مساهمة إدارة النفايات في تعزيز الاقتصاد الدائري وتحقيق التنمية المستدامة في ألمانيا خلال الفترة (2010–2024)

The Contribution of Waste Management to Strengthening the Circular Economy and Achieving Sustainable Development in Germany (2010–2024)

دهيمي عمر [*]، مخبر الإقليم، المقاولاتية، والابتكار، جامعة البويرة (الجزائر)، om.dehimi@univ-bouira.dz

بلقاسمي خالد، جامعة البويرة ، khaledkhalil20188@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2025/11/22 تاريخ القبول: 2026/03/16 تاريخ النشر: 2026/03/27

ملخص:

تستعرض الدراسة تطور إدارة النفايات في ألمانيا (2010–2024) ودورها في إرساء دعائم الاقتصاد الدائري، بالتركيز على الأبعاد التشريعية والاقتصادية والتقنية. أظهرت النتائج طفرة في معدلات التدوير لتتجاوز 70%مقابل انحسار الطمر عند 1%، مع نمو ملحوظ في إيرادات القطاع لتصل إلى 42مليار يورو، ومساهمة الاقتصاد الدائري بنحو 108مليار يورو، وزيادة القوى العاملة إلى 318ألف موظف.

وتؤكد الدراسة نجاح النموذج الألماني في تحقيق التكامل بين الاستدامة البيئية والنمو الاقتصادي، مقدمةً تجربة رائدة عالمياً رغم وجود بعض التحديات التشريعية والتقنية.

كلمات مفتاحية: ادارة نفايات، اقتصاد دائري، اعادة تدوير، تنمية مستدامة، ألمانيا.

تصنيفات JEL : Q01, Q53, Q56, O44, O52.

Abstract :

This study analyzes the evolution of Germany's waste management and its transition toward a **circular economy** (2010–2024). Findings reveal that recycling rates rose from 62% to over **70%**, while landfilling plummeted to **1%**. Economically, sector revenues reached **€42 billion** by

[*] الملف المرسل.

2024, with circular economy revenues totaling **€108 billion** and the workforce expanding to **318,000 employees**. Ultimately, the German model demonstrates a successful integration of environmental sustainability and economic growth, despite persistent legislative and technological challenges.

Keywords: Waste Management, Circular Economy, Recycling, Sustainable Development, Germany**.**

Jel Classification Codes: Q01, Q53, Q56, O44, O5

1.مقدمة

تعتبر إدارة النفايات وإعادة التدوير من أبرز القضايا الاقتصادية والبيئية التي فرضت نفسها في ظل التحولات الصناعية المتسارعة، إذ أصبحت جزءا أساسيا من منظومة التنمية المستدامة، ومع تزايد الاهتمام بالاقتصاد الدائري، برزت ألمانيا كنموذج رائد في تحويل النفايات إلى مورد اقتصادي ذي قيمة مضافة. واعتمدت في ذلك نهجا تشريعيا وتقنيا متكاملا لتنظيم عمليات الرسكلة والاسترجاع، بدءا من جمع النفايات وفرزها وصولا إلى إعادة استخدامها في الدورة الإنتاجية، وقد ساهم قانون الاقتصاد الدائري لسنة 2012 في إرساء أسس هذا التحول، عبر ربط المنتج بمسؤولية دورة حياة سلعته.

إشكالية الدراسة:

انطلاقا مما سبق نطرح الإشكالية التالية:

كيف تطورت إدارة النفايات في ألمانيا في الفترة 2010–2024 من مجرد معالجة بيئية إلى منظومة اقتصادية متكاملة؟ وما أثر هذا التطور على تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة؟

فرضيات الدراسة:

لمعالجة الإشكالية نقترح الفرضيات التالية:

- عرفت إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010–2024 قفزة نوعية تجسدت في تعزيز الرسكلة، وتقليص الطمر ضمن إطار الاقتصاد الدائري.
- ساهم الإطار التشريعي والتنظيمي وخاصة قانون الاقتصاد الدائري لسنة 2012 في تحسين كفاءة عمليات الرسكلة والاسترجاع وتقليص نسب الطمر.

- ساهم التطور الذي عرفه قطاع إدارة النفايات في ألمانيا في تحقيق نمو اقتصادي ملحوظ تجسد في ارتفاع إيرادات القطاع وتعزيز مساهمته في القيمة المضافة للاقتصاد الوطني.
- أدى توسع أنشطة إدارة النفايات وإعادة التدوير إلى زيادة فرص التشغيل داخل القطاع، مما عزز دوره في دعم سوق العمل وخلق وظائف مرتبطة بالاقتصاد الدائري.
- تواجه إدارة النفايات في ألمانيا مجموعة من التحديات على غرار التحديات التشريعية والمؤسساتية.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى:

- توضيح الإطار النظري لإدارة النفايات والاقتصاد الدائري من خلال عرض المفاهيم الأساسية وتصنيفات النفايات والتسلسل الهرمي لإدارتها .
- تحليل تطور إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010–2024 ، وذلك عبر تتبع التغيرات في نسب الطمر وإعادة التدوير واسترداد الطاقة.
- ابراز أثر التشريعات خاصة قانون الاقتصاد الدائري لسنة 2012 ، ودور التكنولوجيا والرقمنة في تحسين الأداء .
- تقييم المساهمة الاقتصادية لقطاع إدارة النفايات من حيث الإيرادات والقيمة المضافة وفرص العمل ودور المواد الثانوية في دعم الصناعة وتقليل التبعية للمواد الخام .
- تشخيص التحديات التي يواجهها النظام الألماني سواء كانت تشريعية أو تقنية أو مرتبطة بجودة المواد الثانوية أو الرقمنة .

أهمية الدراسة:

تكتسي هذه الدراسة أهمية بالغة لكونها تقدم تحليلا لتجربة ألمانيا في إدارة النفايات ضمن سياق الانتقال نحو الاقتصاد الدائري، حيث تسمح بتوضيح الأسس النظرية والمفاهيمية الداعمة لهذا التحول، وتبرز المسار التطوري الذي عرفه القطاع بين 2010 و 2024 من خلال التطورات التشريعية والتقنية والبيئية التي جعلت ألمانيا نموذجا عالميا رائدا، كما تكمن أهميتها في إبراز المساهمة الاقتصادية الكبيرة لقطاع

إدارة النفايات وإعادة التدوير في دعم الاقتصاد الوطني عبر خلق القيمة المضافة، وتوليد فرص العمل، وتعزيز الابتكار والقدرات التنافسية، وتزداد أهمية الدراسة من خلال تشخيصها للتحديات الراهنة التي تواجه ادارة النفايات في ألمانيا، سواء كانت تشريعية أو تقنية أو مرتبطة بالمواد الثانوية والرقمنة، مما يجعل نتائجها ذات قيمة عملية لصانعي القرار والباحثين الراغبين في تطوير سياسات فعالة لإدارة النفايات وتحقيق التنمية المستدامة.

منهج الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، يهدف هذا المنهج إلى وصف وتحليل المراحل التي مرت بها منظومة إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة (2010–2024)، مع التركيز على الجوانب التشريعية والتقنية والاقتصادية التي ساهمت في تحويلها من معالجة بيئية تقليدية إلى منظومة اقتصادية متكاملة تدعم التنمية المستدامة، وقد تم الاعتماد على البيانات والتقارير الرسمية الصادرة عن المؤسسات الألمانية والأوروبية المتخصصة لتفسير الاتجاهات والتحولات الكبرى التي عرفها القطاع خلال هذه المدة.

