

إعادة تدوير البلاستيك خدمة للتنمية المستدامة: انتقال من

الاقتصاد الخطي إلى الاقتصاد الدائري

**Plastic recycling for sustainable development:  
a transition from a linear economy to a circular economy**

علمي حمزة\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> جامعة فرحات عباس سطيف 1 hamza.almi@univ-setif.dz

تاريخ الاستلام: 2022/05/01 تاريخ القبول: 2022/06/06 تاريخ النشر: 2022/06/30

**Abstract**

The spread of plastic waste harms the environment and public health. Therefore, we must think about how to reduce the damage caused by plastic waste, in the context of sustainable development. For this reason, the plastic recycling industry transforms useless plastic materials into valuable materials. This research paper comes to clarify the vision about the contribution of the plastic recycling industry for sustainable development.

**Keywords :** Cycle Economy, Plastic, Recycling, Sustainable development.

**Jel Classification:** Q53, Q56.

**ملخص**

إن انتشار النفايات البلاستيكية يضر بالبيئة والصحة العامة، من هنا، وجب التفكير في كيفية الحد من الأضرار الناجمة عنها في إطار التنمية المستدامة، لهذا جاءت صناعة إعادة تدوير البلاستيك التي تعمل على تحويل المواد البلاستيكية عديمة القيمة إلى مواد ذات قيمة. من هنا، تأتي هذه الورقة البحثية لتوضح الرؤية حول مساهمة صناعة إعادة تدوير البلاستيك في خدمة التنمية المستدامة.

**الكلمات المفتاحية:** اقتصاد دائري، بلاستيك، إعادة تدوير، تنمية مستدامة.

**تصنيف جال:** Q53، Q56.

\* المؤلف المرسل

## 1. مقدمة:

إن العيش في بيئة صحية هو من أهم ما يصبوا إليه الإنسان في وقتنا الحاضر، نظرا للتلوث الذي أصاب الأرض والهواء والمياه نتيجة تصرفات سابقة لإنسان كان كل اهتمامه تسهيل العيش وتحسين نوعية حياته دون اهتمام بالبيئة، ومن بين المواد التي يستخدمها الإنسان بكثرة في الوقت الحاضر مادة البلاستيك، التي نجدها في الأكياس والأكواب والملاعق والأطباق وغيرها من المواد المخصصة للاستعمال لمرة واحدة فقط، مما يجعل مادة البلاستيك تشكل نسبة كبيرة من النفايات اليومية التي تساهم في تدمير البيئة. لكن الفكر الاقتصادي الذي يهدف إلى التقليل من التكاليف من خلال الاستفادة ما أمكن من النفايات المتراكمة للمواد البلاستيكية، عن طريق صناعة إعادة تدوير البلاستيك، فهو يساهم أيضا في الحفاظ على البيئة وبالتالي تحقيق تنمية مستدامة.

إشكالية البحث: من خلال ما سبق، يمكن طرح الإشكالية التالية:

كيف تساهم إعادة تدوير البلاستيك في خدمة التنمية المستدامة ؟

الأسئلة الفرعية: لمعالجة الإشكالية موضوع الدراسة، يمكن طرح مجموعة الأسئلة الفرعية التالية:

- لماذا تعتبر مادة البلاستيك تحديدا مشكلة بيئية ؟
- لماذا يعتبر أسلوب حرق النفايات (ومنها البلاستيك) بمثابة خيار خاطئ ؟
- ما هي مزايا إعادة تدوير البلاستيك ؟

فرضيات البحث: للإجابة على الإشكالية المطروحة يتم الانطلاق من الفرضية التالية:

تساهم إعادة تدوير البلاستيك في خدمة التنمية المستدامة بشكل كبير من خلال الحفاظ على البيئة وتحقيق النمو الاقتصادي.

**أهمية البحث:** تكمن أهمية البحث في التركيز على مادة البلاستيك كمشكلة بيئية يجب العمل على حلها، كما تكمن أهمية البحث أيضا في دراسة عملية إعادة تدوير البلاستيك والمزايا الناتجة عنها اقتصاديا وانعكاس ذلك على البيئة.

**أهداف البحث:** تهدف هذه الورقة البحثية إلى التعرف على كيفية تحقيق التنمية المستدامة في مجال تخليص البيئة من المواد البلاستيكية من خلال صناعة إعادة تدويرها والاستفادة منها اقتصاديا.

**منهج البحث:** سيتم الاعتماد على المنهج الوصفي في وصف مادة البلاستيك كمشكلة بيئية ثم وصف نموذج الاقتصاد الدائري وعملية إعادة تدوير البلاستيك.

**هيكل البحث:** سيتم تقسيم هذه الورقة البحثية إلى محورين اثنين، يدرس المحور الأول مادة البلاستيك كمشكلة بيئية، من خلال دراسة مصادرها وكيفية التخلص منها في الاقتصاد الخطي وخطورة ذلك بيئيا وصحيا؛ أما المحور الثاني فيدرس البلاستيك في الاقتصاد الدائري من خلال التعرض لنموذج الاقتصاد الدائري ثم البحث في عملية إعادة تدوير البلاستيك.

