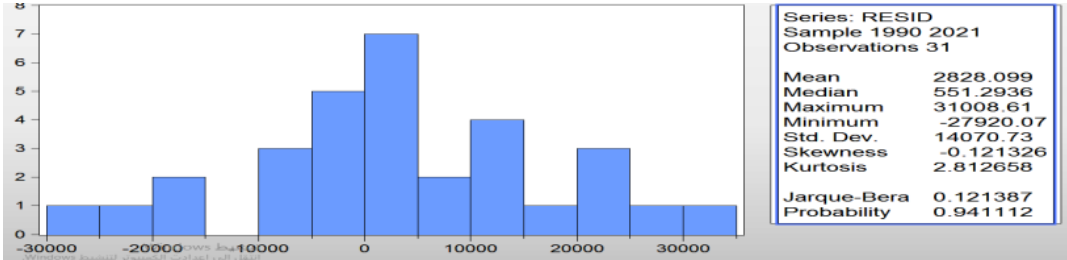
الأخيرة QSTAR=18.009 أقل من الإحصائية CHIDEUX=31.41 عند مستوى معنوية 0.05

ومنه نقبل الفرضية  $H_0$  التي تقر أن سلسلة البواقي عبارة عن تشويش.

#### 9.4. اختبار التوزيع الطبيعي:

#### 1.9.4. اختبار التشويش الأبيض WHITE NOISE

الشكل 12: اختبار التوزيع الأبيض



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيز 09

من خلال الشكل أعلاه يتبين أن معاملات التوزيع الطبيعي للبواقي تعتمد على الاختبار المشترك

لفرضية التناظر والتفلطح لاختبار JARQUE-BERA، فعلى أساس الاحتمال الموافق لنتيجة هذا

الاختبار والذي يساوي 0.12 وهو أكبر من مستوى المعنوية 0.05، فإننا نقبل الفرضية الصفرية  $H_0$

التي تقر بأن سلسلة البواقي تتبع التوزيع الطبيعي عند مستوى معنوية 0.05.

#### 2.9.4. اختبار الارتباط الذاتي للأخطاء :

الشكل 13: نتائج اختبار LM

Lags	LM-Stat	Prob
1	3.092743	0.5424
2	3.779870	0.4366
3	2.229202	0.6937
4	1.813993	0.7699
5	1.223220	0.8743
6	8.066683	0.0892
7	0.847686	0.9319
8	3.792622	0.4348
9	6.861949	0.1434
10	2.937095	0.5684
11	3.524907	0.4741
12	3.684971	0.4503
13	7.842604	0.0975
14	8.292138	0.0814
15	2.381327	0.6660

Probs from chi-square with 4 df.

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج افيز 09

يشير الجدول إلى قبول فرضية العدم، أي عدم وجود ارتباط ذاتي بين بواقى النموذج، لأن الاحتمالية

(pro) أكبر من مستوى معنوية 0.05

#### 10.4. مناقشة النتائج

قمنا من خلال هذه الدراسة بقياس أثر التحول نحو الطاقات المتجددة في ألمانيا على استهلاك الوقود الأحفوري خلال فترة الدراسة (1990-2021)، وللقيام بهذا تم الاعتماد على نموذج شعاع الانحدار الذاتي (VAR) عند درجة الإبطاء  $P=3$ ، حيث قمنا بإجراء اختبار استقرارية للسلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة، كما تم تحديد رتبة تكاملها من خلال مستوى استقرارها باستعمال نماذج جذر الوحدة، وبما أن نتائج اختبار ديكي- فولر أظهرت أن السلسلتين غير مستقرتين في نفس الدرجة، أي غير متكاملتين، تم اللجوء في هذه الحالة إلى نماذج شعاع الانحدار الذاتي، كما تم إجراء اختبار السببية لمعرفة مدى تأثير المتغيرات مع بعضها في الاتجاهين.

