البصمة البيئية للطاقة: دراسة نظرية للمفهوم

Energy environmental footprint : a theoretical study of the concept

د/ محمد زرقون*
جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر

د/ أمال رحمان*
جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر

الملخص:

تعد الطاقة عصب الحياة الحديثة وشريان الحياة للكثير من القطاعات، وبمقابل ذلك فهي المتسبب الرئيسي لظاهرة تغير المناخ، فضخامة هذه المشكلة كونها تعتبر من المشاكل البيئية العالمية والتي باتت تؤرق البشرية جمعاء دفع بالإنسان إلى البحث عن السبل الكفيلة بتخفيض هذه الانبعاثات ومن ثم حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة والتي يمكن قياسها من خلال مجموعة من المؤشرات منها البصمة البيئية والتي استخدمت في البداية ومن ثم البصمة الكربونية التي تخص انبعاثات الكربون فقط. وهذا ما سنحاول إبرازه من خلال هذه الورقة البحثية، وذلك من خلال محاولة الوقوف على مفهوم البصمة البيئية للطاقة في دراسة نظرية معتمدين في ذلك على المنهج الوصفي.

الكلمات الدالة : تنمية مستدامة، البصمة البيئية، قطاع الطاقة، بصمة الكربون.

Abstract:

Energy is the backbone of modern life and the cornerstone of many sectors, and in return, it is the cause of major climate change, the importance of this issue as one of the world's environmental problems, which concern all humanity has pushed human to look for ways to reduce these emissions and then protect the environment and ensure sustainable development which can be measured through a set of indicators, including the environmental footprint, which was used in the beginning and then the carbon footprint specific only to carbon emissions. And that's what we will try to highlight through this paper, And that by trying to stand up on the concept of ecological footprint of energy in a theory study relying on the descriptive approach.

Key words: sustainable development, environmental footprint, energy sector, carbon footprint.

* zergoune.me@univ-ouargla.dz
* amel70@yahoo.fr

المقدمة:

إن حياة ورفاهية الإنسان ترتبط بصحة بيئته، ولا يمكن لمجتمع أن يستمر من دون الغابات، مصادر المياه النظيفة، الأراضي الخصبة وكافة "رؤوس الأموال" البيئية التي تزّود بالموارد وتمتص المخلفات التي ينتجها الإنسان. وعلى الرغم من علاقة الإنسان الوثيقة ببيئته فإنه غالباً ما يغفل حالة التدهور والاستغلال لتلك البيئة.

إن تدهور الأنظمة البيئية بشكل مستمر وبسرعة متزايدة يبرز الحاجة الملحة إلى الاستدامة والتنمية المستدامة. فإدارة التنمية المستدامة تحتاج إلى الأدوات والطرق لحساب الطلب على الموارد البيئية وكذلك لحساب قدرة هذه الموارد على الاستمرارية. إن التنمية المستدامة هي عنصر قابل للقياس عن طريق قياس الاستهلاك الإنساني لمجاله الحيوي مقارنة بقدرة هذا المجال الحيوي على تجديد ذاته.

تعد الطاقة عصب الحياة الحديثة و المحرك الرئيسي للتقدم الاقتصادي، و تلعب دورا كبيرا بالغ الأهمية بالنسبة للبشرية، وبمقابل ذلك تزايد الاهتمام بالآثار البيئية للطاقة منذ أوائل التسعينيات وبالأخص قضايا انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة.

إن ضخامة هذه المشكلة كونها تعتبر من المشاكل البيئية العالمية و التي باتت تؤرق البشرية جمعاء دفع بالإنسان إلى البحث عن السبل الكفيلة بتخفيض هذه الانبعاثات فكانت البداية هي استخدامه لمفهوم البصمة البيئية ومن ثم البصمة الكربونية التي تخص انبعاثات الكربون فقط، وهذا ما سنحاول إبرازه من خلال هذه الورقة البحثية بالإجابة على الإشكالية التالية:

كيف يمكن للإنسان أن يعيش ضمن إمكانيات وقدرة كوكب الأرض؟ وما المقصود بالبصمة الكربونية؟ وهل يمكن اعتبارها بداية للتخفيض من الانبعاثات في الجو؟

أهمية الدراسة :

تنبع أهمية هذه الدراسة من ذاتها كونها تسلط الضوء على واحدة من أهم مواضيع الساعة وهي الطاقة والتنمية المستدامة، خاصة في ظل تفاقم الأزمات البيئية لاسيما تغير المناخ العالمي، ومن هنا كان لابد من حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة في قطاع الطاقة، وقياس مدى التقدم المحرز في مجال تحقيق هذه التنمية والتي تقاس بمجموعة من المؤشرات أهمها البصمة البيئية وبصمة الكربون.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى جملة من النقاط نوجزها فيما يلي:

- إبراز ماهية التنمية المستدامة وأهم مؤشرات قياسها؛
- توضيح ماهية البصمة البيئية والسعة البيولوجية كأحد أهم المؤشرات البيئية للتنمية المستدامة؛
- إبراز أهمية البصمة البيئية الخاصة بقطاع الطاقة من خلال مساهمة هذا القطاع في زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مع التعريج على ماهية بصمة الكربون وسبل الحد منها؛

منهج الدراسة:

نظرا لطبيعة الدراسة المتمثلة في تسليط الضوء على واحدة من أهم المؤشرات المستعملة في قياس مدى التقدم المحرز في مجال تحقيق التنمية المستدامة والمتمثلة في البصمة البيئية وبصمة الكربون الخاصة بقطاع الطاقة ؛ لذا فقد تم الاعتماد على المنهج الوصفي من خلال وصف أهم مؤشرات التنمية المستدامة مع توضيح ماهية البصمة البيئية وبصمة الكربون كأحد أهم المؤشرات.

ومن أجل الاجابة على التساؤلات المطروحة تم تقسيم الدراسة إلى ثلاثة محاور كما يلي:

- المحور الأول: التنمية المستدامة ومؤشراتها؛
- المحور الثاني: أساسيات حول البصمة البيئية؛
- المحور الثالث: البصمة البيئية الخاصة بالطاقة؛

المحور الأول: التنمية المستدامة ومؤشراتها.

1. مفهوم التنمية المستدامة:

إن الاهتمام بالبيئة وقضاياها من خلال انتهاج سياسات بيئية حديث نسبيا فهو يرتبط بظهور نظرية الآثار الخارجية التي وردت لأول مرة في أعمال بيقو Pigou سنة 1920 والتي تلتها عدة مساهمات فيما بعد. وأصبحت حماية البيئة اليوم من المشاريع التنموية الهامة التي بدأت جميع الدول المبادرة بالعناية بها، بعد أن تبين لها أن تلك الحماية ليست ضرورية فقط لصحة الإنسان وإنما للتنمية أيضا.

تعرف البيئة بأنها الوسط الطبيعي الذي يعيش فيه الإنسان والكائنات الحية ويمارس فيها نشاطاته المختلفة الإنتاجية والاجتماعية من خلال البعدين الزماني والمكاني[1].

كما عرف مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية، الذي انعقد في ستوكهولم عام 1972 البيئة بأنها رصيد الموارد المادية والاجتماعية المتاحة في وقت ما، وفي مكان ما لإشباع حاجات الإنسان وتطلعاته[2].

إن من أهم مظاهر الاهتمام بالبيئة ارتباطه بمفهوم التنمية المستدامة، وقد ظهر هذا المصطلح في بداية الثمانينات بالرغم من الإشارة إليه خلال مؤتمرا ستوكهولم للتنمية البشرية سنة 1972 الذي ركز على وضع الاعتبارات البيئية ضمن سياسات التنمية وإلى ضرورة استعمال الموارد الطبيعية بشكل يضمن بقاءها للأجيال القادمة. وفي سنة 1992 عقدت الأمم المتحدة مؤتمرا حول البيئة والتنمية (مؤتمر الأرض) في ري يو دي جانيرو بالبرازيل، حيث كانت أحد أهم المسائل الرئيسية التي تطرق لها المؤتمر هي وضع وتنفيذ استراتيجيات وإجراءات لتحقيق التنمية المستدامة.

تعد التنمية المستدامة أو التنمية القابلة للديمومة منهجا تخطيطيا ومفهوما فلسفيا مهما يتكون من مجموعة من المبادئ التي يسترشد بها في توجيه التنمية الاقتصادية والإدارة البيئية، كما أنها تعتبر مفهوما ومنهجا تخطيطيا يتصل بالعديد من فروع المعرفة كالاقتصاد والهندسة والإدارة والعلوم وغيرها[3].

