

## دور إعادة التدوير في تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة: التجربة الألمانية نموذجاً

### The role of recycling in achieving food security and sustainable development: the German experience as a model

أ.د غزلاني وداد

مخبر الدراسات القانونية البيئية

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

[Ghouziani.widad@univ-guelma.dz](mailto:Ghouziani.widad@univ-guelma.dz)

أ.د بوخميس سهيلة \*

مخبر الدراسات القانونية البيئية

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

[boukhmis.souhila@univ-guelma.dz](mailto:boukhmis.souhila@univ-guelma.dz)

تاريخ النشر: 30-01-2026

تاريخ القبول: 02-07-2025

تاريخ الإيداع: 20-04-2025

#### ملخص:

هذه الورقة البحثية تسلط الضوء على دور إعادة التدوير كأداة رئيسية لتحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، مع التركيز على التجربة الألمانية كنموذج وتجربة رائدة في هذا المجال، ويعالج هذا الموضوع مشكلة نقص الموارد الطبيعية وزيادة الهدر الغذائي والتغير المناخي، التي تهدد الأمن الغذائي العالمي وتؤثر على التنمية المستدامة، ومن خلال إعادة التدوير، يمكن تحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام، مثل تحويل النفايات العضوية إلى سماد لتغذية التربة أو إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة، وقد أظهرت ألمانيا نجاحاً كبيراً في هذا المجال بفضل سياساتها الصارمة وإدارتها الفعالة للنفايات واستخدامها للتكنولوجيا الحديثة، وقد توصلت هذه الورقة البحثية إلى العديد من النتائج أهمها أن إعادة التدوير ليست مجرد استراتيجية بيئية، بل هي حل عملي لتحقيق الأمن الغذائي وتعزيز التنمية المستدامة، مما يجعل التجربة الألمانية نموذجاً قابلاً للتطبيق عالمياً لتقليل الهدر وحماية الموارد للأجيال القادمة.

الكلمات المفتاحية: إعادة التدوير؛ التنمية المستدامة؛ التجربة الألمانية؛ الأمن الغذائي.

#### Abstract:

This research paper highlights the role of recycling as a key tool for achieving food security and sustainable development, with a focus on the German experience as a pioneering model in this field. It addresses the challenges of natural resource scarcity, increased food waste, and climate change, which threaten global food security and impact sustainable development. Through recycling, waste can be transformed into usable resources, such as converting organic waste into fertilizer to enrich soil or reusing treated water for agriculture. Germany has achieved significant success in this area thanks to its strict policies, effective waste management systems, and the use of modern technologies. The study concludes with several key findings, most notably that recycling is not merely an environmental strategy but a practical solution for achieving food security and enhancing sustainable development. This makes the German experience a globally applicable model for reducing waste and conserving resources for future generations.

**Keywords :** Recycling; Sustainable Development; German Experience; Food Security.

**مقدمة:**

في عصر التحديات البيئية والاقتصادية المتزايدة، أصبحت الحاجة إلى حلول مبتكرة لتحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة أكثر إلحاحًا من أي وقت مضى، خاصة وأن العالم يواجه تحديات جسيمة كنقص الموارد الطبيعية، وزيادة الهدر الغذائي، والتغير المناخي، التي تهدد قدرة الأجيال الحالية والقادمة على تلبية احتياجاتها الأساسية، ومن هنا ظهرت فكرة إعادة التدوير كأداة استراتيجية لتحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام، مما يساهم في تقليل الضغط على البيئة وتعزيز الإنتاج الزراعي، ومن بين التجارب العالمية البارزة في هذا المجال، تأتي ألمانيا كنموذج رائد، يُظهر كيف يمكن دمج إعادة التدوير مع الجهود الرامية إلى تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، إذ تعتمد ألمانيا على سياسات صارمة لإدارة النفايات، واستخدام تقنيات مبتكرة لتحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام، مثل السماد العضوي والمياه المعالجة.

تكمّن أهمية هذه الورقة البحثية في تسليط الضوء على دور إعادة التدوير المحوري في معالجة التحديات العالمية المتعلقة بالأمن الغذائي والاستدامة البيئية، ففي ظل التزايد السكاني وشح الموارد الطبيعية، يصبح من الضروري البحث عن حلول مبتكرة لتحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام، كما يبرز كيفية استخدام إعادة التدوير لتقليل الهدر الغذائي وتحسين الإنتاج الزراعي، مع التركيز على التجربة الألمانية كنموذج عالمي، و يوضح كيف يمكن للدول الأخرى، الاستفادة من هذه التجربة لتحقيق التنمية المستدامة ومكافحة التغير المناخي.

إن أهداف الدراسة تنصرف إلى دور إعادة التدوير في تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، وكذا توضيح كيفية تقليل الهدر الغذائي وتعزيز الإنتاج الزراعي من خلال إعادة التدوير، مع التركيز على تحويل النفايات العضوية إلى سماد عضوي، وإعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة، ناهيك عن استعراض التجربة الألمانية كنموذج رائد في إدارة النفايات واستخدام التكنولوجيا الحديثة، على أمل تقديم توصيات عملية لنقل الخبرات الألمانية إلى الدول الأخرى السائرة في طريق النمو كالجزار.

