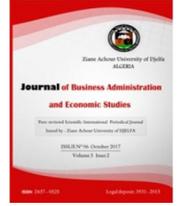




مجلة إدارة الأعمال والدراسات الاقتصادية



موقع المجلة: www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/313/

جامعة قسنطينة 2 (الجزائر)

البصمة الإيكولوجية كمؤشر للإستدامة البيئية والتنمية

Ecological footprint as an indicator of environmental and developmental sustainability

أحسن سعيد*، ahcenesaid@gmail.com

تاريخ النشر: 2019/12/17

تاريخ القبول: 2019/12/01

تاريخ الإرسال: 2019/08/22

الكلمات المفتاحية

ملخص

البصمة الإيكولوجية؛ القدرة البيولوجية؛ النظام الإيكولوجي؛ التنمية المستدامة.

تهدف الدراسة إلى توضيح آلية استخدام البصمة الإيكولوجية كمؤشر لبلوغ أهداف التنمية الاقتصادية، الإجتماعية والبيئية المستدامة، ولقد تم الإعتماد على مقارنة الربط بين البصمة الإيكولوجية والقدرة البيولوجية لتفسير أثر الإستدامة، وتوصلت الدراسة إلى أن تحديد البصمة الإيكولوجية يسمح بتوجيه سياسات تقليل الضغط البشري على النظام الإيكولوجي لأغراض الإستدامة البيئية والتنمية.

تصنيف JEL: Q57 ؛ Q01

Abstract

The study aims to clarify the mechanism for using the ecological footprint as an indicator for achieving the goals of sustainable economic, social and environmental development, The approach of linking the ecological footprint to the biological capacity to interpret the impact of sustainability has been adopted, The study found that identifying the ecological footprint helps guide policies to reduce human stress on the ecosystem for environmental and developmental sustainability.

Keywords

Ecological footprint;
Biological capacity;
Ecosystem;
Sustainable development.

JEL Classification Codes : Q57 ; Q01

* البريد الإلكتروني للباحث المرسل: ahcenesaid@gmail.com

1. مقدمة:

برز علم الاستدامة في السنوات الثلاثين الماضية كحقل مهم لمواجهة التحديات التي تنشأ عن التفاعلات بين الطبيعة والبشرية، في إطار الانضباط الموجه نحو الحلول الناتجة عن دراسة العلاقة بينهما، حيث دعا جدول أعمال القرن الواحد والعشرون في فصله الأربعين من مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية لسنة 1992 في ريو، إلى تحسين جودة وتوافر بيانات الاستدامة لاتخاذ القرارات، وأطلقت الحاجة إلى بيانات ذات صلة ومصداقية لقياس الاستدامة، وعليه طورت المئات من المؤشرات بقصد قيادة السياسة وتقييم التقدم نحو الاستدامة.

ولقد شملت أهداف التنمية المستدامة المقترحة حديثاً في قمة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة بنيويورك في سبتمبر 2015 تعزيز النمو الاقتصادي الشامل والمستدام بالإضافة إلى تحقيق الرفاهية للجميع، لأن الأنشطة الاقتصادية تعتمد في نهاية المطاف على الأصول البيئية وقدرتها على توفير الموارد الأولية والخدمات البيئية التي تدعم الحياة، كما أصبحت إدارتها قضية رئيسية بالنسبة لصانعي القرار في جميع أنحاء العالم، وبالتالي فإن العيش ضمن حدود الأصول البيئية للغلاف الحيوي شرط ضروري للاستدامة العالمية، والتي يمكن قياسها كمياً ويجب الوفاء بها لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، في إطار أرصدة الأصول البيئية العالمية والوطنية وآثارها على التنمية.

وتشير الأبحاث الحديثة والمستمرة إلى أن الطلب البشري على أنظمة كوكبنا يتزايد بمعدل سيؤدي إلى تجاوز حدود التشغيل المستدام، مما يشير إلى الحاجة لتقييمات شاملة ومشاركة، يمكنها معالجة ومقارنة الطلبات المتنافسة على المحيط الحيوي المحدود للكوكب، واستناداً إلى هذا المفهوم تحدد البصمة الإيكولوجية القدرة على الاستدامة المحددة بحسب الطلب البشري.

إشكالية الدراسة

إن محاولة العيش في أسلوب حياة لائق ومريح في عالم اليوم يمثل مصدر قلق كبير، لأن كل جانب من جوانب التنمية البشرية يعتمد إلى حد كبير على التفاعل المتنوع بين المكونات الاجتماعية، الاقتصادية والمادية للبيئة وغالباً ما تؤدي هذه التفاعلات إلى تأثيرات ملحوظة على النظام البيئي، كما تشمل قضية التنمية المستدامة العديد من الآثار البيئية السلبية التي نواجهها اليوم على المياه، الهواء والأرض، كدلائل ضرورية في مركز صنع السياسة المعاصرة، لذلك تعد البصمة الإيكولوجية إقراراً متزايداً بالأثر البيئي الذي يفرضه العالم وفق أولويات الطرق لتحقيق التنمية، والتي فرضت الضغوط البيئية في شأنها ضرورة التوجه نحو الاستدامة، ومنه تبرز إشكالية البحث المعنية بالدراسة والتحليل في التساؤل التالي:

كيف يتم استخدام البصمة الإيكولوجية كمؤشر لتحقيق التنمية البيئية المستدامة والدلالة عليها؟

ويتم تحليل هذا التساؤل من خلال الاسئلة الفرعية الموالية:

- ما المقصود بالبصمة الإيكولوجية؟
- كيف يتم تحديد البصمة الإيكولوجية وقياسها في إطار الحسابات الاقتصادية؟
- كيف يمكن إدراج البصمة الإيكولوجية لتحديد مدى التدهور البيئي وبلوغ أهداف الاستدامة؟

فرضية الدراسة

للإجابة على التساؤل الرئيسي وما تبعه من أسئلة فرعية يمكن اعتماد فرضية عامة وواحدة كما يلي:

- تستخدم البصمة الإيكولوجية لتحديد القدرة البيولوجية والاستيعابية للبيئة، وفق المساحة اللازمة لإستيعاب ضغط النشاط البشري، ورسم سياسات التنمية المستدامة.

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى التعرف على الماهية الفعلية والإقتصادية للبصمة الإيكولوجية، والوقوف على طريقة تحديدها والعناصر المدرجة في بيانها، إضافة إلى معرفة آلية اعتمادها كمؤشر لبلوغ التنمية المستدامة وفق أهدافها البيئية، الإجتماعية والإقتصادية العالمية، وبمقياس تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتهم الخاصة، وبالتالي تحديد أبعاد التحول المطلوبة في السياسات البيئية الخاصة بأنماط الاستهلاك والإنتاج، التي تحدد طريقة العيش والتنمية بحيث لا تتجاوز نصيب الفرد من نصيبه العالمي والإيكولوجي المتاح.