## 2. مادة البلاستيك كمشكلة بيئية:

يعج كوكب الأرض بمليارات الأطنان من النفايات البلاستيكية المتراكمة منذ الخمسينيات من القرن العشرين، والحال يتفاقم يوما بعد يوم، حيث ارتفع الإنتاج العالمي للبلاستيك من مليوني طن في 1950 إلى 400 مليون طن في 2015، أي ما يوازي حجم كل المواد الأخرى التي ينتجها الإنسان. ووصلت كمية النفايات البلاستيكية المتراكمة طوال هذه الفترة إلى 8 مليارات و300 مليون طن، وأن 75% منها تتحلل ببطء شديد جدا في الطبيعة والمحيطات. وفي حال استمر الوضع بهذه الوتيرة، ستصل

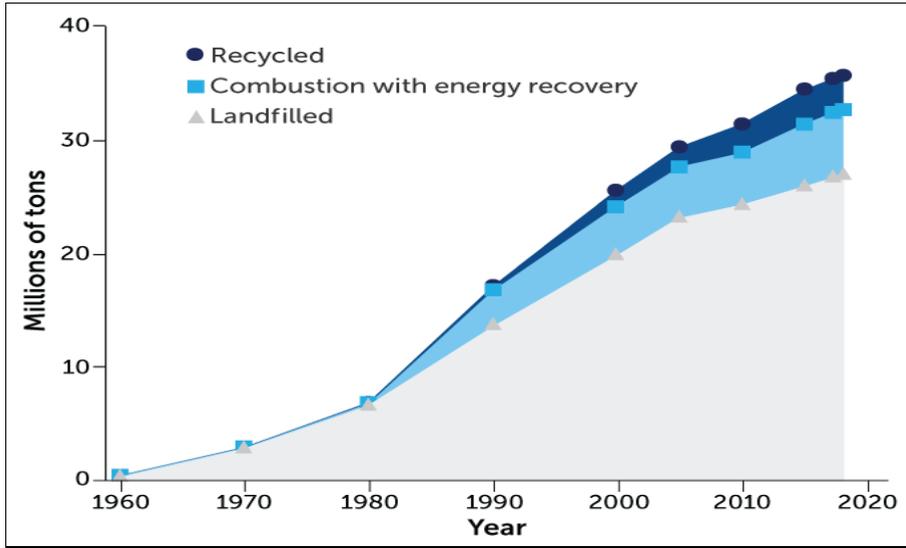
كمية النفايات البلاستيكية في مراكز جمع القمامة وفي الطبيعة عام 2050 إلى 12 مليار طن. (فرانس 24، 2017؛ نقلا عن ScienceAdvances, 2017)

بلغ التلوث البلاستيكي أرقاما مخيفة حيث إن إنتاج البلاستيك خلال العقد الماضي يفوق إنتاج القرن الماضي بأكمله، تتمثل بعض الأرقام فيما يلي: 500 مليار كيس بلاستيكي يستخدمها العالم سنويا؛ مليون زجاجة بلاستيكية يتم شراؤها كل دقيقة؛ 8 ملايين طن من البلاستيك ترمى في المحيطات كل عام وهذا ما يعادل شاحنة من القمامة كل دقيقة؛ 50% من البلاستيك المستهلك يستخدم مرة واحدة فقط.

تجدر الإشارة إلى أن نسبة المواد التي أعيد تدويرها من هذه الكمية (8 مليارات و300 مليون طن) بلغت 9% وأحرق منها 12%، والباقي (79%) يتراكم في مراكز جمع القمامة أو في الطبيعة، وخصوصا في المحيطات التي يلقي فيها أكثر من 8 ملايين طن من النفايات البلاستيكية سنويا. (فرانس 24، 2017؛ نقلا عن ScienceAdvances, 2017)

في الولايات المتحدة الأمريكية تزايد العدد الإجمالي لأطنان البلاستيك التي يتم إنتاجها وإعادة تدويرها وتحويلها إلى سماد وحرقتها مع استعادة الطاقة ودفن النفايات بشكل تدريجي خلال الفترة من 1960 إلى 2018، الشكل التالي يوضح ذلك:

الشكل رقم (01): إدارة النفايات البلاستيكية خلال الفترة: 2018-1960.



**Source:** United States Environmental Protection Agency (2021), Plastics: Material-Specific Data, US EPA, on september 30,2021, in the web site: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/plastics-material-specific-data>, accessed: 25/03/2022.

في سنة 1960، بلغ إنتاج البلاستيك 390 ألف طن، وتم طمرها كلها تحت الأرض؛ أما سنة 1980 فإن كمية البلاستيك التي تم إنتاجها بلغت 6,83 مليون طن، تم إعادة تدوير فقط 20 ألف طن منها أي بنسبة ضئيلة جدا قدرها 2,9 %، و140 ألف طن تم حرقها مع استعادة الطاقة، بينما تم طمر 6,67 مليون طن تحت الأرض وهو ما يمثل نسبة 97,65 %.

أما بعد 20 عاما، أي سنة 2000 بلغ إنتاج البلاستيك 25,55 مليون طن، تم إعادة تدوير فقط 1,48 مليون طن منها أي بنسبة 5,79 %، و4,12 مليون طن تم حرقها مع استعادة الطاقة، بينما تم طمر 19,95 مليون طن تحت الأرض أي بنسبة 78 %.

في عام 2018، بلغ إنتاج البلاستيك في الولايات المتحدة 35.7 مليون طن، وهو ما يمثل 12.2 % من توليد النفايات الصلبة المحلية، في حين أن كمية المواد البلاستيكية المعاد تدويرها صغيرة نسبياً - 3 ملايين طن بمعدل إعادة تدوير 8.7 % في عام 2018 -

بلغ إجمالي كمية البلاستيك المحترق في النفايات الصلبة المحلية 5.6 مليون طن في عام 2018. كان هذا 16.3 % من إجمالي النفايات الصلبة المحترقة مع استعادة الطاقة في ذلك العام. كما تلقت مكبات النفايات 27 مليون طن من البلاستيك سنة 2018. ما يمثل 18.5 % من مجموع النفايات الصلبة المطمورة.