تطرح هذه الورقة البحثية إشكالية رئيسية تبحث في كيف يمكن دمج إعادة التدوير مع الجهود الرامية إلى تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، خاصة في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه العالم اليوم و هذا على ضوء التجربة الألمانية في هذا المجال. يرتبط بهذه الإشكالية العديد من التساؤلات أهمها:

✓ كيف يمكن لدول العالم أن تحقق الأمن الغذائي في ظل التزايد السكاني وشح الموارد الطبيعية؟

✓ ما الدور الذي يمكن أن تلعبه إعادة التدوير في تحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام؟

✓ هل يمكن للتجربة الألمانية أن تكون نموذجًا عالميًا لتحقيق التنمية المستدامة؟

للإجابة على هذه الاشكالية والتساؤلات المترتبة عنها ارتأينا الاعتماد على المنهج تحليلي لاستكشاف العلاقة بين إعادة التدوير والأمن الغذائي والتنمية المستدامة، من خلال تحليل التجربة الألمانية كنموذج رائد باستخدام البيانات والإحصائيات المتوفرة، بالإضافة إلى دراسة السياسات والتكنولوجيا المستخدمة في مجال إعادة التدوير، كما تم استخدام المنهج الاستدلالي لتقديم توصيات عملية يمكن للدول الأخرى الاستفادة منها لتعزيز استدامة مواردها وتحقيق الأمن الغذائي، متبعين في ذلك الخطة الآتية:

• المبحث الأول: إعادة التدوير كأداة لتحقيق الأمن الغذائي:

## • المبحث الثاني: التجربة الألمانية نموذجاً للتنمية المستدامة

**المحور الأول: إعادة التدوير كأداة لتحقيق الأمن الغذائي**

تواجه البشرية تحديات متزايدة تتعلق بالأمن الغذائي بسبب النمو السكاني السريع، وشح الموارد الطبيعية والتغير المناخي. في هذا السياق، أصبحت إعادة التدوير أداة حيوية لتحويل النفايات إلى مواد قابلة للاستخدام، مما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، و إعادة التدوير ليست مجرد عملية لإدارة النفايات، بل هي استراتيجية اقتصادية وبيئية، يمكن أن تقلل من الضغط على الموارد الطبيعية وتعزز الإنتاج الزراعي<sup>1</sup>، كما أنها تساهم بشكل مباشر في تقليل الهدر الغذائي، حيث يتم تحويل النفايات العضوية إلى سماد عضوي أو علف للحيوانات، مما يعزز خصوبة التربة ويقلل الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية. إن استخدام المياه المعاد تدويرها في الزراعة، يساعد في تحسين إنتاجية المحاصيل خاصة في المناطق التي تعاني من شح المياه، ويمكن أن تكون جزءاً من حلول طويلة الأمد لتحقيق الأمن الغذائي العالمي<sup>2</sup>.

**أولاً: تقليل الهدر الغذائي وتعزيز الإنتاج الزراعي**

يعتبر الهدر الغذائي أحد أكبر التحديات التي تواجه العالم اليوم، حيث يُقدر أن حوالي ثلث الغذاء المنتج عالمياً يُهدر أو يُفقد سنوياً، فهو لا يؤدي فقط إلى فقدان الموارد الطبيعية، بل يزيد أيضاً من انبعاثات الكربون ويزيد من الضغط على البيئة<sup>3</sup>. ومن خلال إعادة التدوير، يمكن تقليل الهدر الغذائي بشكل كبير عبر فصل النفايات العضوية، واستخدامها كسماد عضوي لتغذية التربة، في هذا الإطار يشير "روبرت كوكس" إلى أن السماد العضوي الناتج عن إعادة التدوير، يمكن أن يعزز خصوبة التربة ويحسن إنتاجية المحاصيل الزراعية بنسبة تصل إلى 20%<sup>4</sup>. علاوة على ذلك، يمكن استخدام بقايا الطعام كعلف للحيوانات، مما يقلل من الحاجة إلى إنتاج أعلاف جديدة، ويقلل من استهلاك الموارد الطبيعية. هذه الجهود تُظهر أن إعادة التدوير ليست مجرد استراتيجية بيئية، بل هي حل عملي لتحقيق الأمن الغذائي وتعزيز الإنتاج الزراعي بطريقة مستدامة.

**1. تقليل الهدر الغذائي من خلال إدارة النفايات العضوية**

يعد فصل النفايات العضوية عن غيرها من النفايات، خطوة أساسية لتقليل الهدر الغذائي وإعادة استخدام الموارد الطبيعية، فوفقاً لإحصائيات منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، فإن حوالي 30-40% من إجمالي الغذاء المنتج عالمياً يُهدر، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية وبيئية كبيرة، لذا عندما يتم فصل النفايات العضوية في المنازل والمطاعم،

<sup>1</sup> Peter Lacy, Jakob Rutqvist, 'Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage', Springer, Germany, 2015, p 45, site: <https://link.springer.com/book/10.1057/97811375307079>

<sup>2</sup> Walter Leal Filho, Marina Kovaleva, Elena Popkova, 'Sustainable Agriculture and Food Security', Springer, Germany, 2022, p78, site: [https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-98617-9\\_Sustainable\\_Agriculture\\_and\\_Food\\_Security\\_SpringerLink](https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-98617-9_Sustainable_Agriculture_and_Food_Security_SpringerLink)

<sup>3</sup> Jonathan Bloom, 'American Wasteland: How America Throws Away Nearly Half of Its Food', Da Capo Press, United States, 2010, p34, site: [https://openlibrary.org/books/OL24468610M/American\\_wasteland#:~:text=AmericanAmerican\\_wasteland\\_by Jonathan Bloom | Open Library](https://openlibrary.org/books/OL24468610M/American_wasteland#:~:text=AmericanAmerican_wasteland_by Jonathan Bloom | Open Library)

<sup>4</sup> Jessica Duncan, Michael Carolan, Johannes S.C. Wiskerke, 'The Sustainable Food System', Routledge, London, 2020, p 112, site: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780429466823/routledge-handbook-sustainable-regenerative-food-systems-jessica-duncan-michael-carolan-johannes-wiskerke>

يمكن إعادة تدويرها بسهولة واستخدامها كسماد أو علف للحيوانات ، بدلاً من أن تتحلل في مكبات النفايات وتنتج غاز الميثان، وهو أحد الغازات الدفيئة القوية<sup>1</sup>، وهناك مزايا أخرى تخص عملية الفصل هذه نذكر منها:

✓ أن فصل النفايات ليس مجرد عملية بيئية، بل هو أيضاً وسيلة لتعزيز الوعي المجتمعي حول أهمية

الحفاظ على الغذاء.