منهج الدراسة

بغية رصد وتحقيق الأهداف الموضوعية، وإعطاء إجابة تحليلية واقتصادية لأسئلة الدراسة، إعتدنا على المنهج الوصفي والتحليلي للوقوف على مختلف المفاهيم الخاصة بالموضوع، وإيجاد السبل الكفيلة بتحليل وتبرير العلاقة بين البصمة الإيكولوجية كمؤشر وأولويات التنمية المستدامة في إطار أهدافها البيئية بشكل خاص، كما تم إستخدام المنهج التاريخي في بعض جزئيات الدراسة كتأصيل نظري وواقعي للمفاهيم، إضافة إلى إستخدام بعض النتائج والدلالات الإحصائية الصادرة عن أهم الوكالات الدولية في المجال، ومع سرد علمي للوقائع في سبيل إبراز العلاقات، الأهداف والنتائج الخاصة بالدراسة.

II. الدراسات السابقة:

إعتدنا لبيان الإطار العلمي، العملي والتحليلي لعلاقة البصمة الإيكولوجية بالإستدامة على مجموعة من الدراسات أهمها:

1. دراسة Valérie Boisvert بعنوان: البصمة الإيكولوجية: مؤشر للتنمية المستدامة؟ لسنة 2003، وهدفت الدراسة إلى إبراز أثر البصمة في الإستدامة وبيان إرتباطاتها، وتوصلت الدراسة إلى محدودية البصمة الإيكولوجية بسبب مشكل التجاوز الإيكولوجي وكيفية إدراج تقييماته؛
2. دراسة Goel Sonu بعنوان: البصمة الإيكولوجية: أداة لقياس التنمية المستدامة لسنة 2011، وهدفت الدراسة إلى إبراز دور البصمة الإيكولوجية كأداة إستيعابية في التنمية الإقتصادية، الإجتماعية والبيئية، وتوصلت الدراسة إلى أن الأولوية الرئيسية للصحة العامة البيئية في القرن الحادي والعشرين، بالحد من التأثير البشري على الكوكب من أجل ضمان حياة طويلة وصحية للأجيال المقبلة؛
3. دراسة Alessandro Galli بعنوان: الأثر البيئي المتنامي للبشرية: آثار التنمية المستدامة لسنة 2015، وهدفت الدراسة إلى إبراز علاقة البصمة بالقدرة البيولوجية لتحقيق الإستدامة، وتوصلت الدراسة إلى ضرورة ربط البصمة بمؤشر التنمية البشرية لبيان خطة التوجه العام لسياسة التنمية المستدامة.

وتشترك دراستنا مع الدراسات السابقة في علاقة البصمة الإيكولوجية بالإستدامة، وتحليل الصلة التعريفية للبصمة بالقدرة البيولوجية واستخدامها كمؤشر للإستدامة البيئية والتنمية الشاملة، بمقياس المستوى الأمثل للرفاهية.

III. الاطار النظري:

1. فهم دلالات البصمة الإيكولوجية:

يعتبر المؤشر ترجمة لمفهوم أو ظاهرة إلى إشارة أو رقم، وبالتالي فهو عبارة عن بناء بشري يربط البيانات التي قد تكون ذات طبيعة أو أصول مختلفة (الملاحظات المباشرة، التبادلات الاقتصادية، الإحصائيات الوطنية أو الدولية،

البيانات الجغرافية)، ويعتمد أي مؤشر على إفتراضات وخيارات أكثر أو أقل وضوحاً إضافة إلى إتفاق في قواعد الحساب¹، ونسيان هذه العناصر يعرض لخطر إساءة استخدام النتائج المعروضة، وعندما يتعلق الأمر بمعالجة مسألة التنمية المستدامة، كمفهوم ذو معالم مبهمة فهو موضوع لتفسيرات مختلفة، وبالتالي يرتبط اختيار مؤشرات التنمية المستدامة ارتباطاً وثيقاً بافتراضات الأشخاص الذين يتخذون الخيارات الخاصة بسياساتها.

ومنذ صياغة مفهوم التنمية المستدامة في "تقرير برونتلاند"²، يطرح السؤال عن نوع التقييم الذي يتعين إجراؤه لوضع تشخيص أساسي وتوجيه للسياسات العامة نحو الاستدامة باتباع طرق مختلفة لوضع المؤشرات، فهناك حاجة إلى مراعاة الجوانب العديدة للاستدامة: الاقتصادية، الإيكولوجية، الاجتماعية والثقافية، ومن المهم أيضاً دمج البعد التاريخي والمستقبلي من أجل تسليط الضوء على الاتجاهات طويلة الأجل لتوجيه السياسات³. يعرض الجدول رقم (01) جملة من المؤشرات الرئيسية الحالية من خلال المزج بين معيارين، الأول هو أولوية القيم والثاني الطريقة المستخدمة، خاصة في الحالات التي يكون فيها الهدف هو الحصول على مؤشرات مركبة أو مجمعة على أساس عدة أبعاد أو متغيرات مختارة للربط بين التنمية، الرفاهية، الاعتبارات الاجتماعية والبيئية، والأمثلة المذكورة للمؤشرات ليست سوى جزء ضئيل من الرصيد العلمي للمؤشرات، لكن إدراجه يعود لأولوية الإعراف أو السمعة في قضايا الإستدامة.

جدول رقم (01): الأنواع الرئيسية للمؤشرات البديلة

لوحة القيادة	المؤشرات الاصطناعية			
الميزانيات عمومية المتجانسة ومتابعة دون مؤشر صناعي	النتاج المحلي الإجمالي "المصحح" (المتغيرات النقدية) أو الوحدات الإيكولوجية "المادية"	ترجيح المؤشرات غير المتجانسة دون وحدة حساب مشتركة	"الرضا" (المسح المباشر) إلى جانب البيانات البيئية في بعض الأحيان	الطريقة القيم
الرفاهية الذاتية وفقاً لمختلف جوانب الحياة			مقاييس عامة للرفاهية الذاتية	مفهوم الحياة المرضية
لوحات المؤشرات الاجتماعية أو الاقتصادية والاقتصادية	النتاج المحلي الإجمالي المصحح لـ Nordhaus- Tobin 1973 لقياس الرفاهية الاقتصادية	على سبيل المثال: HDI مؤشر التنمية البشرية، مؤشر الصحة الاجتماعية... إلخ		الجوانب الاجتماعية، الاقتصادية المهيمنة والتنمية البشرية
		مؤشر الرفاه الاقتصادي لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية لـ Osberg-Sharpe		
لوحات المعلومات البيئية أو الاجتماعية - البيئية	مؤشر التقدم الحقيقي، مؤشرات الاستدامة	المتوسط المرجح للأداء البيئي (ESI)	مؤشر السعادة في الكوكب (الأرض)	البيئة المهيمنة، الأكثر أو الأقل من المعايير الاجتماعية

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على:

Jean Gadrey, Richesse et développement durable : mesurer quoi pour aller où ?, L'encyclopédie du développement durable, Les éditions des Récollets, 2009, p2, disponible sur : http://encyclopedie-dd.org/IMG/pdf_N_79_Gadrey_1.pdf, 25/01/2019.