كما ارتفعت نسبة البلاستيك بين النفايات الصلبة في مراكز جمع القمامة بالبلديات في البلدان المتقدمة والبلدان ذات الدخل المتوسط من 1% عام 1960 إلى 10% عام 2005. (فرانس 24، 2017) لهذا، يكون الاستفهام حول مصدر مادة البلاستيك، من أجل العمل على الحد منها حفاظاً على البيئة.

## 1.2 مصادر مادة البلاستيك:

تصنف مادة البلاستيك ضمن النفايات الصلبة متعددة المصادر، فقد تأتي من النفايات السكنية أو مخلفات المصانع والمؤسسات، أو نفايات الأنشطة التجارية، الجدول التالي يوضح ذلك:

الجدول رقم (01) : مصادر النفايات الصلبة وأنواعها

| أنواع النفايات الصلبة  | المصادر                     |
|--|-----------------------------|
| نفايات المواد الغذائية والورق والكرتون (الورق المقوى)، البلاستيك، المنسوجات، الجلود، نفايات الحدائق، الخشب، الزجاج، المعادن، الرماد، النفايات الخاصة (النفايات كبيرة الحجم والالكترونيات الاستهلاكية، الأدوات المنزلية المعمرة، البطاريات الزيتية والإطارات والنفايات المنزلية الخطرة) | سكنية                       |
| النفايات المتعلقة بالخدمات والتنظيف ونفايات التغليف ونفايات المواد الغذائية ونفايات مواد البناء والهدم والنفايات الخطرة والرماد والنفايات الخاصة   | صناعية                      |
| نفايات الأوراق والكرتون والمواد البلاستيكية، والخشب ونفايات المواد الغذائية والزجاج والمعادن والنفايات الخاصة والنفايات الخطرة   | تجارية                      |
| نفايات الورق والورق المقوى والمواد البلاستيكية ونفايات المواد الغذائية والزجاج والمعادن والنفايات الخاصة والنفايات الخطرة والنفايات الطبية   | مخلفات المنشآت<br>والمؤسسات |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| نفايات الأخشاب والصلب والخرسانة وغيرها   | مخلفات الهدم والبناء. |
| النفايات الناتجة عن كنس الشوارع وتهيئة المناظر الطبيعية وتقليم الأشجار ومخلفات النفايات العامة في المنتزهات والشواطئ وغيرها من المناطق | الخدمات البلدية       |

المصدر: الهيئة العامة لترويج الاستثمار وتنمية الصادرات (إثراء)، 2016، "إدارة النفايات، تقارير موجزة حول القطاعات الاقتصادية الواعدة"، سلطنة عمان، ديسمبر 2016، ص.06.

في وقتنا الحاضر، أصبح الإنسان يعتمد بصورة أكبر على البلاستيك الذي يستخدم مرة واحدة (أو غير القابل للاستخدام مرة أخرى) وما يترتب على ذلك من عواقب بيئية شديدة. في جميع أنحاء العالم، يتم شراء مليون قارورة مياه شرب بلاستيكية كل دقيقة واحدة. ويتم استخدام ما يصل إلى 5 تريليون كيس من أكياس البلاستيك غير القابلة للاستعمال مرة أخرى في جميع أنحاء العالم كل عام. بصورة إجمالية يعد 50 % من البلاستيك الذي يستخدمه الإنسان هو بلاستيك يستخدم مرة واحدة فقط. كما يتحلل البلاستيك ويذوب في مياه الشرب وبالتالي يدخل في جسم الإنسان مسببا أمراضا خطيرة لم تكن موجودة في السابق (كالسرطان) حيث يحتوي البلاستيك على مواد كيميائية يعد كثير منها ساما ويؤثر على الهرمونات. يمكن أن يعمل البلاستيك أيضا كمغناطيس يجذب الملوثات الأخرى بما فيها الديوكسينات والمعادن والمبيدات. (الأمم المتحدة للبيئة، 2018) لذلك، وجب التخلص من النفايات البلاستيكية، هذا يدعو إلى دراسة الخيارات المتاحة في هذا المجال، باتباع أسلوب الحرق أم أسلوب آخر يكون أكثر نجاعة اقتصاديا وبيئيا.

## 2.2 أسلوب حرق النفايات البلاستيكية:

يقوم الاقتصاد الخطي على عملية "الإنتاج، الاستخدام، التخلص"، وأساليب الحياة التي تتغذى عليه تستنزف الاحتياطات المحدودة من الخامات لخلق منتجات ينتهي بها المطاف في حاويات القمامة ومن ثم إلى المحارق. في هذا الصدد، يعتبر أسلوب حرق النفايات (ومنها النفايات البلاستيكية) بمثابة خيار خاطئ، لعدة أسباب منها: (كناوس و رانا هانسادا ، 2018)

- يساهم في إطلاق ملوثات الهواء السامة وإنتاج الرماد السام: تشمل الانبعاثات الناتجة عن محارق النفايات العديد من الملوثات العضوية الثابتة والرماد المتطاير والرماد الثقيل وكذلك الجسيمات الصغيرة جدا (الجسيمات النانوية) والمعادن الثقيلة السامة التي تؤثر على صحة الإنسان والنظام البيئي؛
- يعتبر أسوأ شكل يهدر الطاقة الكامنة: ينتج عن حرق النفايات العديد من الانبعاثات السامة والغازات المسببة للاحتباس الحراري، لأنها تبذل الطاقة الكامنة في الموارد مثل البلاستيك أو البوليميرات الاصطناعية؛
- يعمل على تقويض جهود إعادة التدوير وتدمير الموارد: إن القيمة الحرارية العالية المطلوبة لتشغيل محارق النفايات عن طريق المخلفات المستخدمة كوقود لعملية الحرق، تعتبر أيضا في حد ذاتها بمثابة موارد ذات قيمة سوقية عالية (مثل اللدائن والورق والخشب) التي تحتوي على قدر من الطاقة الكامنة التي يمكن إعادة تدويرها بسهولة والتي يتم حرقها وتدميرها لإنتاج الرماد السام؛
- يعتبر الخيار الأكثر تكلفة لإدارة النفايات الذي يرسخ آليات الاقتصاد الخطي غير المستدام: تعتبر تكاليف عملية حرق المخلفات ضمن أعلى المستويات مقارنة بجميع حلول معالجة النفايات، حيث أن عملية الحرق تعتمد على إمدادات ثابتة من النفايات تمتد لعقود من الزمن. مما يشجع على توليد

النفائيات باستمرار من خلال استخدام الموارد البكر ويمنع إعادة التدوير والحفاظ على اقتصاد خطي غير مستدام.