محاور الدراسة:

لمعالجة فرضيا ت الدراسة قسمناها إلى المحاور التالية:

المحور الأول: الإطار النظري لإدارة النفايات .

المحور الثاني: تطور إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة (2010–2024) .

المحور الثالث: المساهمة الاقتصادية لقطاع إدارة النفايات وإعادة التدوير في ألمانيا.

المحور الرابع: التحديات التي تواجه إدارة النفايات في ألمانيا.

2.الإطار النظري لإدارة النفايات والتنمية المستدامة.

يشكل الإطار النظري لإدارة النفايات المدخل الأساس لفهم هذا المجال، إذ يهدف إلى توضيح المفاهيم العامة والمبادئ التي تقوم عليها عملية إدارة النفايات من النواحي البيئية والاقتصادية والتنظيمية، ويساعد هذا الإطار في بناء تصور شامل حول كيفية التعامل مع النفايات بطرق تحقق التوازن بين حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة.

1.2.تعريفات أساسية لمفاهيم النفايات

تعد النفايات من المواضيع البيئية والاقتصادية المهمة، كونها ناتجة عن مختلف الأنشطة الإنسانية والإنتاجية، وتمثل إدارتها السليمة وإعادة تدويرها عنصرا أساسًا في تحقيق التنمية المستدامة والاقتصاد الدائري، ولتوضيح هذا المفهوم نعرض فيما يلي بعض التعريفات الأساسية المتعلقة بالنفايات وإعادة التدوير وإدارتها.

1.1.2.تعريف النفايات

يشير مفهوم النفايات إلى بقايا الأشياء غير قابلة للاستهلاك أو الاستعمال، وقد عرفتها منظمة الصحة العالمية بأنها: "بعض الأشياء التي أصبح صاحبها لا يريدها أو قيمتها.

بينما يتم تعريف النفاية من الجانب البيئي بأنها: "خطر ابتداءا من الوقت الذي تحدث فيه علاقة بينها وبين البيئة، التي يمكن أن تكون مباشرة أو نتيجة المعالجة، وبسبب هيمنة طريقة الرمي العشوائي خلال سنوات عديدة تبين أن هذه العلاقة لا مفر منها". (الجواد، 1989، صفحة 33)

أما من الجانب الاقتصادي فهي: "كل مادة أو شيء قيمته الاقتصادية معدومة أو سلبية بالنسبة لمالكه، لكن هذا التعريف يبعد جزءا معتبرا من النفايات القابلة للتدوير والتي تملك قيمة اقتصادية". (صابر، 1998، صفحة 155)

2.1.2.تعريف إعادة التدوير

تعرف إعادة التدوير بأنها "عملية تحويل المواد أو السلع محدودة القيمة إلى مواد أو منتجات أخرى ذات فائدة، بحيث تشكل قيمة مضافة حقيقية في مراحل الإنتاج أو الاستخدام أو حتى الاستهلاك" (فريدة، 2023، صفحة 169).

ويفهم من هذا التعريف أن إعادة التدوير تتضمن الإشارة إلى الآلية التي تمكن من استرجاع قيمة المواد المستعملة وإدماجها من جديد في الدورة الاقتصادية، بدل التخلص منها كنفايات عديمة الفائدة.

3.1.2.تعريف إدارة النفايات

يقصد بإدارة النفايات مراقبة وتنظيم عملية توليد، تخزين، استخراج، تدوير، معالجة، نقل، والتخلص النهائي من النفايات، ويشمل ذلك بواسطة عمليات محددة تتمثل في إزالة أو خفض النفايات، إعادة استعمال أو استصلاح مادة النفايات، معالجة أو تحطيم النفايات بهدف فيزيائي أو إزالة سميتها بفعل عوامل كيميائية أو أي طريقة تجعل النفايات غير ضارة بشكل دائم أو التخلص النهائي من النفايات. (عباس، 2019، صفحة 69)

كما يمكن تعريفها أيضا: على أنها نظام متكامل يهدف إلى تحويل النفايات من كونها عبئا بيئيا إلى مورد اقتصادي من خلال تبني مقاربة الاقتصاد الدائري، بحيث تسهم في تحقيق التنمية المستدامة الخضراء بربط التدوير والتثمين بالبعد الاقتصادي.

2.2.تصنيف النفايات

تتعدد المنهجيات المعتمدة في تصنيف النفايات، وتختلف باختلاف الأسس المعتمدة، ومن أبرزها: (نشيدة، 2021، الصفحات 763-764)

- **المنهجية القائمة على المكونات:** تعتمد على طبيعة المواد المكوِّنة للنفايات، مثل :النفايات العضوية، البلاستيكية، أو الإلكترونية.
- **المنهجية القائمة على المعالجة والإدارة:** تصنّف النفايات حسب طريقة التعامل معها والجهة المسؤولة عن معالجتها، مثل :النفايات المنزلية التي تدار من طرف البلديات، أو النفايات الموجهة لإعادة التدوير.
- **المنهجية القائمة على درجة الخطورة:** تصنف النفايات وفق مدى خطورتها على صحة الإنسان والبيئة، وتشمل :النفايات الخطرة والنفايات غير الخطرة أو المستقرة.
- **المنهجية القائمة على أصل المخلفات:** تركز على النشاطات المسببة لإنتاج النفايات، وتشمل النفايات الإلكترونية، مخلفات التعبئة والتغليف، بقايا الحرق، النفايات الطبية، والنفايات النووية.

3.2.التسلسل الهرمي لإدارة النفايات

الشكل التالي يوضح التسلسل الهرمي لإدارة النفايات:

الشكل 1: التسلسل الهرمي لإدارة النفايات

المصدر: أحطاطش نشيدة، دور إدارة النفايات في استدامة الاقتصاد الدائري لتحقيق التنمية المستدامة الخضراء، دراسة حالة الجزائر، مجلة البشائر الاقتصادية، المجلد السابع، العدد الثاني، 2021، ص 765.

يمثل الشكل الهرم المقلوب لإدارة النفايات، وهو نموذج يوضح تسلسل أولويات التعامل مع النفايات من حيث الأهمية البيئية والاقتصادية، ويعتمد هذا التسلسل على مبدأ أن الوقاية هي الخيار الأفضل بيئيا، في حين أن التخلص هو آخر الحلول وأقلها استدامة.

- الوقاية تمثل المرحلة الأولى والأفضل بيئيا، وهدفها تجنب إنتاج النفايات من الأصل، ويتم ذلك عبر ترشيد استخدام الموارد، تقليل المواد الخام في التصنيع، وتصميم منتجات طويلة الأمد أو سهلة الإصلاح، هذه المرحلة تعد الأكثر فاعلية لأنها تقلل كمية النفايات قبل أن تتكون.
- إعادة الاستخدام تعني استخدام المواد أو المنتجات مرة أخرى دون الحاجة إلى معالجتها .مثال :إعادة استخدام الزجاجات أو الأكياس أو الأدوات المنزلية بدلا من رميها، تساعد هذه الخطوة على إطالة عمر المنتجات وتقليل استهلاك الموارد.
- إعادة التدوير في هذه المرحلة يتم جمع المواد المستعملة ومعالجتها لإنتاج مواد جديدة تستخدم في الصناعة أو الاستهلاك، مثل تحويل البلاستيك المستعمل إلى منتجات جديدة .تسهم هذه العملية في تقليل الحاجة إلى المواد الخام وتقليل حجم النفايات الموجهة إلى المفرغات.