نلاحظ أنه بالنظر إلى عدد وتنوع المؤشرات المقترحة والمستخدمة، فيمكن أن تؤدي إلى نوع من الخلط في حالة عدم الإطلاع المكثف على مضامينها، إضافة إلى صعوبة التفكير في الأساليب المناسبة لتتقيد المتغيرات الاجتماعية والبيئية المدرجة في بعض المؤشرات الاصطناعية للتنمية المستدامة.

فعلى سبيل المثال تعتمد المؤشرات النقدية كالناتج المحلي الإجمالي الأخضر على تحديد الجزء من الضرر الذي يلحق بالبيئة بسبب النشاط الاقتصادي والذي يتم حسابه بشكل أفضل على تكاليف الحماية والاستعادة للنظم الإيكولوجية المتدهورة⁴، بغرض إدماج البعد الاجتماعي في الحسابات القومية والسعي لتحديد تدابير الرفاه، لكن لا توجد محاولات ناجحة لدمج هذين النوعين من التصحيح في منظور تقييم التنمية المستدامة، بسبب مشاكل منهجية كبيرة تتعلق بالتقنيات التي يجب تنفيذها لتحقيق تعبير نقدي عن الخسائر أو المكاسب الخارجة بطبيعتها من تقدير السوق عند التعبير النقدي عن التدفقات، كما أنها تقوم ضمناً على افتراض أن رأس المال الاقتصادي والموارد الطبيعية قابلة للاستبدال (ما يطلق عليه افتراض الاستدامة الضعيف)⁵، وبالتالي فإن هذه المؤشرات النقدية تستبعد إلى حد كبير فرضية عتبة الاستدامة الإيكولوجية التي يكون فيها رأس المال الطبيعي مثقل بالأعباء، ولن يتم ضمان الحفاظ على الأرصد الإيكولوجية، وفي ظل هذه الظروف يجب معرفة مدى قدرة المحيط الحيوي على التجديد بفعل الضغط الذي يمارسه الإنسان عليه، والبصمة الإيكولوجية مصممة لتوفير بعض الإجابات للسؤال والتساؤلات والمفاهيم من هذا النوع.

أ. مفهوم البصمة الإيكولوجية:

تم وضع مفهوم البصمة الإيكولوجية وصياغتها في سنوات التسعينات من قبل Wackernagel و Rees بجامعة كولومبيا البريطانية⁶، وقام بتطويره آخرون مثل Chambers، Simmons و Kites، لتقييم المطالب المجتمعية على القدرة التجديدية للغلاف الحيوي⁷، ففي سنة 1992 أطلق Wackernagel و Rees على هذا المفهوم "القدرة الاستيعابية المناسبة"، والتي تمت إعادة تسميتها من قبل Rees بمصطلح "البصمة الإيكولوجية" في سنة 1996⁸، وفي أوائل نفس السنة، نشر Wackernagel و Rees كتاب "بصمتنا الإيكولوجية: الحد من التأثير البشري على الأرض"، وبعد ذلك حصل المصطلح على إعادة التنظيم والقبول العالمي⁹، واستمرت الأداة في التطور والتحسين، خاصة بفضل عمل الشبكة العالمية للبصمة، ومع ذلك ظل إطارها النظري ومبادئها العامة وطريقة حسابها على حالها بشكل عام.

تعد البصمة الإيكولوجية أداة لقياس طلب البشرية على النظم الإيكولوجية للأرض ومقارنة هذا الطلب بالقدرة الإيكولوجية للأرض على تجديد الموارد، كما أنها تمثل مساحة الأرض والبحر المنتجة بيولوجياً واللازمة لتجديد الموارد التي يستهلكها البشر، وبما يجعل النفايات المقابلة غير ضارة¹⁰، وبالتالي فإن البصمة الإيكولوجية تمثل إجمالي المساحة التي يحتاجها البشر للزراعة، إنتاج الخشب وصيد الأسماك وما إلى ذلك، بالإضافة إلى المساحة اللازمة لإمتصاص ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق الوقود الأحفوري، حيث تعتمد على مبدأ الأرض كعامل رئيسي لجميع المجتمعات في توفير مساحة للعيش، المنتجات، الخدمات للاستهلاك، وحوض أو مكب للنفايات، وتعتبر الأرض المنتجة وكيلاً لرغبات ومطالب المجتمعات على البيئة، حيث يمكن حساب المتطلبات البشرية بسهولة من خلال تحويلها إلى مناطق الأراضي المنتجة بيولوجياً اللازمة لتوفير هذه الخدمات البيئية، وعليه تفسر البصمة الإيكولوجية كمقياس للتوتر الذي تضعه الأمة أو جزء منها على البيئة وخدمات النظام البيئي¹¹.

وفي ضوء الممارسات التكنولوجية الموجودة ودارة الموارد السائدة، تتم مقارنة مساحة الأرض وفق مفهوم البصمة الإيكولوجية بالقدرة البيولوجية، التي تمثل قدرة النظم الإيكولوجية على إنتاج مواد بيولوجية مفيدة وامتصاص النفايات الناتجة عن البشر باستخدام مخططات الإدارة الحالية وتقنيات الاستخراج، ويتم تعريف "المواد البيولوجية المفيدة" السنوية بما يستخدمه الاقتصاد البشري في تلك السنة، وما يمكن اعتباره مفيداً قد يتغير بمرور الوقت فعلى سبيل المثال، استخدام مخلفات الذرة لإنتاج الإيثانول السليلوزي من شأنه أن يؤدي إلى تحول مخلفات الذرة إلى مادة مفيدة¹²، وبالتالي زيادة القدرة الحيوية لأراضي زراعة الذرة.

