السنة: العاشرة المجلد: 10 العدد: 01 ص ص: 174- 202
EISSN 2676-1645 ISSN 2543-375X

سياسات الانتقال الطاقوي وارتداداتها البيئية على ضوء التجربة الألمانية (2010-2022)

Energy Transition Policies and their Environmental Repercussions in Light of the German Experience (2010-2022)

كوثر حمازة*، مخبر الحكم الراشد والتنمية المستدامة في جنوب المتوسط، جامعة باجي مختار-عنابة
kawter.hamaza@univ-annaba.dz

توفيق حكيمي، جامعة باجي مختار-عنابة
toufik.hakimi@univ-annaba.dz

تاريخ الاستلام: 2024/09/05 تاريخ القبول: 2024/11/25

ملخص:

استرشادا بالتجربة الألمانية الرائدة، تعرضت هذه الورقة الى دور الانتقال الطاقوي -كخيار حاسم ومستدام- في تخطي التداعيات البيئية السلبية الناجمة عن الاعتماد على الوقود الاحفوري، تمحور التساؤل الرئيسي للدراسة حول مدى فعالية السياسات التي تبنتها ألمانيا في تحقيق الأهداف البيئية والاقتصادية للانتقال الطاقوي في الفترة ما بين عامي 2010و2022، وعلى ضوء ذلك التساؤل جرى تقسيم هذه الدراسة إلى ثلاثة محاور تناول أولها مفهوم الطاقات المتجددة وأبعادها البيئية بالإضافة إلى مفهوم الانتقال الطاقوي وتجلياته، وتضمن ثانيها تحليل لتجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا، أما آخرها فحوى عوامل التميز البيئي في ألمانيا وتحديات الانتقال الطاقوي فيها.

برهنت الورقة على عمق التأثير الإيجابي لسياسات الانتقال الطاقوي في المانيا بيئيا واقتصاديا، فقد زادت حصة الطاقات المتجددة من مزيج الطاقة

* المؤلف المراسل

الكهربائية في هذا البلد من نحو 10 % في عام 2010 إلى 43 % في عام 2022، وتقلّصت انبعاثات الغازات الدفيئة بنحو 17٪، وملوثات الهواء بنحو 25٪ في نفس الفترة، كما تم اغلاق آخر ثلاث مفاعلات نووية عام 2023، ودفعت سياسات الانتقال الطاقوي بألمانيا نحو التحول الى قطب صناعي وتكنولوجي في مجالي ابتكار وانتاج مستلزمات الطاقات المتجددة.

الكلمات المفتاحية: الانتقال الطاقوي؛ الطاقات المتجددة؛ الآثار البيئية؛ الاستدامة؛ التجربة الألمانية.

Abstract:

Drawing on the pioneering German experience, this paper addresses the role of the energy transition—as a crucial and sustainable option—in overcoming the negative environmental impacts resulting from dependence on fossil fuels. The main question of the study revolves around the effectiveness of the policies adopted by Germany in achieving the environmental and economic goals of the energy transition between 2010 and 2022. In light of this question, the study is divided into three sections. The first section discusses the concepts of renewable energies and energy transition and its manifestations. The second section provides an analysis of the energy transition experience in Germany, while the last section addresses the factors that distinguish Germany's environmental performance and the challenges it faces regarding the energy transition.

The paper demonstrated the profound positive impact of energy transition policies in Germany, both environmentally and economically. The share of renewable energies in the country's electricity mix increased from about 10% in 2010 to 43% in 2022. During the same period, greenhouse gas emissions decreased by approximately 17%, and air pollutants fell by around 25%. Germany's energy transition policies have propelled the country towards becoming an industrial and technological hub in the innovation and production of renewable energy supplies.

Keywords: Energy Transition; Renewable Energies; Environmental Impacts; Sustainability; German Experience.

مقدمة:

لطالما مثّل الإفراط في الاعتماد على الوقود الأحفوري تهديدا كبيرا للنظام البيئي الكوني، فالتلوث وتغير المناخ وذ ضوب الموارد الطبيعية تعدّ كلها آثار سلبية للإفراط في ا ستخدام مصادر الطاقة غير المتجددة، وكنتيجة للإ شارات المقلقة التي التقطتها المنظمات النا شطة في مجالات البيئة وبعض الحكومات على الـ صعيد الدولي تنامى التوجه نحو البحث عن حلول مـ ستدامة تكفل التوازن بين تلبية مقتضيات النشاط الاقتصادي وحماية البيئة وتعزيز أمنها، وفي هذا الـ سياق تبلور مفهوم الانتقال الطاقوي كت صور نظري وكممار سة عملية يتم النظر إليها في صورة أف ضل الـ سبل الممكنة للحد من المخاطر البيئية المتفاقمة، وذلك لطبيعة مـ صادرها النظيفة والمـ ستدامة، ولدورها في التقليل من الاعتماد على مصادر الوقود الاحفوري وتخفيض مستوى المخاطر النووية ومن ثم في تخفيف الضغط على البيئة.

من ضمن تجارب دولية عديدة، ا ضطلعت ألمانيا الاتحادية بالجهود الأكثر بروزا في إطار تنفيذ سيا سة متكاملة للانتقال الطاقوي، فرغم كونها واحدة من أكثر الدول المـ صنعة في العالم وما يعنيه ذلك بـ شأن احتياجاتها الطاقوية الهائلة لإدارة آلتها الـ صناعية، إلا أن سيا سة الانتقال الطاقوي في هذا البلد قد قطعت أ شواطا كبيرة نحو الاعتماد أ ساسا على البدائل الطاقوية النظيفة نهاية العقد الحالي، وقد شمل ذلك تقديم تـ ضحيات كبيرة كان على رأ سها التخلي نهائيا عن الطا قة الـ ذرية عام 2023 وهي التي كا نت تؤمّن نحو ثلث إنتاج الطاقة في ألمانيا منتصف التسعينيات، انطلاقا من ذلك تتطلع هذه المقالة لمعالجة التساؤل التالي:

تأسيسا على الزخم النظري الذي يسند الدور الإيجابي للطاقات المتجددة في تخفيف الـ ضغوط عن البيئة، فما ما مدى نجاعة سيا سات الانتقال الطاقوي في المواءمة بين الأهداف البيئية والأهداف الاقتصادية على ضوء حالة ألمانيا 2010-2022 ؟

وبافتراض ريادية تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا، ومن ثم نجاح سيا ستها الطاقوية الجديدة في الموازنة بين المقتضيات البيئية والمتطلبات الاقتصادية، جرى تقسيم هذه المقالة إلى ثلاثة أجزاء، تعرض القسم الأول منها الى تحديد المفاهيم

الأساسية للدراسة، ووقف القسم الثاني على معالم سياسة الانتقال الطاقوي في ألمانيا في الفترة ما بين عامي 2010 و 2022، أما القسم الثالث من هذا المقال فسوف يستعرض تقييما لتجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا.

أولا: الطاقات المتجددة والانتقال الطاقوي: المفاهيم والبناء النظري:

في العقدين الأخيرين بشكل خاص، يتم النظر على نطاق واسع إلى عملية التحول نحو الطاقات المتجددة باعتبارها خطوة ضرورية وحاسمة باتجاه إرساء الأمن الطاقوي وضمان التنمية المستدامة من جهة، وكقوة دافعة باتجاه المزيد من الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي والبيئي من جهة ثانية.

1. في مفهوم الطاقات المتجددة وأبعاده البيئية:

يرتبط مفهوم الطاقة بالجهد المطلوب للقيام بعمل ما سواء كان فكري أو عضلي، وعلى هذا الأساس تطورت مصادر الطاقة مع تطور وسائل العمل التي اخترعها الإنسان لتلبية احتياجاته، ففي البداية استخدم الإنسان جهده العضلي لإنجاز متطلباته اليومية، ثمّ استغل الطاقة الحيوانية، إلى أن توصّل إلى الاعتماد على المصادر الطبيعية كالرياح في تحريك السفن والفحم في ادارة المحرك البخاري، وبعدها اكتشف النفط والغاز الطبيعي وغيرها من المصادر التي صنفت إلى مصادر ناضبة وأخرى متجددة(طالبي وساحل، 2008، ص203).