وقد عرفت التنمية المستدامة من خلال المبدأ الثالث الذي تقرر في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة و التنمية و الذي انعقد في ري يو دي جانيرو عام 1992 كما يلي: "ضرورة انجاز الحق في التنمية بحيث تتحقق على نحو متساو الحاجات التنموية والبيئية لأجيال الحاضر والمستقبل. وأشار المبدأ الرابع الذي أقره المؤتمر إلى أنه: "لكي تتحقق التنمية المستدامة ينبغي أن تمثل الحماية البيئية جزءا لا يتجزأ من عملية التنمية ولا يمكن التفكير فيها بمعزل عنها"[4].

وأهم تعاريف التنمية المستدامة ذلك الذي ورد في تقرير بروتلاند عام 1987: "عملية للتغيير يتناغم فيها استغلال الموارد وتوجهات الاستثمار ومناحي التنمية التكنولوجية وتغيير المؤسسات، ويعزز كلا من إمكانات الحاضر والمستقبل للوفاء باحتياجات الإنسان وتطلعاته"[5].

إن تقرير بروتلاند بين أن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب ما يلي[6]:

- نظام سياسي يضمن مشاركة فعالة لكل المواطنين؛

- نظام للزراعة و التعدين و الصناعة و الذي يتعهد بالحفاظ على البيئة و أنواع الحياة التي تحتويها؛
- نظام عالمي للتجارة و المال الذي يحفز التنمية المستدامة؛
- التأكيد على العدالة الاجتماعية التي تعالج الفقر؛

2. مؤشرات التنمية المستدامة:

إن قياس التنمية المستدامة ليس بالأمر الهين وذلك للعديد من الأسباب، إذ يوجد أكثر من 500 تعريف للتنمية المستدامة، كما أن هذه التنمية متعددة الجوانب ويصعب قياسها بمؤشر واحد، بالإضافة إلى ذلك فهذه التنمية تضم جوانب كيفية كجمالية المناظر الطبيعية، نوعية الحياة، نوعية العلاقات البشرية وغيرها، والتي يكون من الصعب قياسها وتكميمها، ومن ثم يكون من الصعب قياس التنمية المستدامة بمؤشر واحد[7].

في عام 1992 في قمة الأرض بريو بإشراف الأمم المتحدة تم تأكيد مفهوم التنمية المستدامة والتي لها ثلاث ركائز أساسية (اقتصادية، اجتماعية وبيئية): تنمية فعالة اقتصاديا، عادلة اجتماعيا، محتملة* بيئيا (efficace, équitable, soutenable)، ومن جهة أخرى تم التأكيد على ضرورة توفر معلومات كمية لقياس التطور المحرز باتجاه الاستدامة. وفي هذا الإطار وفي الفصل 40 من جدول أعمال القرن 21 كانت هناك دعوة للدول لوضع المؤشرات الضرورية لاتخاذ القرارات، وبذلك وافقت لجنة التنمية المستدامة لإدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية للأمم المتحدة عام 1995 على إنشاء برنامج عمل بشأن مؤشرات التنمية المستدامة، تضمن 134 مؤشرا[8]. وقد أسهمت منظمات حكومية وجماعات أساسية متدخلة كوكالات مسئولة عن مؤشرات معينة، في بلورة هذا البرنامج.

في هذا الإطار اعتمدت لجنة التنمية المستدامة إطارا تحليليا يصنف المؤشرات إلى ثلاثة فئات رئيسية وهي:

- مؤشرات القوة الدافعة والتي تصف الأنشطة والعمليات والأنماط؛
- مؤشرات الحالة التي توفر صورة للحالة الراهنة للأمور؛
- مؤشرات الاستجابة والتي توجه التدابير المتخذة بصدد التنمية الاقتصادية؛

هذه المؤشرات للتنمية المستدامة نشرت في شهر أوت من عام 1966 في وثيقة تعرف باسم " الكتاب الأزرق". هذه المؤشرات مجمعة في أربع فئات كبيرة هي الاقتصادية، والاجتماعية،

والبيئية، والمؤسسية. وهي ما تسمى بالمؤشرات الأساسية للتنمية المستدامة. هذه المؤشرات تتمثل فيما يلي[9]:

أ. المؤشرات الاقتصادية: يمكن تلخيصها فيما يلي:

- نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي: يعد المؤشر من مؤشرات القوة الدافعة للنمو الاقتصادي، حيث يقيس مستوى الإنتاج الكلي وحجمه ومع أنه لا يقيس التنمية المستدامة قياسا كاملا فإنه يمثل عنصرا هاما من عناصر نوعية الحياة.

- نسبة إجمالي الاستثمار إلى الناتج المحلي الإجمالي: يقصد بهذا المؤشر الإنفاق على الإضافات إلى الأصول الثابتة الاقتصادية كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي، حيث يقيس نسبة الاستثمار إلى الإنتاج.

- رصيد الحساب الجاري كنسبة مئوية من الناتج الإجمالي: يقيس مؤشر رصيد الحساب الجاري درجة مديونية الدول ويساعد في تقييم قدرتها مع تحمل الديون، ويرتبط هذا المؤشر بقاعدة الموارد من خلال القدرة على نقل الموارد إلى الصادرات بهدف تعزيز القدرة على التسديد.

- صافي المساعدة الإنمائية كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي: يقيس هذا المؤشر مستويات المساعدة مسيرة الشروط التي تهدف إلى النهوض بالتنمية والخدمات الاجتماعية، وهو يرد بصورة نسبة مئوية من الناتج الوطني الإجمالي.

ب. المؤشرات الاجتماعية: يمكن تلخيصها فيما يلي:

- مؤشر الفقر البشري: هو مؤشر مركب يشمل ثلاثة أبعاد بالنظر إلى البلدان النامية وهي: طول العمر أي حياة طويلة وصحية، والمعرفة أي الحصول على مستوى معين من التعليم، وأخيرا مستوى معيشة لائق من خلال توافر الوسائل الاقتصادية.

- معدل البطالة: يشمل جميع أفراد القوى العاملة الذي ليسوا موظفين ويتقاضون مرتبات، أو عاملين مستقلين كنسبة مئوية من القوى العاملة.

- نوعية الحياة: يستخدم هذا المؤشر لقياس عدد الأشخاص الذين لا يتوقع لهم أن يبلغوا سن الأربعين كنسبة مئوية من مجموع السكان، وكذلك نسبة السكان الذين لا يتيسر لهم الانتفاع بالمياه المأمونة والخدمات الصحية ومرافق التنظيف الصحي والتي تعد مسألة أساسية للتنمية المستدامة.

- التعليم: يستخدم التعليم لقياس نسبة الأشخاص الذين تتجاوز أعمارهم 15 سنة والذين لا يعرفون القراءة والكتابة، والمعدل الإجمالي للالتحاق بالمدارس الثانوية والذي يبين مستوى المشاركة في التعليم الثانوي.

- معدل النمو السكاني: يقيس هذا المؤشر معدل النمو السكاني للسنة ويعبر عنه كنسبة مئوية.

ج. المؤشرات البيئية: يمكن تلخيصها فيما يلي:

- نصيب الفرد من الموارد المائية: يرتبط هذا المؤشر بظاهرتين رئيسيتين: الأولى معدل النمو السكاني والمتغيرات الديموغرافية، والثانية ارتفاع مستويات المعيشة الناجم عن إعادة توزيع الدخول التي تستهدفها بعض برامج التنمية الاقتصادية.

- متوسط نصيب الفرد من إجمالي الأراضي المزروعة: بين هذا المؤشر نصيب الفرد بالهكتار من إجمالي الأرض المزروعة.

- كمية الأسمدة المستخدمة سنويا: يقيس كثافة استخدام الأسمدة ويقاس بالكيلوغرام للهكتار.

- التصحر: يقيس هذا المؤشر مساحة الأراضي المصابة بالتصحر ونسبتها إلى المساحة الإجمالية للبلد، وتعد نسبة التصحر في الوطن العربي من النسب المرتفعة عالميا.

- التغير في مساحة الغابات: يشير هذا المؤشر إلى التغير الذي يحصل مع مرور الوقت في مساحة الغابات بنسبة مئوية من المساحة الإجمالية للبلد.

د. المؤشرات الهيكلية: كانت الدول المتقدمة تعمل خلال فترة طويلة على توجيه اقتصاديات الدول النامية نحو إنتاج مواد غذائية.

اتجهت الدول المتقدمة إلى وحدات تغيرات هيكلية في بناياتها الاقتصادية عن طريق الاتجاه نحو التصنيع، وذلك لتوسيع قاعدة الإنتاج وتنويعه إضافة تحقيق زيادة في الدخل ورفع مستويات المعيشة بحيث كانت الدول النامية سوقا لتصريف منتجات الدول المتقدمة من السلع المصنعة ومصدرا للمواد الأولية، ومن بين المؤشرات[10].