يتم التعبير عن القدرة البيولوجية عادةً بوحدات من الهكتارات العالمية، باحتسابها لجميع المناطق البرية والبحرية المنتجة بيولوجياً على هذا الكوكب، والمنطقة المنتجة بيولوجياً هي مساحة الأرض والمياه (البحرية والداخلية) التي تدعم النشاط الضوئي الكبير وتراكم الكتلة الحيوية المستخدمة من قبل الإنسان، ولا يتم تضمين المناطق غير المنتجة والهامشية مثل المناطق القاحلة والمحيطات المفتوحة والغلاف الجليدي وغيرها من الأسطح المنخفضة الإنتاج، إضافة إلى المناطق المنتجة للكتلة الحيوية التي لا تفيد الإنسان¹³، لذلك يمكن هذا الفهم من مقارنة النظم الإيكولوجية بمراد حيوية مختلفة وفي مناطق متعددة من العالم في نفس الوحدة وهي الهكتار العالمي الذي يمثل هكتاراً بمتوسط إنتاجي عالمي، ومنه مفهوم البصمة الإيكولوجية يستند لمحاكاة القدرات البيولوجية.

ويقوم البيان الخاص بالبصمة الإيكولوجية من خلال القدرة البيولوجية على ستة افتراضات أساسية¹⁴:

1. غالبية الموارد التي يستهلكها الأشخاص أو الأنشطة يمكن تتبع النفايات الناتجة عنها؛
 2. يمكن قياس معظم تدفقات الموارد والنفايات من حيث المساحة المنتجة بيولوجياً اللازمة لصيانتها، ويتم استبعاد تدفقات الموارد والنفايات التي لا يمكن قياسها من حيث المساحة المنتجة بيولوجياً من التقييم، مما يؤدي إلى التقليل المنتظم من إجمالي الطلب الذي تضعه هذه التدفقات على النظم الإيكولوجية؛
 3. من خلال توسيع نطاق كل منطقة بما يتناسب مع إنتاجها الحيوي، يمكن تحويل أنواع مختلفة من المناطق إلى وحدة مشتركة من متوسط الإنتاج الحيوي (الهكتار العالمي)، وتستخدم هذه الوحدة للتعبير عن البصمة والقدرة البيولوجية؛
 4. نظراً لأن الهكتار العالمي للطلب يمثل استخداماً معيناً يستبعد أي استخدام آخر تتبعه البصمة، وجميع الهكتارات العالمية في أي سنة واحدة تمثل نفس القدر من الإنتاجية الحيوية، أي الطلب الكلي أو البصمة الإيكولوجية، وبنفس الطريقة يمكن تحجيم كل هكتار من المساحة المنتجة وفقاً لمنتجها الحيوي ثم إضافتها لحساب القدرة البيولوجية؛
 5. كما تم التعبير عن البصمة والقدرة بالهكتارات العالمية، يمكن مقارنة الطلب البشري وفقاً لحسابات البصمة الإيكولوجية مباشرة بالقدرة البيولوجية العالمية أو الإقليمية أو الوطنية أو المحلية؛
 6. المساحة المطلوبة يمكن أن تتجاوز المساحة المتاحة، وإذا تجاوز الطلب على نظام إيكولوجي معين القدرة على تجديده، فإن الأصول الإيكولوجية تتضاءل، فمثلاً يمكن للناس طلب الموارد من الغابات أو مصائد الأسماك بشكل أسرع مما يمكن تجديده، لكن العواقب تتمثل في مخزون أقل في هذا النظام البيئي عندما يتجاوز الطلب البشري القدرة البيولوجية المتاحة، والذي يشار إليه بالتجاوز الكبير.
- مما تقدم تمثل البصمة الإيكولوجية دراسة وتصويراً لواقع استخدام البشرية للقدرة التجديدية للأرض كل عام مقارنة بتدفق الموارد، وفي نفس الوقت تناول المخزون الدائم من الموارد والنفايات التي تتراكم مع الوقت في البيئة، لأن هذه العملية تقلل من قدرتنا على حصاد الموارد بنفس المعدل في المستقبل وتؤدي إلى تجاوز بيئي وانهايار محتمل للنظام البيئي.

ب. تاريخ البصمة الإيكولوجية إنطلاقاً من مدلولها:

تم إنشاء مفهوم البصمة الإيكولوجية استجابة للعديد من المناقشات الخاصة بالقدرة الاستيعابية نذكر منها Meadows 1972، Ehrlich 1982، Tiezzi 1984، وتم تصميم محاكاة البصمة الإيكولوجية لتمثيل الاستهلاك البشري للموارد البيولوجية وتوليد النفايات من حيث مساحة النظام الإيكولوجي المناسب، و مقارنة بالقدرة الإنتاجية للغلاف الحيوي في سنة معينة، بالتركيز على مجال الإنتاج الحيوي، الموارد المستخرجة والنفايات المتولدة حالياً، ولقد وفرت الطريقة تقييماً تاريخياً مركزاً للطلب البشري على المحيط الحيوي وقدرته على تلبية تلك المتطلبات المحددة¹⁵.

تم تطبيق البصمة بعدة طرق يمكن أن توفر منظورا عالميا بشأن المدى الحالي للتجاوزات الإيكولوجية، فضلا عن المنظور الأكثر محلية حول قضايا موارد المدينة والإقليم، وتمت الدعوة للإبلاغ عن الحسابات العالمية والوطنية في جميع أنحاء العالم، حيث قيمت أكثر من 100 مدينة أو منطقة البصمة الإيكولوجية، ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال ألهم مشروع مقاطعة Sonoma، مشروع البصمة في كاليفورنيا " زمن التفتح " "Time to Lighten Up"، كل مدينة في المقاطعة للانضمام إلى مبادرة توفير المناخ التابعة للمجلس الدولي للمبادرات البيئية المحلية (ICLEI)¹⁶.

وعلى المستوى الوطني كأهداف مسطرة بحلول سنة 2030، اعتمدت ويلز البصمة الإيكولوجية كمؤشر رئيسي للاستدامة، وأدرجت الحكومة السويسرية البصمة في خطة التنمية المستدامة للأمم، ولستخدمت اليابان البصمة كتدبير في خطتها البيئية، ومن بين المنظمات غير الحكومية، يستخدم الصندوق العالمي للطبيعة WWF أحد أكثر منظمات الحفاظ على البيئة نفوذا في العالم، البصمة الإيكولوجية في مجال التواصل والسياسة من أجل النهوض بالبيئة والاستدامة، وحدد الصندوق العالمي للطبيعة مؤخرا هدفا لإخراج البشرية من التجاوزات بحلول سنة 2050، وهي تسعى بنشاط لتحقيق هذا الهدف من خلال برنامجها "كوكب واحد" One Planet¹⁷.

وتم الانتهاء من التقييم الخاص بالبصمة على المستوى القطري للعديد من البلدان، مع التحليل وفق طرق مختلفة مثل أعمال: Wackemagel وRees 1996، Bicknell 1998، Fricker 1998، Simpson 2000، Ferng 2001، McDonald وPatterson 2004، Bagliani 2005، Medved 2006، الصندوق العالمي للحياة البرية للطبيعة، شبكة البصمة العالمية وجمعية علم الحيوان في لندن 2006، Venetoulis وTalberth 2007¹⁸.