والطاقات المتجددة وفق تعريف وكالة الطاقة الدولية IEA هي تلك الطاقة الناجمة "التي تتشكل من مصادر الطاقة الناتجة من مسارات الطبيعة التلقائية، كأشعة الشمس والرياح والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها" (عياد وآخرون، 2008)، وبتعريف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC "هي الطاقة التي يتم الحصول عليها من تيارات الطاقة المستمرة الموجودة في الطبيعة، وتضم التكنولوجيات غير المنتجة للكربون كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الحرارية الجوفية، فضلا عن التكنولوجيات غير المؤثرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مثل الكتلة الحيوية"(الشيمي، 2015، ص.19).

وعلى نحو ما أشير اليه أعلاه، يعتبر تحديد معنى الطاقات المتجددة أمرا بسيطا نسبيا ولا يخرج عن حيّز الطاقات المستمدة من الموارد الطبيعية المتجددة

وغير المر شحة للذ ضوب بمرور الزمن، وي ضعها ذلك في تعارض مع ما هو عليه الحال في الطاقات غير المتجددة كالفحم والنفط والغاز، وتتوزع أنواع الطاقات المتجددة بحسب مصدرها على الفئات التالية:

أ. الطاقة الشمسية : هي نوع من الطاقات المتجددة مستمدة من الشمس، بدأ ا ستغلالها أواخر خمسينيات القرن الما ضي في تشغيل الأقمار الصناعية في الفضاء، تبلغ كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض نحو ضعف كمية الطاقة المنتجة من جميع مصادر الطاقة الأخرى في العالم(الشيمي، ص19)، وتتنوع الاستخدامات الحالية للطاقة الشمسية من مصدر مبا شر لتوليد الطاقة عبر المجمعات الشمسية والمرايا العاكسة والخلايا الفوتوفولتية *photovoltaic cells* دون تحويلها الى نوع آخر من الطاقة، إلى مصدر غير مباشر بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية تستخدم بدورها لإعادة إنتاج الكهرباء عبر نظم معينة لتوليدها من المحطات الشمسية الحرارية او من البحيرات المالحة "البرك الشمسية" (غانية، 2016، ص85).

ب. طاقة الرياح: هي طاقة متجددة مصدرها حركة الرياح، تُعتبر شكل غير مباشر من الطاقة الشمسية، حيث تنشأ الرياح من خلال التسخين التفا ضلي لسطح الأرض عن طريق الشمس (Herbert et al, 2007, p.1117)، ويُنتج ذلك تغيّرات في الضغط الجوي تدفع بالهواء إلى التحرك من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط المنخفض، وقد استخدم الإنسان طاقة الرياح منذ القدم في تحريك السفن الشراعية، وإدارة طواحين الهواء، واستخراج مياه الآبار، ويجري اليوم تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية لإنتاج الكهرباء با ستخدام توربينات الرياح (دين وزرواط، 2018، ص74).

ت. الطاقة المائية: هي الطاقة المستمدة من تدفقات مياه الشلالات وتلاطم الأمواج في البحار وحركات المد والجزر، كما تُحصّل أيضا من فارق درجات الحرارة بين الطبقتين العليا والسفلى من الماء والتي قد تتجاوز الـ10٪، يمكن تحويل الطاقة المائية الى طاقة كهربائية بسهولة و من ثم نقلها وتوزيعها (بن لخضر ويوسف، 2018، ص.222-223).

ث. طاقة الكتلة الحيوية: هي الطاقة الناتجة عن الكتلة العضوية للكائنات الحية الحديثة نباتية كانت أو حيوانية أو نواتجها الأيضية كسماد الأبقار... تستخدم الكتلة الحيوية في الطبخ والتسخين مباشرة أو في إنتاج الكهرباء عن طريق تحويلها إلى حرارة بالحرق المباشر، كما تُحول إلى غاز يتم استخدامه بصورة حرارية مباشرة أو في إنتاج الكهرباء (مندور وآخرون، 2018، ص.373).

ج. طاقة الحرارة الجوفية: تسمى كذلك بالطاقة الحرارية الأرضية، وتتواجد في أعماق الأرض على شكل مخزون من المياه الساخنة أو البخار والصخور الحارة (Igwe, 2021, p.655)، تظل درجة الاعتماد على هذه الموارد ضعيفة حتى الآن وهي مرهونة بالتطورات التكنولوجية التي ستجرى في المستقبل، تستغل هذه الطاقات في إنتاج الكهرباء بالإضافة إلى استغلالها في مجالات أخرى كالتدفئة المركزية والاستخدامات المرتبطة بالزراعة والصناعة والطب والسياحة (طالي وساحل، ص.204).

من الناحية النظرية، تعد الطاقات المتجدّدة خيارا مثاليا لحماية البيئة وتنمية الموارد الطبيعية بدل استنزافها، وبشكل عام، يمكن اجمال أهميتها على الصعيد البيئي في الخصائص التالية (غانية وآخرون، 2018، ص228/مندور وآخرون، ص.370/ بن فريحة والساعد، 2020، ص.16):

أ. الاستدامة: إن مصادر الطاقات المتجددة هي مصادر مستدامة وغير نضبة لأن الطبيعة تعيد تجديدها على عكس مصادر الطاقات غير المتجددة، فاستغلال مصادر الطاقات المتجددة لا يتضمن هدرا للعناصر البيئية ما يعني المحافظة على نصيب الأجيال القادمة من تلك الموارد.

ب. النظافة: توصف الطاقات المتجددة بالنظيفة لكونها غير مضرة بالبيئة، ويوفّر الاعتماد عليها مكاسب مالية كبيرة للدول كانت ستوجه لمعالجة الآثار الخارجية السلبية على المحيط مثلما ما هو الحال في الطاقات التقليدية.

ت. آمنة بيئيا: تؤدي الطاقات المتجددة دورا هاما في تعزيز الأمن البيئي لكونها لا تنتج أية مخلفات مضرة بالبيئة، والاعتماد عليها يقلّل من آثار التغيّر المناخي وتلوث الهواء والاحترار والأمطار الحمضية...

بعبارات موجزة، للطاقات المتجددة أهمية بالغة في حماية البيئة بفضل قدرتها على تقليل الانبعاثات الضارة وتحسين جودة الهواء والحفاظ على الموارد الطبيعية، فمن خلال استبدال الوقود الأحفوري بالطاقات المستمدة من الشمس والرياح والماء يمكن تقليص نسب التلوث بما يعود بالإيجاب على صحة الإنسان والنظم البيئية ويحدّ من منحى التغير المناخي المتصاعد، ويقود في نهاية المطاف الى بلوغ الأمن البيئي وتحقيق التنمية المستدامة.

2. في معنى الانتقال الطاقوي وتجلياته:

ظهر مفهوم الانتقال الطاقوي *Energy Transition* سنة 1980 في ألمانيا والنمسا على شكل مقترحات وتوقعات وضعها معهد "أوكو" من أجل ايجاد بديل للنفط (طحطوح و سعيداني، 2019، ص.148)، واستخدم المفهوم للإشارة إلى الانتقال من نظام الموارد غير المتجددة إلى مزيج الطاقة القائم أساسا على الموارد المتجددة، بمعنى تطوير بدائل للوقود الأحفوري لحماية البيئة وللحفاظ على نصيب الأجيال اللاحقة منها (بن عبو وطيب، 2018، ص.38)، وعلى هذا النحو، لا يقتضي الانتقال الطاقوي إحلال الطاقات المتجددة مكان الطاقات الاحفورية في جميع المجالات، بل يعني الرفع من نسبة استخدامها لإقامة نظام طاقوي أكثر استدامة وأمانا بيئيا.

ينطوي الانتقال الطاقوي على تحول أساسي في الطريقة التي يتم من خلالها إنتاج وتوزيع واستهلاك الطاقة، فزيادة على تحول قطاع الطاقة إلى مصادر الطاقة المتجددة، تمثّل زيادة الاعتماد على الكهرباء في السيارات ووسائل النقل والتدفئة، وتحسين عمليات تخزين الكهرباء باستخدام بطاريات الليثيوم، وتطبيق تكنولوجيات الطاقة المناسبة لكل بلد للوصول إلى انبعاثات صفرية صافية معالم رئيسية للتحول في مجال الطاقة.