- الأهمية النسبية للإنتاج الصناعي إلى إجمالي الناتج المحلي؛
- الأهمية النسبية للصادرات من السلع الصناعية إلى إجمالي الصادرات؛
- نسبة العمالة في القطاع الصناعي إلى إجمالي العمالة؛

بالإضافة إلى المؤشرات الأساسية للتنمية المستدامة، حاولت الكثير من الدول والمنظمات الدولية وضع مجموعة من المؤشرات الاحصائية، يفترض أنها تعكس جميع أبعاد التنمية المستدامة، وهي ما يسمى بالمؤشرات المركبة والتي يتم حسابها انطلاقا من المؤشرات الأساسية وقد وجهت إليها الكثير من الانتقادات، كما ظهرت مؤشرات أخرى وهي المؤشرات العامة للتنمية المستدامة، ولكن بالرغم من أن هذه المؤشرات تستطيع توضيح كثير من جوانب التنمية المستدامة، إلا أنه لا يوجد لحد الآن مؤشر من بينها يستعمل كمرجع عالمي لقياس تطور التنمية المستدامة.

- **المؤشرات المركبة للتنمية المستدامة:** من أجل الأخذ بعين الاعتبار جميع أبعاد التنمية المستدامة وكتدعيم للمؤشرات الأساسية ظهرت الحاجة إلى استحداث مؤشرات أخرى وهي المؤشرات المركبة والتي يمكن الحصول عليها بجمع بعض المؤشرات الأساسية غير المتجانسة[11]. هذه المؤشرات ظهرت نتيجة الحاجة لتوفر معلومات سهلة وواضحة لأكبر عدد ممكن من البشر من خلال تجميع الكثير من المعلومات في معلومة واحدة والتي تسمح بالمقارنة بين الدول وترتيبها حسب أدائها الاقتصادي، الاجتماعي والبيئي.

ولكن هذه المؤشرات تطرح مشاكل عديدة منها أن عدد المؤشرات الأساسية يكون بالضرورة محدود بالنظر إلى الحقيقة المطروحة والأكثر تعقيدا، اختيار الأوزان ناتج عن تقييم ذاتي (pondération)، والمشكل الأخير المطروح هو ذو طابع تقني والمتمثل في توحيد مجموعة من المؤشرات ذات أبعاد مختلفة.

هناك من يرى أن فكرة الاستدامة تعتمد على مؤشرين الأول بيئي ويسمى بالبصمة البيئية والثاني اجتماعي ويسمى بمؤشر التنمية البشرية.

- **المؤشرات العامة للتنمية المستدامة:** هذه المؤشرات تسمح بحل مشكل عدم تجانس الأبعاد ومشكل التجميع، وانبثقت عن أعمال نوردوس Nordhaus وتوبين Tobin عام 1973 لقياس الرفاهية الاقتصادية، والتي تقوم على مبدأ زيادة أو طرح مقابل نقدي لمجموعة من العوامل من حاصل نقدي كالناتج المحلي الاجمالي لكل فرد، هذه العناصر تساهم في تحقيق الرفاهية الاقتصادية[12].

ومن بين المؤشرات العامة للتنمية المستدامة نذكر[13] : الناتج المحلي الاجمالي الأخضر le PIB vert، الادخار الحقيقي épargne véritable، الادخار الصافي المعدل épargne nette ajustée.

3. المؤشرات البيئية كجزء من مؤشرات التنمية المستدامة:

تعتبر المؤشرات البيئية جزءا لا يتجزأ من مؤشرات التنمية المستدامة وتكتسب أهمية خاصة في كونها تحقق أهداف التنمية المستدامة عن طريق مراقبة الوضع القائم ورصد التغيرات التي تحدث على البيئة والموارد الطبيعية سواء كانت ايجابية أو سلبية، كما أنها تقيس مدى تحقق الهدف.

في الغالب تأتي المؤشرات البيئية كجزء من مؤشرات التنمية المستدامة في معظم المراجع التي تقوم بإعداد المؤشرات البيئية، ويلاحظ وجود ارتباط قوي بين المؤشرات البيئية ومؤشرات التنمية المستدامة الأخرى حيث أن العوامل الأخرى مثل النمو السكاني والصحة وغيرها تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة وتعتبر من ضمن المؤشرات البيئية فعلى سبيل المثال يعتبر مؤشر النمو السكاني أحد المؤشرات القيادية التي تؤدي إلى الضغط على البيئة، والتي تؤدي إلى حدوث تغيرات على البيئة الأمر الذي يؤدي إلى حدوث حالة جديدة للبيئة.

لقد جرى تقسيم المؤشرات إلى مجموعتين رئيسيتين الأولى تعكس الوضع القائم والثانية تمثل جانب الأداء[14]، وفيما يلي ملخص لهاتين المجموعتين:

أ. مؤشرات الوضع القائم:

- **مؤشرات قوى التوجه:** توضح هذه المؤشرات التقدم الاجتماعي و الديموغرافي والاقتصادي في المجتمعات وعلاقة ذلك بتغير نمط الحياة وأنماط الإنتاج والاستهلاك، وتشمل هذه المجموعة عدد كبير من المؤشرات التي تقود التغيرات الرئيسية التي تحدث على البيئة بشكل عام.

- **مؤشرات الضغط:** هي المؤشرات التي توضح الضغط الذي يحدث على البيئة بعناصرها المختلفة نتيجة الانبعاثات الضارة منها الفيزيائية والبيولوجية، إضافة إلى استخدامات الموارد الطبيعية والأرض بحيث تؤدي إلى إحداث أضرار على البيئة والموارد الطبيعية، ومن الأمثلة على هذه المؤشرات مؤشر انبعاث ثاني أكسيد الكربون، واستخدام الصخور والحجارة للبناء ومساحة الأراضي الزراعية التي تستخدم لإنشاء الطرق والأبنية.

- **مؤشرات الحالة:** توضح هذه المجموعة من المؤشرات الحالة الجديدة التي تصبح عليها البيئة والموارد الطبيعية نتيجة حدوث الضغط على عليها.

- **مؤشرات الأثر:** نتيجة وجود ضغط على البيئة فان حالة البيئة تتغير وهذا التغير يؤدي الى حدوث آثار على الوظائف الاجتماعية والاقتصادية في المجتمع الذي يعيش في تلك البيئة مثل مدى توفر الظروف الصحية ومدى توفر الموارد الطبيعية والتي تشمل التنوع الحيوي.

- **مؤشرات الاستجابة:** توضح هذه المجموعة من المؤشرات استجابة الأشخاص في المجتمع والحكومات لحماية وتعويض وتحسين أو التكيف مع التغير الذي يحدث على حالة البيئة، ومن الأمثلة على ذلك عملية التوسع في الغابات وزراعة الأشجار الحرجية والتي تزيد من السعة البيولوجية وتقلل من ضرر الانبعاثات.

ب. مؤشرات الأداء:

وتعنى هذه المؤشرات بقياس المسافة بين حالة البيئة في الوقت الحالي والوضع المستهدف، وتستخدم عادة مؤشرات الأداء بهدف المراقبة وقياس مدى التقدم نحو الهدف ومن هذه المؤشرات[15]:

- السياسات الوطنية للوصول إلى الحالة المستهدفة؛
- السياسات الدولية والتي وافقت عليها الدولة؛
- مستوى الاستدامة المقدر؛

كما توجد مجموعة أخرى من المؤشرات البيئية وهي المؤشرات المركبة وتعني استخدام مجموعة من البيانات الإحصائية بهدف تكوين مؤشر واحد، فمثلا يمكن تحويل جميع ما يستهلكه الإنسان من مختلف السلع إلى كميات ثاني أكسيد كربون منبعثة وذلك باستخدام معاملات تحويل معينة، هذه المؤشرات البيئية المركبة تستخدم الهكتار العالمي كوحدة للقياس (البصمة البيئية و السعة البيولوجية).

المحور الثاني: أساسيات حول البصمة البيئية.

1. ماهية البصمة البيئية والسعة البيولوجية:

أ. تاريخ البصمة البيئية:

لقد كان من نتائج أعمال نادي روما هو ظهور مصطلح البصمة البيئية حيث ظهرت في نفس الوقت الذي انعقدت فيه قمة الأرض بري يو ديجانيرو عام 1992 ونشرت في مقال سمي البصمة البيئية و السعة البيولوجية: ما يخلفه الاقتصاد الحضري

(Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out) من طرف ويليام روس من جامعة كولومبيا الذي قام بتطوير هذا المصطلح مع ماتيس واكرناجل حيث اصدرا كتابا بعنوان البصمة البيئية و تخفيض تأثيراتها البشرية على الأرض و تم ترجمة هذا الكتاب إلى الفرنسية عام 1999[16].