وبالنظر لكون وكالات الأمم المتحدة تجمع وتنتشر مجموعات البيانات الوطنية وتعزز توحيد هذه التقارير في جميع أنحاء العالم، التي تشكل أساس الحسابات القومية للبصمة، فإن الحسابات على المستوى القطري يمكن مقارنتها بشكل مباشر، فعلى سبيل المثال تقوم الإحصائيات على مستوى الدولة بتوثيق الإنتاج والواردات والتصدير بشكل منهجي فقط، لذلك فإن نتائج البصمة الإيكولوجية الوطنية تمثل أساس جميع التحليلات البيئية الأخرى.

تدعم لجنة مراجعة حسابات البصمة الوطنية التحسين المستمر للأساس العلمي للحسابات القومية للبصمة، حيث أصدرت لجنة معايير البصمة الإيكولوجية المؤلفة من ممثلين عن المنظمات الشريكة في شبكة البصمة العالمية وممثلي الأوساط الأكاديمية والحكومية والمنظمات غير الحكومية والشركات الاستشارية معايير البصمة الإيكولوجية لعام 2009، والتي تعتمد على المعايير لعام 2006¹⁹، وهي مصممة لضمان إنتاج تقييمات البصمة بشكل متسق ووفقا لأفضل الممارسات التي اقترحتها المجتمع، وتهدف إلى ضمان إجراء التقييمات وإبلاغها بطريقة دقيقة وشفافة، من خلال توفير معايير ورشادات حول قضايا مثل استخدام بيانات المصدر، اشتقاق عوامل التحويل، تحديد حدود الدراسة وإبلاغ النتائج، وتطبيق المعايير على جميع دراسات البصمة بما في ذلك السكان، المنتجات والمنظمات غير الوطنية، لذلك فالسياق التحليلي والتاريخي للبصمة الإيكولوجية يأخذ بعين الإعتبار وكأولوية رصد الأثر البيئي للأنشطة من المصدر وامتداداته في إطار النظام البيئي العام، أي أن فهم الدلالة العلمية للبصمة يجب أن يقترن بطبيعة النموذج الإيكولوجي للوقوف على المفهوم الحقيقي للبصمة الإيكولوجية.

ت. علاقة البصمة الإيكولوجية بنموذج الدورة الإيكولوجية:

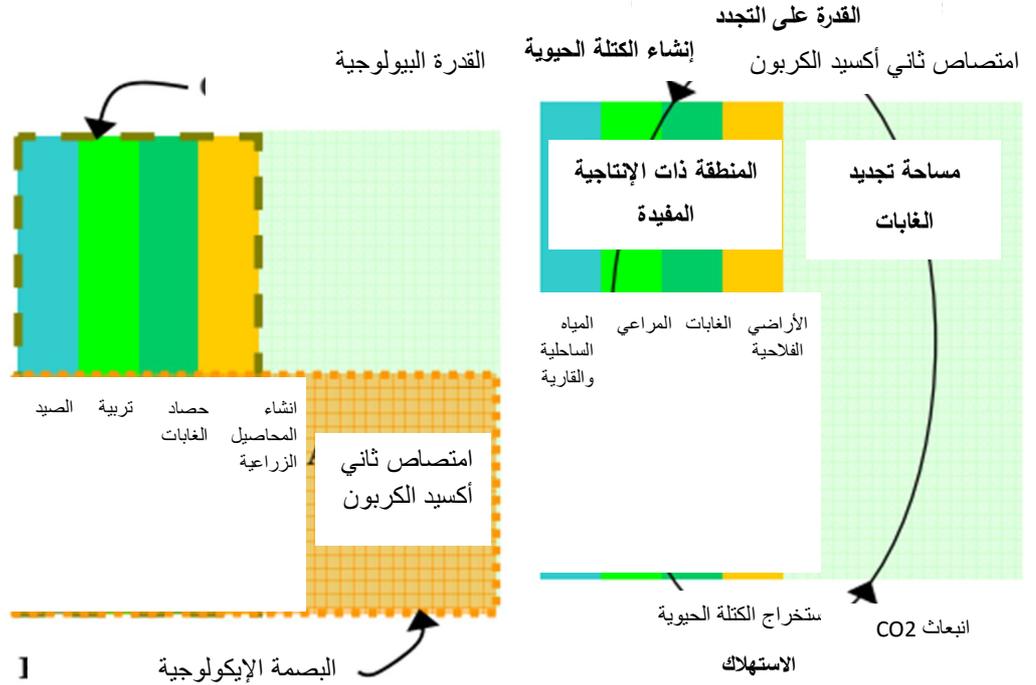
تتمثل الفكرة الرائدة للبصمة الإيكولوجية في تخصيص المنتجات المؤثرة على التركيب الضوئي الحيوي من قبل البشر، والتي اقترحها Vitousek سنة 1986²⁰، واستند في دراسته إلى المفهوم البيولوجي للإنتاجية الأولية الصافية لعملية لتوليد المادة العضوية، وقام Vitousek بحساب نسبة الإنتاجية الأولية الصافية المناسبة من قبل البشر حسب وزن المادة العضوية، لتقييم تأثير البشر على المحيط الحيوي بما في ذلك التغيرات في استخدام الأراضي وتركيز ثاني

أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، واعتمد في أبحاثه على دورة الكربون العالمية وعلى مقياس الإنتاجية وفقا لتصنيف المناطق من الأرض حسب الوحدات الوظيفية.

كان هدف Vitousek هو تقدير الآثار المترتبة على قدرة الكوكب والأنواع الأخرى للحد من الاستيلاء البشري على صافي الإنتاج الأولي²¹، وقدرت الدراسة أن التخصيص البشري السنوي من صافي الإنتاج الأولي هو 40 ٪ من النظم الإيكولوجية الأرضية، مما يزيد من معدل انقراض الأنواع والمجموعات المتميزة وراثيا، ويقلل من الخيارات المستقبلية للبشرية، ومع ذلك لم يدع Vitousek لحساب السعة طويلة الأجل للكوكب على البشر، لأنها قدرة تعتمد على النمو السكاني والتكنولوجيا.

