مجلة الأصيل للبحوث الاقتصادية والإدارية
El - Acil Journal for Economic and Administrative Research

ISSN: 2571-9866
EISSN: 2661-7854

المجلد:4 / العدد: 2 / ديسمبر2020، ص ص162-178

تأثير النفايات الإلكترونية على البيئة وصحّة الإنسان

Effect of Electronic Waste on Environmental and Human Health

*د. كمال بوناب
Kamel Bounab
جامعة عنابة_الجزائر
bounab.kam@live.fr

تاريخ الاستلام: 2020/09/06 *تاريخ القبول: 2020/12/30* *تاريخ النشر: 2020/12/31*

الملخص : اعتمادًا على الأساليب الكمّية، والمنهج الوصفي التحليلي والإحصائي، يهدفُ هذا البحث إلى استخلاص رؤًى نوعية عن طبيعة مشكلة النفايات الإلكترونية، وطرح مقترحات للتخلّص من امتداداتها؛ تتطرّقُ هذه المقالة إلى الخطوط العريضة لمشكلة النفايات الإلكترونية، ويشمل ذلك فئاتها المتنوعة وتكوينها وطرق إدارتها؛ و تتباين مكوّنات النفايات الإلكترونية بين الخطيرة والأقل خطرا والثّمينة، وهي مشكلة سريعة النمو تواجهها الدول المتقدمة ودول العالم النامي على حدّ سواء؛ علاوةً على هذا فإن ممارسات التخلص وإعادة التدوير غير العلمية في إدارة النفايات الإلكترونية قد تسبّبت في أضرار ومخاطر بليغة لسلامة البيئة وصحّة الإنسان.

الكلمات المفتاحية: النفايات الإلكترونية؛ البيئة؛ صحة الإنسان؛ المسؤولية الدولية.

تصنيف JEL: Q53 ; Q56

Abstract :

Relying on quantitative methods, descriptive analytical and statistical approach, the research aims to obtain qualitative insights about the nature of E-waste issue, and to provide suggestions to eliminate its extensions.This article deals with the outline of e-waste problem ; its diverse categories, composition and management. Constituents of E-waste are both hazardous and nonhazardous and valuable ; the problem of rapidly growing E-waste is an issue faced by both developed and developing countries of the world. Additionally, unscientific and crude disposal and recycling practices for management of E-waste have severe implications for the environment and human health.

Key words: E-waste; environment, human health, interntational responsibility.

JEL classification codes: Q53 ; Q56

* المؤلف المرسل

1. مقدمة:

إنّ النفايات الإلكترونية هي الأشياء التي يتم التخلص منها من طرف الأُسر أو الشركات وتحتوي على دارةٍ أو مكوّنات كهربائية مزوّدة بمصدر للطاقة أو بطاريات، وتمثّل المخلّفات الإلكترونية مثل الحواسيب المحمولة والهواتف الخلوية والثلاجات وأجهزة التلفزيون وأجهزة الاستشعار تحدّيا حقيقيا تزامنا مع النمو المطرّد الذي يشهده عالم صناعة تكنولوجيا المعلومات والاتصال، حيث تحتوي النفايات الإلكترونية على مواد تكون خطيرة على صحة الإنسان وعلى سلامة البيئة إذا لم تتم معالجتها بشكل مناسب، وما يضاعف من حجم هذه المعضلة هو أنّ الغالبية العظمى من المخلفات يتم المتاجرة فيها بشكل غير قانوني أو يتمّ اللجوء إلى رميها في مكبّاتٍ غير آمنة أو حرقها، وفي عالم يزداد حداثة ،بشكل سريع، دائما ما تكون لهذه النفايات آثار جانبية غير متوقعة بالنسبة للممارسات، بمعنى أنها مُنتجاتٌ محمولة على ظهر المنتجات الأخرى، تُستنشقُ وتُبتلع مع أشياء أخرى، وكأنها متسلّلٌ على ظهر سفينة الاستهلاك العادي؛ بناء عليه تكون الإشكالية الرئيسية على النحو التالي: ماهو تأثير النفايات الإلكترونية على صحة الإنسان وسلامة البيئة؟، وتقود هذه الإشكالية إلى طرح الفرضيات التالية:

(أ) . إنّ تنامي خطر النفايات الإلكترونية يرتبط في المقام الأول بحركة تصدير هذه النفايات من الدول المتقدمة إلى دول العالم النامي.

(ب) . بقدر ما يكون هناك انفتاح على مقاربات الاقتصاد الأخضر والتكنولوجيا النظيفة بقدر ما تزيد فرص التقليل من خطر النفايات الإلكترونية.

يعتمد البحث على المنهج الإحصائي عبر تقديم دلالات كمّية عن انتشار النفايات الإلكترونية في العالم، ويُستنبط من هذه الأرقام غياب العدالة البيئية بين دول العالم المتقدم المنتجة والمصدّرة ودول العالم النامي المستقبلة والمتضرّرة، إضافة إلى المنهج الوصفي التحليلي لتشريح تجاذبات هذه الظاهرة بين ضفّتيْن متباينتيْن .

يَنْبني البحث على محوريْن رئيسيين؛ يُعنى الأول بتشريح معرفي للنفايات الإلكترونية مع تقديم قراءة نقدية في التشريعات والسياسات المحلية والدولية التي عالجت وتُعالج حاليا هذه المعضلة، في حين يهتم المحور الثاني بتبيان الأضرار البيئية والصحية الناجمة عن النفايات الإلكترونية مع طرح حُزمةٍ من الحلول المقترحة التي من شأنها أن تتماشى مع مبادئ التنمية المستدامة.

تتمثّل المفاهيم الرئيسية للدراسة في:

أ . النّفايات الإلكترونية: يُشار لها بمخلّفات المعدّات الكهربائية والإلكترونية [WEEE]، وتتضمّن عناصر سليمة أو مكسورة يتمّ رميها في القمامة أو التّبرّع بها لمنظّمات خيرية؛ وتكمنُ خطورتها في اختلاط انبعاثاتها السّامة بالتّربة والهواء، مُتسبّبةً في آثار ضارة على كافة الكائنات الحيّة؛ وتتنوّع هذه النفايات بين أجهزة منزلية (الميكروويف، المواقد والمدافيء)، أجهزة الاتصالات وتقنية المعلومات (الهاتف الخلوي والهواتف الذكية، أجهزة الكمبيوتر المكتبية والمحمولة، محرّكات الأقراص الصلبة)، أجهزة التّرفيه المنزلي (أقراص دي في دي، التلفزيونات، أنظمة ألعاب الفيديو، أجهزة الفاكس والطّابعات)؛ الخدمات والمرافق الإلكترونية (كراسي التّدليك، وحدات التحكم عن بعد، المصابيح، أجهزة اختبار القلب ومعدّات اختبار السّكري)، المعدّات المكتبية والطبّية (آلات غسيل الكلى، معدّات التصوير والصوت والفيديو، أنظمة توزيع الطاقة وجهاز الصّدمات الكهربائية).