من أبرز المفاهيم التي طورها الفكر الاقتصادي الأوروبي المستدام مؤخرا، مفهوم المساحة البيئية والذي يرتبط إلى حد ما مع مفهوم البصمة البيئية، إلا انه يستخدم في تحديد الحصة العادلة لكل دولة في العالم من الموارد الطبيعية ومدى تجاوزها لهذه الحصة، ويقوم بتحليل معيار العدالة البيئية في ذلك، وهذا ما أدى أيضا إلى تطور مفهوم الديون البيئية[17]. ومن ابرز المحاولات في هذا الصدد ما قام به الباحثون الألمان في معهد فوبرتال للبيئة والمناخ في الدراسة الشهيرة " تخضير الشمال" والتي قدم فيها المعهد خلاصة لنتائج أبحاثه في كيفية انتقال المجتمعات الأوروبية إلى الاستدامة، وطور من خلال الدراسة مفهوم المساحة البيئية. وينطلق المفهوم من حقيقة أن معظم السياسات البيئية في العالم قد ركزت في عملها على تقليل انبعاث الملوثات من الأنشطة الاقتصادية وحققت نجاحا ملحوظا خاصة في أوروبا الغربية. وتركز الدراسة الألمانية على دورة حياة السلعة الإنتاجية من كونها مادة خام ومن ثم مرورها بعمليات الإنتاج وأخيرا انبعاث المخلفات إلى البيئة. أما المساحة البيئية نفسها فتشير إلى المساحة من الأرض التي يمكن استغلالها بدون إحداث ضرر نهائي لا يمكن تصليحه في عناصرها الأساسية.

وتؤكد الدراسة أن الدول الصناعية قد تجاوزت بكثير المساحات البيئية المحددة لها طبيعيا بينما لا تزال الدول النامية غير قادرة على الوصول إلى استغلال المساحة البيئية التي تستحقها، وهذا ما يؤكد عدم وجود عدالة بيئية في استثمار الموارد الطبيعية.

ب. مفهوم البصمة البيئية:

إن البصمة البيئية تشمل وتلخص مجمل مساحات الأراضي والمياه التي خصصتها كل دولة لإنتاج جميع الموارد التي تستهلكها ولاستيعاب جميع النفايات التي تنتجها. وتنقسم هذه المساحات التي تدخل في عملية حساب البصمة البيئية إلى ستة أنواع من المناطق المنتجة بيئيا: الأراضي الصالحة للزراعة والمراعي والغابات والمحيطات/البحار، الأراضي المغطاة بالمباني المختلفة والطرق والأراضي اللازمة لنمو النباتات القادرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون الناتج من حرق الوقود الاحفوري[18].

يعرف ويليام روس البصمة البيئية بأنها المساحة من الأرض المنتجة والنظم الايكولوجية المائية اللازمة لإنتاج المواد المستهلكة و استيعاب النفايات التي ينتجها مجتمع محدد عند مستوى معين من الحياة على كوكب الأرض.

أما منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية OCDE فتعرفها بأنها تقدير للمساحة المنتجة بيئيا واللازمة لتلبية احتياجات دولة معينة بحجم معلوم[19].

ويعد معيار البصمة الايكولوجية مفيداً في الآتي[20]:

- تقييم الموارد البيئية؛
- مراقبة و إدارة الموارد البيئية؛
- معرفة المخاطر المرتبطة بالعجز في الموارد البيئية؛
- وضع السياسات المحافظة على المصادر البيئية؛
- قياس مدى التقدم نحو أهداف المحافظة على المصادر البيئية؛

أما السعة البيولوجية (المساحة البيئية) فتعرف بأنها قدرة النظام الحيوي على إنتاج مواد بيولوجية نافعة واستيعاب النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية في الوقت الراهن، وتشمل السعة البيولوجية خمسة مكونات وهي: أراضي المحاصيل الزراعية، المراعي، صيد الأسماك، الغابات، المباني.

2. تقدير البصمة البيئية:

يتم تقدير البصمة البيئية كما يلي[21]:

أ - تحويل الكميات المستهلكة إلى هكتارات عالمية، فمثلا لحساب الهكتارات العالمية نتيجة استهلاك الطحين في دولة معينة يجري أولا حساب كمية القمح اللازمة لإنتاج الطحين اللازم لاستهلاك الدولة ثم يجري حساب مساحة الأرض الزراعية اللازمة لإنتاج القمح بالهكتار ثم يجري تحويل الهكتار إلى الهكتار العالمي وذلك بضربه بمعامل تحويل معين.

ب - كما يجري حساب المساحات المطلوبة لاستيعاب التلوث الناتج عن استخدام المنتجات الصناعية المستوردة من الدول الأخرى، فمثلا يجري حساب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتج عن صناعة السيارات المستوردة بحيث تحسب تلك الملوثات من ضمن الملوثات التي تنتجها الدولة المستوردة، الأمر الذي يزيد من إنتاج ملوثات الدولة المستوردة ويقلل كمية الملوثات للدول المصدرة.

لقد أظهرت تحاليل البصمة البيئية على المستوى العالمي أن النمط الاستهلاكي للمجتمع الإنساني أدى إلى خلق ضغط عال لما هو متاح من موارد طبيعية حيث أن استهلاك الموارد الطبيعية يزيد عن قدرة الطبيعة على تجديد ما يستهلك من تلك الموارد.

إن الحالة المثلى تستوجب أن تكون السعة البيولوجية مساوية للبصمة البيئية وذلك للمحافظة على التوازن، عندما تتجاوز البصمة البيئية السعة البيولوجية المتاحة يعتبر هناك عجز في الموارد الطبيعية لهذه الدولة.

ويناقش التقرير الذي يتناول البصمة البيئية بعضا من المقترحات لعلاج هذا الخلل ومنها إمكانية أن تستورد الدولة من الدول التي لديها فائض في السعة البيولوجية لتغطية العجز أو استخدام تقنيات ترشد من استهلاك الموارد.

يمكن تلخيص كيفية حساب البصمة البيئية فيما يلي[22]:

البصمة البيئية – السعة البيولوجية = العجز البيئي.

حيث أن: السعة البيولوجية = المساحة × الطاقة الإنتاجية البيولوجية.

البصمة البيئية = عدد الأفراد × الاستهلاك لكل فرد × كثافة الموارد و النفايات.

يبين تقرير نشرته شبكة البصمة الايكولوجية في عام2009 بناء على بيانات عام 2006 أن متوسط البصمة الايكولوجية العالمية هو 2.6 هكتار لكل فرد (الهكتار يساوي 10 آلاف متر مربع) وهو ما يعني فعلياً أن سكان الكوكب من البشر البالغ عددهم حوالي سبعة مليارات نسمة وبنمط عيشهم الحالي يحملون الكوكب تكاليف معيشة 17.1 مليار نسمة، علماً بأن الطاقة الاستيعابية للأرض وفق المعطيات الحالية هي 1.8 هكتار للفرد أي انه بحد أقصى يستطيع تحمل 11.9 مليار نسمة[23].

ووفقا لما جاء في تقرير الكوكب الحي لعام 2008 والمبني على بيانات عام 2005 فإن البصمة البيئية لدولة الإمارات بلغت 9.5 هكتار عالمي للفرد الواحد أي أن الفرد المقيم في الإمارات يستهلك ما يوازي إنتاج 9.5 هكتار عالمي، وقد سجلت الإمارات أعلى رقم على مستوى العالم تلتها الولايات المتحدة الأمريكية ويعتبر هذا الرقم كبير جدا حيث كان الأعلى على مستوى العالم ويعادل حوالي سبعة أضعاف المعدل العالمي والبالغ 2.7 هكتار عالمي وكانت مصادره كما يلي:

- كان الكربون يمثل الأكثر مساهمة في البصمة البيئية وبلغ 7.82 هكتارا عالميا للفرد الواحد (يشكل ما نسبته % 82.3 من مجمل البصمة البيئية)؛

- الأراضي الزراعية حيث بلغت 1.03 هكتارا عالميا للفرد(يشكل ما نسبته 10.8 % من مجمل البصمة البيئية)؛

- المراعي حيث بلغت 0.08 هكتارا عالميا للفرد؛

- الغابات حيث بلغت 0.13 هكتارا عالميا للفرد؛

- صيد الأسماك حيث بلغت 0.07 هكتارا عالميا للفرد؛

- بلغت الأراضي المستخدمة للأبنية بما فيها البنى التحتية ما يعادل 0.06 هكتارا عالميا للفرد (يشكل مانسبته 0.6% من مجمل البصمة البيئية)؛

المحور الثالث: البصمة البيئية الخاصة بالطاقة

1. الطاقة والبيئة على المستوى العالمي:

أ. مستويات الطاقة في العالم:

تعد الطاقة عصب الحياة الحديثة و المحرك الرئيسي للتقدم الاقتصادي، و تلعب دورا كبيرا بالغ الأهمية بالنسبة للبشرية، فقد اعتمدت الحياة الحديثة على الطاقة بمواردها المختلفة لتحويل الموارد الاقتصادية من شكلها الأولي إلى أشكال أخرى متعددة قادرة على إشباع الرغبات والحاجات المتنوعة، كما أنها تعد عاملا مهما في تحقيق الرفاهية الاقتصادية و الاجتماعية للإنسان.