✓ أن هذه الممارسة يمكن أن تؤدي إلى توفير موارد مالية للمطاعم والمنازل، من خلال تقليل كمية

النفايات التي تحتاج إلى التخلص منها.

✓ أن فصل النفايات العضوية جزءاً لا يتجزأ من الجهود الرامية إلى تحقيق الاستدامة البيئية وتقليل

الهدر الغذائي.

إن تحويل بقايا الطعام إلى علف للحيوانات هو أحد الحلول العملية لتقليل الهدر الغذائي وإعادة استخدام الموارد الطبيعية، فوفقاً لإحصائيات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ، يمكن أن تُستخدم ما بين 30 إلى 50 % من بقايا الطعام الصالحة للاستهلاك الحيواني كعلف بعد معالجتها بشكل صحيح، كما يمكن أن توفر موارد طبيعية وتقلل من التكاليف البيئية المرتبطة بإنتاج الأعلاف التقليدية، بالإضافة إلى ذلك، فإن إعادة استخدام بقايا الطعام كعلف يساعد في تقليل كمية النفايات التي تذهب إلى مكبات النفايات، مما يساهم في تقليل الانبعاثات الغازية الضارة، هذا الحل ليس فقط مستداماً بيئياً، ولكنه أيضاً اقتصادي، حيث يمكن أن يوفر على المزارعين أموالاً كبيرة في إنتاج الأعلاف<sup>2</sup>.

## 2. تعزيز الإنتاج الزراعي باستخدام الموارد المعاد تدويرها

لتعزيز الإنتاج الزراعي باستخدام الموارد المعاد تدويرها، لابد من تحويل النفايات العضوية إلى سماد عضوي و الذي يُعد من أفضل الطرق لإعادة استخدام الموارد الطبيعية وتحسين جودة التربة ، من خلال تعزيز بنيتها وتحسين قدرتها على الاحتفاظ بالماء، مما يجعلها أكثر ملاءمة لنمو المحاصيل، بالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام السماد العضوي يقلل من الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية، مما يساهم في تقليل التلوث البيئي<sup>3</sup>.

ويجدر التنويه إلى أن السماد العضوي له تأثير إيجابي كبير على زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية، فهو لا يعزز فقط إنتاجية المحاصيل، بل يحسن أيضاً القدرة التكيفية للتربة مع التغيرات المناخية، ويساهم في تحسين بنية التربة، مما يجعلها أكثر مقاومة للجفاف والفيضانات، وهذا ما تمت ملاحظته على المحاصيل التي تمت زراعتها في تربة معدلة بالسماد العضوي فكانت أكثر صحة وأعلى إنتاجية. بالإضافة إلى ذلك، فإن السماد العضوي يقلل من الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية، مما يساهم في تقليل التكاليف المالية والتأثيرات البيئية السلبية<sup>4</sup>، لذلك فإن استخدام السماد العضوي يعد استراتيجية حاسمة لتعزيز الإنتاج الزراعي وتحقيق الأمن الغذائي.

<sup>1</sup> Jonathan Bloom, *American Wasteland: How America Throws Away Nearly Half of Its Food* , Da Capo Press, Philadelphia, USA, 2010, p. 87.

<sup>2</sup> Tristram Stuart, *Waste: Uncovering the Global Food Scandal* , Penguin Books, London, UK, 2009, p. 145.

<sup>3</sup> Gershuny, Grace; Smillie, Joseph, *The Rodale Book of Composting* , Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania, USA, 1992, p. 112.

<sup>4</sup> Altieri, Miguel A., *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture* , CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1995, p. 178.

### ثانياً: إعادة تدوير المياه واستخدامها في الزراعة

تعتبر المياه واحدة من أهم الموارد الطبيعية التي تواجه ضغوطاً كبيرة نتيجة للتغير المناخي، النمو السكاني، والتوسع الزراعي، و أكثر من 70% من المياه العذبة المستخدمة عالمياً تُستهلك في الزراعة، مما يجعل إدارة المياه وإعادة تدويرها قضية مركزية لتحقيق الأمن الغذائي<sup>1</sup>، لذا فهي تمثل حلاً عملياً لتقليل الضغط على الموارد المائية التقليدية، حيث يمكن معالجة المياه المستعملة وإعادة استخدامها في الري الزراعي، باستخدام تقنيات تنقية المياه المعاد تدويرها المتقدمة جداً، مما يسمح باستخدام هذه المياه بشكل آمن في الزراعة دون التأثير على جودة التربة أو المحاصيل<sup>2</sup>. ويجدر التنويه أن ألمانيا، عند استخدامها لآلية المياه المعاد تدويرها في مشاريع زراعية كبيرة، تحسن إنتاج المحاصيل وقل الاستهلاك غير الضروري للمياه العذبة بنسبة تصل إلى 30% في المناطق الزراعية<sup>3</sup>. علاوة على ذلك، يساهم استخدام المياه المعاد تدويرها في تعزيز الأمن الغذائي في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يمثل شح المياه تحدياً كبيراً للزراعة، وأن إعادة تدوير المياه يمكن أن تكون حلاً مستداماً لضمان استمرارية الإنتاج الزراعي في هذه المناطق.