تقيس البصمة الإيكولوجية بدلا من صافي الإنتاجية الأولية القدرة على التجدد، أو القدرة على تجديد الموارد الحيوية واستيعاب النفايات وفقا لمنطقة "الإنتاجية المفيدة"، و تشير الفائدة إلى الجزء من الكتلة الحيوية الذي يمكن تحقيقه على نحو مستدام وذو قيمة للناس، ويختلف نموذج الدورة الإيكولوجية الذي تقوم عليه البصمة الإيكولوجية عن نموذج Vitousek ونماذج أخرى، لأن الإنتاجية المفيدة هي مجموعة فرعية من صافي الإنتاجية الأولية، والشكل رقم (01) يوضح النموذج الإيكولوجي الكامن وراء البصمة الإيكولوجية.

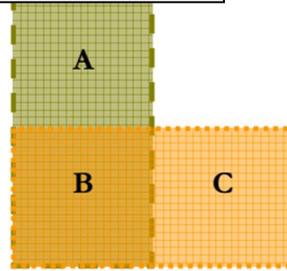
شكل رقم (01): النموذج الإيكولوجي الداعم للبصمة الإيكولوجية



B: تمثل البصمة الإيكولوجية مساحة الإنتاجية المفيدة (القدرة البيولوجية) ومنطقة تجديد الغابات و قد تكون المساحة أكبر من هذين المجالين.

A: الدورة الإيكولوجية مدفوعة بقوتين: الاستهلاك البشري والقدرة على تجديد رأس المال الطبيعي.

يعتبر النموذج أن حجم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تمتصها الغابة المتجددة يعادل كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعثة، وصافي حجم الانبعاثات التي امتصتها المحيطات.



التوازن البيئي (A - C) يعادل الفرق بين القدرة البيولوجية (A + B) والبصمة البيئية (B + C). التوازن البيئي يمكن أن يكون إيجابيا أو سلبيا.

المصدر: من إعداد الباحث بالإعتماد على

L'empreinte écologique : revue de littérature et analyse critique, Cahier technique et méthodologique, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2009, p 21, disponible sur : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/empreinte-ecologique.pdf>, 01/02/2019.

وفقا لهذا النموذج فإن استهلاك السلع والخدمات من قبل السكان يؤدي إلى استخراج الكتلة الحيوية من منطقة إنتاجية مفيدة، ويولد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه مساحة الغابات في التجديد (التشجير)، ولا يمكن استخراج الكتلة الحيوية بعد (A)، وتمتص المحيطات حوالي ربع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشرية المنشأ، بينما تمتص الغابة المتجددة الباقي، ويؤدي امتصاص ثاني أكسيد الكربون بواسطة الغابة المتجددة إلى إنشاء الكتلة الحيوية، وبالنظر إلى القدرة المتجددة لرأس المال الطبيعي، يتم تخزين الكتلة الحيوية في أربعة فئات من منطقة الإنتاجية: الأراضي الزراعية والغابات والمراعي والمياه الساحلية والداخلية، كما يفترض النموذج أن أسطح الإنتاجية المفيدة تنبعث منها كمية ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه²².

القدرات البيولوجية تأتي من مجال الإنتاجية المفيدة على شكل خط منقطع واسع في الشكل (B)، وينتج الأثر البيئي (الخط منقطع الضيق)، من ناحية عن الحصاد الزراعي، تشييد المباني، البنية التحتية على الأراضي الزراعية، الماشية في المراعي، حصاد الغابات ومصائد الأسماك على سطح المياه الساحلية والداخلية، ومن ناحية أخرى ينتج عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تمتصها مساحة الغابات المتجددة، وهو ما يسمى بالمناطق "غير المنتجة والمهمشة"، مثل المناطق القاحلة والمحيطات المفتوحة والغلاف الجليدي، وكذلك المناطق التي لا توفر الكتلة الحيوية المفيدة للبشر، لا يتم النظر إليها في النموذج، لذلك فالتوازن البيئي يساوي الفرق بين القدرة البيولوجية والبصمة الإيكولوجية (C)، وأحد عواقب نموذج البصمة الإيكولوجية هو أن الدول التي ليس لديها مساحة غابية متجددة من المحتمل أن تعاني من عجز إيكولوجي²³.

يستبعد النموذج الإيكولوجي الذي تقوم عليه البصمة التغيرات في حالة مخزون رأس المال الطبيعي الذي لا يغير الإنتاجية المفيدة اليومية، وتعمل البصمة الإيكولوجية على تقييم مناطق الأراضي بطريقة كمية ولا تتضمن القضايا النوعية، وهذا يعني أن حساب البصمة الإيكولوجية يفترض أن العمليات الحالية لاستخدام الموارد مستدامة بالإضافة إلى أن الأثر البيئي يستثني المنتجات الثابتة والنفايات السامة لأن البيئة لا تساويها بالمعدل الملحوظ، نظراً لأن توليد هذه المنتجات والنفايات يؤدي بالضرورة إلى زيادة تركيزها في البيئة²⁴، فلا يمكن اعتبارها مستدامة ويجب قياس تأثيرها بشكل منفصل، وبالتالي فالبصمة الإيكولوجية لا توفر سوى مقياس تقريبي لتأثير البشر على البيئة.

2. الإعتبارات المنهجية والعملية لإستخدام البصمة الإيكولوجية:

تمثل الإرتباطات العملية بين الإقتصاد، البيئة والمجتمع الدافع الرئيسي لبروز التحليلات ذات العلاقة، وبالأخص في إطار النشاط البشري وضغطه اللامتناهي على موارد الكوكب، فبروز المؤشرات الخاصة بدراسة الأثر الناشئ دلالة على حجم وامتداد التأثيرات وعلى وجه التحديد البيئية منها، حيث تمس بالأبعاد الإجتماعية ومستويات الرفاهية للأمة، وكما سبقت الإشارة فالبصمة الإيكولوجية مؤشر لمعرفة القدرة البيولوجية إنطلاقاً من تفاعل الإنسان مع بيئته ضمن النموذج الإيكولوجي العام على الكوكب من خلال مساحة الأرض اللازمة أو المتاحة، وعليه يجب إبراز الطريقة المنهجية لحساب واعتماد البصمة الإيكولوجية لتعزيز الفهم العام وتوضيح إستخداماتها في إطارها العملي.

أ. منهجية حساب وقياس البصمة الإيكولوجية:

لا تزال المنهجية وراء محاسبة البصمة الإيكولوجية تشهد تطوراً ملحوظاً وتتضمن بانتظام بيانات جديدة ومعرفة علمية عند توفرها، ولقد أخذت الشبكة العالمية للبصمة زمام المبادرة في الإشراف على هذه العملية من خلال تحسين حسابات البصمة الوطنية وتدعيم معاييرها باستمرار، وتتبع الحسابات استخدام البلدان للخدمات والموارد البيئية وكذلك القدرة البيولوجية المتاحة في كل بلد، وكما هو الحال مع أي حسابات مورد فهي تمثل وصفاً ثابتاً وكمياً للنتائج لأي سنة معينة بوجود بيانات الماضي الخاصة بها، ليتم وصف منهجية الحساب التفصيلية الحديثة، في الحسابات الوطنية للبصمة من خلال قوائم مدعومة بقواعد البيانات في دليل الحسابات الوطنية (آخر تعديل في سنة 2018)²⁵.