ويمكن تقسيم موارد الطاقة طبقا لمعايير عدة، فمن ناحية درجة استخدامها تنقسم إلى مجموعتين[24]:

- **مصادر طاقة أساسية:** وهي مصادر الطاقة التقليدية التي يعتمد عليها بصورة أساسية مثل البترول والفحم والغاز الطبيعي وتساهم هذه الأخيرة في استهلاك العالم الحالي من الطاقة.

- **مصادر طاقة بديلة:** وهي مصادر الطاقة الحديثة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر...الخ، ومن المنتظر أن تلعب هذه المصادر دورا كبيرا في توفير الطاقة للعالم في المستقبل وذلك لتوافرها وعدم خطورتها على البيئة.

كما يمكن تقسيم موارد الطاقة من ناحية قدرتها على التجدد إلى مصادر طاقة متجددة وأخرى غير متجددة أو ناضبة.

لقد تسارعت عملية استهلاك الطاقة على هذا الكوكب بشكل غير متوازن، فقد استهلكت البشرية في تاريخها ما يعادل 900 إلى 950 ألف تيرا واط ساعة (تيرا واط ساعة = 10^{12} واط ساعة) من أنواع مصادر الطاقة، وكان ثلثي هذه الطاقة قد استهلك في ثلاثين سنة من 1950 إلى غاية 1980 [25].

لقد خطا الإنسان الخطوات الأولى في إنتاج واستخدام الطاقة من خلال اكتشاف النار و ذلك قبل حوالي نصف مليون سنة، ليأتي بعد ذلك عهد الوقود الاحفوري الذي يسهم بأكثر من 3 أرباع (83 %) الطاقة المنتجة في العالم الآن وأهم مصادر الطاقة غير المتجددة هي[26]:

- **الفحم:** ظهر خلال النصف الثاني من القرن 19 ورغم ما أستهلك منه منذ ذلك الحين وحتى القرن 20 فهو يعد أكثر أنواع الوقود وفرة وأقلها تعرضا للاستنزاف حيث يكفي لمدة 4 قرون قادمة، وترجع وفرته إلى التحول في مصادر الطاقة لصالح البترول بعد اكتشافه، ويساهم الفحم بنسبة 27 % من إنتاج الطاقة في العالم والجانب الأكبر منه يستخدم في البلد الذي يستخرج فيه بسبب ارتفاع تكلفة نقله وأكثر الدول المعتمدة عليه هي الهند والصين .

- **البترول:** هو أهم المصادر على الإطلاق حيث يشكل 37 % من إنتاج العالم من الطاقة، ويتوقع أن ينفذ خلال 100 عام على الأكثر ما لم يتجه استهلاكه إلى الثبات أو النقصان، أما احتياطات البترول التي يمكن استخراجها بتكاليف معتدلة ستنفذ في بضع عشرات من السنين، تتنوع مشتقاته تبعا لتنوع نطاقات استخدامه، حيث يستخدم في توليد الكهرباء والنقل بأنواعه البري والبحري و الجوي ويستعمل للأغراض المنزلية...إلخ.

- **الغاز الطبيعي:** هو ثاني أهم مصدر بعد البترول يساهم بنحو 23 % من إجمالي الطاقة، اتسع نطاق استخدامه بتطور تقنية تسييله وتخزينه، حيث يسيل على مرحلتين في الأولى يبرد إلى 34° تحت الصفر وهنا يتم فصل البوتاجاز والثاني يبرد إلى 163° تحت الصفر ليصبح سائلا وينقل بالناقلات الثلاجة.

- **الطاقة النووية:** هي طاقة جبارة تستخدم حاليا في توليد الكهرباء و في تحلية مياه البحر و لكن استخدامها يلقى معارضة شديدة من طرف المجتمع الدولي للتخوف من تحول استخدامها لإنتاج الأسلحة النووية، كما تواجه معارضة أكبر من مناصري البيئة لما تسببه من تلوث إشعاعي، وزيادة على ذلك فهي مكلفة جدا في إنشاء مفاعلاتها وتوفير احتياطات الأمان لها، والتوسع في استخدامها يستنزف عنصر اليورانيوم يعرضه للنفاذ خلال فترة قصيرة نسبيا.

ب. الطاقة وظاهرة الاحتباس الحراري:

يعتبر التلوث نوعا من أنواع الإخلال بالتوازن الطبيعي للأنظمة البيئية أو الغطاء الحيوي بأكمله. ولم يعد الاهتمام بالتلوث في الوقت الحاضر منحصرا على التلوث المحلي للدول بل صار يعم كل أنواع التلوث العابر للحدود والقارات (التلوث العالمي للغطاء الجوي).

إن المشكلة الأكثر مثارا للجدل هي ظاهرة التسخين الحراري لجو الأرض، وسبب حدوث هذه الظاهرة ينسب إلى تراكم الغازات الممتصة للأشعة تحت الحمراء أو الأشعة الحرارية في الجو. هذه الغازات هي غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، غاز الميثان CH_4، غازات الكلوروفلوروكربون CFC، وغاز ثاني أكسيد النيتروجينNO_2.

إن نسب مساهمة هذه الغازات في ظاهرة الاحتباس الحراري هي كما يلي[27] :

- غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) 50%؛
- غاز الميثان (CH_4) 20%؛
- غازات الكلوروفلوروكربون (CFC) 15%؛
- غاز ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) 5 %؛
- بخار الماء وغازات أخرى 10%؛

لقد ازدادت نسبة هذه الغازات في الجو بشكل كبير خلال العقود الثلاثة الماضية حيث تنتج بصورة رئيسية من العمليات الصناعية والإنتاجية المختلفة.

تقدر نسبة انبعاثات هذه الغازات الناتجة عن استهلاك الطاقة بحوالي 78% من خلال النقل (26.75%)، النشاط الصناعي (19.9%)، معدات التدفئة والتبريد (18.4%)، أما انتاج الطاقة فيساهم بنسبة 12.95%، أما النسبة المتبقية فهي ناتجة عن النشاط الزراعي (19.4%) ومعالجة النفايات (2.6%)[28].

تزايد الاهتمام بالآثار البيئية للطاقة منذ أوائل التسعينيات وبالأخص قضايا انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون و غازات الدفيئة. و تم تطبيق نظام الأمم المتحدة لاتفاقية تغير المناخ سنة 1992 كرد فعل لقضايا ارتفاع تركيزات الغازات الدفيئة في الهواء وأثرها السلبي على المناخ والأنظمة الحيوية[29].

يقذف إلى الجو سنويا ما مقداره سبعة بلايين طن من الكربون نتيجة حرق الوقود الاحفوري مثل الفحم والنفط والغاز، و اكبر كمية من CO_2 تنتج من الفحم يليها النفط ثم الغاز[30]. والجدول رقم 1 يوضح نسبة غاز CO_2 المنبعثة حسب نوع الوقود.

خلال العقود السابقة كان النفط الأكثر اصدارا لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذلك أن المعروض منه كان أكبر من بقية أنواع الوقود الأحفوري الأخرى، ولكن خلال العقد الأخير أصبح الفحم أكبر متسبب لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذلك أن محتواه من الكربون أكبر إذ وصلت نسبة انبعاثاته عام 2012 إلى حوالي 44% أما النفط فقط مثل 35.31% من الانبعاثات في حين مثل الغاز الطبيعي نسبة 20.29%، حيث يعتبر الغاز الطبيعي أنظف أنواع الوقود الأحفوري.

وعموما فمنذ بداية الثورة الصناعية زاد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو بنسبة 30%، و زاد إلى الضعف تركيز غاز الميثان، كما زاد تركيز أكسيد النتروجين بحوالي 15%.