#### 1. تقنيات ألمانية لتحلية وإعادة استخدام المياه

تعتبر ألمانيا من الدول الرائدة في تطوير تقنيات متقدمة لتحلية وإعادة استخدام المياه، خاصة في مجال الري الزراعي، إذ تركز هذه التقنيات على تنقية المياه المستعملة (مثل مياه الصرف الصحي) وإزالة الملوثات والبكتيريا منها باستخدام أنظمة متعددة المراحل. تشمل هذه العمليات الترشيح البيولوجي، الترشيح بالغشاء (مثل الأغشية النانوية)، والتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية. بعد التنقية، يتم إعادة استخدام هذه المياه في الري الزراعي، مما يقلل من الحاجة إلى المياه العذبة التقليدية. مما يساهم في تحسين جودة التربة وتقليل استهلاك المياه بنسبة تصل إلى 30% في المناطق الزراعية التي تعتمد عليها، بالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام المياه المعاد تدويرها يقلل من الضغط على المصادر الطبيعية للمياه، مثل الأنهار والآبار الجوفية<sup>4</sup>.

يعد مشروع "Berlin Water Loop"، أحد الأمثلة البارزة على المشاريع الناجحة في ألمانيا، كونه يهدف إلى إعادة استخدام المياه المعالجة من محطة الصرف الصحي الرئيسية في برلين، وقد تم تنفيذ هذا المشروع بالتعاون بين الحكومة المحلية وشركة المياه الألمانية، وقد نجح في توفير ما يقرب من 20 مليون متر مكعب من المياه سنوياً، والتي يتم استخدامها بشكل رئيسي في ري الحدائق العامة والمزارع المجاورة. وهناك مشروع "Hamburg Reuse Initiative"، الذي

<sup>1</sup> Rogers, Peter, and Susan Leal, *Solutions to Conserve Our Most Precious Resource*, Palgrave Macmillan, New York, 2010, p. 89, site: <https://www.amazon.com/Running-Out-Water-Solutions-Conserve/dp/0230615643>

<sup>2</sup> Sipes, James L., *Sustainable Solutions for Water Resources: Policies, Planning, Design, and Implementation*, McGraw-Hill, New York, 2010, p. 156, site: <https://archive.org/details/sustainablesolut0000sipe>

<sup>3</sup> Butler, David, and Fayyaz Ali Memon, *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs*, IWA Publishing, London, 2013, p. 45, site: <https://www.amazon.com/Water-Demand-Management-David-Butler/dp/1843390787>

<sup>4</sup> Klaus Röttcher, *Water Recycling in Germany: Technologies and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2018, p. 45.

يستخدم المياه المعاد تدويرها في ري المزارع الصناعية داخل المدينة، والذي يعتمد المشروع على تقنية الترشيح المتقدم لإنتاج مياه عالية الجودة تلبى المعايير الدولية للاستخدام الزراعي<sup>1</sup>.

## 2. دور المياه المعاد تدويرها في تحقيق الأمن الغذائي

تلعب المياه المعاد تدويرها دوراً حاسماً في تقليل الضغط على الموارد المائية التقليدية، وهو أمر ضروري لتحقيق الأمن الغذائي، وأن إعادة استخدام المياه المعالجة يمكن أن تقلل من استهلاك المياه العذبة بنسبة تصل إلى 40% في المناطق الزراعية المعرضة للجفاف، بالإضافة إلى ذلك، فإن هذه المياه المعاد تدويرها تحتوي غالباً على عناصر غذائية مفيدة للتربة، مما يعزز خصوبتها ويحسن إنتاجية المحاصيل و يسهم في تعزيز الاستدامة البيئية من خلال تقليل التلوث الناتج عن تصريف المياه غير المعالجة<sup>2</sup>.

يساهم استخدام المياه المعاد تدويرها بشكل مباشر في تعزيز الإنتاج الزراعي وتحقيق الأمن الغذائي، ذلك لأن المياه المعاد تدويرها تحتوي غالباً على مستويات مناسبة من العناصر الغذائية، مثل النيتروجين والفوسفور، مما يقلل من الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية، علاوة على ذلك، فإن هذه المياه توفر مصدراً دائماً للري حتى في فترات الجفاف، مما يضمن استمرارية الإنتاج الزراعي، ففي ولاية "بافاريا" الألمانية، تم استخدام المياه المعاد تدويرها في ري محاصيل القمح والشعير، مما أدى إلى زيادة الإنتاجية بنسبة 18% مقارنة باستخدام المياه العذبة التقليدية<sup>3</sup>.

## المحور الثاني: التجربة الألمانية نموذجاً للتنمية المستدامة

تُعتبر ألمانيا واحدة من الدول الرائدة عالمياً في مجال التنمية المستدامة وإدارة النفايات، حيث تمكنت من بناء نظام متكامل يجمع بين الاستدامة البيئية والنمو الاقتصادي، نظراً لما حققته من معدلات إعادة تدوير التي تصل إلى 67% من النفايات المنزلية، وهو أعلى معدل في العالم، مما يجعلها نموذجاً يُحتذى به في إدارة الموارد الطبيعية<sup>4</sup>. إن التجربة الألمانية تعتمد على سياسات صارمة لإدارة النفايات واستخدام التكنولوجيا الحديثة لتحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام، حيث انما طورت نظاماً فعالاً لفصل النفايات في المصدر، مما يسهل عملية إعادة التدوير ويقلل من الهدر<sup>5</sup>، والفضل في ذلك يعود للسياسات الحكومية التي لعبت دوراً محورياً في تعزيز الاستدامة البيئية، حيث وضعت استراتيجيات واضحة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، بما في ذلك تقليل انبعاثات الكربون وتعزيز الاقتصاد الدائري<sup>6</sup>، هذه الجهود جعلت ألمانيا نموذجاً عالمياً في تحقيق التنمية المستدامة، حيث تمكنت من تحويل التحديات البيئية إلى فرص اقتصادية<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Michael Schmidt, *Sustainable Water Management in Urban Areas*, Springer Nature, Heidelberg, Germany, 2020, p. 78.