يحتاج نجاح الانتقال الطاقوي إلى حزمة من المقومات السياسية والاقتصادية والتكنولوجية والقانونية، ففي المقام الأول، يتطلب الأمر وجود إرادة سياسية حقيقية لدى القادة السياسيين لاستبدال الطاقات التقليدية الناضبة بالطاقات

المتجددة الـ صديقة للبيئة مع ما يقتـ ضيه ذلك من توفير الـ سيولة المالية اللازمة لعملـ ية التحول (فوزي وبلـ بال، 2015، ص.7)، ويتعين أيـ ضا وـ ضع الأطر القانونية الـ ضرورية لإقامة الـ شراكات في مجال الطاقات المتجددة وتحفيز الأبحاث العلمية المرافقة لعملية الانتقال، والمـ ساعدة على تطوير تكنولوجيات الطاقات المتجددة(يبو، 2021، ص.245)،

يُجـ سّد الانتقال الطاقوي خارطة طريق لإقامة نظام طاقوي ناجح، ويتحقق ذلك عند بروز السمات والخصائص التالية:

أ. الاـ ستخدام النموذجي للطـ اقة: ويتجلى ذلك عبر تقلص مـ ستويات اـ ستهلاك الطاقة في الحياة اليومية، ومن ذلك تطوير تقنيات العزل في البناء لخفض تكاليف التدفئة والتكييف، وتطوير وـ سائل النقل التي تتوافق مع متطلبات الاـ ستدامة، وفرض مزيد من الـ ضرائب في حالات الاـ ستهلاك المفرط للطاقة من قبل الأفراد والمؤـ سـ سات (شباط، 2024، ص.248).

ب. تحول الانتـ قال الـ طاقوي الى محرك رئيـ سي لعملـ ية التنمـ ية: تدفع الـ سياـ سة الطاقوية المنتهجة والتـ شريعات بالـ شركات الكبرى الى الدخول في منافـ سة اقتـ صادية وتكنولوجية في سياق إنتاج واـ ستخدام الموارد الطاقوية المتجددة (فوزي وبلبال، ص.8).

ت. وجود مخطط اـ ستراتيجي للانتقال الطاقوي: تحدث عملية الانتقال الـ طاقوي وفق خـ طة متـ كاملة تنخرط في إعداد ها وتنفيذ ها جميع الجهات المعنية بمجال الطاقة، ومع وجود مؤـ شرات واـ ضحة على بلوغ الأهداف المسطّرة من تحقيق للاحتياجات الطاقوية للأجيال الحالية والمـ ستقبلية ودون الاخلال بالتوازنات البيئية (بن عبو وطيب، ص.39)، فالتخطيط هو عملية ضرورية لضمان نجاح التحول الطاقوي وتجنب العقبات التي قد تواجه هذا المـ سار وللبحث عن حلول منا ـ سبة لها، كما يساعد على استخدام الموارد المتاحة بكفاءة وتحقيق أقصى اـ ستفادة منها، لذلك يجب أن يُشارك جميع أ صحاب المـ صلحة في هذه العملية بما في ذلك الحكومات والقطاع الخاص والمجتمع المدني.

ثانيا: تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا 2010-2022

تعدّ ألمانيا موطنا لأحد أنجح نماذج الانتقال الطاقوي في العالم، وقد أسهمت حزمة من العوامل السياسية والاجتماعية والتاريخية في تبلور استراتيجية حقيقية للتخلص من مصادر الطاقات غير المتجددة والمخاطر النووية، ففي ألمانيا، يُعبِّر مصطلح الانتقال الطاقوي *Energiewende* عن إعادة هيكلة نظام التزويد بالطاقة من الاستغناء عن الفحم والنفط والغاز والطاقة النووية، إلى التوجه نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة بشكل كلي في آفاق عام 2050 (عباس وبن عويدة، 2019، ص. 377).

1. **سياسات الانتقال الطاقوي في ألمانيا:**

تُجسِّد سياسة الانتقال الطاقوي في ألمانيا نمط استجابة القيادات السياسية في هذا البلد على مدى عقود من الزمن لجملة من التحديات الداخلية والخارجية، وتبرز في هذا الشأن مسألة ارتفاع أسعار البترول سيّما بعد تداعيات الصدمة النفطية لعام 1973 السياسية والاقتصادية (غانية وآخرون، ص.227)، وتفاقم المخاطر النووية (تشيرنوبيل 1986، فوكوشيما 2011)، ناهيك عن وزيادة الطلب على الطاقة الكهربائية، وتنامي المشكلات البيئية، والحاجة الى تأمين الطاقة.

وتستهدف استراتيجية الانتقال الطاقوي في ألمانيا خلق نظام طاقوي آمن بيئيا وفعال بحلول عام 2050، وتعمل في نفس الوقت على ضمان قدرة هذا النظام على تأمين النمو الاقتصادي على المدى البعيد (بغداد وبن رحو، 2021، ص.53)، كما تهدف الاستراتيجية إلى تطوير حصة استهلاك البلد لمصادر الطاقة المتجددة والتخلي تدريجيا عن مصادر الطاقة التقليدية، والعمل على تعزيز ريادية الصناعة الألمانية في مجال تقنيات الطاقات المتجددة ودعم الابتكار والتطوير فيه (تكواشت وغزازي، 2020، ص.88).

في هذا الإطار، اعتمدت ألمانيا في سبتمبر 2010 خطة جديدة تحت مسمى *"Energy Concept 2050"*، تضمنت برنامج عمل طاقوي على المدى البعيد ينقسم الى تسعة عناصر وهي: الطاقات المتجددة؛ تحسين كفاءة الطاقة؛ التخلص التدريجي من الطاقة النووية ومحطات الطاقة التي تشتغل بالوقود الأحفوري؛ تطوير بنية تحتية للطاقة الذكية؛ كفاءة استخدام الطاقة في المباني

وتـ صميم المباني الجديدة وفقا لمعايير كفاءة الطاقة؛ النقل؛ التقنيات الجديدة للبحث في الطاقة؛ توفير الطاقة أوروبيا ودوليا؛ والقبول والـ شفافية (Federal Ministry of Economics & Technology, 2010, p.03) .

الجدول رقم1: أهداف استراتيجية الطاقة 2050

أهداف الاستراتيجية	2030	2040	2050
التقليل من غازات الاحتباس الحراري (%) مقارنة مع سنة 1990	55	70	95-80
زيادة حصـة اسـتهلاك الطاقات المتجددة من الاستهلاك النهائي للطاقة (%)	30	45	60
الكهربـاء المولـدة من مصـــادر الطـاقـات المتجددة من اجمالي الاستهلاك الكلي (%)	50	65	80
تخفيض اســتهلاك الطاقة الاولية مقارنة مع سنة 2008 (%)	-	-	50
في قطاع النقل تخفيض اســتهلاك الطاقة النهائي مقارنة مع سنة 2005 (%)	-	-	40
تخفيض استهلاك الكهرباء (%)	-	-	25

المصدر: (بتصرف).Federal Ministry of Economics and Technology, pp 5-6

على النحو الذي يظهره الجدول تعبرا ستراتيجية الطاقة 2050 عن التزام الحكومة الألمانية بمكافحة تغير المناخ وحماية البيئة وتحقيق الا ستدامة البيئية والطاقوية على المدى البعيد، وذلك من خلال زيادة حـ صة ا ستهلاك الطاقات النظيفة الـ صديقة للبيئة، ومن هنا يمكن النظر إلى الا ستراتيجية باعتبارها خارطة طريق ألمانيا لتحقيق اقتـ صاد خال من انبعاثات الكربون بحلول عام 2050، وترتكز استراتيجيتها في الانتقال الطاقوي الى الركائز التالية (عباس وبن عويدة، ص.378):

- إعادة هيكلة محطات الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري وتـ شغيلها بمصادر طاقة أكثر استدامة؛
- التو سع في ا ستخدام مـ صادر الطاقة المتجددة وإعادة دمجها في نظام الطاقة المعتمد؛
- اعتبار طاقة الرياح كمصدر أساسي للطاقة؛

- تحسين الشبكات الذكية والبنى التحتية الأخرى، مع التركيز على تطوير المباني الموفرة للطاقة؛
- الالتزام بالمبادرات الأوروبية لتعزيز كفاءة الطاقة.