2. بصمة الكربون:

إن تغير المناخ هو واحد من أكبر التحديات التي تواجه البشرية، وهو من أهم الدلائل على تجاوز طلب البشرية على موارد الطبيعة قدرة الأرض على تجديدها. والواقع أن البصمة الكربونية تمثل نصف البصمة البيئية على المستوى العالمي، ولذا فانه من الضروري العمل على تخفيض البصمة الكربونية من أجل علاج هذا التجاوز للسعة البيولوجية.

إن مصطلح "البصمة الكربونية" يستخدم كاختصار لكمية الكربون (عادة بالطن) المنبعثة من أي نشاط أو تنظيم. إن التوليفة انبعاثات الكربون للبصمة البيئية يتجاوز هذا التعريف عن طريق ترجمة هذه الكمية من ثاني أكسيد الكربون بالمساحات المطلوبة من الغابات لامتصاص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون[31].

ترتبط البصمة البيئية باستخدام الوقود الأحفوري، وأيضا الوقود الحيوي، وخاصة الايثانول، الذي يمتاز ببصمة بيئية كبيرة، إما بشكل مباشر (إزالة الغابات في البرازيل، تغير نمط الإنتاج الغذائي في بلدان الأخرى) أو غير مباشر (ارتفاع استهلاك المنتجات النفطية لإنتاج الايثانول في الدول المنتجة).

ويعتقد البعض أن الطاقة النووية لديها أيضا بصمة بيئية لا يستهان بها، نتيجة خصائص معينة لهذا القطاع: النفايات المشعة، التخلص من المحطات النووية والنفايات في نهاية دورة الحياة وإعادة

المعالجة للنفايات، ومخاطر انتشار الأسلحة النووية. في تقرير الصندوق العالمي للطبيعة في عام 2006 تم تقدير بصمة الكهرباء الناتجة من الطاقة النووية وكانت مساوية لبصمة الكهرباء التي يولدها الوقود الأحفوري[32].

والشكل رقم 1 يوضح لنا تطور البصمة البيئية وبصمة الكربون وكذا السعة البيولوجية خلال الفترة 1961-2005.

إن المحاسبة الكربونية عامة وميزانية الكربون على وجه الخصوص يتم تمييزها عن البصمة البيئية من خلال الوحدة المستعملة ففي ميزانية الكربون يتم استعمال الطن المكافئ للكربون أو لثاني أكسيد الكربون على عكس البصمة البيئية التي تستعمل الهكتار العالمي وذلك لان ميزانية الكربون لا تخص إلا غازات الدفيئة وتستبعد التأثيرات البيئية الأخرى التي تهتم بها البصمة البيئية. هذه الميزانية يمكن أن تكون الأساس لفرض ضريبة الكربون[33].

وفي النهاية ، فإن البصمة البيئية ومؤشرات ميزانية الكربون تنبع من نهج مماثل[34]:

- انبعاثات CO_2 هي من العناصر الأساسية في البصمة البيئية؛
- البصمة الكربونية هي المساحة اللازمة لامتصاص انبعاثات CO_2؛
- ميزانية الكربون يمكن أن تكون كتأكيد للبيانات بالنسبة للبصمة البيئية؛
- يمكن للبصمة البيئية إكمال حقل ميزانية الكربون من خلال دمج مفهوم الأرض والسماح بالمقارنة مع السعة البيولوجية.

ومجمل القول فان البصمة الكربونية هي مؤشر يتم من خلاله التعبير عن كمية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري والذي يشمل (البترول ومشتقاته والغاز الطبيعي والفحم الحجري) المستخدمة في إنتاج الطاقة الكهربائية ووسائل النقل المختلفة والنشاطات الصناعية...إلخ. ويتم استخدام البصمة الكربونية على عدة مستويات، حيث تستخدم للتعبير عن معدلات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون على مستوى نشاط كل من (الفرد والمؤسسات والدول) أو حتى على مستوى عملية إنتاج أو تصنيع منتج معين، وغالبا ما يعبر عنها بوحدة الطن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في السنة.

3. سبل الحد من البصمة الكربونية:

يجب الحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وبالتالي تقليل بصمتنا الكربونية، وذلك بالانتباه ومراقبة كافة نشاطاتنا اليومية من نشاطات صناعية أو زراعية وكذا الطرق والعادات المؤدية

إلى ذلك ومن أهم أساليب وطرق خفض البصمة الكربونية البحث عن مصادر للطاقة المتجددة النظيفة واستغلالها بديلا عن الوقود الأحفوري والتقليل من كافة أنواع النفايات وخاصة الغازية منها، ومراقبة كافة النفايات الصادرة عن النشاطات الصناعية وإلزام المصانع بمعالجة نفاياتها.

كما يمكن مراقبة النشاطات الزراعية وإلزامها بالتحول إلى زراعات عضوية صديقة للبيئة، واستغلال وتطوير وسائل النقل الجماعي للتخفيف من استخدام وسائل النقل الفردية التي تطلق ملايين اللترات من الغازات الضارة يوميا والترشيد في استهلاك الكهرباء والماء واستخدامهما بشكل أكثر فعالية وإعادة تدوير المواد القابلة للتدوير واستخدامها في عمليات الإنتاج من جديد.

كما يجب اعتماد واستخدام الآلات و الأجهزة والمعدات والمشاريع ذات الكفاءة العالية والصديقة للبيئة والتوسع في زراعة الأشجار والغابات وإعادة استزراع الغطاء النباتي الطبيعي و اعتماد الأبنية الخضراء في عمليات البناء.

أ. بدائل الطاقة الاحفورية:

لقد كان أساس البحث عن بديل للطاقة الاحفورية في السبعينيات هو أزمة الوقود الاحفوري وغلاء أسعاره ومحاولة الدول المتقدمة تجنب التبعية لوقود الشرق الأوسط.

أما عن البحث عن بديل للطاقة في القرن الواحد والعشرين فإنه لا يرتبط فقط بشحة الوقود الأحفوري وقرب نفاذه وإنما كذلك بالآثار السلبية على البيئة من أمطار حمضية وسخونة الأرض، حيث غدا التنوع في مدخلات الطاقة أمرا ضروريا وملحا للحفاظ على التوازن البيئي أولا وللحفاظ على المخزون من الوقود الاحفوري المهدد بالفناء ومحاولة استدامة الانتفاع به مع العلم بأن مكانته ستبقى في الصدارة مكونة الجزء الأكبر من مصادر الطاقة.

ومن ثم فإن الإستراتيجية العالمية لإنتاج طاقة نظيفة يجب أن تتضمن البحث عن مصادر جديدة للطاقة تكون غير عالية التكاليف ولا تحدث تلوثا يذكر بالبيئة المحيطة بها. وتشمل المصادر الجديدة للطاقة طائفة متنوعة من التكنولوجيات الحديثة مثل: استخدام الطاقة الشمسية في التسخين، استخدام الخلايا الفوتوفلطية في إنتاج الكهرباء، استخدام طاقة الرياح، الطاقة المائية، طاقة الكتلة الحيوية...الخ.

ب. الاتفاقيات الدولية للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:

- المؤتمر العالمي للبيئة والتنمية (قمة الأرض) 1992: انعقد مؤتمر قمة الأرض من 3 إلى 14 جويلية 1992 بمدينة ريو ديجانيرو البرازيلية ويعد هذا المؤتمر من أكبر المؤتمرات المتعلقة

بالبيئة حيث جمع ما لا يقل عن 108 رئيس دولة وحكومة وعشرات الآلاف من المهتمين بالبيئة، وقد تطرقت القمة لعدد من الإشكاليات المتعلقة بالبيئة منها ما يلي : - حماية الغلاف الجوي، التغيرات المناخية، ارتفاع درجة حرارة الأرض، تآكل طبقة الأوزون.

وكان من أهم نتائج هذا المؤتمر أنه تبنى وثيقتين مهمتين الأولى سميت بأجندة القرن الواحد والعشرين، وهي مجموعة متناسقة من خطط عمل ذات أولويات تفضي في مجملها إلى ضمان تحقيق تنمية مستدامة طيلة القرن الواحد والعشرين من خلال أساليب مبتكرة وأهداف محدثة للتخطيط الاقتصادي والتعامل مع الموارد الطبيعية استهلاكا وإثراء. أما الوثيقة الثانية فسميت بمعاهدة المناخ، إذ تدعو هذه الوثيقة الدول الموقعة عليها إلى وضع سياسات تهدف إلى تثبيت غازات الاحتباس الحراري خاصة ثاني أكسيد الكربون على معدل سنة 1990 بحلول عام 2000.