<sup>2</sup> Linda Jones, *Water Recycling for Food Security*, Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 2019, p. 112.

<sup>3</sup> Hans Müller, *Advanced Water Recycling Techniques*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2021, p. 96.

<sup>4</sup> Bringezu, Stefan, and Helmut Schütz, *Material Flow Analysis: A Tool for Sustainable Resource Management*, Springer, Berlin, 2015, p. 210

<sup>5</sup> Kranert, Martin, and Günther Hafner, *Waste Management for Sustainable Development*, Elsevier, Amsterdam, 2018, p. 145

<sup>6</sup> Luhmann, Hans-Jochen, *Sustainability in Germany: Policies and Practices*, Routledge, London, 2019, p. 87

<sup>7</sup> Töpfer, Klaus, *Global Environmental Governance: Perspectives on the Road Ahead*, Cambridge University Press, Cambridge, 2017, p. 56

### أولاً: السياسات الألمانية لإدارة النفايات والاستدامة البيئية

تتميز السياسات الألمانية لإدارة النفايات والاستدامة البيئية بالصرامة والإبداع، حيث تهدف إلى تحقيق أقصى استفادة من الموارد المتاحة وتقليل التأثير السلبي على البيئة، وذلك من خلال تطبيق قوانين صارمة تفرض فصل النفايات عند المصدر وتشجع على إعادة التدوير، مما ساهم في تحقيق معدلات إعادة تدوير عالية<sup>1</sup>. ويعد الاقتصاد الدائري إحدى الركائز الأساسية لهذه السياسات، التي تهدف إلى تقليل النفايات وتعزيز إعادة استخدام المواد، مما شجع الشركات على تصميم منتجات يمكن إعادة تدويرها بسهولة، وقلل من الحاجة إلى الموارد الطبيعية الجديدة<sup>2</sup>، علاوة على ذلك، تلعب الحكومة الألمانية دوراً رئيسياً في دعم الابتكار التكنولوجي في مجال إدارة النفايات، من خلال توفير الدعم المالي والتكنولوجي للشركات التي تعمل على تطوير تقنيات جديدة لإعادة التدوير<sup>3</sup>، وتعزيز الاستدامة البيئية من خلال تقليل انبعاثات الكربون وتحسين كفاءة استخدام الموارد<sup>4</sup>.

#### 1. نظام إدارة النفايات الفعال في ألمانيا

تُعد ألمانيا من الدول الرائدة عالمياً في إدارة النفايات، بفضل سياساتها الصارمة التي تهدف إلى فصل النفايات وإعادة تدويرها بأعلى كفاءة ممكنة، مما يجعلها واحدة من أعلى الدول أداءً في هذا المجال، تعتمد هذه الكفاءة على نظام شامل يفرض على المواطنين والشركات فصل النفايات بدقة إلى فئات مثل البلاستيك، الورق، الزجاج، والمخلفات العضوية.

تشمل السياسات الألمانية الصارمة العديد من القوانين أهمها *Recycling Act* و *Packaging Ordinance*، التي تلزم الشركات بتصميم منتجاتها بحيث تكون قابلة لإعادة التدوير، وتحمل المسؤولية عن إعادة تدويرها بعد الاستخدام. بالإضافة إلى ذلك، يتم تشجيع المواطنين على المشاركة في النظام من خلال فرض غرامات على عدم فصل النفايات بشكل صحيح، إن هذه السياسات أدت إلى تقليل كمية النفايات التي تذهب إلى مكبات النفايات بنسبة 80% مقارنة بال عقود السابقة<sup>5</sup>.

وجدير بالذكر أن الحكومة الألمانية والقطاع الخاص لعبتا دوراً حاسماً في تعزيز إعادة التدوير من خلال التعاون المتناغم بينهما، حيث تقوم الحكومة بتوفير الإطار القانوني والبنية التحتية اللازمة لإدارة النفايات، بينما يقوم القطاع الخاص بتطوير الحلول التقنية والابتكارات اللازمة لتحسين عمليات إعادة التدوير.

#### 2. التكنولوجيا الحديثة في إعادة التدوير

تعتمد ألمانيا على التكنولوجيا الحديثة لتحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام، مما يعزز الاستدامة البيئية ويقلل من الاعتماد على المواد الخام الجديدة، مثل التحلل الحراري والهضم اللاهوائي الذي يمكنه تحويل النفايات العضوية إلى طاقة حيوية، والتي يمكن استخدامها في توليد الكهرباء أو تسخين المياه. هذه التكنولوجيا تلعب دوراً رئيسياً

<sup>1</sup> Bleischwitz, Raimund, and Holger Berg, *Economy-Wide Material Flow Analysis and Indicators for an Effective Resource Policy*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2016, p. 132.

<sup>2</sup> Schmidt-Bleek, Friedrich, *Factor Ten: Making Sustainability Accountable*, Earthscan, London, 2014, p. 98.