ب . البيئة: تمّ إدراجها كضلعٍ رئيسي في تحقيق متطلّبات التنمية المستدامة؛ وعُنيتْ عديدُ المنظمات والمؤتمرات الدولية بأنْ تجعلها قرينةً للتنمية؛ منْ ذلك: المنظمة العالمية للمجتمعات الطبيعية 1980، وتقرير الإستراتيجية الدولية للحفاظ على البيئة سنة 1981، اتفاقية الأمم المتحدة حول قانون البحار 1982، مبادرة التسيير المسؤول سنة 1985، تقرير مستقبلنا المشترك سنة 1987، قمة الأرض 1992، وبروتوكول كيوتو 1997؛ اتفاق باريس للمناخ 2015؛ وقد تغيّرت نقاشات البيئة بتغيّر المشكلات النّاجمة عنها منْ التركيز على قضايا تسرّب النفط واستخدام المبيدات في الستينات إلى الانبعاثات الكيميائية من كبرى المصانع في السبعينات إلى تسليط الضوء على حماية التنوع البيولوجي والموارد الطبيعية ومعالجة الأراضي الملوثة، وبينما تُركّز قوانين الضّرر البيئي على حماية ممتلكات القطاع الخاص، تتجه المناقشات الحديثة إلى حماية القيم البيئية المملوكة للقطاع العام، عبر تنظيف البيئة واستعادتها في ذاتها كحماية للمجتمع.

ج . صحّة الإنسان: هي مقياسٌ لقدرة الإنسان على القيام بما يريد القيام به، وهي عملية ديناميكية تمكّن الفرد من التّحرك بنشاط لتحقيق مبتغياته، لذلك هي أكثر من مجرّد غياب المرض؛ وقد عرّفتها منظمة الصحة العالمية سنة 1948 بأنها "حالةٌ من الرّفاه الجسدي والعقلي والاجتماعي الكامل، وليس مجرّد غياب المرض أو العجز".

2.. مقاربة معرفية حول النفايات الإلكترونية

يرصد هذا المحور واقع انتشار المخلفات الإلكترونية في العالم، ويتبيّن معضلة تصدير النفايات التي تم إعادة تدويرها إلى دول العالم النامية، كما يهتمّ بتقديم قراءة وصفية . نقدية لأهم السياسات والمبادرات والتشريعات القانونية المحلية منها والدولية التي تُعنى بتنظيم هذه النفايات.

1.2 . رَصْدُ واقع النّفايات الإلكترونية حول العالم:

تَستخدمُ دول العالم أكثر من 900 نوع مختلف من الإلكترونيات والسلع والأدوات الكهربائية، وبمعدّل نمو سنوي يتراوح بين 5 و 10% يُنتج العالم ما يقارب 50 مليون طن سنويا من النفايات الإلكترونية، ما يجعلها ضمن تيار النفايات الصلبة الأكثر نموا؛ ففي الولايات المتحدة الأمريكية يتمّ التخلي سنويا على أكثر من 130 مليون جهاز كمبيوتر وتلفزيون عتيق، وفي نفس الدولة تمّ التخلص من أكثر من 500 مليون جهاز كمبيوتر خلال الفترة الممتدة بين 1997 و 2007، بينما في اليابان تم رمي حوالي 610 مليون جهاز إلى غاية 2010؛ وقد ارتفعت النفايات الإلكترونية حول العالم من 49 مليون طن سنة 2012 إلى 65,4 مليون طن سنة 2017، وتُمثل النفايات الإلكترونية نسبة 8% من النفايات الصلبة في البلدان المتقدمة التي عادة ما تنقلُ نفاياتها إلى البلدان النامية مثل الهند والصين ونيجيريا وباكستان وغانا، رغم ذلك تعدّ الصين ثاني أكبر منتج للنفايات الإلكترونية، وتستقبل أكثر من 70% من المخلّفات الإلكترونية حول العالم، وهي مرشحةٌ بقوة لتتجاوز الولايات المتحدة عام 2020. (Khan, 2020, pp. 220.222)

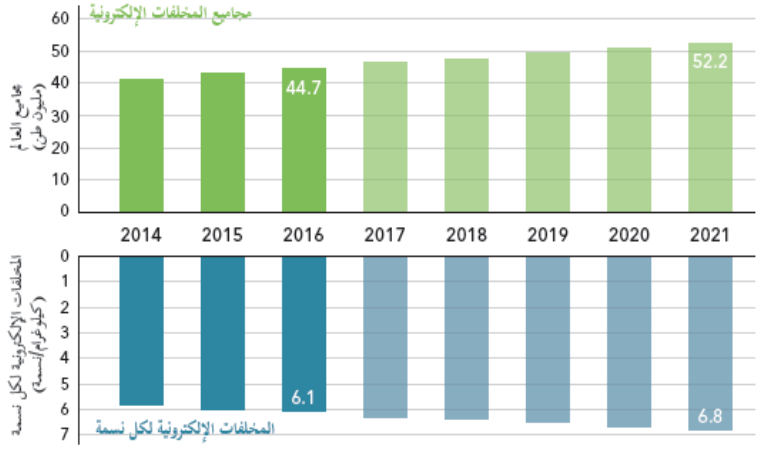
شهد العالم عديدا من حوادث التخلص من النفايات التي استرعت الانتباه وكانت مدعاةً لصياغة تشريعاتٍ بشأن التخلص الآمن من النفايات الإلكترونية، وأشهر هذه الحوادث هو استئجار سفينة ليبيرية عام 1980 تسمى "بحر خيان" حيث كانت تقتضي مهمتها أن تُبحر بـ 14 ألف طن من رماد النفايات الإلكترونية المحروقة في فيلادلفيا وتقوم بإسقاطها في نيوجيرسي، وبعد أن رفضت السلطات استقبال السفينة توجهت على مضض إلى بحر الكاريبي ملقية 4000 طن هناك، ثم التخلص من باقي النفايات في مواقع متفرقة من طريق سفر السفينة نحو جنوب شرق آسيا، وقد نتج عن هذا الحدث ردود فعل قوية كُللت باعتماد اتفاقية بازل وتحوّل صناعة إعادة التدوير من مجرد هواية محلية إلى نشاطات كبيرة ومربحة. (Hashmi, 2019, p2)