مما سبق، يمكن القول أن التوجه إلى الاقتصاد الدائري من خلال إعادة تدوير البلاستيك أصبح ضرورة ملحة لها العديد من المزايا سواء على المستوى الاقتصادي أو الصحي أو البيئي، يتم دراسة ذلك في المحور الموالي.

### 3. البلاستيك في الاقتصاد الدائري:

يساعد نموذج الاقتصاد الدائري على التقليل إلى أدنى حد ممكن من الحاجة إلى مدخلات جديدة من المواد والطاقة، مما يقلل من الضغط البيئي المرتبط بدورة حياة المنتجات، بداية من استخراج الموارد، ومن خلال الإنتاج والاستهلاك، إلى نهاية دورة الحياة. (فيليبس، 2004-2022) لهذا، سيتم التعرض لنموذج الاقتصاد الدائري ثم دراسة عملية إعادة تدوير البلاستيك.

### 1.3 الاقتصاد الدائري:

استخدم مصطلح "الاقتصاد الدائري" لأول مرة من قبل اثنين من خبراء الاقتصاد البيئي البريطانيين، هما بيرس، وتومر في كتابهما "اقتصاديات الموارد الطبيعية والبيئة"، حيث أشاروا إلى أن الاقتصاد الشائع مفتوح النهاية تطور دون أن يتضمن في بنيته الأساسية فكرة إعادة التدوير، الأمر الذي انعكس في التعامل مع البيئة باعتبارها مستودعا للنفائيات، بينما الاقتصاد الدائري (غير الخطي) يركز على دراسة الأنظمة الغنية بردود الأفعال، وبشكل خاص المنظومات الحيوية. يمكن تعريف مصطلح الاقتصاد الدائري فيما يلي:

الاقتصاد الدائري مصطلح عام يعني الاقتصاد الصناعي الذي لا ينتج نفايات أو يحدث تلوثاً، من بداية تصميمه بل منذ النية في إنشائه، والذي يحتوي على نمطين من تدفق المادة: (سعيد، 2016)

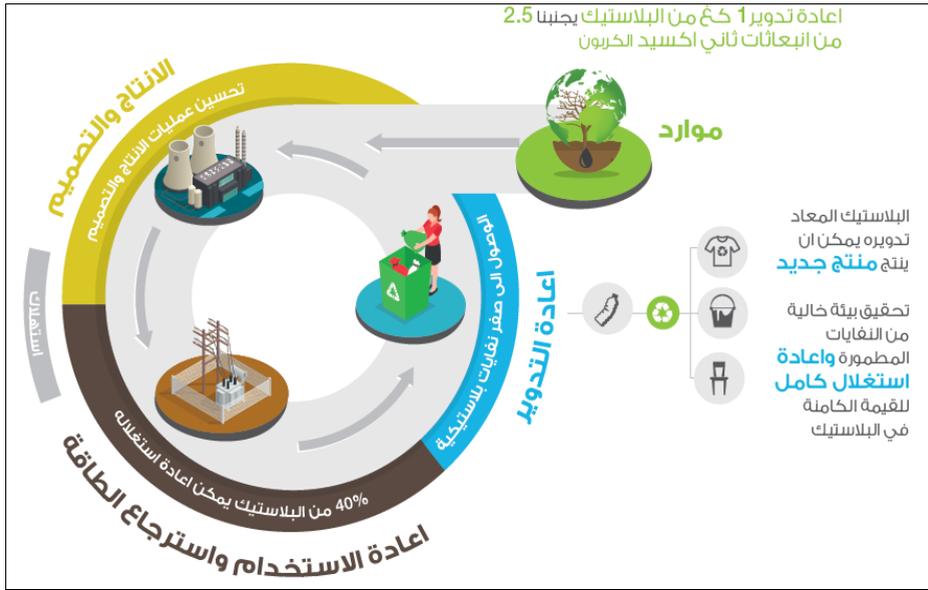
- مغذيات بيولوجية: وهي مصممة لكي تعود للدخول في المجال الحيوي بأمان؛
- مغذيات تقنية: وهي مصممة للتدوير بجودة عالية داخل منظومة الإنتاج دون أن تدخل المجال الحيوي فضلاً عن أن تكون قابلة للإصلاح والتجديد منذ تصميمها.

فالنفايات مغذيات أي لا وجود للنفايات، فالمكونات البيولوجية والتقنية تم تصميمها لكي تدخل ضمن دورة المواد. بمعنى أن الاقتصاد الدائري هو إطار جامع تطور عن مجموعة من الأفكار المؤسسة له، والتي تركز على: (سعيد، 2016)

- محاكاة الطبيعة: تعني العمل من خلال دراسة النظم والتصميمات الطبيعية وتقليدها من أجل حل مشكلات الإنسان، على سبيل المثال دراسة ورقة نبات من أجل ابتكار خلية شمسية أفضل، وذلك وفق ثلاثة مبادئ: الطبيعة كنموذج، الطبيعة كمقياس، والطبيعة كمرشد.
- الإيكولوجيا الصناعية: تعني دراسة تدفقات المواد والطاقة من خلال المنظومات الصناعية، وذلك بهدف خلق منظومات دائرية مغلقة، يتم فيها النظر للنفايات كمدخلات ومن ثم إلغاء فكرة وجود منتج جانبي غير مرغوب فيه، وينظر لهذه الفكرة على أنها "علم الاستدامة: Science of Sustainability".