تعكس مضامين العناصر السابقة التزام ألمانيا بتحقيق نظام طاقة مستدام يُدعم الاستدامة البيئية والاقتصادية على المدى البعيد، كما تعكس حاجة ألمانيا المتزايدة للطاقة ولضمان مستقبل طاقوي نظيف وآمن.

2. مقومات تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا:

من الناحية العملية، تستند تجربة ألمانيا في الانتقال الطاقوي إلى عاملين رئيسيين هما مقدرات الطاقة المتجددة في البلد، وطبيعة ومستويات استخداماتها.

أ. مصادر الطاقات المتجددة في ألمانيا:

رغم صغر مساحتها نسبيا، وطبيعة مناخها الممطر والبارد في شمال أوربا، تزخر ألمانيا بمقومات معتبرة في مجال الطاقات المتجددة، سيّما منها طاقتي الشمس والرياح وطاقة المياه الجوفية.

- الطاقة الشمسية: على الرغم من تساقط الأمطار في ألمانيا على طول السنة وتغطية السحب للسماء نحو ثلثي النهار، إلا أن ألمانيا أصبحت واحدة من أكبر الدول المنتجة للطاقة الكهربائية من ضوء الشمس، بالإضافة إلى بروز قطاع صناعي جديد يتمثل في صناعة تقنيات الطاقة الشمسية، والذي حقق معدلات نمو هائلة، كما ساعد الأسر الألمانية على تأمين احتياجاتها من الطاقة من خلال المجمعات الشمسية والخلايا الكهروضوئية (بودرجة، 2017، ص.614-615)، فضلا عن مساهمته في زيادة فرص العمل في البلاد حيث بلغ عدد العاملين في هذا القطاع سنة 2022 نحو 84 ألف عامل (AGEE-Stat, 2024) .
- طاقة الرياح: تستحوذ ألمانيا على واحدة من أكبر مزارع الرياح البرية والبحرية في العالم، في سنة 2018 صُنِّفت مزرعة الرياح البحرية الألمانية *Gode I and II* كرابع أكبر مزرعة رياح بحرية في العالم، ويشهد الاستثمار في هذه الطاقة من قبل الشركات الكبرى (ريباور، سيمنس، فيستاس...) نموا مطردا بفضل التحفيز الذي تُمثِّله قوة الرياح

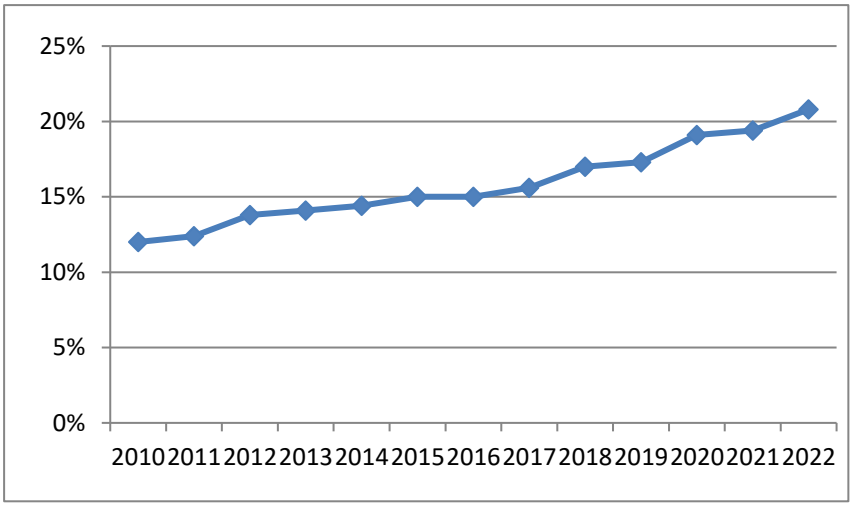
على سواحل البلاد (ا سطمبولي و سلاوتي، 2020، ص.40-41)، ويستقطب هذا القطاع الطاقوي نحو 124 ألف عامل حسب بيانات عام 2022 (AGEE-Stat).

- طاقة الكتلة الحيوية: تمتلك ألمانيا نحو 17 مليون هكتار من المساحات الزراعية، يُخصّص منها نحو 12 مليون هكتار للمحاصيل الزراعية و5 ملايين هكتار للمراعي، كما تحوز على ما يقرب من 11 مليون هكتار من الغابات يستخدم ربع أخشابها في توليد الطاقة، بالإضافة إلى اعتمادها على الغاز الحيوي والزيوت النباتية في توليد الطاقة (بوعزارة وآخرون، ص.275) ، في عام 2022 استقطب هذا القطاع نحو 55 ألف عامل(AGEE-Stat).
- الطاقة الجوفية: تتمتع ألمانيا بإمكانات واسعة في مجال الطاقة الجوفية، فعند عمق 100 متر تصل درجة الحرارة إلى 10 درجة مئوية، وتزداد بمقدار ثلاث درجة مئوية لكل 100 متر إضافي، ومن المعلوم أن 90 درجة مئوية تُعد كافية لإنتاج الطاقة الكهربائية(AGEE-Stat)، وبفضل تقنيات الحفر الحديثة المستخدمة في دورنهار يتوقع الخبراء زيادة كبيرة في استغلال هذا المصدر في ألمانيا، حيث بدأت أول محطة للطاقة الجوفية في منطقة لانداو بالعمل في إنتاج التدفئة دون أي انبعاثات غازية، ووفقا لوزارة البيئة الألمانية، توجد خطط جاهزة لبناء حوالي 150 محطة طاقة تعتمد على الطاقة الجوفية (عياد وآخرون)، ويعتبر قطاع الطاقة الجوفية ثاني أكبر قطاع طاقوي استقطابا للعمال في سنة 2022 بنحو 117 ألف عامل عام 2022 (AGEE-Stat).

وفي المحصّلة، تشهد ألمانيا منحى تصاعديا في حصص الطاقات المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة، ففي عام 2010 كانت نسبة الطاقات المتجددة تشكل حوالي 12% من الاستهلاك النهائي للطاقة، واستمرت في التطور على مر السنوات لتصل إلى نسبة 20.8 % في سنة 2022، هذا النمو يعكس الجهود المستمرة للحكومة الألمانية في تعزيز الانتقال نحو مصادر الطاقة

النظيفة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ضمن ا ستراتيجية طويلة الأمد تهدف إلى تحقيق الاستدامة البيئية وتقليل الانبعاثات الكربونية .

الشكل رقم 01: حصة الطاقات المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة النهائي في ألمانيا (2010-2022)



المصدر: (Umwelt Bundesamt, 2 apr. 2024)

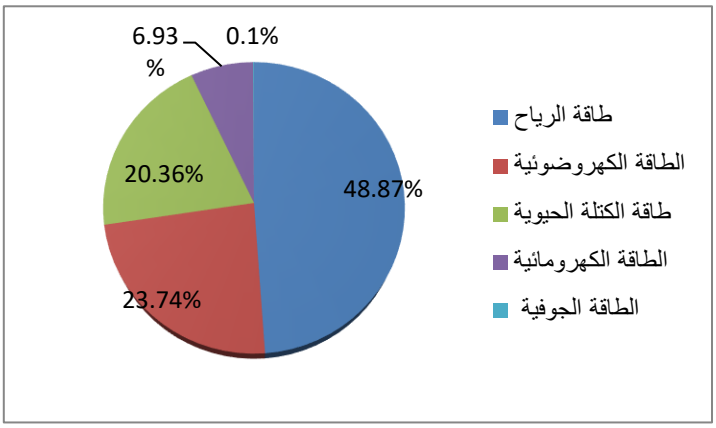
ب- **معالم توظيف الطاقات المتجددة في ألمانيا**:

تتوزع استخدامات الطاقات المتجددة في ألمانيا في الأشكال التالية:

- توليد الكهرباء: يمثل إنتاج الكهرباء أكثر مظاهر استخدام الطاقات المتجددة في ألمانيا، فحسب إحصائيات سنة 2022 تقدر نسبة توليد الكهرباء من مصادر الطاقات المتجددة بنحو 44.1%، أما 55.9% المتبقية فهي موزعة على مصادر متنوعة من اللجنيت 20.1%، والفحم الصلب 11.2%، الطاقة النووية 6%، الغاز الطبيعي 13.7%، منتجات الزيوت المعدنية 1%، نفايات المنازل 1%، و4.1 % من مصادر أخرى(Statistisches Bundesamt, 2024)..