الولايات المتحدة الأمريكية هي الدولة الصناعية الوحيدة التي امتنعت عن التوقيع على اتفاقية بازل [مارس 1989] التي تجرّم تصدير النفايات السامة، على الرغم من أن المستهلكين الأمريكيين يلقون في القمامة أكثر من مليون هاتف خلوي سنويا، وتوجد أرقام مماثلة في أوروبا وأستراليا [30 مليون حاسوب سنويا] واليابان والصين [70 مليون حاسوب سنويا] وتساهم المملكة المتحدة بـ 900 ألف طن سنويا، ناهيك عن أنّ كبار مستخدمي التقنية لديهم ما يوازي ،أو يضاعف، هذه الأرقام، ويُتوقع أن يساهم النمو الاقتصادي المطرد للصين والهند في تعميقٍ أكبر للمشكلة بسبب بُعد الدولتين عن نقطة التشبّع في ما يخص توافر الأجهزة الإلكترونية (ريد، 2017،ص 96)، حيث تحتل الهند المرتبة الخامسة عالميا في توليد النفايات الإلكترونية، وقد قدّرها المجلس المركزي لمكافحة التلوث بـ 0,573 طن متري في اليوم عام 2005 وارتفعت إلى 1,8 طن متري في اليوم سنة 2016، ووفقَ تقارير الأمم المتحدة فإن كمية النفايات الإلكترونية في الهند ستتضاعف بـ 500% من 2007 إلى 2020، ومن بين 382979 طن من النفايات في الهند تم استيراد 50 ألف طن بطرق غير مشروعة من الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، وبنسبة 80% و20% على التوالي (Hashmi, 2019, p173)؛ وبشكل عام أنتجت بلدان العالم عام 2016 ما يقدر بـ 44,7 مليون طن متري من المخلفات الإلكترونية، أي ما يعادل 6,1 كيلوغرام لكل نسمة، مقارنة بـ 5,8 كيلوغرام لكل نسمة سنة 2014، بمعنى 4500 مرّة بحجم برج إيفل في كل سنة، ومن المتوقع أن ترتفع هذه الأرقام إلى 52,2 مليون طن متري أي 6,8 كيلوغرام للنسمة بحلول سنة2021(ستيغمان،2017، ص 4).

صنّف "برنامج الأمم المتحدة للبيئة" البرازيل كأحد أكثر دول العالم إنتاجا للنفايات الرقمية، وهو ما أثار حفيظة المدافعين عن ملف البيئة، ودفع الحكومة إلى التنسيق مع المؤسسات المحلية غير الحكومية من أجل إعطاء الأولوية والاهتمام بحصر وتجميع وإعادة تدوير النفايات الإلكترونية E.Waste recycling، كما صدرت تشريعات داعمة في منتصف عام 2010 تقضي بمشاركة المواطنين ومنح مساحة أكبر للمسؤولية الاجتماعية، فضلا عن مساهمات أخرى مثل مبادرة جامعة ساوباولو بالتنسيق مع معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا تقوم على استقبال وفرز وتفكيك النفايات الإلكترونية، ومبادرة ترميم الكومبيوترات التي أطلقتها حكومة البرازيل. (عبود، 2013، ص 157)

تشير تقديرات جامعة الأمم المتحدة إلى أنّ توليد المخلّفات الإلكترونية المحلية في إفريقيا بلغ عام 2016 ما يقرب من 2,2 مليون طن، وتأتي مصر في المقدمة بـ 0,5 مليون طن، تليها الجزائر وجنوب إفريقيا بـ 0,3مليون طن لكل منهما، أما في الأمريكيتان فوُثّق ما مقداره 11,3 مليون طن في نفس السنة، وقد بلغت في آسيا 18,2 مليون طن وهي الأكبر في العالم، أما في أوروبا فهي تقدر بـ 12,3 مليون طن تساهم ألمانيا فيها بـ 1,9 مليون طن (ستيغمان 2017، ص، ص 60،72)؛ وفي عام 2016 تمّ الإبلاغ عن 8,9 مليون طن من المخلّفات الإلكترونية تمّ تجميعها وإعادة تدويرها بنظام استعادةٍ رسمي، وبينما تنتهي 1,7 مليون طن من هذه المخلّفات في مستودعات قمامة فإن الغالبية العظمى من المخلفات تدار خارج نظام الاستعادة ولم يتم توثيقها بطريقة متّسقة ومنهجية، كما لم يتم تتبعها أو الإبلاغ عنها (ستيغمان، 2017، ص39)؛ يوضح الشكل التالي مجاميع المخلفات الإلكترونية على مستوى العالم وبمقدار الكيلوغرام للنسمة:

الشكل 1: توليد المخلفات الإلكترونية في العالم من 2014 إلى 2021



المرجع: ستيغمان، 2017، ص 5.

2.2 . قراءة في التشريعات والسياسات والمبادرات المَعْنية بالمخلفات الإلكترونية:

أسهمت ظاهرة نقل وإلقاء النفايات الخطرة في أراضي الدول النامية [لا سيما الإفريقية] إلى تحرّك دولي نتج عنه إصدار اتفاقية بازل [وقّعت عليها 186 دولة] والتي دخلت حيز النفاذ سنة 1992، وقد حددّت الاتفاقية أربع أهداف تتمثل في تشجيع الإدارة البيئية السليمة للنفايات والتحكم في نقلها عبر الحدود، و تشجيع معالجة النفايات بالتخلص منها قرب مكانِ