تهدف الحسابات الوطنية للبصمة إلى²⁶:

- توفير حساب علمي قوي وشفاف للطلبات التي تفرضها الدول المختلفة على قدرة تجديد المحيط الحيوي؛
- بناء طريقة موثوقة ومتسقة تسمح بإجراء مقارنات دولية بين مطالب الدول بشأن القدرة على التجديد العالمية؛
- إنتاج المعلومات بتنسيق مفيد لوضع سياسات واستراتيجيات للعيش ضمن الحدود البيوفيزيائية؛
- إنشاء مجموعة بيانات أساسية يمكن استخدامها كأساس لتحليلات البصمة الإيكولوجية الوطنية الفرعية، مثل تلك الخاصة بالمقاطعات أو الولايات أو الشركات أو المنتجات.

تقيس الحسابات استخدام الموارد الإيكولوجية وقدرة موارد الدول مع مرور الوقت، استنادا إلى حوالي 15000 نقطة بيانات لكل بلد في السنة، وحساب آثار أكثر من 200 دولة وإقليم ومنطقة منذ عام 1961 وحتى الوقت الحالي. تستند الحسابات الوطنية للبصمة والقدرة البيولوجية إلى مجموعات البيانات التابعة للأمم المتحدة، بما في ذلك تلك التي تنتشرها منظمة الأغذية والزراعة وقاعدة بيانات إحصاءات تجارة السلع الأساسية التابعة للأمم المتحدة وشعبة الإحصاءات، فضلاً عن الوكالة الدولية للطاقة، وتشمل مصادر البيانات التكميلية دراسات في المجالات العلمية التي تم استعراضها في الموضوع، ومن بين البلدان، الأقاليم والمناطق التي تم تحليلها في الحسابات، توجد 150 منطقة يزيد عدد سكانها عن مليون شخص لديها مجموعة بيانات أكثر اكتمالا وموثوقية، وبالنسبة لمعظم هؤلاء فالشبكة العالمية للبصمة قادرة على توفير سلسلة زمنية لكل من البصمة الإيكولوجية والقدرة البيولوجية²⁷.

تشير العديد من دراسات البصمة البيئية إلى بصمة الاستهلاك بالنسبة للدول والعالم، على الرغم من أنه على المستوى العالمي يجب أن تساوي البصمة لجميع السلع والخدمات المنتجة البصمة لجميع السلع والخدمات المستهلكة (مطروحاً منها التغييرات في المخزونات)، لكن هذا لا ينطبق على المستوى الوطني، لأن بصمة الاستهلاك في الدولة تساوي البصمة الأولية للإنتاج بالإضافة إلى الواردات وتغيرات المخزون ناقص الصادرات²⁸، ويمثل هذا الحساب الاستهلاك الظاهري للقدرة البيولوجية داخل الدولة.

يتم تضمين أكثر من 200 فئة موارد في الحسابات الوطنية للبصمة، بما في ذلك منتجات المحاصيل، الألياف، الماشية، الأسماك البرية والمستزرعة، الأخشاب وحطب الوقود، وتتبع الحسابات بشكل صريح منتجا رئيسيا للنفايات وهو ثاني أكسيد الكربون، ويتم ترجمة الطلب على إنتاج الموارد واستيعاب النفايات إلى هكتارات عالمية عن طريق تقسيم المبلغ الإجمالي للموارد المستهلكة (أو النفايات الناتجة) على متوسط العائد العالمي لنوع الأرض الذي ينتج ذلك المورد (إمتصاص النفايات)، ليتم ضرب هذه المنطقة بعامل التكافؤ المناسب للتعبير عن إجمالي الطلب بالهكتارات العالمية لكل مورد مستهلك، وتجدر الإشارة إلى أن حساب العائد يتم بناء على إحصاءات دولية مختلفة، خاصة تلك الواردة من منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة، بتضمين منطقة الإنتاج الحيوي التي تشغلها البنية التحتية المبنية في حسابات البصمة الإيكولوجية، وذلك بتحويل المنتجات المصنعة أو المشققة (مثل الدقيق أو لب الخشب) إلى معادلات المنتجات الأولية (مثل القمح أو الخشب المرسل)، ثم تُرجم الكميات المكافئة للمنتجات الأولية إلى هكتارات عالمية²⁹.

تستخدم البصمة وحدة قياس معيارية تتمثل في الهكتار العالمي، حيث تتميز الأسطح العالمية بإنتاجية بيولوجية شديدة التغير وفقا لطبيعتها (المراعي، الأسطح البحرية، الغابات والحقول المزروعة) وموقعها الجغرافي، ولتجميع هذه المناطق فإن النظام المحاسبي للأثر البيئي يزن كل منطقة وفقا لإنتاجيتها من حيث الكتلة الحيوية القابلة للاستخدام، لذلك تسمى الأسطح المعيارية بالهكتارات العالمية³⁰.

وبالتالي فإن الهكتار العالمي هو هكتار من منطقة الإنتاج الحيوي التي تعد إنتاجيتها من حيث الكتلة الحيوية القابلة للاستخدام معادلة للمتوسط العالمي الذي لوحظ في سنة معينة، وهناك طريقة أخرى لتقديم الأشياء وهي القول بأن البصمة الإيكولوجية تبلغنا عن السطح المنتج للكوكب الذي يجب تعبئته في المتوسط لتلبية احتياجاتنا.

ولكل نوع من أنواع البصمة يتم التحويل بين الهكتارات الفعلية والهكتارات العالمية باستخدام³¹:

• عوامل التكافؤ التي تعكس الاختلافات في الإنتاجية بين الأنواع المختلفة من الأسطح (الحقول المزروعة، المراعي، المناطق البحرية... إلخ) ؛

• عوامل الغلة أو الحصاد التي تعكس فروق الإنتاجية بين كل طبقة سطحية وطنية والمتوسط العالمي لتلك الفئة.

ثم يتم حساب ثلاثة أنواع من البصمة الإيكولوجية المتعلقة باستهلاك الموارد البيولوجية، والتي تتعلق بالأسطح الحضرية، وأخيرا تلك المرتبطة باستخدام الوقود الأحفوري.