عرف إنتاج الكهرباء من مـ صادر الطاقات المتجددة تطورا ملحوظا في ألمانيا حيث قفز من 10% في سنة 2010 إلى 43 % في عام 2022، يُظهر هذا التطور الجهود المبذولة من طرف الدولة لتعزيز انتاج الكهرباء من مـ صادر الطاقات المتجددة وسياساتها الداعمة للطاقة النظيفة، وذلك للحفاظ على البيئة والحد من الانبعاثات الكربونية التي تتـ سبب فيها مـ صادر الطاقات الأحفورية وغير الصديقة مع البيئة، وتحتل ألمانيا المرتبة الـ 16. إقليميا والـ 61. عالميا في إنتاجها للكهرباء من مـ صادر الطاقات المتجددة، والـ شكل الموالي يبين توزيع مصادر توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة في ألمانيا لعام 2022.

الشكل رقم (2): توزيع مصادر توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة في ألمانيا لعام 2022



المصدر:(Umwelt bundesamt)

من الـ شكل أعلاه تبرز طاقة الرياح في ريادة مـ صادر توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة بنحو 48.87 % وذلك بفـ ضل موقع ألمانيا الجغرافي المتميز الذي يتمتع برياح قوية، بالإ ضافة إلى التكنولوجيا المتطورة التي تمتلكها في تطوير توربينات رياح أكثر كفاءة، تليها الطاقة الكهروضوئية بنسبة 23.74 % وهذا ما يعكس التوجه المتزايد نحو الا ستفادة من الطاقة الـ شمـ سية في المنازل والمباني التجارية...، ثم طاقة الكتلة الحيوية بنسبة 20.36 %، فالطاقة الكهرومائية بنسبة 6.93 %، والطاقة الجوفية بنسبة 0.1% .

- توليد الحرارة: لم يشهد توليد الحرارة من الطاقات المتجددة تطورا كبيرا في ألمانيا في السنوات الأخيرة، وتظل حصص الطاقات المتجددة في قطاع التدفئة أقل ديناميكية في تطورها مقارنة بقطاع الكهرباء، حيث قُدرت في عام 2010 ب166.2 تيراواط / ساعة، وارتفعت بمقدار 36.8 تيراواط / ساعة في عام 2022 لتصل إلى 203.3 تيراواط/ ساعة، إذ يمكن إرجاع هذا البطء في التطور إلى تقنيات التدفئة المتجددة التي غالبا ما تكون أكثر تكلفة من تقنيات توليد الكهرباء المتجددة(Umwelt Bundesamt).

أما بالنسبة لمصادر الطاقات المتجددة الأكثر استخداما في قطاع التدفئة في ألمانيا، فتشكل الكتلة الحيوية خاصة الصلبة منها الحصة الأكبر في توفير الحرارة من سنة 2010 إلى سنة 2022، حيث قُدرت حصص الطاقات المتجددة في هذا القطاع ب 151.25 تيراواط/ساعة للكتلة الحيوية، و5 تيراواط/ساعة للطاقة الشمسية و9.95 تيراواط/ ساعة للطاقة الجوفية، وتطورت هذه الحصص من الطاقات المتجددة في سنة 2022 لتصبح 173.3 للكتلة الحيوية، و9.35 للطاقة الشمسية و22.25 للطاقة الجوفية(Umwelt Bundesamt).

- النقل: قطاع النقل في ألمانيا هو الأقل اعتمادا على مصادر الطاقات المتجددة، بما في ذلك استخدام الكهرباء من الطاقة المتجددة في النقل بالسكك الحديدية والطرق البرية، وعلى الرغم من التطور الملحوظ في توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة إلا أنها لازالت تساهم بنسب قليلة من إجمالي استخدام الطاقات المتجددة في قطاع النقل، والتي بلغت بالكاد 41.2 تيراواط/ ساعة عام 2022، بينما يشكّل الوقود الحيوي (سيّما البيو-ديزل) نحو 35.2 تيراواط ساعة(عبد الحق ومزاهدية، ص.367)..

بشكل عام، أسهمت جملة من العوامل الطبيعية والبشرية والاقتصادية في توفير دعائم قوية لنجاح تجربة ألمانيا في مجال الاعتماد على الطاقات المتجددة، ويُجسد اليوم قطاع توليد الكهرباء أبرز معالم نجاح السياسات الحكومية الداعمة والمشجعة على الاستثمار في الطاقات المتجددة، بالإضافة إلى تطور صناعة الطاقات المتجددة بها، هذا فضلا عن الوعي البيئي الذي يتمتع به الشعب الألماني ودفعه إلى تبني الحلول المستدامة مثل الطاقات المتجددة.

ثالثا: في تقويم تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا وارتداداتها البيئية:

سبقت الإشارة إلى ريادية تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا قياسا بوضعها في الدول الصناعية الكبرى، وفي القسم الأخير من هذا المقال سوف نقف على العوامل التي أسهمت في نجاح تلك التجربة في تخطي القيود التي اعترضتها، وعلى التحديات التي مازالت تواجه مسار الانتقال الطاقوي في البلد.

1. **عوامل التميز البيئي لتجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا:**

تعزى النجاحات التي حققتها ألمانيا في مجال الاعتماد على مصادر الطاقات المتجددة إلى حزمة من العوامل المتنوعة يأتي في مقدمتها السياسة الطاقوية المنتهجة.

أ. السياسات الحكومية الداعمة للطاقات المتجددة:

وضعت الحكومة الألمانية العديد من السياسات والاستراتيجيات لدعم الانتقال الطاقوي، ففي مجال تحفيز الاستثمار في الطاقات المتجددة، تدعِّم ألمانيا مشاريع الطاقات المتجددة بتقديم إعانات في حدود 50٪ من إجمالي تكاليف المشروع، وتزيد هذه الإعانات بالنسبة للمشاريع التعاونية والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة، حيث تُنفق ألمانيا حوالي أربعة ملايير أورو كمنح لمشاريع الطاقات المتجددة في العام الذي يتم فيه منح الدعم (ميرة وميسي).

وفي مجال السياسات البيئية المساندة للانتقال الطاقوي اعتمدت ألمانيا على مجموعة من التدابير البيئية الناجحة، كان على رأسها رفع الضريبة على الوقود؛ تقديم دعم مالي للمواطنين الذين قاموا بتحويل أنظمة التدفئة القائمة على الوقود الأحفوري إلى أنظمة تدفئة تعتمد على الطاقة الشمسية أو الطاقة الجوفية، كما ألزمت السلطات الألمانية أصحاب المباني السكنية بتركيب أنظمة الطاقة الشمسية، ناهيك عن تشجيع التشجير وحماية الغابات و ألزام المواطنين بفصل النفايات إلى فئات محددة مثل النفايات العضوية والورقية والزجاجية والبلاستيكية، وقد ساهمت هذه السياسة في تحويل بعض أنواع النفايات المطبخية والبلاستيكية إلى مصادر للطاقة (ميرة وميسي).

وعلى صعيد التشريع، تبنّت ألمانيا قانون مصادر الطاقة المتجددة (EEG) عمليا في شهر أفريل عام 2000 بهدف تنظيم استخدام ودعم الطاقة الكهربائية المولدة من مصادر الطاقات المتجددة فقط، كما نصّ هذا القانون على ضمان حد أدنى من الأسعار التي يتعيّن على الشركات التي تنقل وتُسوق الكهرباء دفعه لمنتج الطاقة الكهربائية، وتُقسم التكاليف بين القطاع المنزلي والشركات، ويستهدف هذا التشريع مواجهة التغيرات المناخية والتقليل من الاعتماد على الوقود الأحفوري (طالبي وساحل، ص.207) .