●الاستعادة ويقصد بها استرجاع الطاقة أو الموارد من النفايات من خلال عمليات مثل الحرق لإنتاج الطاقة أو تحويل المخلفات العضوية إلى سماد، هذه الطريقة تعد وسيلة للاستفادة من النفايات التي لا يمكن تدويرها.

●التخلص وهي المرحلة الأخيرة والأقل تفضيلا بيئيا، وتشمل طمر النفايات أو حرقها دون استرجاع أي فائدة منها، يلجأ إليها فقط عندما لا يمكن تطبيق المراحل السابقة.

3.تطور إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010–2024

تعد ألمانيا من الدول الرائدة في مجال إدارة النفايات، إذ استطاعت بفضل سياساتها البيئية المتقدمة أن تطور نظاما فعالا يعتمد على الحد من النفايات وإعادة التدوير والاستخدام المستدام للموارد، مما جعل تجربتها نموذجا يقتدى به.

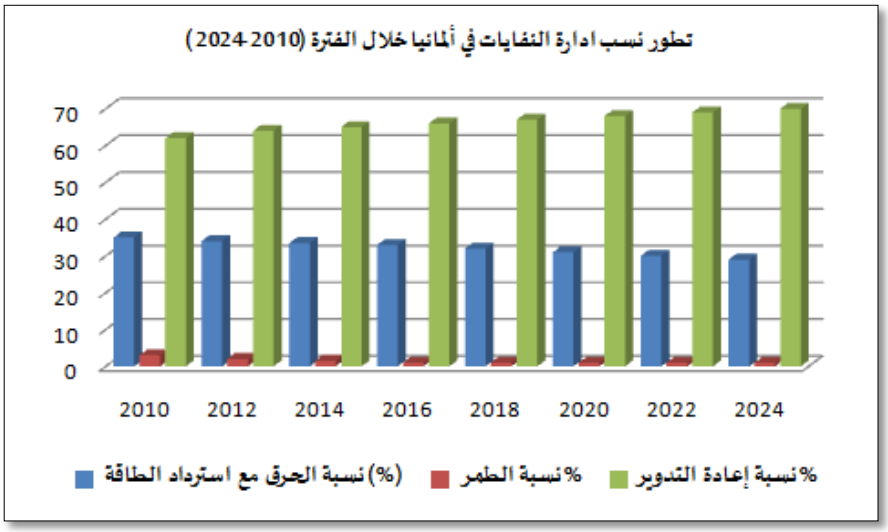
الجدول التالي يوضح تطور نسب الطمر وإعادة التدوير والحرق مع استرداد الطاقة للنفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010-2024، والذي يعكس التحول التدريجي الذي عرفته هذه الدولة في مجال إدارة النفايات والانتقال نحو الاقتصاد الدائري:

الجدول1: تطور نسب الطمر،إعادة التدوير والحرق للنفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010–2024

السنة	نسبة إعادة التدوير%	نسبة الطمر %	نسبة الحرق مع استرداد الطاقة (%)
2010	62	3.0	35
2012	64	2.0	34
2014	65	1.5	33.5
2016	66	1.0	33
2018	67	1.0	32
2020	68	1.0	31
2022	69	1.0	30
2024	70	1.0	29

المصدر: تقارير الوكالة الأوروبية للبيئة (2010-2025)

الشكل 2 : تطور نسب إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010–2024



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماد على الجدول 1.

شهدت ألمانيا خلال الفترة الممتدة من سنة 2010 إلى سنة 2025 تحولا جذريا في مجال إدارة النفايات، جعلها الدولة الأكثر تقدما عالميا في الرسكلة والاقتصاد الدائري، فقد انطلقت هذه المرحلة من رؤية واضحة مفادها أن النفايات ليست عبئا بيئيا، بل موردا اقتصاديا يمكن إعادة توظيفه في دورة الإنتاج .

منذ بداية العشرية الماضية اعتمدت ألمانيا نهجا شاملا يجمع بين خفض نسبة الطمر، ورفع نسبة إعادة التدوير، وتحسين نسبة الحرق مع استرداد الطاقة كجزء من منظومة متكاملة، ففي سنة 2010 بلغت نسبة إعادة التدوير 62% من النفايات البلدية الصلبة (MSW) بعدما كانت 48% سنة 2001، وبذلك تم تحقيق هدف الاتحاد الأوروبي البالغ 50% إعادة تدوير بحلول سنة عام 2020، (Fischer, 2013, p. 4) كما بلغت نسبة الطمر3% ، في حين بلغت نسبة الحرق نحو35% ، هذه الأرقام عكست في ذلك الوقت اعتماد ألمانيا على الحرق كوسيلة أساسية لتقليل النفايات الموجهة إلى مراكز الردم في ظل تطبيق سياسة "صفر طمر" منذ سنة 2005 التي تمنع طمر النفايات غير المعالجة.

مرحلة التشريع والتحول (2010–2012): شكلت هذه المرحلة نقطة الانطلاق نحو نظام أكثر تكاملا، حيث تم اعتماد قانون الاقتصاد الدائري سنة2012، الذي وضع الأسس التشريعية لربط الإنتاج بالاستهلاك والتخلص المسؤول من النفايات (BMUV, 2023) ، وبموجب هذا القانون أصبح المنتج

مسؤولا عن دورة حياة سلعه حتى بعد استهلاكها، مما أدى إلى ظهور نظام "النقطة الخضراء"، وقد ساهم هذا الإطار القانوني في دفع الشركات إلى تطوير حلول لإعادة الاستخدام والتدوير بدلا من الاعتماد على الطمر أو الحرق كخيار نهائي.

مرحلة التوسع التقني والتحسين المستمر(2012–2018) : خلال هذه الفترة توسعت ألمانيا في استخدام التقنيات الذكية لفرز النفايات، مثل الأشعة تحت الحمراء والليزر (Fricke-Begemann, 2024)، مما رفع كفاءة إعادة التدوير وخفض نسبة الطمر إلى حدود 1% فقط، وبحلول سنة 2016 وصلت نسبة التدوير إلى 66% ، وهو ما مثل إنجازا بيئيا متميزا جعل ألمانيا في صدارة الاتحاد الأوروبي ، أما في مجال الحرق فقد تم تطوير المحطات لتصبح أكثر كفاءة في استرداد الطاقة وتقليل الانبعاثات، حيث أنتجت نحو 18تيراواط/ساعة من الكهرباء و 30 تيراواط/ساعة من الحرارة سنويا تستخدم في شبكات التدفئة الحضرية، وساهم ذلك في تدفئة حوالي 10% من المنازل الألمانية(Huneke, 2017, p. 1) .

مرحلة بيئة خالية من النفايات(2018–2024) : في سنة 2018 اعتمدت ألمانيا استراتيجية وطنية للحد من البلاستيك أحادي الاستخدام، مما رفع نسبة إعادة التدوير إلى67% ، مع تعزيز ثقافة الفرز المنزلي عبر المناهج التعليمية، حيث بلغت مشاركة الأسر أكثر من95% ، وفي سنة 2019 دخل قانون التغليف الجديد حيز التنفيذ، والذي ألزم الشركات بالتسجيل في قاعدة بيانات وطنية لتتبع عمليات التدوير، وبحلول سنة 2020 ارتفعت نسبة إعادة التدوير إلى 68%، بينما بلغت نسبة الحرق 30% ، والطمر استقر عند 1% فقط .