وقد بينت النتائج وجود أثر عكسي عند درجة احتمال 5% للطاقت المتجددة على استهلاك الوقود الأحفوري، كما أن هناك علاقة ارتباط متوسطة تقدر بـ  $R^2 = 50$  مما يعني وجود علاقة متوسطة بين استهلاك الوقود الأحفوري والطاقت المتجددة في ألمانيا، وهذا ما أثبتتها لأزمة الراهنة بين روسيا وأوكرانيا بسبب تبعية الاقتصاد الألماني والارتكان للمورد الطاقوي الروسي.

كما أظهرت النتائج وجود سببية وتأثير من جانب واحد: (DDEE) و(DDVEFB)، أي أن الطاقت المتجددة تؤثر وتسبب استهلاك الوقود الأحفوري، فاستجابة في الطاقت المتجددة بنحو 0.058 يؤدي إلى حدود استجابة في الاستهلاك الأحفوري في الفترة الأولى بنحو 0.56. ومع انخفاض مستوى الصدمات في الفترة الثالثة إلى -0.02 انخفض مستوى الاستجابة، لكن مع مرور الوقت وانخفاض الصدمات تزامن ذلك مع ارتفاع مستوى الاستجابة في استهلاك الوقود الأحفوري وصلت قيمته إلى -0.11 عند مستوى الصدمة المقدرة بـ 0.02 في الفترة العاشرة؛ وبذلك نستطيع القول إن أي تغير في الطاقت المتجددة سيؤدي إلى نقصان في استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا، وعليه، وفي هذا الشأن يمكن القول:

➤ أن الزيادة في حجم الطاقت المتجددة سيؤدي في المدى القصير إلى انخفاض مستوى الاستهلاك للوقود الأحفوري في ألمانيا ولكن بدرجة منخفضة حسب نتائج الدراسة، مما يجب الحث مستقبلا على التحول نحو الطاقت المتجددة من أجل التقليل من استهلاك الوقود الأحفوري.

➤ استخدام الطاقة المتجددة في ألمانيا والتقليل من استهلاك الوقود الأحفوري ساهم في تجنب إنتاج 221 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون، حيث يمثل توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة الحصة الأكبر من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري التي تم تجنبها (167 مليون طن)، كما ساهم أيضا قطاع التدفئة في تجنب غازات الاحتباس الحراري بحوالي 45 مليون طن.

- تظهر نتائج الدراسة أيضا أن التوسع في استخدام مصادر الطاقات المتجددة ساهم بشكل كبير في تحقيق أهداف حماية المناخ في ألمانيا، وذلك باستبدال الطاقة الأحفورية بشكل متزايد بالطاقات المتجددة في جميع قطاعات الاستهلاك، وبالتالي التقليل من غازات الاحتباس الحراري وتجنب انبعاثات الملوثات.
- من خلال النتائج يتبين أنه على الرغم من النجاحات السابقة التي حققتها ألمانيا في مجال الطاقات المتجددة فإنها لا تزال هناك بعض العقبات التي يجب التغلب عليها في السنوات المقبلة، فالعديد من المحطات النووية ستوقف عن العمل بداية من عام 2023، ومن المتوقع أيضا أن تنتهي طاقة الفحم بحلول عام 2038.

## 5. خاتمة

في إطار دراستنا لموضوع أثر التحول الطاقوي على استهلاك الوقود الأحفوري في ألمانيا والتي تعد من الدول الرائدة في الطاقات المتجددة، فقد سعت ألمانيا للتوسع في مشاريعها الطاقوية خلال الفترة ما بين 1990 - 2021، ضمن خطتها لإنتاج كامل احتياجاتها من الكهرباء عبر محطات مصادر الطاقة النظيفة، والعمل على نزع الكربون بالكامل عن قطاع الطاقة، والتخلص تدريجيا من استهلاك الوقود الأحفوري، إلا أن الصراع الروسي الأوكراني الذي أثر على إمدادات الطاقة في ألمانيا بين أن الطاقة المتجددة كبديل للطاقة الأحفورية هي بديل أقل تنافسيا لتحقيق نظام طاقة مستدام في الوقت الراهن؛ مما يتطلب البحث عن إستراتيجية تهدف إلى التقليل من استهلاك طاقة الوقود الأحفوري وتطوير مصادر الطاقات المتجددة، للمحافظة على حقوق الأجيال القادمة من الطاقة من جهة وحماية البيئة من جهة أخرى. وعليه توصلت الدراسة إلى:

- ✓ نفي الفرضية الأولى التي تنص بأن التحول الطاقوي ساهم في الاستغناء عن طاقة الوقود الأحفوري خلال الفترة 1990 - 2021، حيث أثبتت نتائج الدراسة عكس ذلك وأن ألمانيا كانت رهينة للمورد الطاقوي الروسي.