عُدل قانون مصادر الطاقة المتجددة عدة مرات، كانت المرة الاولى عام 2004 لتعزيز هدف زيادة حصة الطاقة المتجددة في استهلاك الكهرباء بنسبة 12٪ في سنة 2010 و20٪ في سنة 2020، بالإضافة إلى تعديل عام 2009 الذي دعا إلى الحد من الطلب في القطاع الضوئي، وتعديل عام 2012 الذي ركز على الزيادة في حصة الطاقات المتجددة من إجمالي امدادات الطاقة بنسبة 35٪ في عام 2020، و50٪ في آفاق عام 2030، و65٪ بحلول عام 2040، و80٪ بحلول عام 2050، أما تعديل عام 2014 فكان الغرض منه دمج البعد البيئي في عملية التنمية المستدامة من خلال خطة استشرافية في آفاق عام 2050 (كلوم وعزالدين، 2021، ص.634).

ب. التكنولوجيا المتطورة والابتكار في مجال الطاقات المتجددة:

تبنّت ألمانيا في إطار مرافقة سياسة الانتقال الطاقوي استراتيجية هامة للرّقي بالتكنولوجيا المتقدمة والابتكار في مجال الطاقات المتجددة، وفي هذا النطاق تبرز على وجه الخصوص الحوافز المقدمة في مجال تعزيز البحث العلمي المتصل بالطاقات المتجددة، ومن ذلك وجود نحو 25 تخصصا جامعيا للدراسة في مجال البحث في تقنيات الطاقات المتجددة والـ صديقة للبيئة، كما ساهم الو ضع المتقدم للـ صناعة الألمانية وقدراتها العالية في مجالات الإبداع والابتكار على إقامة أ سس قوية لازدهار الـ صناعات والتقنيات المحلية المرتبطة بمجالات الطاقات المتجددة، ومن المهم هنا الإ شارة إلى أن ا ستثمار ألمانيا في الطاقات المتجددة -خا صة طاقة الرياح والطاقة الـ شم سية- يعود بأرباح كبيرة على الدولة، فمن المتوقع أن يصل حجم مبيعاتها في هذا القطاع إلى مليار يورو بحلول عام 2030 (اسطنبولي وسلاوتي، ص.40).

ت. التعاون الدولي:

تشارك ألمانيا بنشاط في المبادرات الدولية لمكافحة التغيرات المناخية وحماية البيئة منذ زمن بعيد، كتوقيعها على إتفاقية الأمم المتحدة بشأن المناخ في ريو في عام 1992، وعلى بروتوكول كيوتو في سنة 1998(خلالف و قا ضي، ص.198).

انعكست المكاسب السابقة على صعيد الانتقال الطاقوي بشكل كبير على وضع المناخ وتقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المتولد من الطاقة الأحفورية، وكنتيجة لذلك، تحسنت جودة الهواء بشكل محسوس بفعل انخفاض مستويات التلوث بأنواعه، كما كان للاعتماد على الطاقات المتجددة في قطاع التدفئة والنقل والقطاع الـ صناعي دور حاسم في خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون باعتباره أكثر غازات الاحتباس الحراري خطورة، ناهيك عن مساهمة الطاقة الحيوية في حماية البيئة من مختلف أشكال التلوث من خلال ا ستخدام الخشب الذي تبقي من الأ شجار في الغابات وورشات النجارة، وبعض النفايات وبدور اللفت.

الجدول رقم (02): التغير في كمية انبعاثات الغازات الدفيئة في ألمانيا من سنة 2010 إلى سنة 2022

الغازات الدفيئة	2010 (طن)	2022 (طن)	التغيير طويل المدى من سنة 2010 إلى سنة 2022 (%)
ثاني أكسيد الكربون	991890.0	831114.1	-16.2
الميثان	61,069.2	45601.6	-25.3
أكسيد النيتروز	27,143.9	23,331.1	-14.0
الغازات المفلورة	13,688.9	9,948.0	-27.3
إجمالي الغازات الدفيئة	1,093,792.0	909994.9	-16.8

المصدر:(Statistisches Bundesamt August 2024)

وكما تبين المعطيات المشار اليها أعلاه، سجلت كمية الغازات الدفيئة بأنواعها انخفاضا محسوسا في ألمانيا في الفترة ما بين عامي 2010 و2022، وتعكس تلك النتائج فعالية السياسات الألمانية في تحسين البيئة وتعزيز الاستدامة، بدورها عرفت ملوثات الهواء الرئيسية انخفاضا مماثلا في الفترة ذاتها كما يوضح ذلك الجدول التالي.

الجدول رقم 3 : التغير في كمية ملوثات الهواء في ألمانيا من سنة 2010 إلى سنة 2022

الملوثات	2010 (طن)	2022 (طن)	التغيير من سنة 2010 إلى سنة 2022(%)
الأمونيا(NH3)	643785.9	514065.2	-20.1
أكسيد الكبريت(SOX)	545541.2	275289.8	-49.5
أكسيد النيتروجين	2,043,548.3	1,496,531.9	-26.8
الهيدروكربونات المتطايرة بدون الميثان) NMVOC)	1,398,702.4	1,058,110.4	-24.4
غبار ناعم 10 ميكرون	299053.3	233724.3	-21.8
غبار ناعم 2.5 ميكرون	184,536.4	130346.3	-29.4
أول أكسيد الكربون(CO)	3,886,746.9	2,685,325.9	-30.9

المصدر: (Statistisches Bundesamt)

استنادا إلى ما سبق، يمكن القول أن نجاح ألمانيا في سياسة الانتقال الطاقوي هو نتيجة لنهج شامل يجمع بين الوعي البيئي العالي في المجتمع الألماني والسياسات الحكومية القوية من قوانين صارمة ودعم حكومي مالي وتقني، بالإضافة إلى الاستثمار في البحث والتطوير في مجال الطاقات المتجددة والتكنولوجيا الخضراء، والتعاون الدولي الذي يشمل المبادرات العالمية لحماية البيئة ونقل الخبرات.

2. تحديات تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا:

رغم النجاحات المحققة في الانتقال الطاقوي كما يعكسها التدني في حصص المصادر الاحفورية والنووية من إنتاج الطاقة في ألمانيا، لا تزال هناك عقبات كثيرة تعيق استراتيجية الانتقال الطاقوي من الوصول الى أهدافها النهائية، وتأتي التكاليف الباهظة لعملية الانتقال ومشاكلها التقنية على رأس تلك العقبات.

أ. التحديات الاقتصادية:

يخصص مشغلو شبكة التوزيع الكهربائي في ألمانيا نحو 16 مليار يورو لدعم الطاقات المتجددة (بيانات 2011)، ويعبّر هذا الرقم عن المقدار الهائل لتكاليف الانتقال نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة (عباس وبن عويدة، ص.382)، كما تخطت تكاليف تفكيك المفاعلات والتعامل مع النفايات النووية رقما ضخما قدر بنحو 43 مليار يورو عام 2022، منها 23.3 مليار يورو مخصص لمعالجة وتخزين النفايات النووية (بوعزارة وآخرون، ص.281).

في منحى طبيعي، ينتج عن زيادة تكاليف دعم الطاقات المتجددة زيادة في أسعار الكهرباء تتحملها الأسر الألمانية، فمنذ عام 2010 أصبحت تسعيرة الكهرباء في ألمانيا من بين أعلى التسعيرات في أوروبا، ويتوقع الخبراء زيادة أكبر في الأسعار بحلول سنة 2050 قد تتخطى حاجز الـ 70% سيّما بالنسبة للصناعيين، وعلى سبيل المثال، سوف تدفع أسرة ألمانية مكونة من أربعة أشخاص نحو 210 يورو سنويا حينها مقارنة بنحو 150 يورو تدفعها حاليا (خبابة وآخرون، ص.53).

في سياق متصل، تشكل زيادة تكلفة الطاقات المتجددة تحديا آخر في وجه الانتقال الطاقوي في ألمانيا، فمنذ أكثر من عشر سنوات تدعم ألمانيا عملية التحول الطاقوي من خلال ضريبة خاصة، وتضمن الدولة لمنتجي الكهرباء من الطاقات المتجددة سعرا ثابتا لتحقيق الأرباح من استثماراتهم، وذلك لأن سعر هذه الطاقة أعلى من سعر السوق مما يستدعي دعمهم بواسطة رسوم إضافية، وبالإضافة إلى ذلك، يواجه الوضع الكثير من الاستياء في ألمانيا بسبب تزايد إنتاج الكهرباء المتجددة، والذي يؤدي إلى ارتفاع قيمة الضريبة بشكل مستمر، وعلى الرغم من أن المؤسسات الصناعية ذات الاستهلاك العالي للطاقة معفاة من هذه الضريبة، إلا أن المستهلكين يشتكون من ارتفاع الأسعار، ما دفع بالحكومة الى التفكير في فرض ضريبة بسيطة على تلك المؤسسات (خبابة وآخرون، ص.53).