وفي نفس الفترة خضعت محطات الحرق لنظام تجارة انبعاثات الكربون، الذي فرض شراء شهادات لكل طن من ثاني أكسيد الكربون المنبعث، وبلغ السعر في سنة 2024 نحو 45 يورو للطن الواحد (Wettengel, 2024)، هذا الإجراء جعل الحرق أقل جدوى اقتصادية مقارنة بإعادة التدوير، مما شجع على تطوير تقنيات المعالجة الحيوية والفرز الذكي.

وبحلول سنة 2024 وصلت نسبة إعادة التدوير إلى 70% ، وانخفضت نسبة الحرق إلى 29% ، بينما بقي الطمر عند 1% فقط .

4.المساهمة الاقتصادية لقطاع إدارة النفايات وإعادة التدوير في ألمانيا

يعد قطاع إدارة النفايات وإعادة التدوير أحد أهم ركائز الاقتصاد الدائري في ألمانيا، حيث يسهم بشكل مباشر وغير مباشر في الاقتصاد الوطني من خلال الإيرادات، وتوليد فرص العمل، وتوفير المواد الثانوية للصناعة، وخفض التكاليف البيئية، ودعم الابتكار والتصدير، وقد تطور هذا القطاع ليصبح نموذجا عالميا في تحقيق النمو الاقتصادي المتوافق مع حماية البيئة.

1.4.التأثير على الإيرادات والقيمة المضافة

الجدول التالي يوضح تطور إيرادات قطاع إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة 2015-2024

الجدول2: تطور إيرادات قطاع إدارة النفايات والاقتصاد الدائري في ألمانيا (2015-2024)

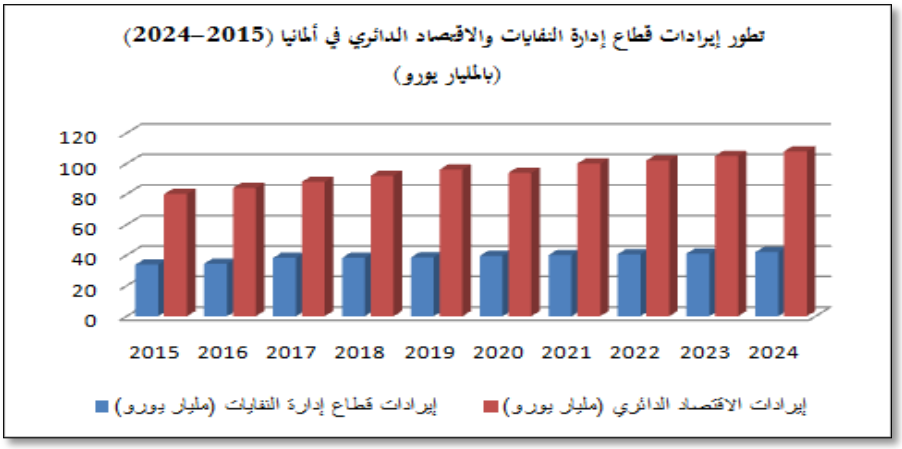
السنة	إيرادات الاقتصاد الدائري (مليار يورو)	إيرادات قطاع إدارة النفايات (مليار يورو)	نسبة إيرادات قطاع النفايات إلى إجمالي إيرادات الاقتصاد الدائري (%)
2015	80	33.8	42,25
2016	84	34.4	40,95
2017	88	38.2	43,41
2018	92	38.2	41,52
2019	96	38.5	40,10
2020	94	39.5	42,02
2021	100	40.1	40,10
2022	102	40.6	39,80
2023	105	41	39,05
2024	108	42	38,89

المصدر:

https://enviaments.accio.gencat.cat/ACC1O/cat/docs/enviaments/docs/Webinar_Waste_Management_and_Circular_Economy_in_Germany_200625_ABR.pdf

- Status Report on the German Circular Economy (IFAT & Prognos), Federal Ministry for the Environment (BMUV), Germany Trade & Invest reports.

الشكل3: تطور إيرادات قطاع إدارة النفايات والاقتصاد الدائري في ألمانيا (2015-2024)



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماد على الجدول 1.

بين سنتي 2015 و2024 شهدت إيرادات قطاع إدارة النفايات في ألمانيا نموا مستمرا، مما يعكس التحول التدريجي للبلاد نحو الاقتصاد الدائري وتعزيز الاستدامة البيئية. ففي سنة 2015 بلغت الإيرادات حوالي 33.8 مليار يورو، مع بداية توسع القطاع نتيجة زيادة التوعية البيئية وتطبيق التشريعات الأوروبية المتعلقة بالتخلص من النفايات، وفي السنة التالية 2016 سجل ايراد القطاع نموا طفيفا ليصل إلى 34.4 مليار يورو، مدفوعا بالاستثمارات في البنية التحتية لجمع النفايات وتطوير الشركات الصغيرة والمتوسطة العاملة في هذا المجال.

وقد شهدت سنة 2017 ارتفاعا ملحوظا في الإيرادات ليصل إلى 38.2 مليار يورو، نتيجة تحسين كفاءة عمليات إعادة التدوير وارتفاع أسعار المواد المعاد تدويرها، إلى جانب تطبيق سياسات صارمة للحد من الطمر وتشجيع فرز النفايات من المصدر، وفي سنة 2018 استقرت الإيرادات عند 38.2 مليار يورو.

وفي سنة 2019 سجل القطاع زيادة طفيفة لتصل الإيرادات إلى 38.5 مليار يورو، مدعومة بتشديد التشريعات الأوروبية المتعلقة بالنفايات البلاستيكية وارتفاع الطلب على خدمات المعالجة البيئية. على الرغم من تحديات جائحة كورونا في سنة 2020، استطاع القطاع أن يحقق نموا ملموسا، حيث بلغت الإيرادات 39.5 مليار يورو، مع اعتماد متزايد على التكنولوجيا الرقمية لإدارة النفايات وتتبع الحاويات وتحسين اللوجستيات.

مع تعافي الاقتصاد الألماني بعد الجائحة واصل القطاع نموه في سنة 2021 ليصل إلى 40.1 مليار يورو، مدفوعا بدعم الحكومة للاستثمارات في إعادة التدوير والبنية التحتية للقطاع، ليسجل في سنة 2022 ارتفاعا طفيفا في الإيرادات حيث بلغت 40.6 مليار يورو نتيجة الابتكارات في معالجة النفايات الصناعية والإلكترونية، وارتفاع تكلفة المواد الخام التي زادت من قيمة المواد المعاد تدويرها، أما في سنة 2023 بلغت الإيرادات حوالي 41 مليار يورو، و 42 مليار يورو سنة 2024 مع استمرار الطلب المتزايد على إعادة تدوير البلاستيك والمعادن، وهو ما يعكس الدور الاستراتيجي لقطاع إدارة النفايات في الاقتصاد الألماني .

بالمقابل شهدت إيرادات الاقتصاد الدائري ككل نموا ملحوظا أيضا، حيث ارتفعت من 80 مليار يورو سنة 2015 إلى حوالي 108مليار يورو سنة 2024، مما يعكس التوسع المستمر للأنشطة المرتبطة بإعادة التدوير وكفاءة استخدام الموارد والابتكار البيئي داخل الاقتصاد الألماني، ويعكس هذا النمو المتوازي العلاقة التكاملية بين قطاع إدارة النفايات وبقية أنشطة الاقتصاد الدائري .