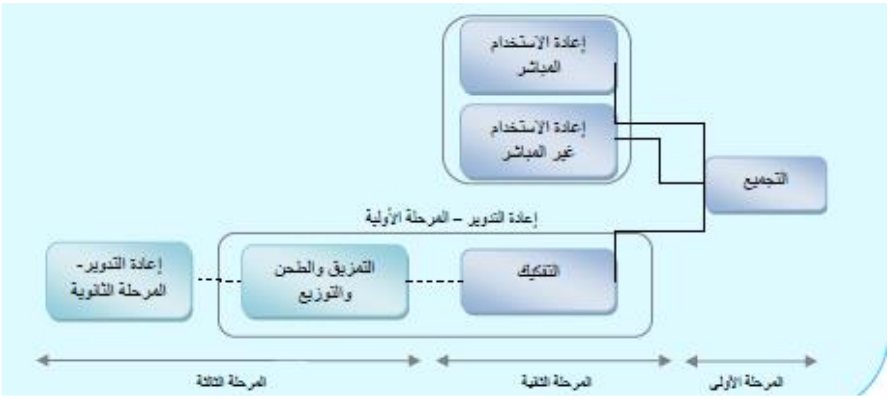
مصدرها ومنع النقل غير الشرعي للنفايات الخطرة؛ وفي عام 1995 تم إدخال تعديلات على الاتفاقية عُرفت بـ "حظر بازل" والذي يقضي بحظر تصدير النفايات الخطرة [بما فيها الإلكترونية] من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية إلى باقي الدول، غير أن هذا الحظْر لم يدخل حيز التنفيذ بسبب عدم توصل الأطراف المعنية إلى إجماعٍ حول تعريف مقبول للنفايات الخطرة (التويجري،2018 ،ص، ص 305، 306)؛ ولم يتمكن مؤتمر الأطراف [COP13] من التوصل إلى توافق نهائي حول التمييز بين ما هو نفايات وما هو غير ذلك، وينطبق نفس الحكم على نوعية المواد التي يُسمح بإعادة استعمالها وتدويرها (ستيغمان، 2017، ص 50).

يحوزُ الاتحاد الأوروبي منذ 2007 على تشريعات تخص مخلفات المعدات الكهربائية والإلكترونية [WEEE] وهي قوانين تحكم مصنّعي الحواسيب والهواتف والتلفزيونات، وتشمل معظم الولايات الأمريكية على تشريعات مشابهة تُلزم المصنّعين بمسؤولية تجميع وإعادة تدوير المخلفات الإلكترونية (موريسون، 2020، ص 240)، وقد شرعت الولايات المتحدة الأمريكية في إدارة النفايات الخطرة بدءا من عام 1976، وذلك من خلال تفعيل مشروع قانون المحافظة على الموارد واستعادتها، والذي هدفَ إلى توفير تحكّمٍ "من المهد إلى اللّحد" في المواد الخطرة (كيلر،2014 ،ص 523)، وتظهر أهمية السياسات والتشريعات الوطنية الخاصة بالمخلفات الإلكترونية في أنها تضع معايير وضوابط تحكم إجراءات أصحاب المصلحة في القطاعين العام والخاص، كما أنها تساهم في صياغة إطار نموذج مالي واقتصادي عملي ومنصف ومستدام، ونظرا لكثرة عدد السكان في كلّ من الصين والهند فإن التشريعات الرسمية تغطي حاليا حوالي 4,8 مليار نسمة أي 66% من سكان العالم مقارنة بـ 44% عام 2014، ومع ذلك فإن وجود مثل هذه التشريعات لا يعني بالضرورة نجاح الإنفاذ أو وجود أنظمة فعالة وكافية لإدارة النفايات الإلكترونية (ستيغمان، 2017، ص 48).

في ظل الفرص الاستثمارية الواعدة ارتأت اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا ESCWA صياغة مشروع لإنشاء مراكز إعادة تدوير وتفكيك وتجديد الإلكترونيات، وتطمح من ورائه إلى زيادة الوعي حول المخاطر البيئية والصحية المتعلقة بالتخلص العشوائي من النفايات الإلكترونية، والحاجة إلى تقليص رميها في المكبّات الأرضية، وتقترح الإسكوا أربع خطوات لإدارة النفايات الإلكترونية هي: التقليص، إعادة الاستخدام، إعادة التدوير، التخلص

(الإسكوا،2009 ،ص28)، ويوضح الشكل التالي التصميم الأساسي المقترح من الإسكوا كمركز لإعادة تدوير وتجديد الإلكترونيات:

الشكل 2: تصميم الإسكوا لمركز إعادة تدوير وتفكيك وتجديد الإلكترونيات



المرجع: الإسكوا، 2009، ص 29.

تتساند مساعي الحد من خطر النفايات الإلكترونية مع مبادرات وقوانين فرعية مثل اتفاقية ميناماتا بشأن الزئبق والتي تجبر أطراف الاتفاقية على إدارة نفايات الزئبق بأسلوب سليم بيئيا وبموجب المبادئ التوجيهية التي حددتها اتفاقية بازل (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2017، ص5)؛ كما اهتمت اتفاقيات روتردام [1998] و ستوكهولم [2001] بمكافحة انتشار الملوثات العضوية الثابتة، وقد توجّه إعلان بالي 2008 لتقديم نظرة عامة عن إدارة النفايات بما يخدم صحة الإنسان، أما مؤتمر بوسان بكوريا الجنوبية 2009 فقد تعاطى مع تفاعلات صحة الأطفال مع المواد الكيميائية السامة، وهو نفس الموضوع الذي ذكّر به تدخّل جنيف 2013، وفي نفس السنة أطلقت منظمة الصحة العالمية مبادرة "النفايات الإلكترونية وصحة الطفل" (Hashmi, 2019, p129)؛ وتشير معظم التشريعات والسياسات القائمة حاليا إلى مبدأ "مسؤولية المنتجين الموسعة" والذي شُرع في الاهتمام به أكاديميا مع بداية تسعينات القرن الماضي، وهو مبدأُ سياسةٍ عامة يتطلب من المصنّعين قبول وتحمل المسؤولية عن جميع المراحل في دورة حياة المنتَج، والدافع وراء إقرار هذا المبدأ هو أن معظم الآثار البيئية تتحدد سلفا في مرحلة التصميم؛ رغم ذلك يواجه المنتجون الذين يتحملون المسؤولية عقبات [خاصة في البلدان النامية] ناجمة عن نقص مرافق المعالجة التي تستجيب للمعايير الدولية ونقص البنية التحتية لعمليات التجميع، ويُقترح لمعالجة ذلك تسخير الدعم الحكومي أو تبني المناهج الموجهة نحو

السوق عبر تحفيز أصحاب مرافق التدوير على النهوض بمشاريع أعمالهم شريطة أن تكون ممتثلة للمعايير (ستيغمان، 2017، ص49)، ويوضح الشكل التالي الأهداف الرئيسية المتوخاة من تطبيق مبدأ "مسؤولية المنتجين الموسعة":

الشكل 3: الأهداف المتوخاة من مبدأ 'مسؤولية المنتجين الموسعة'

المرجع: ستيغمان، 2017، ص 49.