- ✓ توجد علاقة عكسية ذات دلالة إحصائية بين التحول الطاقوي واستهلاك الوقود الأحفوري، كما يمكن القول ومن خلال نتائج الدراسة للفترة 1990-2021 أن زيادة التحول الطاقوي في المدى القصير أدى إلى نقص في استهلاك الوقود الأحفوري حسب نموذج شعاع الانحدار الذاتي (3). VAR.
- ✓ أتاح التحول الطاقوي بألمانيا تنوع مصادرها الطاقوية وفرصة للعمل على الاكتفاء الذاتي وتعزيز أمن الطاقوي.
- ✓ تعد الطاقات المتجددة مصادر تنافسية للطاقة التقليدية في ألمانيا في المرحلة القادمة وذلك بفضل الانخفاض الكبير في تكلفتها وعدم تلويثها للبيئة.

#### توصيات الدراسة:

- ضرورة التوجه إلى الطاقات المتجددة من قبل الدول التي تتمتع بطاقات طبيعية هائلة والتخلي عن استهلاكها المتزايد للطاقات الناضبة للحفاظ على الموروث البيئي للطاقة للأجيال القادمة؛
- تشجيع عمليات البحث والتطوير في مجال التحول الطاقوي من خلال دعم مراكز البحث العلمي الخاصة بتطوير قطاع الطاقة؛
- الشراكة والتعاون في مجال الطاقات المتجددة مع الدول المتقدمة مثل ألمانيا وتشجيع الاستثمار الأجنبي المباشر في هذا المجال بهدف الاستفادة من خبرات وتجارب هذه الدول؛
- تشجيع إعانات الطاقة المتجددة الحكومية للاستهلاك الذاتي؛
- تقديم حوافز من قبل الدولة من أجل ولوج القطاع الخاص لمجال الابتكار وإنتاج الطاقات النظيفة وتشجيع المستهلكين على استغلال توليد طاقة نظيفة من الموارد الطبيعية؛

#### 6. المراجع

- AGEE-STAT. (2022). Umweltbundesamt.  
AGEE-STAT. (2022). *Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2021*.  
Umweltbundesamt.

- AGEE-Stat. (2022). *Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien*. Umweltbundesamt.
- Energie, B. f. (2019). *ENERGIEEFFIZIENZSTRATEGIE 2050*.
- Energiebilanzen, B. A. (2022). *Primärenergieverbrauch nach Energieträgern*. Umweltbundesamt.
- Energy-Statistics, W. G. (2022). *Renewable Energies in Germany Data on the development in 2021*. German Environment Agency.
- Energy-Statistics, W. G. (2022). *Renewable Energies in Germany Data on the development in 2021*. German Environment Agency.
- Klaus, T., & Vollmer, C. (2010). *Energieziel 2050*. Umweltbundesamt.
- Nickel, M. (2022). *Die Energieversorgung 2021*. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
- Peter, S. (2013). *Modellierung einer vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Stromerzeugung im Jahr 2050 in autarken, dezentralen Strukturen*. Umweltbundesamt.
- Sandau, F., & Timme, S. (2021). *Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohlen (2021)*. Umweltbundesamt.
- Verbruggen, A. (2014). *Im Hürdenlauf zur Energiewende. Von Transformationen, Reformen und Innovationen*.
- الشريف بوفاس، و ربيع بلايلية. (25 و 26 افريل 2017). تفعيل استخدام الطاقة المتجددة كاستراتيجية للتنوع الطاقوي في الجزائر. الملتقى الوطني حول المؤسسات الاقتصادية واستراتيجيات التنوع الاقتصادي في ظل انهيار اسعار البترول. جامعة قلمة.
- امال رحمان، و رابع خوني. (2017). الغاز الطبيعي طاقة عبور نحو التحول الطاقوي المستدام في الجزائر. مجلة رؤى الاقتصادية .
- بلعيد سمية، و احمد بوراس. (2020). أثر مؤشرات الحيلة الكلية على تطور القطاع المصرفي الجزائري دراسة قياسية للفترة 2000-2017. مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والادارية .
- بلعيد سمية، و احمد بوراس. (2020). أثر مؤشرات الحيلة الكلية على تطور القطاع المصرفي الجزائري دراسة قياسية للفترة 2000-2017. مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والادارية .
- جون ر. فانشي. (2011). *الطاقة التقنية والتوجهات للمستقبل*. مركز دراسات الوحدة العربية.
- حمد بن محمد ال الشيخ. (2007). *اقتصاديات الموارد الطبيعية والبيئية*. الرياض: العبيكان للنشر.
- رائد خضر، و سلمان الفهداوي. (2016). *محاضرات في الطاقات المتجددة*. جامعة الانبار.
- رفيقة صباغ، و سفيان كويد. (2021). *الطاقة المتجددة بين الواقع والاستشراف دراسة حالة للتجربة الالمانية*. مجلة البحوث والدراسات العلمية .