أما فيما يتعلق بنسبة مساهمة قطاع إدارة النفايات في إجمالي إيرادات الاقتصاد الدائري فتظهر البيانات أن هذه النسبة تراوحت بين حوالي 38% و43% خلال الفترة المدروسة، وهو ما يدل على أن قطاع إدارة النفايات يمثل أحد الأعمدة الأساسية للاقتصاد الدائري في ألمانيا، فقد بلغت هذه النسبة 42.25% سنة 2015 وارتفعت إلى 43.41 %سنة 2017، وهي أعلى قيمة مسجلة خلال فترة الدراسة، وهو ما يعكس في تلك المرحلة الدور الكبير لقطاع ادارة النفايات في توليد الإيرادات داخل الاقتصاد الدائري.

غير أن البيانات تشير إلى اتجاه تنازلي طفيف في هذه النسبة خلال السنوات الأخيرة، حيث انخفضت من 42.02% سنة 2020 إلى حوالي 38.89% سنة 2024، ولا يعني هذا التراجع انخفاض أهمية قطاع إدارة النفايات، بل يعكس في الواقع توسع الأنشطة الأخرى داخل الاقتصاد الدائري بوتيرة أسرع، خاصة الأنشطة المرتبطة بالابتكار الصناعي وإعادة التدوير المتقدم والتكنولوجيا البيئية، وبذلك

أصبح الاقتصاد الدائري الألماني أكثر تنوعا من حيث مصادر الإيرادات، مع استمرار قطاع إدارة النفايات في لعب دور محوري داخل هذه المنظومة.

كما تعكس هذه المؤشرات التحول التدريجي للاقتصاد الألماني نحو نموذج اقتصادي يعتمد بشكل متزايد على إعادة استخدام الموارد وتدوير المواد الخام بدلا من الاعتماد على الاستخراج الأولي للمواد، وهو ما يساهم في تقليل الضغط على الموارد الطبيعية وتحقيق مكاسب بيئية واقتصادية في آن واحد.

وبشكل عام يمكن القول إن قطاع إدارة النفايات في ألمانيا يشكل ركيزة اقتصادية رئيسية داخل الاقتصاد الدائري، حيث يساهم بما يقارب 40 % من إجمالي إيرادات هذا الاقتصاد، وهو ما يؤكد دوره في دعم التحول نحو نموذج تنموي أكثر استدامة قائم على الكفاءة في استخدام الموارد وتعزيز القيمة الاقتصادية للنفايات.

كما أنه هناك توقعات بزيادة الإيرادات أكثر من 45 مليار يورو بحلول سنتي 2025–2026، مدعوما بالتحول المستمر نحو اقتصاد دائري مستدام وتوسع الابتكار التكنولوجي في إعادة التدوير وإدارة النفايات.

ووفقا لبيانات الوزارة الاتحادية للبيئة والوكالة الألمانية للبيئة، يضم القطاع حوالي 11 ألف شركة تعمل في جمع النفايات، النقل، التدوير، والطاقة من النفايات، حيث تعالج أكثر من 400 مليون طن (IFAT, 2020)من النفايات سنويا بطريقة صديقة للبيئة وموفرة للموارد.

2.3.التشغيل:

يوضح الجدول التالي تطور عدد العاملين في الاقتصاد الدائري وقطاع إدارة النفايات خلال الفترة (2010-2024)

الجدول3: تطور العاملين في الاقتصاد الدائري وقطاع إدارة النفايات في ألمانيا (2010-2024) (بالآلاف)

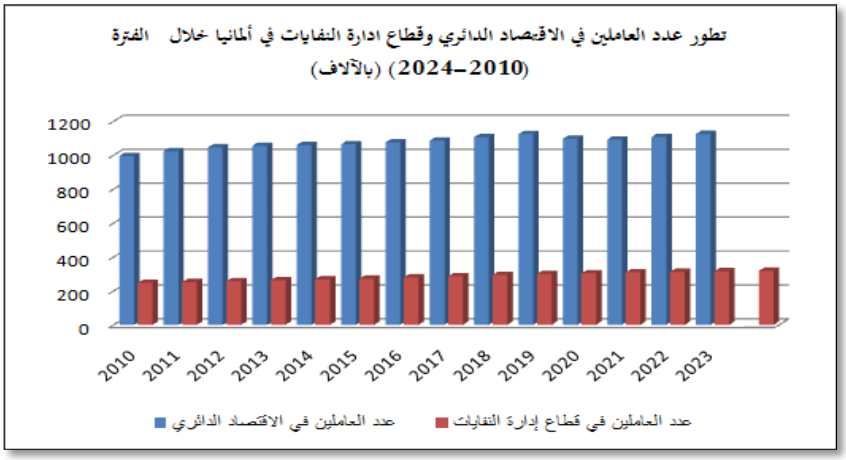
السنة	عدد العاملين في الاقتصاد الدائري	عدد العاملين في قطاع إدارة النفايات	نسبة العاملين في قطاع إدارة النفايات إلى إجمالي العاملين في الاقتصاد الدائري (%)
2010	995	247	24,82
2011	1023	252	24,63
2012	1046	257	24,57
2013	1055	262	24,83
2014	1060	268	25,28

25,56	272	1064	2015
25,95	279	1075	2016
26,34	286	1086	2017
26,58	294	1106	2018
26,69	300	1124	2019
27,71	304	1097	2020
28,30	309	1092	2021
28,18	312	1107	2022
24,82	316	1125	2023
/	318	/	2024

المصدر:

Eurostat – Employment by NACE Rev.2 (dataset: tec00109).
https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tec00109

الشكل4: تطور العاملين في الاقتصاد الدائري وقطاع إدارة النفايات في ألمانيا (2010-2024) (بالآلاف)



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على الجدول 2

يظهر تطور عدد العاملين في الاقتصاد الدائري وقطاع إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة 2010–2024 مجموعة من الاتجاهات الاقتصادية والبيئية المهمة التي تعكس التحول المتزايد نحو نموذج اقتصادي قائم على الاستخدام الكفء للموارد وتقليل النفايات، وتشير البيانات إلى أن الاقتصاد الدائري شهد نموا ملحوظا في عدد العاملين خلال هذه الفترة حيث ارتفع عدد الموظفين من 995 ألف موظف في سنة 2010 إلى 1125 ألف موظف في سنة 2023، ويعكس هذا النمو توسع الأنشطة المرتبطة بإعادة التدوير وإدارة الموارد والابتكار البيئي، إضافة إلى الدور المتزايد للسياسات الألمانية التي تدعم التحول نحو الاقتصاد الأخضر.

ورغم هذا الاتجاه التصاعدي العام تظهر البيانات حدوث تراجع نسبي في عدد العاملين خلال سنتي 2020 و2021 حيث انخفض العدد إلى 1097 ألف موظف في 2020 ثم 1092 ألف موظف في 2021، ويمكن تفسير هذا التراجع بتأثير جائحة كوفيد–19 التي أثرت على العديد من الأنشطة الاقتصادية ، بما في ذلك بعض الأنشطة المرتبطة بالاقتصاد الدائري، إلا أن هذا الانخفاض كان مؤقتا، إذ شهد عدد العاملين ارتفاعا في سنتي 2022 و2023، مما يدل على قدرة هذا القطاع على التعافي والاستمرار في النمو.