3. أثرُ النفايات الإلكترونية على صحة الإنسان وعلى البيئة والحلول المقترحة

يقدّم هذا المحور تعريفا للمواد السّمية التي تنبعث من النفايات الإلكترونية، ويبيّن أضرارها على البيئة وصحة الإنسان، ويحاول تقديم حلول للحد من هذه الأخطار في ظل واقع تصدير الدول المتقدمة لنفاياتها إلى الدول النامية.

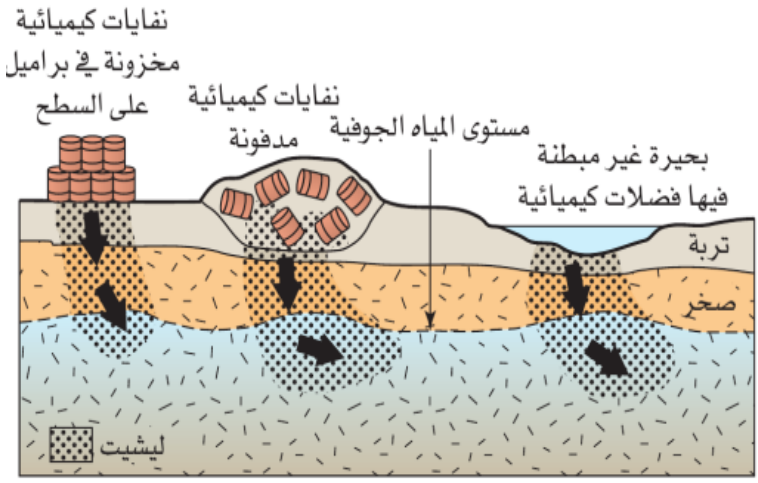
1.3. تداعيات المخلّفات الإلكترونية على سلامة البيئة وصحة الإنسان

تشمل النفايات الإلكترونية على مواد سامّة تتسبب في مشاكل بيئية خطيرة، ومن المواد التي تنبعث من هذه النفايات مكوّنات المعادن الثقيلة والأثيرات ثنائية الفينيل المحتوية على البروم والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات وثنائي البنزوديوكسين متعدد الكلور وثنائي البنزوفيوران، إضافة إلى معادن النحاس والزنك والسلينيوم ومعادن ثمينة أخرى مثل الذهب والفضة والبلاتين، وعلى سبيل المثال أثبتت الدراسات أن الهواء المحموم بالغبار بالقرب من ورشات معالجة النفايات الإلكترونية في بنغالور بالهند يحتوي على مستويات عالية من الملوثات (Khan, 2020, p223)؛ ورغم أن الصين ،التي تستقبل حوالي 70% من صادرات العالم للمخلفات الإلكترونية، قد تمكّنت من إنشاء صناعة ضخمة لإعادة تدوير هذه الإلكترونيات، إلا أن ذلك مرّ بنتائج وخيمة على سلامة البيئة وصحة الإنسان، ففي مدينة جييو يقوم عاملون غير محترفون ويفتقدون للتدريب الكافي بتفكيك الإلكترونيات يدويا ما يتسبب في إطلاق كميات معتبرة من الزئبق والكادميوم وغيرها من السموم البيئية، أما اللوحات الإلكترونية فتُحرق فوق الفحم وتُغمس في الأحماض لاسترداد الذهب، ويُرمى ما تبقى في نهر ليانجيان، لذلك يعاني

حوالي 80% من أطفال جيبو من التسمم بسبب مادة الرصاص (الإسكوا،2009، ص27)؛ وقد لوحظ بأنّ مستويات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في المناطق المغلقة التابعة لمواقع وورشات النفايات الإلكترونية تكون أعلى بكثير من عينات منازل محلية للسكان، حيث تكون في الورشات بـ 14766 نانوغرام في الغرام بينما لا تتعدى 1945 نانوغرام في منازل مقاطعتي تايتشو وتشيجيانغ، أما في دلهي بالهند فقد تم ضبط مستويات للرصاص أعلى من عينات غبار أرضية، وأبانت دراسة أجريت في جنوب الصين عن تركيز مرتفع للمواد الضارة في التربة التي تشهد عملية حرق النفايات الإلكترونية: الزنك [3690]، النحاس [11140]، الرصاص [4500] مليغرام في الكيلوغرام الواحد (Hashmi, 2019,pp, 114, 116).

تُنتج الولايات المتحدة الأمريكية 150 مليون طن متري من النفايات الخطرة [hazardous waste]، وقد أدى الإلقاء العشوائي لهذه النفايات إلى تلويث التربة ومصادر المياه الجوفية بعدة طرق منها: تآكل البراميل التي تُخزّن فيها النفايات ومن ثم حدوث تسربات تؤدي إلى تلويث السطح والتغلغل إلى التربة والمياه الجوفية، أو إلقاء النفايات بعد الترشيح في برك ضحلة للتجميع لتصل في النهاية إلى مستوى المياه، أو رميها بصورة غير قانونية في الحقول المهجورة أو على طول الطرق غير النظيفة أو غير المستعملة، إضافة إلى إرسال النفايات إلى دول أجنبية ،مثل الصين، أين يكون العمال عرضة للمركبات السامة (كيلر، 2014، ص 523)، ويوضح الشكل التالي طرق تلويث الإلقاء غير المنظم للنفايات الإلكترونية للتربة والمياه الجوفية، ما يتسبب في مشكلات عويصة يصعب حلها:

الشكل4: الطرق المحتملة لتلويث التربة والمياه الجوفية بسبب الإلقاء العشوائي للنفايات الإلكترونية



المرجع: كيلر، 2014، ص 523.

ثبت علميا احتواء الأثيرات ثنائية الفينيل ذات البروم على خصائص تساهم في تعطيل الغدد الصماء، إضافة إلى تسبب النفايات الإلكترونية في تعريض المشيمة للخطر وحدوث اختلالات في الرضاعة الطبيعية، وتغيّر الجانب الفزيولوجي في حال ما كان استهلاك الماء والغذاء الملوث بوتيرة عالية، ناهيك عن تسبب المعادن في السرطان واضطراب الجهاز العصبي وأمراض الدم والبول والقلب والأوعية الدموية والعظام، كما أن الكادميوم يتسبب في التلف المبكر للكلى، بينما يتسبب النحاس في تلف الكبد (Khan, 2020, pp, 225, 226)، وتظل طريقة التخلص العشوائي من الإلكترونيات ذات مخاطر جمة على حياة الإنسان، وذلك بسبب إمكانية تسرب المعادن الثقيلة والمواد السامة من المكبات إلى المياه الجوفية، وفي حالات أخرى يتم التخلص من النفايات الإلكترونية الفائضة عبر توريدها إلى الدول الأقل نموا التي تقوم بردمها اعتباطيا أو تفكيكها دون وعي بالمخاطر التي تُسببها مكونات الجهاز الإلكتروني (الإسكوا، 2009، ص27).