- **بروتوكول كيوتو:** أما بروتوكول كيوتو الخاص بهذه الاتفاقية فقد تم التصديق عليه في 11ديسمبر 1997 وهو يشتمل على بعض الالتزامات الصارمة الخاصة بالانبعاثات في الدول المتقدمة، والرامية إلى تخفيض مستوى انبعاث أهم ست غازات للدفيئة بنسبة 8% إلى 10% بين 2008 و 2012 [35].

- **قمة كوبنهاجن:** لعب مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ الذي استضافته العاصمة الدنماركية كوبنهاجن دورا مهما وملموسا في لفت أنظار العالم إلى خطورة التحديات التي يتعرض لها كوكب الأرض، حيث كان لافتا للنظر حجم التغطية الإعلامية التي حظي بها المؤتمر أثناء انعقاده في الفترة من 7 إلى 18 ديسمبر 2009، فلم يسبق لقضية المناخ أن حظيت بكل هذا الاهتمام.

تسبب هذا الاهتمام الكبير في سيطرة مشاعر القلق والخوف من فشل قمة كوبنهاجن التي شاركت فيها وفود 193 دولة من دول العالم، حيث تم الترويج للمؤتمر على أنه الفرصة الأخيرة لإنقاذ كوكب الأرض. ثم جاءت نتيجة القمة وبيانها الختامي، ليزيدا من الجدل الذي سبق انعقادها فقد كان هناك انقسام في المجتمع الدولي وتفاوت في الآراء، ومن المؤكد أن العالم لن ينسى قمة كوبنهاجن فقد رفعت وعيه إلى الحد الذي يجعل بالمقدور ملاحظة أن مواجهة تغير المناخ يجب أن تبدأ بتغيير العقول وبوضع حد لانقسام العالم وأن العالم يحتاج إلى حوار حقيقي يحسن أجواء التعايش قبل أن يحسن أجواء الأرض.

- **ما بعد كوبنهاجن:** منذ فترة الالتزام الأولى لبروتوكول كيوتو التي من المقرر أن تنتهي بحلول نهاية عام 2012، تم إطلاق المفاوضات من أجل نظام لمناخ ما بعد 2012 في إطار خطة عمل بالي في 2007 بغية التوصل إلى "نتيجة متفق عليها" في مؤتمر الدول الأعضاء الخامس عشر في كوبنهاغن في 2009.

ثم عقد مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي (مؤتمر الدول الأعضاء السادس عشر) في الفترة الواقعة من 29 نوفمبر إلى 11 ديسمبر 2010 في كانكون-المكسيك. حيث وافقت الدول على اتفاق تسوية غطى تساؤلات رئيسية مثل كيفية تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. واختتم مؤتمر كانكون مع اعتماد مجموعة متوازنة من القرارات التي باتت تعرف باسم "اتفاقات كانكون" التي من المتوقع أن تحرك آلية العمل الدولية نحو الأمام بشأن تغير المناخ. ولكن أرجأ قادة العالم الإجابة عن بعض الأسئلة الصعبة إلى مؤتمر الأطراف القادم في جنوب إفريقيا نهاية عام 2011.

ومع ذلك لم تحل مسألة الشكل القانوني للاتفاق في كانكون. وقد تم تمديد مدة الفريق العامل المخصص للعمل التعاوني الطويل الأجل لمدة عام وينبغي الاستمرار في مناقشة "الخيارات القانونية وذلك بهدف استكمال النتيجة المتفق عليها". وهذا يعني أن الأطراف لا تزال بحاجة إلى أن تقرر ما إذا كان بوسعها تبني اتفاق ملزم قانونيا يكمل بروتوكول كيوتو، على أن يكون اتفاق ملزم قانونا شاملا لجميع الدول التي من شأنها أن تحل محل بروتوكول كيوتو أو خيار آخر حيث يتعاون الطرفان من خلال مقررات مؤتمر الأطراف بدلا من معاهدة جديدة.

أما في ديربان- جنوب إفريقيا خلال مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي (مؤتمر الدول الأعضاء السابع عشر) في الفترة من 28 نوفمبر إلى 9 ديسمبر 2011. فلا يلوح في الأفق تمديد العمل ببروتوكول كيوتو إذا لم يحصل الاتحاد الأوروبي على تعهدات من الولايات المتحدة والصين. كما يمكن أن تخيب الآمال في وضع التفاصيل النهائية لإنشاء صندوق المناخ الأخضر بقيمة 100 مليار دولار.

الخاتمة:

إن من أهم المشاكل البيئية التي تواجهها البشرية في الوقت الراهن هو ظاهرة تغير المناخ وهي مرتبطة ارتباطا وثيقا باستعمال الإنسان للطاقة، لذلك وجب على المجتمعات البشرية أن تتحرك من أجل إيجاد حل لهذه المعضلة فعقد الكثير من الاتفاقيات الدولية وأوجد الكثير من الوسائل

لحماية البيئة و في كل ذلك كان يسعى إلى تحقيق التنمية المستدامة، ولكن إدارة التنمية المستدامة تحتاج إلى الأدوات والطرق لحساب الطلب على الموارد البيئية وكذلك لحساب قدرة هذه الموارد على الاستمرارية.

تعتبر المؤشرات البيئية جزءا لا يتجزأ من مؤشرات التنمية المستدامة وتكتسب أهمية خاصة في كونها تحقق أهداف التنمية المستدامة عن طريق مراقبة الوضع القائم ورصد التغيرات التي تحدث على البيئة والموارد الطبيعية سواء كانت ايجابية أو سلبية، كما أنها تقيس مدى تحقق الهدف.

ومن بين أهم المؤشرات البيئية التي اهتدى لها الإنسان البصمة البيئية والسعة البيولوجية و بصمة الكربون التي ترتبط بشكل أساسي بغازات الدفيئة، هذه البصمة تمثل نصف البصمة البيئية على المستوى العالمي وهو من أهم الدلائل على تجاوز طلب البشرية على موارد الطبيعة قدرة الأرض على تجديدها. ولذا فانه من الضروري العمل على تخفيض البصمة الكربونية من أجل علاج هذا التجاوز للسعة البيولوجية.

ومن خلال هذه الدراسة أمكن لنا استخلاص مجموعة من النتائج نوجزها فيما يلي:

- تعتبر المؤشرات البيئية جزءا لا يتجزأ من مؤشرات التنمية المستدامة وتكتسب أهمية خاصة في كونها تحقق أهداف التنمية المستدامة عن طريق مراقبة الوضع القائم ورصد التغيرات التي تحدث على البيئة والموارد الطبيعية سواء كانت ايجابية أو سلبية، كما أنها تقيس مدى تحقق الهدف.
- تقسم المؤشرات إلى مجموعتين رئيسيتين الأولى تعكس الوضع القائم والثانية تمثل جانب الأداء،كما توجد مجموعة أخرى من المؤشرات البيئية و هي المؤشرات المركبة (البصمة البيئية و السعة البيولوجية).
- بلغ متوسط البصمة الايكولوجية العالمية هو 2.6 هكتار للفرد بالرغم من أن الطاقة الاستيعابية للأرض وفق المعطيات الحالية هي 1.8 هكتار للفرد.
- تعتبر الإمارات العربية المتحدة صاحبة اكبر بصمة بيئية على المستوى العالمي تليها الولايات المتحدة الأمريكية.
- تعد الطاقة عصب الحياة الحديثة والمحرك الرئيسي للتقدم الاقتصادي، إلا أنها تعد المتسبب الرئيسي في ظاهرة تغير المناخ.

- إن مصطلح "البصمة الكربونية" يستخدم كاختصار لكمية الكربون (عادة بالطن) المنبعثة من أي نشاط أو تنظيم.
- إن البصمة الكربونية تمثل نصف البصمة البيئية على المستوى العالمي.
- يجب الحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وبالتالي تقليل بصمتنا الكربونية، وذلك بالانتباه ومراقبة كافة نشاطاتنا اليومية من نشاطات صناعية أو زراعية وكذا الطرق والعادات المؤدية إلى ذلك ومن أهم أساليب وطرق خفض البصمة الكربونية البحث عن مصادر للطاقة المتجددة النظيفة واستغلالها بديلا عن الوقود الأحفوري والتقليل من كافة أنواع النفايات وخاصة الغازية منها، ومراقبة كافة النفايات الصادرة عن النشاطات الصناعية وإلزام المصانع بمعالجة نفاياتها...الخ.