<sup>3</sup> Gieseler, Jürgen, *Environmental Policy in Germany: Strategies and Instruments*, Springer, Berlin, 2018, p. 76.

<sup>4</sup> Petschow, Ulrich, *Sustainable Consumption and Production: Framework for Action*, Routledge, London, 2017, p. 112.

<sup>5</sup> Hans-Jürgen Wieland, *Waste Management in Germany: Policies and Practices*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2017, p. 56.

في تحويل النفايات البلاستيكية إلى مواد خام جديدة تُستخدم في صناعة المنتجات البلاستيكية، التي تتطلب استخدام تقنية *Chemical Recycling* لتفكيك البلاستيك إلى مكوناته الأساسية وإعادة استخدامها في تصنيع منتجات جديدة<sup>1</sup>. ضمن نفس المسعى تعمل العديد من الشركات والمؤسسات البحثية على تطوير حلول جديدة لمعالجة النفايات، وخلق تقنيات جديدة كتقنية *AI-based Sorting Systems*، التي تستخدم الذكاء الاصطناعي لفرز النفايات بشكل دقيق وسريع، وهناك مشروع *Energetic Use of Waste*، الذي يستخدم التكنولوجيا الحديثة لتحويل النفايات غير القابلة لإعادة التدوير إلى طاقة عبر عملية الاحتراق، والذي تم تنفيذه في عدة مدن ألمانية، مثل هامبورغ وميونخ، وساهم في تقليل كمية النفايات التي تذهب إلى مكبات النفايات بنسبة 60%، وهناك أيضا فإن تقنية *Plasma Gasification* التي تُستخدم لتحويل النفايات إلى غاز اصطناعي يمكن استخدامه كوقود نظيف<sup>2</sup>.

### ثانيا: تأثير التجربة الألمانية على التنمية المستدامة العالمية

تلعب ألمانيا دورًا رياديًا في تعزيز التنمية المستدامة على المستوى العالمي، من خلال سياساتها المبتكرة وإدارتها الفعالة للنفايات واستخدامها للتكنولوجيا الحديثة، فهي السبّاقة في وضع استراتيجيات متكاملة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة (SDGs)، مما جعلها نموذجا يُحتذى به دوليًا<sup>3</sup>، خاصة وأن تأثير التجربة الألمانية يمتد إلى الدول النامية والمتقدمة على حد سواء، حيث تقدم ألمانيا الدعم الفني والمالي لنقل التكنولوجيا وتطوير البنية التحتية لإدارة النفايات، وتعزيز قدرة الدول النامية على تحقيق الاستدامة البيئية<sup>4</sup>. وحاليا تعمل الحكومة الألمانية بالشراكة مع الأمم المتحدة على تنفيذ مشاريع تهدف إلى تعزيز إعادة التدوير، ومكافحة التغير المناخي في أفريقيا وآسيا، لكونها رائدة في دمج الاقتصاد الأخضر مع التنمية المستدامة، مما يساهم في تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة<sup>5</sup>.

#### 1. التعاون الدولي لنقل الخبرات الألمانية

تلعب ألمانيا دورًا رئيسيًا في دعم الدول النامية، من خلال تقديم المساعدات الفنية والمالية لتطوير أنظمة إدارة النفايات وإعادة التدوير، فقد خصصت الحكومة الألمانية أكثر من 2 مليار يورو سنويًا لدعم مشاريع التنمية المستدامة، المتعلقة بإدارة النفايات في الدول النامية. كما أنها توفر لها التدريب الفني اللازم لتطوير البنية التحتية لإعادة التدوير، بالإضافة إلى تقديم التمويل اللازم لبناء مصانع إعادة التدوير ومحطات معالجة النفايات، ومثالها تنفيذ مشروع مشترك بين ألمانيا وكينيا لتطوير نظام فصل وإعادة تدوير النفايات في نيروبي، مما أدى إلى تقليل كمية النفايات التي تذهب إلى مكبات النفايات بنسبة 30%<sup>6</sup>.

كما أطلقت ألمانيا العديد من المبادرات الدولية لتشجيع الدول الأخرى على اعتماد سياسات إعادة التدوير لتحقيق الاستدامة البيئية أبرزها مبادرة *Circular Economy Initiative*، التي تهدف إلى تعزيز الاقتصاد الدائري من خلال تقليل

<sup>1</sup> Michael Bauer, *Innovative Technologies in Waste Recycling*, Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 2020, p. 123.

<sup>2</sup> Johann Schmidt, *Advanced Recycling Technologies in Germany*, Springer Nature, Heidelberg, Germany, 2021, p. 67.

<sup>3</sup> Töpfer, Klaus, *Global Environmental Governance: Perspectives on the Road Ahead*, Cambridge University Press, Cambridge, 2017, p. 65.

<sup>4</sup> Bruyninckx, Hans, *Sustainability Transitions: Policy and Practice*, Springer, Berlin, 2018, p. 142.

<sup>5</sup> Brand, Ulrich, *Green Economy: The Future of Global Environmental Governance*, Routledge, London, 2016, p. 98.

<sup>6</sup> Michaela Schmidt, *International Waste Management Cooperation*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2018, p. 45.

الهدر وتعظيم إعادة استخدام الموارد ، والتي ساهمت في نشر ثقافة إعادة التدوير في أكثر من 50 دولة حول العالم، وهناك أيضاً برنامج *Blue Angel Initiative*، الذي يشجع الشركات العالمية على تصميم منتجاتها ، بحيث تكون قابلة لإعادة التدوير، حيث تم تبني تقنيات ألمانية متقدمة لمعالجة النفايات البلاستيكية والإلكترونية<sup>1</sup>.