يترك الزئبق تأثيرات بالغة على الدماغ والكلى وتكوين الجنين، ويستهدف الرصاص جهاز المناعة والجهاز العصبي كما يؤثر على ذكاء الأطفال وله قابلية لأن يصيب بالعقم، في حين يؤدي عنصر الكروم إلى تدمير الحمض النووي، ومن شأن التعرض لعنصر الباريوم لفترات طويلة أن يؤدي إلى أورام في المخ وضعف عضلات الجسم، أما البريليوم فهو أحد المسببات الرئيسية لسرطان الرئة، إضافة إلى أعراض خطيرة أخرى يتسبب فيها البريليوم السام الذي يوجد في اللوحات الرئيسية للكمبيوتر، وكلوريدات البوليفنيل التي تحتويها كل من المكثفات والمحولات (عناني،2015 ،ص 204).

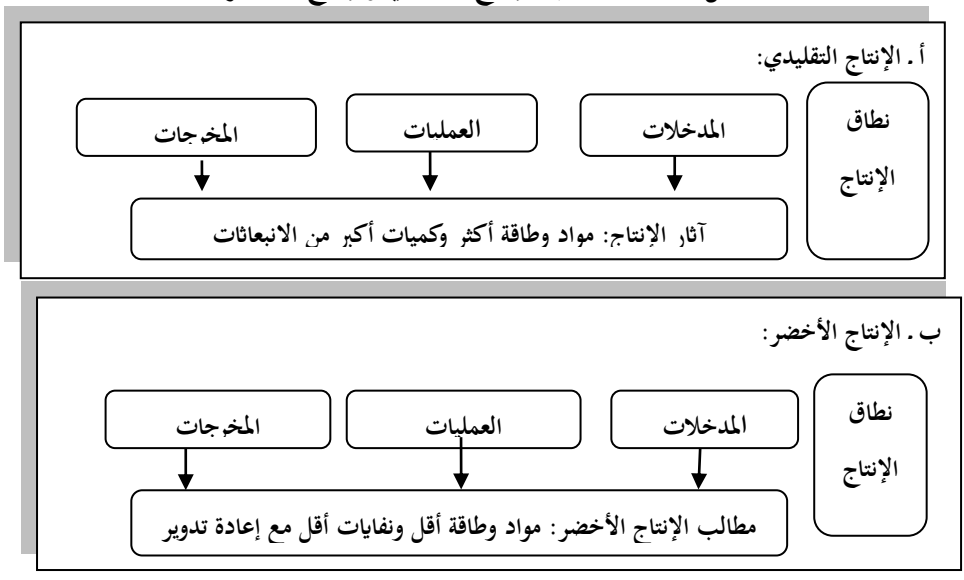
2.3. الحلول المقترحة:

تبدأ المعالجة الفعالة لمعضلة النفايات الإلكترونية من نقطة توفير مزيدٍ من البيانات وبطريقة شفافة بما يساهم في تحقيق عددٍ من أهداف خطة التنمية المستدامة لعام 2030، ويرتبط فهم وإدارة المخلفات الإلكترونية على نحو أفضل بالهدف 3[الصحة الجيدة والرفاه] والهدف 6 [المياه النظيفة والنظافة الصحية]، والهدف 8 [العمل اللائق ونمو الاقتصاد]، والهدف 11 [مدن ومجتمعات محلية مستدامة] والهدف 14 [الحياة تحت الماء]؛ إنّ الإدارة السليمة للمخلفات الإلكترونية يمكن أن تُفضي إلى مجالات جديدة للعمالة وأن تدفع روح المبادرة (ستيغمان، 2017، ص 14)؛ كما يجب الاعتناء الوافي بتطبيق جوانب الاقتصاد الأخضر Green Economy وبالأخص وظيفة "إدارة الاستدامة لسلسلة الإمداد" والذي يشير إلى

تبنّي مفاهيم البيئة والاستدامة في كامل دورة حياة المنتَج، ولا يعني هذا التخلي عن أهمية إعادة التدوير كطريقة آمنة للتخلص من النفايات الإلكترونية، خصوصا أن هذه التجربة قد أثبتت نجاعتها في تركيا وبلجيكا والإمارات العربية المتحدة وفرنسا (كوسة، 2020، ص1188)، كما تجدر الإشارة إلى أن ثلث الذهب الذي يتم إنتاجه في السويد هو من المعاد تدويره من النفايات الإلكترونية، وقد قامت إستراتيجية السويد على رؤية "مدينة خالية من النفايات" كمُوجّه رئيسي لمدينة المستقبل. (بكدي،2020 ، ص ص، 131، 132)

يطرحُ الحديث عن المنتجات الخضراء ما يسمّى بـ "الإنتاج الأنظف"، والذي تبنّاه برنامج الأمم المتحدة كأحد الوسائل الفاعلة للاستجابة للاتّجاهات المطالبة بخفض مستويات التّلوث البيئي، ويهدف هذا الطرح إلى تحقيق الرّبحية الاقتصادية وتحسين البيئة معًا، فالإنتاج الأخضر معناه الاستجابة بمختلف الوسائل لمتطلّبات البيئة النظيفة عند القيام بإنتاج المنتجات؛ وللإنتاج الأخضر ثلاث جوانب أساسية؛ أ . المدخلات: وتتكوّنُ من المواد والطاقة والتصميم؛ ب . العمليات: والتي تتألفُ أساسا من استخدام التكنولوجيا النظيفة الأعلى كفاءةً والأفضل بيئيًا من التكنولوجيا التقليدية؛ ج . المخرجات: التي يُقصد بها المنتجات الخضراء الودية بيئيًا ذات التأثير القليل أو المعدوم على البيئة (كافي، 2017، ص ص، 234، 235)؛ ويوضّح الشّكل التالي تمايزَ الإنتاج التقليدي عن الإنتاج الأخضر:

الشكل5: الاختلاف بين الإنتاج التقليدي والإنتاج الأخضر



المرجع: كافي، 2017، ص 236.