يمكن القول أن الاقتصاد الدائري لا ينظر إلى النفايات على أنها أعباء، بل ينظر إليها على أنها موارد تحفز العديد من الأنشطة الاقتصادية الدورية، حيث يستند مفهوم الاقتصاد الدائري على المبادئ البيئية للتكامل وإعادة تدوير المواد في الطبيعة. يمكن توضيح عمليات إعادة تدوير مادة البلاستيك من خلال الشكل التالي:

الشكل رقم (02): البلاستيك في الاقتصاد الدائري



المصدر: الاتحاد الخليجي للبتروكيماويات والكيماويات: GPCA Nexant، "الاقتصاد الدائري والبلاستيك: الخلاصة التنفيذية"، في الموقع الالكتروني: [https://gpca.org.ae/wp-content/uploads/2018/07/ES\\_Circular-Economy-and-Plastics\\_arabic.pdf](https://gpca.org.ae/wp-content/uploads/2018/07/ES_Circular-Economy-and-Plastics_arabic.pdf)، تم الاطلاع عليه يوم: 2022/02/21.

يلاحظ من خلال الشكل، أن 40 % من البلاستيك الذي تم استعماله في عملية الاستهلاك يمكن إعادة استغلاله في إطار عملية إعادة الاستخدام واسترجاع الطاقة، حيث يتم توجيهه إلى مقر النفايات البلاستيكية بغرض إعادة التدوير، هنا يجدر التنويه إلى ضرورة تشجيع المواطنين على تجميع المواد الصالحة لإعادة التدوير والتخلص

منها في مراكز إعادة التدوير المناسبة، لأن هذا لا يساعد فقط في توفير المواد الأولية بأقل التكاليف بل يساعد كذلك في المحافظة على الموارد الطبيعية مثل الأخشاب والمياه والفحم، كما أنه يوفر الطاقة ويقلل من انبعاث الغازات الدفيئة، حيث أن تدوير 1 كلغ من البلاستيك يجنب %2,5 من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ثم تمر مادة البلاستيك بالمرحلة الثالثة ألا وهي مرحلة الإنتاج والتصميم حيث أن البلاستيك المعاد تدويره يساهم في تحسين عمليات الإنتاج والتصميم لأن عملية إعادة التدوير تسمح بإعادة استغلال كامل للقيمة الكامنة في البلاستيك مع إمكانية إنتاج منتج جديد. إن إعادة تدوير مادة البلاستيك يساهم بشكل كبير في تحقيق بيئة خالية من النفايات المظورة.

### 2.3 عملية إعادة تدوير البلاستيك:

تتمثل مشكلة المواد البلاستيكية أنها يصعب إعادة تدويرها مقارنة بالزجاج والألمنيوم والورق. تكمن المشكلة الشائعة في إعادة تدوير البلاستيك في كون المواد البلاستيكية في كثير من الأحيان مكونة من أكثر من نوع من البوليمير أو لوجود ألياف مضافة إلى البلاستيك (أحد المركبات) حيث تتطلب البوليميرات (أو المركبات الكيميائية البلاستيكية) معالجة أكبر لإعادة تدويرها، لأن كل نوع منها يذوب في درجة حرارة مختلفة، وتحتوي على خصائص مختلفة، لذلك يجب فصلها بدقة. إضافة إلى ذلك، لا تتوافق معظم المواد البلاستيكية إلى حد كبير مع بعضها البعض. (إثراء، 2016، الصفحات 06-16) لهذا، وجب تمييز أنواع المواد البلاستيكية عن بعضها البعض، في هذا المجال، كثيرا ما يتم مشاهدة رموز على شكل مثلثات على العلب البلاستيكية وعلى كل شيء مصنوع من البلاستيك، لا يعرف معناها كثير من الناس، فالمثلث يعني قابل للتدوير وإعادة التصنيع، وكل رقم داخل المثلث يمثل مادة بلاستيكية معينة، وأما الحروف فهي اختصار لاسم البلاستيك المرادف للرقم في المثلث. وفي الشكل الموالي يتم عرض الأرقام الموجودة على مادة البلاستيك المستعملة: (القصاب، دون سنة نشر)

الشكل رقم (03) : ترميز أنواع البلاستيك لأجل إعادة التدوير



Source : Plastics Industry, available on the website :

<http://www.plasticsindustry.com/>, accessed : 21/02/2022.

يوضح الشكل أعلاه، أنواع مادة البلاستيك، وهي مرقمة من رقم 01 إلى رقم 07، حيث تختلف فيما بينها على المستوى الجزيئي، لهذا، فهي تختلف كذلك في متطلبات المعالجة. من أجل ذلك، وضعت الجمعية الأمريكية لصناعة البلاستيك سنة 1988 نظام ترميز إعادة التدوير (Resin Identification Code) بهدف تيسير عملية الفرز. معنى هذه الأرقام يتم تلخيصه فيما يلي:

**الرقم 1:** يخص مادة بولي إيثيلين تيرافثاليت وهي مادة آمنة وقابلة للتدوير، تستخدم في صناعة علب الماء والعصير والزيوت والأدوية وينصح بعدم إعادة ملء العبوة أو القارورة بل رميها ليعاد تصنيعها؛

**الرقم 2:** يخص مادة بولي إيثينيل عالي الكثافة، وهي مادة آمنة وقابلة للتدوير: تستخدم في صناعة قارورات المنظفات، وقارورات الحليب ولعب الأطفال ويعتبر من بين أكثر أنواع البلاستيك أمانا خصوصا الشفاف منه.