## 2. تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال إعادة التدوير

تلعب إعادة التدوير دوراً بارزاً في تحقيق الأمن الغذائي، من خلال تقليل الهدر الغذائي وإعادة استخدام الموارد الطبيعية، ذلك لأن استخدام النفايات العضوية كسماد يعزز خصوبة التربة ويقلل من الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية، مما يساهم في تحقيق الأمن الغذائي بشكل مستدام، ففي مشروع مشترك بين ألمانيا ومصر، تم استخدام السماد العضوي المنتج من النفايات المنزلية والمزارع في تحسين جودة التربة، مما أدى إلى زيادة إنتاجية القمح بنسبة 20%<sup>2</sup>. كما تساهم إعادة التدوير بشكل كبير في مكافحة التغير المناخي، من خلال تقليل انبعاثات غازات الدفيئة وخفض استهلاك الطاقة ، فإعادة تدوير المواد مثل البلاستيك والمعادن يمكن أن يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 50% مقارنة بالإنتاج التقليدي، ويقلل من الحاجة إلى استخراج المواد الخام ومعالجتها، مما يقلل من استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات الضارة<sup>3</sup>.

## الخاتمة:

إن إعادة التدوير ليست مجرد عملية لإدارة النفايات، بل هي استراتيجية شاملة تلعب دوراً محورياً في تحقيق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، والواقع أثبت أنه لا يمكن معالجة المشكلة التي طرحها هذه الورقة والمتعلقة بكيفية مواجهة نقص الموارد الطبيعية وزيادة الهدر الغذائي والتغير المناخي، إلا من خلال دمج إعادة التدوير في السياسات الزراعية والبيئية. إن التجربة الألمانية تعد نموذجاً قيماً لإدارة النفايات بشكل و تحويلها إلى موارد قابلة للاستخدام، كتحويل النفايات العضوية إلى سماد عضوي أو إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة، هذا النموذج لا يعزز فقط الإنتاج الزراعي أو يقلل الهدر الغذائي، بل يساهم أيضاً في مكافحة التغير المناخي عبر تقليل انبعاثات الكربون. إن إعادة التدوير تمثل حلاً عملياً لتحقيق الأمن الغذائي، حيث يمكن للدول الأخرى الاستفادة من الخبرات الألمانية لتعزيز استدامة مواردها، كما أن استخدام التكنولوجيا الحديثة في إعادة التدوير، يفتح آفاقاً جديدة لتحويل النفايات إلى موارد اقتصادية ذات قيمة مضافة، لذا يمكن القول إن إعادة التدوير هي الحل الأمثل لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية العالمية، مما يجعلها أداة أساسية لتحقيق التنمية المستدامة والأمن الغذائي للأجيال الحالية والقادمة.

تبعاً لما تم عرضه توصلنا إلى النتائج التالية:

1. إن إعادة التدوير من شأنها أن تقلل الهدر الغذائي بنسبة كبيرة ، عبر تحويل النفايات العضوية إلى

سماد عضوي أو علف للحيوانات؛

<sup>1</sup> Johannes Müller, *Global Recycling Policies and Practices* , Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2020, p. 78.

<sup>2</sup>Hans-Joachim Braun, *Sustainable Agriculture through Recycling* , Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 2021, p. 92.

<sup>3</sup> Klaus Wagner, *Climate Change Mitigation through Recycling* , Springer Nature, Heidelberg, Germany, 2019, p. 67.

2. إن المياه المعاد تدويرها من شأنها أن تسهم في تحسين إنتاجية الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجاف؛.

3. إن السياسات الصارمة لإدارة النفايات في ألمانيا أدت إلى تحقيق معدلات عالية من إعادة التدوير؛

4. إن التكنولوجيا الحديثة ساهمت في تحويل النفايات إلى موارد قابلة للاستخدام بكفاءة وفعالية؛

5. إن إعادة التدوير ساعدت في مكافحة التغير المناخي عبر تقليل انبعاثات الكربون الناتجة عن النفايات؛

6. إن السماد العضوي يعزز خصوبة التربة ويقلل الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية الضارة بالبيئة؛

7. إن التجربة الألمانية نموذجاً عالمياً لتطبيق التنمية المستدامة عبر إدارة النفايات وإعادة التدوير؛

8. إن إعادة التدوير تسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة (SDGs) خاصة الأمن الغذائي ومكافحة التغير المناخي؛

9. إن التعاون الدولي يعزز نقل الخبرات الألمانية إلى الدول النامية لتطبيق سياسات إعادة التدوير؛

10. إن إعادة التدوير ليست مجرد استراتيجية بيئية، بل هي حل عملي لتحقيق الأمن الغذائي العالمي.

و في الختام يمكن ان ندرج المقترحات التالية للنهوض و تعزيز هذا النهج:

1. ضرورة تشجيع الدول و المؤسسات على فصل النفايات العضوية واستخدامها في الزراعة لتحسين خصوبة التربة والإنتاج الزراعي؛

2. ضرورة تشجيع الاستثمار في تقنيات تنقية المياه المعاد تدويرها لاستخدامها في الزراعة والصناعة؛

3. ضرورة العمل على وضع سياسات صارمة لإدارة النفايات، تعتمد على الفصل وإعادة التدوير في جميع الدول؛

4. ضرورة العمل على تعزيز التعاون الدولي لنقل التكنولوجيا الحديثة لإعادة التدوير إلى الدول النامية؛

5. ضرورة دمج برامج إعادة التدوير في استراتيجيات مكافحة التغير المناخي على المستوى الوطني والعالمي؛

6. ضرورة تشجيع المزارعين على استخدام السماد العضوي، بدلاً من الأسمدة الكيميائية الضارة بالبيئة؛

7. ضرورة تبني التجربة الألمانية كمرجع لتطوير سياسات الاستدامة البيئية والزراعية في الدول الأخرى؛

8. ضرورة ربط برامج إعادة التدوير بأهداف التنمية المستدامة (SDGs) لتحقيق أثر أكبر على مستوى العالم؛

9. ضرورة توفير الدعم المالي والفني للدول النامية لتطبيق سياسات إعادة التدوير وتحقيق الأمن الغذائي؛

10. ضرورة تعزيز الوعي المجتمعي بأهمية إعادة التدوير لتحقيق الأمن الغذائي والاستدامة البيئية والاقتصادية.