أما بالنسبة لقطاع إدارة النفايات فتظهر البيانات أنه يشهد نموا أكثر استقرارا واستمرارا مقارنة بالاقتصاد الدائري ككل، فقد ارتفع عدد العاملين في هذا القطاع من 247 ألف موظف في سنة 2010 إلى 316 ألف موظف في سنة 2023، ثم إلى 318 ألف موظف في سنة 2024، ويعني ذلك أن القطاع حقق زيادة تقارب 71 ألف وظيفة خلال فترة الدراسة، وهو ما يعادل نموا يقارب 29 %، ويعكس هذا التطور الأهمية المتزايدة لأنشطة جمع النفايات ومعالجتها وإعادة تدويرها، خاصة في ظل السياسات البيئية الصارمة التي تعتمدها ألمانيا والاتحاد الأوروبي في مجال إدارة الموارد والحد من التلوث.

كما تظهر نسبة العاملين في قطاع إدارة النفايات إلى إجمالي العاملين في الاقتصاد الدائري اتجاها تصاعديا واضحا خلال معظم سنوات الدراسة، فقد ارتفعت هذه النسبة من 24.82 % في سنة 2010 إلى 28.3% في سنة 2021، وهو ما يشير إلى أن قطاع إدارة النفايات ينمو بوتيرة أسرع نسبيا من باقي أنشطة الاقتصاد الدائري، ويرجع ذلك إلى كون هذا القطاع يمثل الركيزة الأساسية للاقتصاد الدائري، إذ يشمل العمليات الرئيسية التي تسمح بإعادة إدخال المواد في الدورة الاقتصادية مثل الجمع والمعالجة وإعادة التدوير واسترجاع المواد الخام الثانوية، ويتوزع العاملون في قطاع إدارة النفايات على وظائف تشمل الجمع والنقل والفرز والمعالجة وتشغيل المنشآت والهندسة والخدمات اللوجستية.(IFAT, 2020)

ومن المتوقع أن يؤدي تعميم نماذج الاقتصاد الدائري وتوسيع التدوير المتقدم إلى خلق حوالي 177 ألف وظيفة جديدة إضافية بحلول سنة 2030، مع قيمة مضافة سنوية تقدر بـ 12 مليار يورو إضافية، كما يشهد القطاع زيادة في الطلب على المهارات التقنية والرقمية نتيجة توسع الأتمتة واستخدام تقنيات الفرز

بالذكاء الاصطناعي، الأمر الذي يعزز الحاجة إلى تطوير برامج تدريبية متخصصة في الهندسة البيئية والروبوتات الصناعية (BMVU, 2024) .

3.4.المواد الثانوية وأمن الموارد:

تساهم المواد الثانوية الناتجة عن إعادة التدوير في تقليل الاعتماد على المواد الخام الأولية المستوردة، مما يقلل من مخاطر اضطرابات سلاسل الإمداد ويحسن الميزان التجاري الألماني، ففي سنة 2022 صدر الاقتصاد الدائري الألماني سلعا ومنتجات تزيد قيمتها عن 18 مليار يورو، في حين تم استيراد مواد خام أولية وثانوية بقيمة 16 مليار يورو (IFAT, 2020).

ومع أن ألمانيا تضم أكثر من 11 ألف منشأة للمعالجة والفرز والتدوير تغطي معظم أنواع النفايات، من البلاستيك والمعادن إلى النفايات الإلكترونية، ومع ذلك لا تزال هناك فجوات في التدوير المتقدم لبعض المواد الحيوية مثل الليثيوم والكوبالت والعناصر الأرضية النادرة، وهو ما دفع الحكومة الألمانية إلى دعم مشاريع إعادة تدوير البطاريات وبناء مصانع جديدة لمعالجة المعادن الحرجة.

4.4.الابتكار والتنافسية والتصدير:

تعد ألمانيا أحد أكبر مصدري تقنيات إدارة النفايات والفرز في العالم، وتسجل صادراتها من تقنيات إعادة التدوير ومعالجة النفايات ما يفوق 5 مليارات يورو سنويا (IFAT, 2020)، كما تحتل شركاتها الرائدة مثل Remondis و ALBA Group مكانة عالمية في تطوير أنظمة الفرز الآلي وإعادة تدوير بطاريات الليثيوم–أيون، وتشارك في مشاريع أوروبية رائدة في الاقتصاد الدائري (Christmann, 2023).

ويعزز هذا القطاع التنافسية الصناعية من خلال تقليل تكاليف المواد والطاقة والامتثال البيئي، مما يدعم جذب الاستثمارات المحلية والأجنبية في مجالات الاقتصاد الأخضر.

5.5.المنافع البيئية ذات العائد الاقتصادي:

تترجم المكاسب البيئية الناتجة عن خفض الطمر وتقليل الانبعاثات وتحسين كفاءة استخدام الموارد إلى عوائد اقتصادية مباشرة وغير مباشرة، فوفقا لتقديرات الوكالة الأوروبية للبيئة، ساهمت سياسات إعادة

التدوير وكفاءة الموارد في ألمانيا في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بأكثر من 48.2 %منذ سنة 1990 إلى غاية 2024، وتهدف إلى خفض هذه النسبة إلى نسبة لا تقل عن 65 % بحلول سنة 2030 (umweltbundesamt, 2025)، وتحقيق وفورات في تكاليف الامتثال البيئي والرعاية الصحية وتحسين جودة البيئة العامة .

5.التحديات التي تواجه إدارة النفايات في ألمانيا:

نجحت ألمانيا في بناء نظام متكامل لإدارة النفايات يقوم على إعادة التدوير واسترداد الطاقة وتقليص الطمر إلى أدنى مستوى ممكن، وتشير التقارير البيئية إلى أن ألمانيا حققت معدلات مرتفعة في إعادة التدوير بفضل السياسات الصارمة والبنية التحتية المتطورة، ونظام الفرز المنزلي الفعال، كما يعد الحرق مع استرداد الطاقة جزءا من مزيج المعالجة الشامل، في حين أصبح الطمر شبه منعدم تقريبا، هذا النجاح لا يخلو من تحديات تتعلق بارتفاع التكاليف، وضغوط السوق، والحاجة إلى تطوير الابتكار الصناعي.

1.5.التحديات التشريعية والمؤسساتية:

تواجه ألمانيا مجموعة من التحديات التشريعية والمؤسساتية في سعيها نحو ترسيخ نموذج الاقتصاد الدائري ضمن سياستها البيئية والاقتصادية الوطنية، فعلى الرغم من ريادتها في مجال إدارة النفايات وإعادة التدوير، فإن تطبيق الاستراتيجية الوطنية للاقتصاد الدائري (NCES) التي أطلقتها الوزارة الاتحادية للبيئة (BMUV)سنة 2024 يمثل تحديا هيكليا معقدا يتطلب تنسيقا مؤسسيا متعدد المستويات بين الحكومة الاتحادية، وحكومات الولايات الفيدرالية، والقطاعين الصناعي والخاص.

من أبرز التحديات القائمة مواءمة التشريعات الوطنية الألمانية مع التوجيهات الأوروبية الجديدة، ولا سيما توجيه الاتحاد الأوروبي بشأن التغليف والنفايات، والتشريعات المرتبطة بالاقتصاد الدائري والمواد الخام الحرجة، اللتين تفرضان على الدول الأعضاء معايير إلزامية للمحتوى المعاد تدويره وتحديد نسب محددة للمواد القابلة لإعادة الاستخدام أو الاسترداد في المنتجات والتغليف.