**الرقم 3:** يخص مادة بولي فينيل كلوريد، وهي مادة ضارة وسامة إذا استخدمت لفترة طويلة هو ما يسمى اختصارا بالفينيل أو PVC حيث يستخدم في صناعة الأنابيب ومواسير السباكة وستائر الحمام والكراسي وقناني حفظ الغراء والأصباغ وكثيرا ما يستخدم

في لعب الأطفال وتغطية اللحوم والأجبان كبلاستيك شفاف، لذا يجب الحذر من هذا النوع بالذات لأنه من أخطر أنواع البلاستيك وأرخصها سعرا لذا فهو يستخدم بكثرة؛

**الرقم 4:** يخص مادة بولي إيثيلين قليل الكثافة، وهي مادة آمنة نسبيا وقابلة للتدوير، وهي مادة تشبه رقم المادة رقم 02 لكنها أقل صلابة وأكثر كلفة، تستخدم لصنع علب الأقراص المضغوطة وأكياس التسوق ولوازم المخابر مثل القفازات؛

**الرقم 5:** يخص مادة بولي بروبيلين وهي من أفضل أنواع البلاستيك وأكثرها أمناً، تناسب السوائل والمواد الباردة والحارة وغير ضارة أبداً، تستخدم في صناعة حواظ الطعام والصحون وعلب الأدوية وكل ما يتعلق بالطعام . لكن يجب الحذر من استخدام العلب (مثل علب ماء الصحة) المصنوعة لتستخدم لمرة واحدة فقط لأنها تصبح سامة إذا أعيد تعبئتها؛

**الرقم 6:** يخص مادة بولي ستارين أو الستايروفورم، وهي مادة خطيرة وغير آمنة، تستخدم في صناعة كراسي القاعات ومعدات المطابخ غير المخصصة للطبخ وعلب ولوحات العزل الكهربائي والحارري، علما أنها كانت تستخدم سابقا في علب البرغر والهوت دوغ وأكواب الشاي على شكل فلين في مطاعم الوجبات السريعة العالمية في الدول العربية، مع العلم أنها منعت منذ أكثر من 20 سنة في أمريكا من قبل الحكومة، يجب الحذر من هذه المادة والتي ما تزال تستخدم في المطاعم و البوفيهات الشعبية، كذلك هذه المادة من أسباب نقص طبقة الأوزون لأنها تصنع باستخدام غاز CFC الضار؛

**الرقم 7:** هذا النوع لا يقع تحت أي تصنيف من أنواع البلاستيك، قد يكون عبارة عن خليط منها. الأمر الهام هنا أن كثيرا من الشركات العالمية بدأت تتجنبه بما فيها شركة TOYS R US الأمريكية للألعاب والتي تصنع كذلك رضاعات الأطفال، وما تزال هذه المادة محط جدال بين الأوساط العلمية. فالمطلوب تجنب هذه المادة التي تحمل الرقم 7

قدر الإمكان إلا إذا ذكر عليها أنها خالية من مادة BPA وتكتب على الرضاعات (BPA-free bottles) وتكون شفافة.

إن معظم المواد البلاستيكية تشكل خطرا حقيقيا على الأنظمة البيئية والحياة البرية المحلية. لذلك، بدأت معظم المدن في حظر أنواع معينة من البلاستيك ومعالجة النفايات البلاستيكية التي تنتج داخل حدودها. وتم مناقشة موضوع الستايروفوم (البلاستيك الرغوي) تحديدا على نطاق واسع على مدار السنين، حيث لجأت مدن في مختلف أنحاء العالم إلى حظر تغليف المواد الغذائية في الأكياس المصنوعة من الستايروفوم. وعلى الرغم من كفاءتها الاقتصادية من حيث التكلفة وإمكانية استخدامها بكثرة في التغليف إلا أن خفة وزنها تجعلها معرضة للانتشار بسهولة بواسطة الرياح ويمكن أن تتسرب عناصر مثل الستايرين إلى باطن الأرض والمياه الجوفية. (إثراء، 2016، الصفحات 06-16)

عام 2018، كان الموضوع الذي اختارته الهند البلد المضيف ليوم البيئة العالمي هو: "التغلب على التلوث البلاستيكي"، الذي حمل شعار:

### « If you can't reuse it, refuse it »

أي إذا لم تستطع إعادة استخدامه فرفض استخدامه، وهذا يمثل دعوة للاتحاد والعمل معا لمواجهة أحد التحديات البيئية العظيمة في عصرنا، من خلال إحداث تغييرات في حياتنا اليومية للحد من العبء الثقيل للتلوث البلاستيكي على أماكننا الطبيعية وحياتنا البرية وصحتنا. (الأمم المتحدة للبيئة، 2018)

رغم أن البلاستيك له العديد من الاستخدامات القيمة، إلا أن تكديسه بالشكل الذي يهدد البيئة، أصبح يدعو إلى ضرورة إعادة النظر بالمواد التي يستخدمها الإنسان وبالطريقة التي تعالج بها النفايات البلاستيكية. إن هذا الأمر لا يتطلب الكف عن استخدام البلاستيك تماما، بل البحث في كيفية استخدامه وإعادة تدويره، حيث هناك

مجالات لا يمكن إلا أن يستخدم فيها البلاستيك، لكن يجب التفكير بعناية في طريقة استخدام هذه المادة، حيث أن إعادة التدوير تكون مفيدة فقط إن كانت ستؤدي إلى تقليص حجم الإنتاج الجديد.