## قائمة المراجع:

### 1-الكتب:

1. Bleischwitz, Raimund, and Holger Berg, *Economy-Wide Material Flow Analysis and Indicators for an Effective Resource Policy* , Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2016.
2. Brand, Ulrich, *Green Economy: The Future of Global Environmental Governance* , Routledge, London, 2016.
3. Bringezu, Stefan, and Helmut Schütz, *Material Flow Analysis: A Tool for Sustainable Resource Management* , Springer, Berlin, 2015.
4. Bruyninckx, Hans, *Sustainability Transitions: Policy and Practice* , Springer, Berlin, 2018.
5. Gieseler, Jürgen, *Environmental Policy in Germany: Strategies and Instruments* , Springer, Berlin, 2018.
6. Hans Müller, *Advanced Water Recycling Techniques* , Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2021.
7. Hans-Joachim Braun, *Sustainable Agriculture through Recycling* , Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 2021.
8. Hans-Jürgen Wieland, *Waste Management in Germany: Policies and Practices* , Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2017.
9. Johann Schmidt, *Advanced Recycling Technologies in Germany* , Springer Nature, Heidelberg, Germany, 2021.
10. Johannes Müller, *Global Recycling Policies and Practices* , Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2020.
11. Klaus Heinrich, *Sustainable Waste Recycling in Germany* , Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2019.
12. Klaus Röttcher, *Water Recycling in Germany: Technologies and Applications* , Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2018.
13. Klaus Wagner, *Climate Change Mitigation through Recycling* , Springer Nature, Heidelberg, Germany, 2019.
14. Kranert, Martin, and Günther Hafner, *Waste Management for Sustainable Development* , Elsevier, Amsterdam, 2018.
15. Linda Jones, *Water Recycling for Food Security* , Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 2019.
16. Luhmann, Hans-Jochen, *Sustainability in Germany: Policies and Practices* , Routledge, London, 2019.
17. Michael Bauer, *Innovative Technologies in Waste Recycling* , Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 2020.
18. Michael Schmidt, *Sustainable Water Management in Urban Areas* , Springer Nature, Heidelberg, Germany, 2020.
19. Michaela Schmidt, *International Waste Management Cooperation* , Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2018.
20. Schmidt-Bleek, Friedrich, *Factor Ten: Making Sustainability Accountable* , Earthscan, London, 2014.

21. Töpfer, Klaus, *Global Environmental Governance: Perspectives on the Road Ahead* , Cambridge University Press, Cambridge, 2017.
22. Tristram Stuart, *Waste: Uncovering the Global Food Scandal* , Penguin Books, London, UK, 2009.

## 2-المجلات:

23. Altieri, Miguel A., *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture* , CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1995.
24. Butler, David, and Fayyaz Ali Memon, *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs*, IWA Publishing, London, 2013. site:<https://www.amazon.com/Water-Demand-Management-David-Butler/dp/1843390787>
25. Gershuny, Grace; Smillie, Joseph, *The Rodale Book of Composting* , Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania, USA, 1992.
26. Jessica Duncan, Michael Carolan, Johannes S.C. Wiskerke ,The Sustainable Food System , Routledge, London,2020.site:<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780429466823>
27. Jonathan Bloom, *American Wasteland: How America Throws Away Nearly Half of Its Food* , Da Capo Press, Philadelphia, USA, 2010.
28. Jonathan Bloom ,*American Wasteland: How America Throws Away Nearly Half of Its Food* ,Da Capo Press, United States , 2010. site:[https://openlibrary.org/books/OL24468610M/American\\_wasteland#:~:text=American,American wasteland by Jonathan Bloom | Open Library](https://openlibrary.org/books/OL24468610M/American_wasteland#:~:text=American,American wasteland by Jonathan Bloom | Open Library)
29. Peter Lacy, Jakob Rutqvist ,*Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*, Springer, Germany, 2015. site: <https://link.springer.com/book/10.1057/97811375307079>
30. Petschow, Ulrich, *Sustainable Consumption and Production: Framework for Action* , Routledge, London, 2017.
31. Rogers, Peter, and Susan Leal, *Solutions to Conserve Our Most Precious Resource*, Palgrave Macmillan, New York, 2010. site: <https://www.amazon.com/Running-Out-Water-Solutions-Conserve/dp/0230615643>
32. Sipes, James L., *Sustainable Solutions for Water Resources: Policies, Planning, Design, and Implementation*, McGraw-Hill, New York, 2010,site:<https://archive.org/details/sustainablesolut0000sipe>
33. Walter Leal Filho,Marina Kovaleva, Elena Popkova ,*Sustainable Agriculture and Food Security*, Springer, Germany,2022site: [https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-98617-9\\_Sustainable\\_Agriculture\\_and\\_Food\\_Security](https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-98617-9_Sustainable_Agriculture_and_Food_Security) | SpringerLink