ب. التحديات التقنية:

تواجه مسار الانتقال الطاقوي في ألمانيا تحديات تقنية لبعضها صلة بتحسين كفاءة ا ستخدام الطاقة، ذلك لأن الانتقال الطاقوي في ألمانيا لا يعني ا ستبدال الطاقة النووية والوقود الأحفوري بم صادر الطاقة المتجددة فح سب، بل إنه يت ضمن جوانب أخرى مهمة مثل تح سين كفاءة ا ستخدام الطاقة وتقليل ا ستهلاكها ب شكل عام، فالدرا سات الألمانية أظهرت أن تح سين كفاءة استخدام الطاقة في المحركات الكهربائية المستخدمة في الصناعة مثلا يمكن أن يقلل من ا ستهلاك الطاقة بحوالي 30 تيراواط ساعة مما يكفي لجعل العديد من محطات توليد الكهرباء غير ضرورية، وهذا ما يثبت أن تقليل استهلاك الطاقة لا يعني بالضرورة تراجع مستوى المعيشة.

وفي هذا الصدد تهدف الحكومة الألمانية إلى تقليل ا ستهلاك الطاقة بنسبة 25 % بحلول عام 2050، ويتطلب هذا الهدف إنجازات كبيرة في مجالات متعددة، لذلك هناك من ينتقد الحكومة الألمانية بأنها لا تبذل جهودا كافية لتحقيق هذا الهدف (ميرة وميسي)، فعلى الرغم من ريادتها في مجال الطاقة المتجددة إلا أنها مازالت بحاجة إلى سيا سات وإجراءات أكثر فعالية لتعزيز كفاءة الطاقة وضمان تحقيق الأهداف الطموحة للانتقال الطاقوي.

كما تواجه تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا تحدي تقني آخر له صلة بم شكلة تخزين الطاقات المتجددة، فإنتاج طواحين الرياح على سبيل المثال يتم ب شكل متقطع بح سب توفر الرياح، وقد يحدث أن تكون هناك طاقة منتجة أكثر مما يمكن ا ستهلاكه أو تخزينه في الوقت الفعلي، وهذا ما ي سبب توقفات ق سرية لطواحين الرياح لأن الـ شبكة الكهربائية قد تكون ممتلئة ولا ت ستطيع نقل الطاقة إلى أماكن أخرى ب سبب حالات الاحتقان، لذلك ت شجع الحكومة الألمانية البحث والتطوير في تكنولوجيات التخزين في مجال الطاقات المتجددة (خبابة وآخرون، ص.51).

وعلى صعيد التوزيع تواجه المانيا تحدٍّ آخر مكلف على مستوى شبكة نقل الكهرباء، فمعظم مصادر الطاقة المتجددة يتم استغلالها بالسواحل الشمالية للبلاد وتستهلك في الجنوب حيث توجد التجمعات الصناعية الكبرى، ويتطلب ذلك توفير نحو 3600 كلم من خطوط نقل الكهرباء وتحديث نحو أربعة آلاف منها بتكلفة تناهز عشرين مليار دولار، ناهيك عن الحاجة الملحة لإقامة منشآت تخزين جديدة ورفع مستوى كفاءة المنظومة الكهربائية ككل (خبابة وآخرون، ص.49).

الخاتمة:

أثير مفهوم التحول الطاقوي مع بداية الثمانينيات لاعتبارات سياسية وربحية وبيئية عديدة، فإلى جانب تداعيات الصدمة النفطية لعام 1973 سياسيا واقتصاديا، والمخاطر النووية التي تفاقمت بعد كارثة تشيرنوبيل عام 1986، مثّلت المستويات القياسية للتلوث المناخي والتدهور البيئي القوى الرئيسية الدافعة وراء تبلور مفهوم وسياسات الانتقال الطاقوي في عدد من الدول المتقدمة، وتحمل في جوهرها فكرة استبدال مصادر الطاقات الأحفورية بأخرى متجددة ونظيفة وصديقة للبيئة.

في نادي القوى الـ صناعية الكبرى في العالم، انفردت ألمانيا بتجربة رائدة ومميزة في مجال الانتقال الطاقوي وضمان الاستدامة البيئية، وقد عكفت هذه المقالة على ا ستعراض معالم سيا سة الانتقال الطاقوي في هذا البلد وتقييم مكا سبها البيئية في الفترة ما بين عامي 2010 و 2022، وبرز في هذا الإطار دور الم صادر الطبيعية، سيّما طاقتي الرياح والـ شمس، بالتوازي مع قدرات الابتكار التكنولوجي والبنية التحتية المتطورة والإرادة الـ سيا سية الم ستمرة في النجاحات المحققة حتى الآن في مجال الانتقال الطاقوي.

تعبِّر جملة من المؤ شرات الرقمية عن مكا سب جمّة حققتها تجربة الانتقال الطاقوي في أ لمانيا، فقد زادت حـ صة الطا قات المتجددة من مزيج الطا قة الكهربائية من 10 % في عام 2010 إلى 43 % في عام 2022، وتقلّ صت انبعاثات الغازات الدفيئة بنحو 17٪، وملوثات الهواء بن سبة قاربت 25٪ في نفس الفترة، وتم إغلاق آخر ثلاث مفاعلات نووية منت صف شهر أفريل من عام 2023، وتحوّلت ألمانيا، بفعل الحوافز الـ سخية التي قدمتها الحكومة، إلى قطب صناعي وتكنولوجي في مجال م ستلزمات الطاقات المتجددة، وتأمل ألمانيا، بموجب ا ستراتيجيتها في الانتقال الطاقوي، في بلوغ حـ صة الطاقات المتجددة 80٪ من مزيج الطاقة بحلول عام 2050.

بالإضافة إلى الفوائد البيئية، برهنت هذه المقالة على الدور البارز الذي لعبته الـ سيا سات الحكومية الداعمة للطاقة المتجددة سواء في زيادة الاعتماد على م صادر الطاقة المحلية، أو في تو سيع نطاق ا ستخداماتها وتعزيز تنافـ سية صناعاتها، كما يـ ستخلص من التجربة الألمانية دروس عدّة يُمكن أن تكون مرجعا للدول الأخرى في سعيها نحو الانتقال الطاقوي:

- أهمية الإرادة الـ سيا سية: يتعين، في المقام الأول، توفّر إرادة سيا سية قوية تدفع عملية الانتقال الطاقوي، كما هو الحال في ألمانيا .
- الا ستثمار في البحث والتطوير: يعد الا ستثمار الم ستمر في تطوير تقنيات الطاقة المتجددة أمرا حيويا لضمان نجاح الانتقال الطاقوي .

- توفير الحوافز الاقتصادية: حيث يُسهم تقديم حوافز مالية للمستثمرين والمواطنين في تسريع اعتماد الطاقات المتجددة .
- بناء الشراكات المتكاملة: سيّما في إطار التعاون بين القطاعين العام والخاص والمجتمع المدني لإنجاح تجربة الانتقال الطاقوي.
- التوعية المجتمعية: نشر الوعي بأهمية وفوائد الانتقال الطاقوي يعد جزءا أساسيا من نجاح أي استراتيجية انتقالية.

اختزالا، تُقدم تجربة الانتقال الطاقوي في ألمانيا نموذجا ملهما يمكن الاستفادة منه عالميا، مع ضرورة تكيف كل دولة مع ظروفها المحلية وتحدياتها الفريدة، كما يُمكن القول أن الانتقال الطاقوي هو عملية معقدة تتطلب تخطيطا شاملا، إرادة سياسية، وتعاونا دوليا لتحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية على المدى البعيد.