- عامر عيساني، و سفيان معامير. (2017). صناعات الطاقات المتجددة في الجزائر واليات تفعيل انظمة الطاقة الشمسية في ايجاد تنمية محلية. *مجلة الدراسات المالية والمحاسبة الادارية* .
- عايدة خلالف، و بلقاضي بلقاسم. (2021). الطاقة المتجددة في ألمانيا كمرحلة ما بعد الطاقة الأحفورية والنووية من أجل تحقيق التنمية المستدامة. *مجلة التنمية والاستشراف للبحوث والدراسات* .
- عبد القادر بن جيلاني فرج، و مونية خليفة. (2020). التحول الطاقوي من الطاقة التقليدية الى الطاقة المتجددة لتحقيق ابعاد التنمية المستدامة. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة* .
- عبد الله خبابة، و وآخرين. (2013). تطوير الطاقات المتجددة بين الأهداف الطموحة وتحديات التنفيذ - دراسة حالة برنامج التحويل الطاقوي لألمانيا. *مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية* .
- عبد المجيد قدي، منور اوسرير، و محمد حمو. (2010). الاقتصاد البيئي. دار الخلدونية للنشر والتوزيع.
- علي الخفاف، و ثعبان كاظم خضير. (2007). الطاقة وتلوث البيئة. دار المسيرة.
- عماد تكواشت. (2011/2012). واقع الطاقة المتجددة و دورها في التنمية المستدامة في الجزائر. رسالة ماجستير . جامعة الحاج لخضر.
- فروحات حدة. (2012). الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. *مجلة الباحث* .
- محمد مصطفى الخياط. (2008). الطاقة البديلة وتأمين الطاقة. البترول والطاقة هموم عالم واهتمامات أمة. كلية الحقوق، جامعة المنصورة.
- مصطفى يوسف كافي. (2017). اقتصاديات الموارد والبيئة. دار الاكاديميون للنشر.
- منظمة التعاون الاقتصادي. (2009). الترجمة العربية للدليل إحصائيات الطاقة. وكالة الطاقة.
- نعمان سعد الدين النعيمي. (2015). الطاقة النووية للبلاد العربية. دار الايام للنشر والتوزيع.
- هاشم مرزوك الشمري، و عمار محمود حميد. (2009). مستقبل الطلب على النفط في ضوء تزامم المصادر البديلة. *مجلة كلية الادارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية والادارية والمالية* .