تتطلب هذه التوجيهات إدخال آليات مراقبة دقيقة وضوابط جودة صارمة لضمان مطابقة المواد المعاد تدويرها للمواصفات التقنية والصحية، مما يشكل عبئا ماليا إضافيا على الشركات الألمانية، خاصة في قطاعات الصناعات الكيماوية والبلاستيكية وصناعة التغليف والإلكترونيات والبطاريات .

وتتحمل هذه الشركات تكاليف إضافية تتعلق بالاستثمار في تقنيات الفرز والمعالجة المتقدمة، وتطوير أنظمة تتبع رقمية، والالتزام بعمليات التوثيق والرقابة البيئية المفروضة بموجب التشريعات الأوروبية الجديدة، إلى جانب ذلك يفرض تطبيق الاستراتيجية الوطنية للاقتصاد الدائري تحديا مؤسساتيا يتمثل في ضرورة توحيد البيانات والسياسات بين المستويات الحكومية المختلفة .

فبينما تتولى الحكومة الاتحادية وضع الإطار التشريعي العام، تقع مسؤولية التنفيذ العملي على البلديات والولايات، مما يتطلب آليات تنسيق ومراقبة متقدمة لضمان اتساق السياسات في جميع أنحاء البلاد.

كما أن تنفيذ الأهداف الطموحة الواردة في الاستراتيجية، مثل خفض استهلاك المواد الخام الأولية بنسبة 50٪ بحلول عام 2045، يتطلب تعاونا وثيقا مع القطاع الصناعي لتطوير حلول مبتكرة قائمة على الابتكار التقني والرقمنة.

وفي هذا السياق تؤكد تقارير الوزارة الاتحادية للبيئة، أن نجاح الاقتصاد الدائري في ألمانيا يعتمد على التنفيذ المتكامل عبر جميع مستويات الحوكمة، والتعاون بين الدولة والقطاع الخاص، والاستثمار في التكنولوجيا والابتكار(BMVU, 2024) .

2.5.تسعير الكربون وتأثيره على الحرق:

يعتبر إدراج محارق النفايات ضمن نظام تداول الانبعاثات الكربونية خطوة مهمة نحو تقليل الانبعاثات، لكنه يرفع تكلفة المعالجة الحرارية ويقلل من تنافسيتها مقارنة بإعادة التدوير، هذا التحول يفرض على المشغلين البحث عن بدائل مبتكرة وأكثر كفاءة في استرداد المواد وتقنيات التحويل الحيوي.

3.5.المواد الحرجة وسلاسل الإمداد:

تشهد ألمانيا نقصا في القدرات الصناعية الخاصة بإعادة تدوير المواد الحرجة مثل الليثيوم والكوبالت والعناصر النادرة، وهي مواد أساسية لصناعة البطاريات والمركبات الكهربائية، هذا العجز يشكل تحديا

استراتيجيا للأمن الصناعي ويستدعي تطوير منشآت جديدة لمعالجة هذه المواد داخل أوروبا، حيث كشفت دراسة حديثة نشرتها اتحاد الصناعات الألمانية (BDI)

أن ألمانيا وأوروبا تعتمد على أكثر من 90 ٪ على الصين في الحصول على بعض المواد الخام الحرجة، كما فقدت خلال السنوات الماضية قدراتها المحلية في معالجة هذه المواد، ما يجعل تطوير المشاريع الأوروبية الجديدة خطوة ضرورية لاستعادة الأمن الصناعي الأوروبي وتقليل التبعية الخارجية. (Isermann, 2025)

4.5.جودة المواد الثانوية وضعف الطلب الصناعي

رغم التقدم الكبير في جمع وفرز النفايات، لا تزال هناك فجوة في جودة المواد المعاد تدويرها مقارنة بالمواد الأولية، ويؤدي غياب معايير موحدة وضعف الطلب الصناعي على المواد الثانوية إلى محدودية الأسواق، إضافة إلى التحديات التقنية المرتبطة بخصائص النفايات المختلفة، حيث يظهر تقرير مكتب تقييم التكنولوجيا التابع للبوندستاغ الألماني أن نسبة صغيرة فقط من احتياجات الاقتصاد الألماني من المواد الخام تلبى عبر المواد المعاد تدويرها، لذلك تسعى الحكومة الألمانية إلى تعزيز سياسات الشراء العمومي الأخضر ووضع معايير جودة واضحة للمواد المعاد تدويرها(TAB, 2024) .

5.5.تحديات الرقمنة والتكامل المعلوماتي

الرقمنة ركيزة أساسية لتعزيز الشفافية والكفاءة في إدارة الموارد ضمن الاقتصاد الدائري في ألمانيا، وتعمل الحكومة على تطوير أنظمة رقمية لتتبع تدفقات النفايات وإنشاء جوازات سفر رقمية للمنتجات تتيح جمع المعلومات حول مكونات المنتج ومصدره وإمكانيات إصلاحه وإعادة تدويره، غير أن تطبيق هذه المبادرات يواجه تحديات هيكلية، أبرزها ضعف جاهزية الشركات من حيث البنية الرقمية وإدارة البيانات، إضافة إلى ارتفاع التكلفة خصوصا بالنسبة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة.

كما أشار تقرير المعهد الاقتصادي الألماني إلى أن العديد من الشركات لم تحقق بعد مستوى رقمنة كافيا، وأن تبادل البيانات بين المؤسسات محدود بسبب الحواجز القانونية والتقنية، وتتطلب هذه المرحلة تطوير معايير موحدة لهياكل البيانات ومنصات رقمية متكاملة لتسهيل تدفق المعلومات عبر سلاسل القيمة، بما

يضمن تطبيق فعال لجواز السفر الرقمي للمنتجات كأداة استراتيجية لتحقيق الاقتصاد الدائري والحياد المناخي(Adriana Neligan, 2023) .

خاتمة

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن تجربة ألمانيا في إدارة النفايات تمثل نموذجا عالمياً ناجحا في الانتقال من المعالجة البيئية التقليدية للنفايات إلى منظومة متكاملة قائمة على مبادئ الاقتصاد الدائري تجمع بين الكفاءة البيئية والعائد الاقتصادي، فقد بين التحليل أن قطاع إدارة النفايات في ألمانيا خلال الفترة (2010-2024) عرف تطورا ملحوظا وقفزة نوعية تجسدت في تعزيز عمليات الرسكلة وتقليص نسب الطمر إلى مستويات شبه معدومة، حيث ارتفع معدل إعادة التدوير من حوالي 62% سنة 2010 إلى أكثر من 70%سنة 2024، في حين انخفضت نسبة الطمر من حوالي 3% إلى نحو 1% فقط خلال نفس الفترة، وهو ما يعكس نجاح السياسات البيئية الألمانية في تحويل النفايات من عبء بيئي إلى مورد اقتصادي قابل للتثمين ضمن منظومة الاقتصاد الدائري، وهذا ما يدل على صحة **الفرضية الأولى**.

كما أكدت الدراسة صحة **الفرضية الثانية** المتعلقة بالدور الحاسم للإطار التشريعي والتنظيمي في تطوير منظومة إدارة النفايات، إذ ساهم قانون الاقتصاد الدائري لسنة 2012 في وضع إطار قانوني متكامل لتنظيم عمليات الرسكلة والاسترجاع، وربط المنتج بمسؤولية دورة حياة منتجاته. وقد أدى هذا الإطار التشريعي إلى تحسين كفاءة إدارة الموارد وتشجيع المؤسسات الصناعية على تطوير حلول مبتكرة لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام، مما ساهم في تقليص الاعتماد على الطمر وتعزيز كفاءة منظومة إدارة النفايات.