ومن خلال ما سبق يمكن تقديم جملة من التوصيات نوجزها فيما يلي:

- ضرورة تكثيف الجهود في مجال مكافحة تغير المناخ العالمي وتحقيق التنمية المستدامة في قطاع الطاقة من خلال التخفيف من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون خاصة أي تخفيض بصمة الكربون وذلك بالعمل على تحقيق جملة من النقاط منها:
  - العمل على تحسين كفاءة الطاقة في جميع القطاعات من أجل التخفيض من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ومن ثم بصمة الكربون؛
  - العمل على ايجاد المزيج الطاقوي الأمثل الذي يخفض من هذه الانبعاثات؛
  - العمل على تطوير التكنولوجيا النظيفة في قطاع الطاقة ومن أهمها تقنية احتجاز الكربون وتخزينه؛
- التقدير المستمر للبصمة البيئية وبصمة الكربون من طرف الدول وفرض غرامات وضرائب وتطبيق قوانين صارمة في حال تجاوز المستويات المحددة والمقبولة بيئيا.
- تكثيف حملات التوعية للافراد و المؤسسات من أجل تغيير نمط استهلاكهم للطاقة بما يعزز التخفيض من بصمة الكربون والبصمة البيئية.

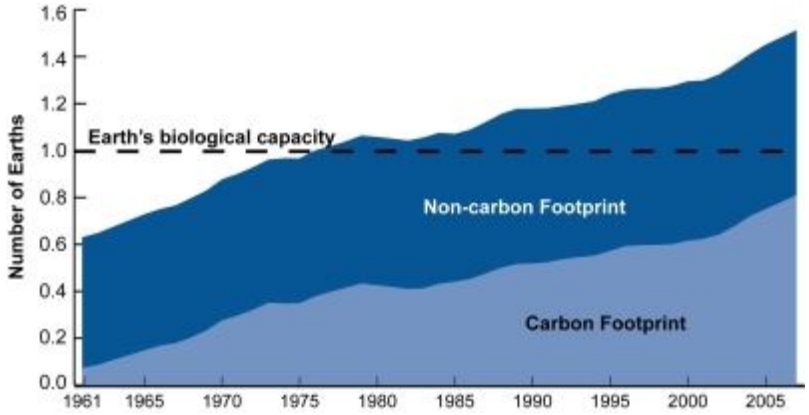
ملحق الجداول والأشكال البيانية:

جدول رقم 1: نسبة ثاني أكسيد الكربون المنبعثة حسب نوع الوقود (%)

2012	2011	2000	1990	1980	1971	نوع الوقود
35.31	35.32	41.67	42	48.27	48.47	النفط
43.88	43.94	38.21	39.66	36.37	36.90	الفحم
20.29	20.21	19.7	18.13	1532	14.62	الغاز الطبيعي

Source: International energy agency, **Co_2 emission from fuel combustion**, Paris, France, 2013, p.p53-56-60.

الشكل رقم 1: تطور البصمة البيئية و بصمة الكربون (1961-2005)



Source: empreinte carbone, op-cit.

الإحالات والمراجع:

[1] علي عدلي أبو طاحون، **إدارة وتنمية الموارد البشرية والطبيعية**، بدون دار النشر، الإسكندرية، مصر، 2003، ص15.

[2] محمد السعيد صابرين، رشيد الحمد، **البيئة ومشكلاتها**، المجلس الوطني للثقافة والفنون و الآداب، الكويت، 1984، ص 28.

[3] حمد بن محمد آل الشيخ، **اقتصاديات الموارد الطبيعية والبيئة**، ط1، مكتبة العبيكان للنشر و التوزيع، الرياض، 2007، ص 51.

[4] ف.دوجلاس موسشيت، **مبادئ التنمية المستدامة**، ترجمة بهاء شاهين ط1، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية، القاهرة، مصر، 2000، ص 17.

[5] أسامة الخولي، مفهوم التنمية المستدامة، مقال من مجلة، **البيئة والتنمية (أوراق غير دورية)**، مركز دراسات واستشارات الإدارة العامة، القاهرة،مصر، عدد 9، نوفمبر1999، ص44.

[6] نعيم محمد علي الأنصاري، **التلوث البيئي مخاطر عصرية و استجابة علمية**، ط1، دار دجلة، الأردن، 2009، ص 250.

[7] Francis LEFEBVRE, **développement durable aspect stratégique et opérationnels**, édition Francis Lefebvre, Paris, France, 2010, p 45.

[*] أي أنها لا تتجاوز الحدود البيئية أو قدرة احتمال الأنظمة البيئية.

[8] Olide BOVAR et *al*, **Dossier- les indicateurs de développement durable**, l'économie Française, édition 2008, p 52, vue le 19/01/2014, http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ref/ecofra08c.pdf

[9] الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية لإفريقيا، المركز الإنمائي لشمال إفريقيا، **الاجتماع 16 للجنة الخبراء الحكومية الدولية**، طنجة، المغرب،13-16 مارس 2001، ص 287، نقلا عن: بورديمة سعيدة، طبايبية سليمة، **التنمية المستدامة ومؤشرات قياسها**، الملتقى الوطني الأول حول آفاق التنمية المستدامة في الجزائر ومتطلبات التأهيل البيئي للمؤسسة الاقتصادية، جامعة 08 ماي 1945، قالمة، ماي 2010، ص.ص 12-13.

[10] محمد عبد العزيز عجمية، عبد الرحمن يسري أحمد، التنمية الاقتصادية والاجتماعية ومشكلاتها، الدار الجامعية، الإسكندرية-مصر 1999، ص 74، نقلا عن: عمر شريف، **استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة (دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر)**، أطروحة دكتوراه الدولة في العلوم الاقتصادية، جامعة باتنة، الجزائر، 2006- 2007، ص 118.

[11] Olide BOVAR et *al*, op cit, p.p 61-66

[12] Ibid, p66.

[13] Francis LEFEBVRE, op cit, p.p 46-47.

[14] خميس عبد الرحمان رداد، **المؤشرات البيئية كجزء من مؤشرات التنمية المستدامة**، ليبيا، نوفمبر 2009، ص80، شوهد في 2014/01/17،
http://www.aitrs.org/Portals/_PCBS/Documents/sasc_res/res5.pdf

[15] نفسه، ص 87.

[16] wikipédia (frée encyclopédie), **empreinte écologique**, le 17/01/2014, http://fr.wikipedia.org/wiki/Empreinte_%C3%A9cologique

[17] **ما هو مفهوم البصمة البيئية**، شوهد في 2010/12/24،
http : //cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/D2F36904-60EC-452C-480361BA16720BAE/103276/regel1.doc

[18] **البصمة البيئية**، شوهد في 2010/12/17،
http://ecomena.com/البصمة-البيئية/

[19] wikipédia (frée encyclopédie**), empreinte écologique**, op- cit.

[20] **البصمة الايكولوجية**، شوهد في 2010/12/17، http://alharah.net/alharah/t19194.html

[21] خميس عبد الرحمان رداد، مرجع سابق، ص 90.

[22] wikipédia (frée encyclopédie**), empreinte écologique**, op- cit.

[23] البصمة الايكولوجية، مرجع سابق.

[24] حمد بن محمد آل الشيخ، مرجع سابق، ص 69.

[25] هاني عبيد، **الإنسان والبيئة (منظومات الطاقة والبيئة والسكان)**، ط1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 2000، ص.ص 28- 29.

[26] محمد عبد البديع، **الاقتصاد البيئي والتنمية** ، ط 1، دار الأمين، القاهرة، مصر، 2006 ص 78، نقلا عن: حركات سعيدة، ستيتي الزازية، **واقع ومستقبل الطاقة البيئية في ظل التنمية المستدامة**، الملتقى الوطني الخامس حول اقتصاد البيئة وأثره على التنمية المستدامة، جامعة 20 أوت 1955، سكيكدة، نوفمبر 2008، ص 2.

[27] نعيم محمد علي الأنصاري، مرجع سابق، ص 43.

[28] Sophie CHAUTARD, **le pétrole,** groupe vocatis, France, 2008, p 110.

[29] نجاة النيش، **الطاقة والبيئة والتنمية المستدامة**، سلسلة أوراق عمل المعهد العربي للتخطيط، الكويت، 2001، ص 2.

[30] هاني عبيد، مرجع سابق، ص 183.

[31] **Empreinte carbone**, le 13/01/2014, http://www.footprintnetwork.org/fr/index.php/GFN/page/carbon_footprint/

[31] wikipédia (frée encyclopédie), **empreinte écologique**, op- cit.

[33] wikipédia (frée encyclopédie), **bilan carbone**, le 13/01/2014, http://fr.wikipedia.org/wiki/Bilan_carbone

[34] WWF, **les indicateurs de développement durable**, newsletter empreinte écologique, N 2, France, novembre 2007, p 3.

[35] **الاتفاقيات الدولية**، شوهد في 2014/01/13،
http://www.eeaa.gov.eg/cmuic/arabic/main/others.asp