يجب على المجتمع الدولي أن يوجّه انشغالاته نحو التوزيع غير العادل للمخاطر البيئية في ما بين مختلف الطبقات الاجتماعية والدول والمناطق، وأن يهتمّ بإيجاد معالجة جدّية للظّلم البيئي الذي يبرزُ حين يقوم الوكلاء الاجتماعيون غير المساءَلين بتحويل التكاليف البيئية لقراراتهم وممارساتهم إلى الخارج، أين تتحمل أطراف ثالثة بريئة النتائج المتولّدة عن هذه المخاطر، لذلك يجب توحيد الجهود لصنع مقاربة شاملة تطالب بتحقيق "العدالة البيئية"والتي يمكن تلخيص أهمّ خطوطها العريضة في مايلي: (دان، 2016، ص ص، 607، 616)

1 . الاعتراف بالمجتمع الأخلاقي الممتدّ والمتأثّر بالمخاطر البيئية، وهو مجتمع لا يقتصر على المواطنين فحسب، وإنما يشمل أيضا كافة الشعوب والأجيال المقبلة وباقي المخلوقات من غير البشر.

2 . المشاركة والمداولة النقدية للمواطنين وممثلي المجتمع الأكبر المعرّض للخطر في كامل عملية صنع القرارات البيئية، وتشمل عمليات وضع السياسات والتشريع والرقابة والتنفيذ.

3 . تبنّي مناهج وقائية تضمن تقليل المخاطر استنادا لمقياس المجتمع الأكبر.

4 . التوزيع العادل للمخاطر المقبولة، مع مراعاة وجهات نظر جميع الأطراف المتأثرة والجماعات المنادية بالمصلحة العامة.

5 . إنصاف وتعويض الأطراف التي تعاني من آثار المشكلات البيئية.

أوصى باحثون في معهد بنغالور للعلوم وجامعة رايس في هيوستن بطريقة حديثة في معالجة النفايات الإلكترونية، تتمثل في طحنها إلى جُسيمات نانوية الحجم، ما يساعد على استخلاصٍ سهل للمكوّنات القيّمة، وتوصف هذه الطريقة المبتكرَة على أنها صديقة للبيئة (Putty, 2017)؛ وفي سنة 2018 حدّدت الدول الأعضاء في الاتحاد الدولي للاتصالات هدفا عالميا بشأن المخلفات الإلكترونية لعام 2023 من أجل زيادة نسبة إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية العالمية إلى 30% ورفع النسبة المئوية للبلدان التي لديها تشريعات بشأن هذه النفايات إلى 50%(الاتحاد الدولي للاتصالات، 2019).

يوصي الخبراء بضرورة الانفتاح على مدخل "التكنولوجيا الخضراء" لمعالجة جذرية وأبدية لمشكلة النفايات الإلكترونية، وتُعرف التكنولوجيا الخضراء على أنها التطوير المستمر للعمليات الصناعية والمنتجات والخدمات بهدف تقليل استهلاك الموارد الطبيعية والحدّ من تلوث الهواء والماء والتربة، وبالتالي فالهدف المتوخّى من التكنولوجيا النظيفة هو الحفاظ على البيئة دون وقوع

تلوث أو استنزاف للموارد، بمعنى أنها طرقٌ في الإنتاج الصناعي يَنتج عنها أدنى حد ممكن من التلوث. (سحانين، 2009،ص 49).

4 . النّتائج العامة

قبل حوالي ثلاثمائة عام صاغَ العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه قانون 'مصونية المادة'، وينصّ هذا القانون على أنه لاشيء في هذا العالم يفنى ولا شيء يولد من العدم، فكلّ ما على الأرض يفنى في الظاهر لكنّه يعود بشكل آخر في عملية تدويرٍ تُصنع بواسطتها أشياء جديدة تَخرج للوجود مرّة أخرى، فالنّفايات تجسيدٌ لفكرة دورة المادّة في الحياة، وهي مرحلةُ انتقالٍ وجودية بين مُختلفين، بين ما هو كائنٌ حاليًا وما يكون مستقبلًا (سكانلان، 2017، ص ص، 7، 8)؛ رغم ذلك، عملية تدوير النفايات الإلكترونية لا تبدو رهانًا ملائمًا للتخلص من أخطارها، إذْ تتمّ عمليات التفكيك يدويًا وباستخدام يدٍ عاملة غير احترافية ومُنتسبة ،في الغالب، للاقتصاد غير الرّسمي؛ لذلك لا يمكن لعملية التدوير إلا أن تكون معالجة آنية تلقائية لمشكلة أعمق ترتبط في المقام الأول بحركة تصدير النفايات من الدول المتقدمة إلى دول العالم النّامي، وهي حركةٌ تعبّر عن نزعة باثولوجية في العلاقات الدولية تميلُ إلى الإذلال وتستثمر في الفاقة والحاجة، وهذا ما يدفع إلى تؤكيدِ التبنّي الفعلي وليس البلاغي لنصوص اتفاقية بازل، عبر توسيع الدّعم التّقني لمساعدة الدول على إدارة هذه النفايات والتخلّص منها بطريقة آمنة؛ كما يجب تكثيف وتجديد الاتفاقيات الخاصة بالمناطق التي تفتقر لآليات المعالجة والأكثر تضررا من حركة النفايات، على غرار اتفاقية حظر الاستيراد والرقابة على حركة النفايات الخطيرة العابرة للحدود وتسييرها في أفريقيا، والمنعقد بـ بماكو عام 1991، والاتفاق الجهوي الخاص بحركة النفايات الخطيرة المنعقد في بنما سنة 1992 (الفتلاوي، 2011، ص 145)؛ ويبقى الاقتصاد الأخضر هو أفضل مُتاحٍ تتمسّك به الدّول في مسعى مواجهة خطر النفايات الإلكترونية، إذْ يتأسّسُ الاقتصاد الأخضر على إعطاء أوزانٍ متساوية لمكوّنات الاستدامة وهي التنمية الاقتصادية والعدالة الاجتماعية والاستدامة البيئية، كما يتّسم الاقتصاد الأخضر ،وما يطرحه من تكنولوجيا نظيفة، بالفاعلية في استخدام الموارد والطاقة، بما في ذلك تفعيل الإنتاج والاستهلاك المستدام (البريدي، 2015، ص 224)؛ ويتطلّب الانتقال إلى الاقتصاد الأخضر ظروفا تمكينية تتشكّل من خلفيةِ اللوائح القومية والسياسات والدعم المادي والحوافز والهياكل القانونية والسّوقية الدولية وبروتوكولات المساعدات والتجارة، ومبدأ الاقتصاد الأخضر لا يعني أنه يحل محلّ التنمية

المستدامة، إذْ لا تزال الاستدامة هدفًا حيويًا بعيد الأمد، غير أنّ بلوغ هذا الهدف يمرّ حتما عبر "تخضير" الاقتصاد. (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2011، ص2).