□

قائمة المراجع:

- باللغة العربية:

- إسماعيل، محمد الصادق. التجربة الألمانية: دراسة في عوامل النجاح السياسي والاقتصادي. القاهرة: للنشر والتوزيع، 2017 .
- آسطنبولي، اسماء وحنان سلاوتي. "الطاقة الهوائية ودورها في تحقيق التنمية المستدامة"، مجلة الاستراتيجية والتنمية، المجلد 10، عدد خاص، 2020.
- الشيمي. معتز عزت عبد الغني. "الاقتصاد الأخضر: نحو إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية لتحقيق التنمية المستدامة"، رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الاقتصاد، جامعة القاهرة، 2015
- بركات، أحمد وحسان ناصف. "أهمية ودور الطاقات المتجددة دوليا"، مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، المجلد3، العدد 2(2020) .
- بغداد، تركية وبتول بن رحو. "الاستثمار في الطاقة المتجددة بين الواقع والمأمول: دراسة تحليلية لتجربة ألمانيا، الصين والجزائر"، مجلة الاقتصاد والبيئة، المجلد 4، العدد 1(2021).
- بلكوش، عبد الرؤوف ومحمد لعريبي. "دور الإستثمار في الطاقات المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة: عرض أهم التجارب العالمية والعربية"، مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات، المجلد 7، العدد 2(2018).
- بن عبو، سنوسي وسعيدة طيب. "إستراتيجية التحول الطاقوي وفق برنامج الطاقات المتجددة 2030"، مجلة مدارات سياسية، المجلد 2، العدد 7(2018) .
- بن فريحة، نجاة ورضوان انساعد. " مساهمة الطاقات المتجددة في تزويد العالم بالطاقة ودعمها للتنمية: دراسة تحليلية لمصادر الطاقة المتجددة في العالم والجزائر"، مجلة دفاتر اقتصادية، المجلد 11، العدد 1(2020).
- بن لخضر، عيسى وافتخار يوسف. "واقع الطاقات المتجددة في الجزائر وآفاقها المستقبلية: دراسة تقييمية"، مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، المجلد3، العدد2(2018).
- بودرجة، رمزي." الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة : تجربة ألمانيا أنموذجا"، مجلة ميلاف للبحوث والدراسات، المجلد 1، العدد 5(2017) .
- بوعزارة، أحلام. فتيحة بكطاش وصبرينة لحمر. "تشخيص التجربة الألمانية في مجال صناعة الطاقة الشمسية"، مجلة الاستراتيجية والتنمية، المجلد 10 (2020).

- تكواشت، عماد وعماد غزازي. "سياسات التحول نحو الطاقة المتجددة: دراسة تحليلية لتجربتي ألمانيا والصين"، مجلة الإبداع، المجلد 10، العدد 01(2020).
- خبابة، عبد الله. صهيب خبابة وأحمد كعرار. "تطوير الطاقات المتجددة بين الأهداف الطموحة وتحديات التنفيذ: دراسة حالة برنامج التحول الطاقوي لألمانيا"، مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، المجلد 6، العدد10(2013) .
- خلالف، عايدة وبلقاسم بلقاضي. "الطاقة المتجددة في ألمانيا كمرحلة ما بعد الطاقة الأحفورية والنووية من أجل تحقيق التنمية المستدامة"، مجلة التنمية والاستشراف للبحوث والدراسات، المجلد 6، العدد2(2021).
- دين، مختارية وفاطمة الزهراء زرواط. "الاستثمار في الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة بالجزائر: دراسة مشروع المحطة النموذجية بالطاقة الشمسية بحقل بئر ربع شمال –ورقلة، مجلة البديل الاقتصادي، المجلد 5، العدد1(2018).
- شباط، عبد النور. "التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة : رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي"، مجلة أكاديميا للدراسات السياسية"، المجلد 7، العدد1(2024) .
- طالبي، محمد و محمد ساحل. "أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة : عرض تجربة ألمانيا"، مجلة الباحث، المجلد6، العدد 6(2008).
- طحطوح، مسعود ونبيلة سعيداني. "أثر التحول الطاقوي على مؤشرات التنمية المستدامة في الجزائر"، المجلة العلمية للبحوث والدراسات التجارية، المجلد 33، العدد 4(2019) .
- عباس، زهرة ونجوى بن عويدة. "الاستفادة من تجربة التحول الطاقوي الألمانية من أجل النهوض بقطاع الطاقات المتجددة في الجزائر"، مجلة دراسات اقتصادية، العدد 38(2019) .
- عبد الحق، أميرة ورفيق مزاهدية. "أثر التحول الطاقوي على استهلاك طاقة الوقود الأحفوري في ألمانيا : دراسة قياسية للفترة 1990-2021"، مجلة الاقتصاد الصناعي، المجلد 12، العدد2(2022).
- عياد، مليكة ومحمد الأمين سلامي وابتسام حاوشين. "عرض تجارب دولية رائدة في مجال الطاقات المتجددة"، مداخلة بجامعة علي لونيسي البليدة 2، البليدة، 23 و24 أفريل 2018).
- غانية، نذير. "إستراتيجية التسيير الأمثل للطاقة لأجل التنمية المستدامة: دراسة حالة بعض الاقتصاديات"، أطروحة دكتوراه في علوم التسيير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2016.

- غانية، نذير، نصير أحمد ويونس زين. "الإستراتيجية الألمانية في استدامة الطاقة كتجربة رائدة في مجال التوسع في استخدام البدائل الطاقوية المتجددة"، مجلة الاقتصاد الصناعي، المجلد 8، العدد3(2018).
- كلوم، يوسف ومسعود عز الدين. "الآليات القانونية للتوجه الجديد للدولة الجزائرية في مجال الطاقات المتجددة: دراسة مقارنة لأهم التجارب العالمية الرائدة في مجال اطاقات المتجددة "، مجلة دراسات وأبحاث، المجلد 13، العدد 4(2021).
- مندور،أحمد فؤاد، أسيد سيد أبو اليزيد وأشجان عباس عبد العال. "الأثر البيئي والاقتصادي لاستخدام الكتلة الحيوية كبديل متجدد لمصادر الطاقة المتجددة: دراسة تطبيقية، مجلة العلوم البيئية، المجلد 42، العدد 1(2018) .
- ميرة، محمد لمين وسارة ميسي. "التجربة الألمانية في مجال الطاقات المتجددة"، مداخلة بجامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، 14-15 ديسمبر 2016.
- وزي، عبد الرزاق وحسناوي بلبال. "إشكالية التحول الطاقوي كآلية لتحقيق الأمن الطاقوي في ظل المستجدات الدولية: عرض النموذج الألماني"، (مداخلة، جامعة سطيف1، سطيف، 2015).
- يبو، كريم. "آلية التحول الطاقوي بالجزائر لتحقيق التنمية المستدامة: بين الواقع والمأمول"، مجلة الرواق للدراسات الاجتماعية والانسانية، المجلد7، العدد2 (2021).

باللغات الأجنبية:

- IEA, "Germany Electricity", Retrieved.14 july 2024, from: https://bit.ly/4cBZy4j
- EA, "Germany Renewables", Retrieved. 29 july 2024, from: https://bit.ly/46oBlfq
- Ikechukwu Igwe, Chijindu. "Geothermal Energy", International Journal of Enegineering Research and Technology, Volume 10, Issue 03 (2021).
- Federal Ministry of Economics and Technology, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, "Energy Concept: for an Environmentally Sound Reliable and Affordable Energy Supply", Berlin: September 2010.

- G M, Joselin Herbert, S Iniyan, E Sreevelsan et S Rajapandian, “A review of wind energy technologies”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 11, Issue 6,(2007).
- Statistisches Bundesamt (Destatis), “Bevolkeun im jahr 2022 auf 84.3 millionen gewachsen", Retrieved. 19 january 2023, from: https://bit.ly/3W3SFBJ
- Statistisches Bundesamt, "Bruttostiomerzeugung in Deutschland", Retrieved.7 marz 2024, From: https://bit.ly/3LI0KXT
- Umwelt Bundesamt, AGEE-Stat," Indikator: Anteil Erneuerba am Bruttoendenergieverbrauch, Retrieved. 2 april 2024, From: https://bit.ly/4dmJyDg
- Umwelt Bundesamt AGEE-Stat, "Indikator: Beschaftigte im Bereich Erneuerbare Energien", Retrieved.11/04/2024, From: https://bit.ly/3A2mY4e
- "Erneuerbare Energien in Zahlen", Retrieved. 8 marz 2024, From: https://bit.ly/3y8L6lm.