يجدر التنبيه إلى خطورة حرق النفايات البلاستيكية لما يشكله ذلك من ضرر على البيئة وخطر على الصحة العامة، حيث تخلف عملية الحرق موادا سامة منها غاز الميثان وغيرها من الغازات التي تلوث الهواء وتساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري.

في ألمانيا، تم الإعلان عن مشروع وقود البلاستيك بالتعاون مع بعض الشركات التقنية من قبل صندوق البيئة الألماني، على أساس مبادرة لمنظمة "أرض واحدة .. محيط واحد" التي تأخذ على عاتقها مهمة تنظيف البحار والمحيطات من النفايات البلاستيكية، يستخدم المشروع 20 ألف طن من النفايات البحرية سنويا في إنتاج 17 مليون لتر من الوقود البلاستيكي سنويا. (محمد رشيد و آخرون، 2015)

إن الخروج من "النموذج الاقتصادي الخطي غير المستدام" القائم في الوقت الحالي، الذي يستند إلى فرضية هشّة تتمثل في عدم محدودية الموارد، والقائم على منهجية "استخراج الموارد، ثم إدخالها في عمليات التصنيع، ثم استهلاكها، ثم التخلص منها كمخلفات"، إن آلية الخروج من هذا النموذج الاقتصادي الخطي تعتبر بحد ذاتها بمثابة نقلة نوعية هائلة. على سبيل المثال، تسارعت هذه العملية في ألمانيا من خلال تنفيذ سياسات "إغلاق مدافن القمامة بحلول عام 2005 . واتباع النموذج البديل : "نموذج الاقتصاد الدائري المستدام"، حيث أن قيمة المنتجات يتم الاحتفاظ بها بأعلى مستوى ممكن لأطول فترة ممكنة، من خلال الاستخدام الدوري للمواد في الاقتصاد. (كناوس و رانا هانسادا ، 2018) كما أن نموذج الاقتصاد الدائري يساعد على التقليل إلى أدنى حد ممكن من الحاجة إلى مدخلات جديدة من المواد والطاقة، مما يقلل من الضغط

البيئي المرتبط بدورة حياة المنتجات، بداية من استخراج الموارد، من خلال الإنتاج والاستهلاك إلى نهاية دورة الحياة.

### 1.2.3 تقنية إعادة التدوير الكيميائية للبلاستيك:

يمكن لتقنيات إعادة التدوير الكيميائي أن تحطم البلاستيك إلى لبنات البناء الخاصة به وتحوله إلى مواد خام ثانوية قيمة، يمكن بعد ذلك استخدام هذه المواد لإنتاج مواد كيميائية وبلاستيكية جديدة، هناك العديد من تقنيات إعادة التدوير الكيميائية المتاحة والتي تتبع ثلاثة طرق جديدة لإعادة التدوير لمعالجة النفايات البلاستيكية: (Cefic, 2020)

- الذوبان: استخلاص البلاستيك؛
- إزالة البلمرة: تقسيمها إلى لبنات أساسية؛
- التحويل: تحويله إلى مواد أولية.

أصبحت النفايات البلاستيكية التي لا قيمة لها اليوم جذابة اقتصاديًا لإعادة التدوير، وذلك بفضل الطرق التي يمكن أن تحولها إعادة التدوير الكيميائي إلى مواد خام ثانوية قيمة. هذا سيعمل على تسريع التحول من اقتصاد "موجه نحو النفايات" إلى اقتصاد "موجه نحو الموارد" مما يساعد على إنشاء سوق واحد حقيقي للمواد الخام الثانوية، ما سيجعل الدول أقل اعتمادًا على واردات الكربون، حيث يمكن استخدام تيارات النفايات الغنية بالكربون كمورد متاح بسهولة.

تساعد إعادة التدوير الكيميائي على تقليل مدافن النفايات وتسرب البلاستيك إلى البيئة، فعلى الصعيد العالمي، تعد إعادة التدوير الكيميائي وسيلة مهمة لمكافحة تسرب النفايات البلاستيكية إلى البيئة، وخاصة النفايات المتناثرة في المحيطات. إن إعادة التدوير الكيميائي له انبعاثات كربونية أقل بشكل عام مقارنة بممارسات نهاية

العمر الحالية للحرق ودفن النفايات. إن إعادة التدوير الكيميائي (الانحلال الحراري) لنفايات البلاستيك المختلطة ينبعث منها ثاني أكسيد الكربون أقل من حرق نفس النفايات. (Cefic, 2020)

### 2.2.3 تقنية إعادة التدوير الميكانيكية للبلاستيك:

في الوقت الحالي، تعتبر تقنية إعادة التدوير الميكانيكي هي الطريقة المهيمنة لإعادة تدوير النفايات البلاستيكية في أوروبا. إعادة التدوير الميكانيكي هي عمليات تهدف إلى استعادة البلاستيك من خلال العمليات الميكانيكية (الطحن ، الغسيل ، الفصل والتجفيف وإعادة التحبيب والتركيب) ، وبالتالي إنتاج المواد المعاد تدويرها التي يمكن تحويلها إلى لدائن المنتجات التي تحل محل البلاستيك البكر.

في إعادة التدوير الميكانيكية للبلاستيك يتم طحن النفايات (مرتبة حسب نوع المادة) وغسلها، وتمريرها لعملية التعويم، ثم يجفف. رقائق البلاستيك يتم استخدامها مباشرة لإنتاج مواد بلاستيكية جديدة أو يتم معالجتها إلى حبيبات.

عادة ما تكون نفايات البلاستيك جزءًا غير متجانس للغاية من النفايات الملوثة. يتألف من مجموعة ضخمة من أنواع المواد مع اختلاف الشكل واللون والحجم على نطاق واسع. لذلك ، في الخطوة الأولى ، تمر النفايات البلاستيكية على نطاق واسع من عمليات الفرز الميكانيكية اليدوية أو الآلية.