5 . خاتمة

تطرّق هذا البحث إلى المخاطر البيئية والصّحية التي تنجم عن واقع التخلّص العشوائي من النفايات الإلكترونية، وقدّم أرقاما غير مطمئنة عن نموّ كبير في توليد هذه المخلّفات تزامنا مع تكتّمٍ للحكومات عن طرق التجميع والتخلّص منها، و توصّل البحث إلى النتائج التالية:

. غيابُ العدالة البيئية وعدم التوازن في تحمّل المسؤولية هو السبب الرئيسي في استمرار أضرار النفايات الإلكترونية.

. وجود قصور كبير في التشريعات الوطنية والدولية في إيجاد معالجة حازمة للنفايات الإلكترونية.

. اصطدام المشاريع الأممية والدولية بتعنّتِ الدول والقوى الكبرى.

بناءً عليه، يحاول البحث اقتراح الحلول التالية للحد من المضاعفات الخطيرة لهذه الآفة:

. إقرار مبدأ المسؤولية الدولية، وإلزام الدول الصناعية والمتقدمة على تحمّل مسؤولياتها.

. ضرورة التعويض المادي المناسب للدول والأشخاص المتضررين من النفايات الإلكترونية.

. إعادة مراجعة الاتفاقيات الدولية بما يضمن وضع ميكانيزمات إنفاذية لها القدرة على تجريم عمليات التخلص العشوائي وغير المدروس من النفايات.

. الانفتاح العلمي والمنهجي على وعود مقاربتي الاقتصاد الأخضر والتكنولوجيا النظيفة.

بشكلٍ عام؛ يبدو أنّ المصالح والتّفضيلات البشرية ضيّقة الأفق تمنع إصدار قرارٍ مُقنع حول ما هو مرغوبٌ بيئيًا؛ لذلك لا سبيل لمعالجة مشكلة النفايات الإلكترونية إلا في خضمّ مقاربة شاملة تُعنى بـ "الحاجة إلى أخلاقيات بيئية جديدة"، فنشوء فلسفة مُتمحورة حول البيئة من شأنه أن يساهم في حوكمة بيئية ذاتُ نجاعةٍ لصحّة وصلاحية المجتمعات البشرية القائمة والأجيال المقبلة.

قائمة المراجع.

المراجع باللغة العربية:

الكتب:

- البريدي عبد الله بن عبد الرحمن (2015)، التنمية المستدامة: مدخل تكاملي لمفاهيم الاستدامة وتطبيقاتها مع التركيز على العالم العربي، العبيكان للنشر، الرياض.

. بكدي فاطمة (2020)، الاقتصاد الأخضر من النظري إلى التطبيق، مركز الكتاب الأكاديمي، الأردن.

. التويجري صالح بن حمد (2018)، الكوارث والأزمات: التخطيط . الاستعداد . الإدارة، العبيكان، المملكة العربية السعودية.

. دان تيم وآخرون (2016)، نظريات العلاقات الدولية: التخصص والتنوع، ترجمة ديما الخضرا، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات، الدوحة.

. ريد. تي. في (2017)، الحياة الرقمية: الثقافة والسلطة والتغير الاجتماعي في عصر الإنترنت،ترجمة نشوى ماهر كرم الله، العبيكان، المملكة العربية السعودية.

. سكانلان جون (2017)، النفايات: مدخل إلى الشّك والخطأ والعبث، ترجمة محمد زياد كبة، هيئة ابو ظبي للسياحة والثقافة كلمة، أبو ظبي.

. عبود رامي (2013)، المحتوى الرقمي العربي على الأنترنت: نظرة على التخطيط الإستراتيجي العربي والعالمي، العربي للنشر والتوزيع، مصر.

. عناني عبد الفتاح (2015)، التلوث الخفي..يسكن بيتك، دار المعارف، القاهرة.

. الفتلاوي سهيل حسين (2011)، الأمم المتحدة : الإنجازات والإخفاقات، الجزء الثالث، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمّان.

.كافي مصطفى يوسف (2017)، التنمية المستدامة، شركة دار الأكاديميون للنشر والتوزيع، عمّان.

.كيلر أ. إدوارد (2014)، الجيولوجيا البيئية، العبيكان، المملكة العربية السعودية.

. موريسون كيفين (2020)، عالم المادة وعلاقته بالسلعة النهائية، مجموعة النيل العربية، مصر.

مقال في مجلة:

. سحانين الميلود (2009)، مساهمة التكنولوجيا الخضراء في حماية البيئة، مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية . دراسات اقتصادية، جامعة الجلفة، المجلد 3، العدد 9.

. كوسة جميلة (2020)، آثار النفايات الإلكترونية على الأمن البيئي والصحة العامة، مجلة دراسات وأبحاث، جامعة الجلفة، مجلد 12، عدد 1.

التقارير:

. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا. الإسكوا (2009)، نشرة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات للتنمية في غربي آسيا، الإسكوا، بيروت.

. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (2017)، التقييم العالمي لنفايات الزئبق: مراجعة التدابير الوطنية الراهنة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي.
. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (2011)، نحو اقتصاد أخضر: مسارات إلى التنمية المستدامة والقضاء على الفقر، مرجع لواضعي السياسات، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي.
. ستيغمان وآخرون (2017)، رصد المخلفات الإلكترونية في العالم 2017: الكميات والتدفقات والموارد، جامعة الأمم المتحدة، جنيف.

مواقع الانترنيت:

. الاتحاد الدولي للاتصالات (2019)، التحدي المتنامي المتمثل في المخلفات الإلكترونية، شوهد يوم 2020/05/20، في:

https://www.itu.int/ar/mediacentre/backgrounders/Pages/e-waste.aspx

المراجع باللغة الأجنبية:

الكتب:

- Hashmi Zaffar & Others (2019), Electronic Waste Pollution : Environmental Occurrence and treatment technologies, Springer, Switzerland.
- Khan Anish & Others, (2020), E-Waste Recycling and Management : Present scenarios and environmental issues, Springer, Switzerland.

مواقع الانترنيت:

- Putty Madhukara (2017), Dealing with e-waste the nonotech way, In :https://www.scidev.net/asia-pacific/environment/news/dealing-with-e-waste-the-nanotech-way.html (consult éle 23/05/2020).