ومن جهة أخرى أظهرت النتائج صحة **الفرضية الثالثة** إذ أن التطور الذي عرفه قطاع إدارة النفايات في ألمانيا لم يقتصر على البعد البيئي فقط، بل امتد ليشمل البعد الاقتصادي حيث سجلت إيرادات القطاع نموا مستمرا خلال السنوات الأخيرة، إذ ارتفعت من حوالي 33.8 مليار يورو سنة 2015 إلى نحو 42 مليار يورو سنة 2024، ويساهم بما يقارب 40 % من إجمالي إيرادات الاقتصاد الدائري، وهو ما يؤكد دوره في دعم التحول نحو نموذج تنموي أكثر استدامة قائم على الكفاءة في استخدام الموارد وتعزيز القيمة الاقتصادية للنفايات.

كما بينت الدراسة أن توسع أنشطة إدارة النفايات وإعادة التدوير انعكس إيجابيا على سوق العمل، حيث ارتفع عدد العاملين في الاقتصاد الدائري من حوالي 995 ألف موظف سنة 2010 إلى أكثر من 1125 ألف موظف سنة 2023، في حين ارتفع عدد العاملين في قطاع إدارة النفايات من 247 ألف موظف سنة 2010 إلى حوالي 318 ألف موظف سنة 2024، أي بزيادة تقارب 71 ألف وظيفة خلال فترة الدراسة، وهذا ما يبين صحة **الفرضية الرابعة**.

ورغم هذا النجاح تواجه ألمانيا تحديات متعددة تتعلق بالتشريعات الأوروبية المتجددة، وجودة المواد الثانوية وضعف الطلب الصناعي عليها، إضافة إلى نقص القدرات في إعادة تدوير المواد الحرجة كالليثيوم والكوبالت، فضلا عن تكاليف الرقمنة والتكامل المعلوماتي التي تعيق الشركات الصغيرة والمتوسطة.

انطلاقا من ذلك توصي الدراسة بما يلي:

- تعزيز الشراكة بين القطاعين العام والخاص لتطوير بنية تحتية رقمية متكاملة في إدارة النفايات.
- توسيع برامج دعم الابتكار الصناعي في مجالات التدوير المتقدم والطاقة من النفايات.
- وضع معايير موحدة لجودة المواد الثانوية لضمان تنافسيتها في السوق .
- الاستثمار في مشاريع معالجة المواد الخام الحرجة داخل أوروبا لضمان الأمن الصناعي .

المراجع:

- أحططاش نشيدة. (2021). دور إدارة النفايات في استدامة الاقتصاد الدائري لتحقيق التنمية المستدامة الخضراء، دراسة حالة الجزائر. مجلة البشائر الاقتصادية ، 761-779.
- أحمد عبد الوهاب عبد الجواد. (1989). قضايا النفايات في الوطن العربي. مصر: الدار العربية للنشر والتوزيع.
- ترافس واجذر ترجمة مُحَمَّد صابر. (1998). البيئة من حولنا دليل لفهم التلوث وآثاره. مصر: الجمعية المصرية لنشر المعرفة.
- حدادة فريدة. (2023). واقع وآفاق تسيير وتثمين النفايات الالكترونية والكهربائية في تحقيق التنمية المستدامة – مع الإشارة لحالة الجزائر. مجلة الريادة لاقتصاديات الأعمال ، 169-187.

- سعود وسيلة، فرحات عباس. (2019). إدارة النفايات كمدخل للاقتصاد الدائري- عرض حالة الاتحاد الأوروبي. مجلة البحوث الاقتصادية والمالية ، 67-90.

- Adriana Neligan, B. E. (2023, 09 27). Digital Product Passport – Enabler of the Circular Economy. Consulté le 10 10, 2025, sur German Economic Institute: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2023/IW-Report_2023-Digitaler-Produktpass-englisch.pdf
- BMUV. (2023, 04 01). Circular Economy and Safeguard the Environmentally Compatible Management of Waste. Consulté le 11 04, 2025, sur Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection - BMUV: https://www.bundesumweltministerium.de/en/publication/waste-management-in-germany-2023
- BMUV. (2023, 04 01). Waste Management in Germany 2023. Consulté le 11 04, 2025, sur Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection - BMUV: https://www.bundesumweltministerium.de/en/publication/waste-management-in-germany-2023
- BMVU. (2024). The National Circular Economy Strategy (NCES). BMVU,https://www.bundesumweltministerium.de/en/topics/circular-economy/circular-economy-strategy: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection - BMUV.
- Christmann, D. (2023, 04 05). Battery recycling: Bosch to develop Europe’s first fully automated battery-discharging plant. Consulté le 10 26, 2025, sur BOSCH: https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/battery-recycling-bosch-to-develop-europes-first-fully-automated-battery-discharging-plant-252928.html?.com
- Fischer, C. (2013). Municipal waste management in Germany. EEA, https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/germany-municipal-waste-management: European Environment Agency.
- Fricke-Begemann, D. r. (2024, 03 27). Laser technology and AI boost the circular economy. Consulté le 11 27, 2025, sur Fraunhofer Institute for

Laser Technology ILT: https://www.ilt.fraunhofer.de/en/press/press-releases/2024/3-27-libs-and-ai-for-the-circular-economy.html?.com

- GTAI. (2025). Germany's Waste Management and Recycling Industry. Consulté le 11 03, 2025, sur Germany Trade and Invest: https://www.gtai.de/en/invest/industries/environmental-technologies/germany-s-waste-management-and-recycling-industry--995396?
- Huneke, F. (2017). BEITRAG THERMISCHER ABFALLBEHANDLUNGSANLAGEN ZUR ENERGIEWENDE. ITAD, https://www.itad.de/wissen/studien/energybrainpoolbeitragtabzurenergiewende.pdf/@@download/file/EnergyBrainpoolBeitragTABzurEnergiewende.pdf: ITAD.
- IFAT. (2020, 11 17). 2020 status report on the German circular economy. Consulté le 10 25, 2025, sur World's leading trade fair: https://ifat.de/en/trade-fair/press/press-releases/detail/2020-status-report-on-the-german-circular-economy.html?.com
- Isermann, R. (2025, 05 28). Raw materials from Europe for Europe. Consulté le 11 27, 2025, sur deutschland.de: https://www.deutschland.de/en/topic/business/critical-raw-materials-europe?.com
- TAB. (2024, 03 07). How to improve the use of recycled materials in Germany. Consulté le 10 05, 2025, sur Office of Technology Assessment at the German Bundestag (TAB): https://www.tab-beim-bundestag.de/english/news-2024-03-how-to-improve-the-use-of-recycled-materials-in-germany.php?.com
- umweltbundesamt. (2025, 05 26). Indicator: Greenhouse gas emissions. Consulté le 10 26, 2025, sur umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/en/data/environmental-indicators/indicator-greenhouse-gas-emissions?
- Wettengel, J. (2024, 03 26). Germany’s carbon pricing system for transport and buildings. Consulté le 11 03, 2025, sur Journalism for the energy transition: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-planned-carbon-pricing-system-transport-and-buildings?