في منشآت متخصصة، مصممة لفصل مختلف المواد. يعد التحديد الصحيح للمواد أمرًا ضروريًا لتحقيق أقصى درجات نقاء المواد المعاد تدويرها. لهذا الغرض، تقنيات مختلفة مثل الأشعة تحت الحمراء القريبة، الليزر، أو التقنيات القائمة على الأشعة السينية متوفرة. وحدات نير هي تستخدم على نطاق واسع وتشكل أحدث ما توصلت إليه التكنولوجيا في العديد من البلدان الأوروبية لفرز العبوات المختلطة

بعد الاستهلاك. على الرغم من أن تقنية الفرز زادت من دقتها، لا تصل كفاءة الفرز أبدًا إلى 100٪ ما يؤدي إلى تلوث المواد البلاستيكية المعاد تدويرها بأنواع البلاستيك الأخرى.

توجد أنظمة لجمع البلاستيك وإعادة تدويره، مع التركيز بشكل أساسي على المنتجات الرئيسية وعالية الحجم البلاستيك مثل HDPE و LDPE و PET و PP و PS.

في 2018، تم جمع 32,5 ٪ من نفايات البلاستيك بعد الاستهلاك ليتم إعادة تدويرها في أوروبا. (Bioplastics, 2020)

كما أن الابتكار في هذا المجال ينصب حول ما يسمى بـ "البلاستيك الحيوي"، حيث إن المواد البلاستيكية المبتكرة ذات الأساس الحيوي هي ذات تركيبات كيميائية مختلفة يمكن أيضًا استعادتها من خلال إعادة التدوير الميكانيكي أو تحويل النفايات الحيوية إلى سماد. العمل جار حاليًا حول الجدوى الاقتصادية لإعادة تدوير البلاستيك ذات الأساس الحيوي. (Bioplastics, 2020)

#### 4. خاتمة:

يهدف الاقتصاد الدائري إلى فصل النمو الاقتصادي عن استخدام الموارد الطبيعية والأنظمة الإيكولوجية عبر استخدام تلك الموارد على نحو أكثر فعالية، من خلال إنشاء المزيد من القيم عبر خفض التكاليف وتطوير أسواق جديدة أو تنمية أسواق قائمة.

بعد دراسة الإشكالية موضوع البحث، تم التوصل إلى النتائج التالية:

- الاقتصاد الدائري يشكل عامل دفع للمؤسسات نحو الابتكار في مجالات إعادة استخدام المواد والمكونات والمنتجات، فضلا عن نماذج الأعمال الجديدة؛
- في الواقع، لا تزال فكرة الانتقال إلى الاقتصاد الدائري في مراحلها الأولى، إذ يجب على النظام بأكمله الذي يعمل ضمنه أن يكون دائريا؛
- من بين العوائق هو عدم توفر مخططات لإرجاع المنتج وانعدام البنية التحتية الصناعية لإعادة استخدام المنتجات الثانوية؛
- في وقتنا الحالي، يمكن القول أن اقتصاديات إعادة التدوير ما زالت غير مواتية، حيث تكون عملية التدوير في كثير من الحالات مكلفة مقارنة بشراء المنتج الجاهز، فمن الأرخص لبعض شركات صناعة البلاستيك استخدام مواد أولية جديدة بدلا من تلك المعاد تصنيعها؛

لذلك، يمكن القول أن الفرضية التي تفيد بأن إعادة تدوير البلاستيك يساهم في خدمة التنمية المستدامة بشكل كبير من خلال الحفاظ على البيئة وتحقيق النمو الاقتصادي غير محققة في الوقت الحالي.

من خلال ما سبق، يمكن اقتراح ما يلي:

- ضرورة تشجيع المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على إدارة المواد بشكل مستدام، من خلال تطبيق أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامين التي تساعد في تحويل النفايات إلى أشياء يمكن إعادة استخدامها؛
- ضرورة توعية المجتمعات بثقافة الاقتصاد الدائري والتنمية المستدامة؛
- تبني نهج جديد للحد من انتشار البلاستيك في الطبيعة من خلال تكثيف البحوث العلمية لاكتشاف وإحلال مواد أخرى أكثر استدامةً وصديقة للبيئة كالبيلاستيك الحيوي.



- مايكل كناوس، و سايانكي رانا هانسادا، (2018)، "الاقتصاد الدائري: كيفية تحويل الأعباء إلى موارد"، <https://www.envirocitiesmag.com/articles/issue-19/1.pdf>، المحرر) مجلة بيئة المدن الالكترونية، 1(19). تم الاطلاع عليه يوم: 2022/02/17، في الموقع [https://www.envirocitiesmag.com/articles/generating\\_economic\\_development\\_through\\_integrated\\_waste\\_management/waste\\_management\\_in\\_circular\\_economy](https://www.envirocitiesmag.com/articles/generating_economic_development_through_integrated_waste_management/waste_management_in_circular_economy)
- مجدي سعيد، (2016)، في الموقع <https://mugtama.com/notations/item/34069-2016-05-09-12-14-35.html>، تاريخ الاطلاع عليه: 2022/02/19.
- Bioplastics, E. (2020). "**MECHANICAL RECYCLING, BACK GROUND JUL 2020**". Berlin: European Bioplastics e.V. Marienstraße.
- Cefic. (s.d.), "**Chemical Recycling: Making Plastics Circular**", cefic.org, Consulté le: 03/27/2022.
- Roland Geyer; Jenna R.Jambeck; Kara Lavender Law (2017), "**Production, use, and fate of all plastic ever made**", ScienceAdvances, 19 Jul 2017, Vol 3, Issue 7, DOI: 10.1126/sciadv.1700782