الملحق 1: نتائج اختبار ديكي - فولر للسلسلة EE عند المستوى

Null Hypothesis: EE has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.809360	0.2047
Test critical values:		
1% level	-4.284580	
5% level	-3.562882	
10% level	-3.215267	

Null Hypothesis: EE has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	1.161359	0.9971
Test critical values:		
1% level	-3.661661	
5% level	-2.960411	
10% level	-2.619160	

Null Hypothesis: EE has a unit root Exogenous: None Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	4.991740	1.0000
Test critical values:		
1% level	-2.641672	
5% level	-1.952066	
10% level	-1.610400	

الملحق 2: نتائج اختبار ديكي - فولر للسلسلة EE عند الفرق الأول

Null Hypothesis: D(EE) has a unit root Exogenous: None Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.452629	0.1338
Test critical values:		
1% level	-2.647120	
5% level	-1.952910	
10% level	-1.610011	

Null Hypothesis: D(EE) has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.263911	0.0010
Test critical values:		
1% level	-4.296729	
5% level	-3.568379	
10% level	-3.218382	

Null Hypothesis: D(EE) has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.036374	0.0003
Test critical values:		
1% level	-3.670170	
5% level	-2.963972	
10% level	-2.621007	

الملحق 3: نتائج اختبار ديكي - فولر للسلسلة EE عند الفرق الثاني

Null Hypothesis: D(EE,2) has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.08707	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.309824	
5% level	-3.574244	
10% level	-3.221728	

Null Hypothesis: D(EE,2) has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.13049	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

Null Hypothesis: D(EE,2) has a unit root  
Exogenous: None  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.32096	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.647120	
5% level	-1.952910	
10% level	-1.610011	

الملحق 4: نتائج اختبار ديكي - فولر للسلسلة VEFB عند المستوى

Null Hypothesis: VEFB has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.998893	0.1485
Test critical values:		
1% level	-4.284580	
5% level	-3.562882	
10% level	-3.215267	

Null Hypothesis: VEFB has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.314496	0.9116
Test critical values:		
1% level	-3.661661	
5% level	-2.960411	
10% level	-2.619160	

Null Hypothesis: VEFB has a unit root  
Exogenous: None  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.635428	0.0102
Test critical values:		
1% level	-2.641672	
5% level	-1.952066	
10% level	-1.610400	

الملحق 5: نتائج اختبار ديكي - فولر للسلسلة VEFB عند الفرق الأول

Null Hypothesis: D(VEFB) has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-5.454143</b>	<b>0.0001</b>
Test critical values: 1% level	-3.689194	
5% level	-2.971853	
10% level	-2.625121	

Null Hypothesis: D(VEFB) has a unit root Exogenous: None Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-4.674514</b>	<b>0.0000</b>
Test critical values: 1% level	-2.644302	
5% level	-1.952473	
10% level	-1.610211	

Null Hypothesis: D(VEFB) has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-5.343171</b>	<b>0.0009</b>
Test critical values: 1% level	-4.323979	
5% level	-3.580623	
10% level	-3.225334	

# The Impact of the Energy Transition on the Consumption of Fossil Fuel Energy in Germany

## Econometric Study for the Period 1990 - 2021

Amira Abdelhak <sup>1\*</sup>, Rafik Mezahdia <sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Abbes Laghrour khenchela Laboratoire" Institutions incubators and local development (Algeria),

[abdelhak.amira@univ-khenchela.dz](mailto:abdelhak.amira@univ-khenchela.dz) 

<sup>2</sup> University of Abbes Laghrour khenchela Laboratoire" Institutions incubators and local development (Algeria),

[mezahdiarafik@yahoo.fr](mailto:mezahdiarafik@yahoo.fr) 

*Received : 02-10-2022*

*Accepted : 29-11-2022*

### Abstract

This study aimed to measure the impact of the energy transition on the consumption of fossil fuels in Germany during the period 1990-2021. To this purpose, the Vector Autoregressive Model VAR (3) was used. The study concluded that there is an opposite and significant effect in the short term between the variables of the study (energy transition and fossil fuel consumption) That is, the greater the energy transition, the lower the consumption of fossil fuels in Germany. Thus, the study recommended the need to move towards renewable energies and get rid of energy dependence, as demonstrated by the recent Russian-Ukrainian crisis and its repercussions on the countries of the European Union, especially Germany.

### Keywords:

Fossil Fuels;  
Energy Transition;  
VAR Model;  
Germany;

**JEL Classification Codes :** D74 ; Q4 ; Q49

---

\* Corresponding author