ب. العناصر التقنية لإستخدام البصمة الإيكولوجية:

تجمع البصمة الإيكولوجية ثلاثة أنواع رئيسية من البصمة كما يلي:

- البصمة الإيكولوجية المرتبطة باستهلاك الموارد المتجددة:

البصمة من الموارد المتجددة تعادل الأسطح المنتجة بيولوجيا اللازمة لإنتاج هذه الموارد ويمكن أن تكون في عدة صور كالتالي³²:

• الحقول المزروعة لتوفير الحبوب، الخضروات، ألياف النسيج والتبغ وغيرها (يتم الآن أخذ أكثر من 70 منتجا من الحقول المزروعة في الاعتبار)؛

• المراعي (لإنتاج الحليب ومنتجات الألبان واللحوم...)

• مناطق الفضاء البحري (البحار والمحيطات لإنتاج الأسماك وغيرها من الموارد السمكية)؛

• مناطق الغابات (لتوفير الخشب للمباني، ومباني التدفئة أو صناعة الورق).

وعلى المستوى الوطني تكون صيغة الحساب العامة للموارد المتجددة هي كما يلي:

البصمة (الهكتارالعالمي) = (الاستهلاك (طن/السنة) / العائد العالمي (طن/الهكتار/السنة) * عامل التكافؤ (الهكتار/الهكتار العالمي).

ويتم الحصول على البيانات المستخدمة لحساب البصمة الإيكولوجية لاستهلاك الموارد المتجددة من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة³³.

- البصمة الإيكولوجية المتعلقة بالأسطح الحضرية:

تتوافق بصمة الأسطح الحضرية مع المناطق المعبأة لتركيبة البنى التحتية التي يمكن تخصيصها للإسكان، العمل (المكاتب والمصانع)، التجارة، الترفيه، النقل (الطرق، السكك الحديدية، إلخ)، أو إنتاج الطاقة المتجددة (السطوح المغمورة لإنتاج الطاقة الكهرومائية على سبيل المثال)، وفي معظم الأحيان تتعدى هذه الأسطح على أسطح الحقول أو المراعي المزروعة القديمة باستثناء بعضها، مثل بعض السدود الكهرومائية في الجبال، ويعتمد التحويل بين الهكتارات الفعلية والعالمية على عوامل التكافؤ والحصاد للأراضي الصالحة للزراعة³⁴.

- البصمة الإيكولوجية المرتبطة باستخدام الوقود الأحفوري:

توجد عدة طرق حسابية ممكنة فيما يتعلق بالبصمة الإيكولوجية المرتبطة باستخدام الوقود الأحفوري ، لأنه على عكس الأنواع الأخرى من البصمة فهي ليست أسطحا مستخدمة فعليا، ولكنها أسطح ضرورية لاستيعاب الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة البشرية بطريقة مستدامة، وبالتالي فإن الاختيار الحالي لطريقة حساب البصمة الإيكولوجية هو تقدير مناطق الغابات التي ستكون ضرورية لامتناس انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي لا تمتصها المحيطات.

تستمد طريقة حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المنطق المفاهيمي للبصمة الإيكولوجية، فالفرضية الأساسية هي أن الحفاظ على المناخ الحالي يتطلب إستخدام المحيط الحيوي الأرضي لاستيعاب ثاني أكسيد الكربون المنبعث من احتراق الموارد الأحفورية لمنع تراكمها في الغلاف الجوي، وهذا لا يعني أن زراعة الغابات هي الحل الصحيح لتغيير المناخ، بل على العكس من ذلك، إذ يؤدي إلى استنتاج مفاده أن المحيط الحيوي ليس لديه القدرة على استيعاب جميع غازات ثاني أكسيد الكربون المنبعثة من الأنشطة البشرية، لذلك يتعلق الأمر بمناطق الغابات "النظرية" التي يجب أن تكون متاحة (بالإضافة إلى قدرة عزل المحيطات) لتجنب تغيير المناخ³⁵.

طريقة حساب البصمة الإيكولوجية المتعلقة باستخدام الوقود الأحفوري تتم كما يلي³⁶:
 الأسطح الأحفورية (هكتار) = (انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الأنشطة البشرية (طن) - حصة المحيط(طن) x عامل تكافؤ الغابات (هكتار/هكتار عالمي)) / نسبة تحمية الغابات (هكتار/ طن من CO2)
 وتجدر الإشارة إلى أن البيانات المستخدمة يتم أخذها من إحصائيات الوكالة الدولية للطاقة وتقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، أضيف إلى ذلك فالبصمة الإيكولوجية لم تعد تتضمن مكونا يتعلق باستهلاك الكهرباء النووية.

ت. الاتجاهات العالمية للبصمة الإيكولوجية للبشرية:

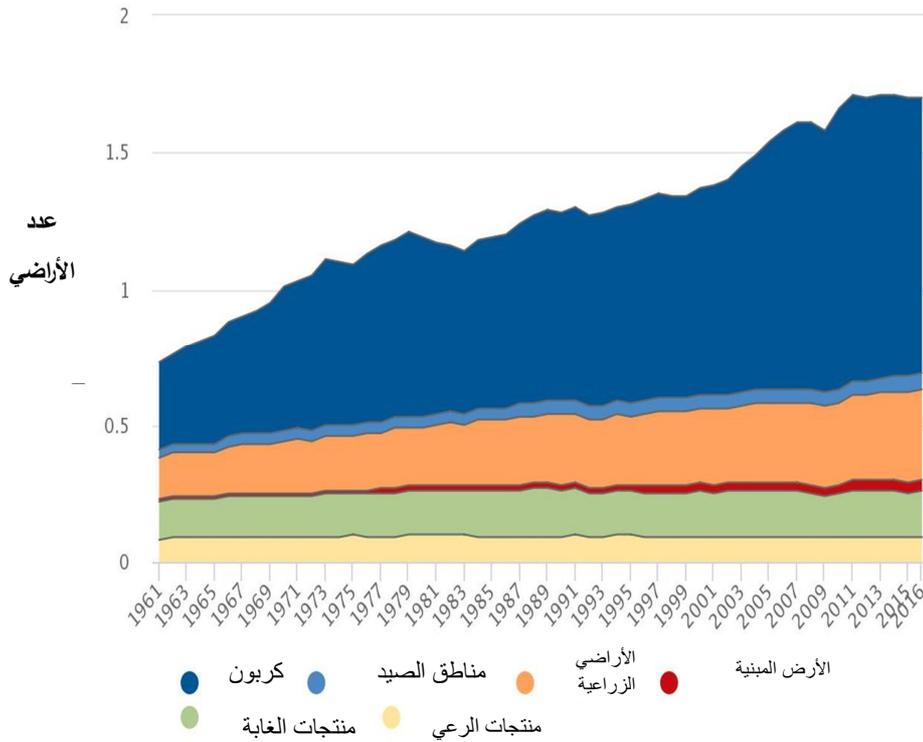
تشير حسابات البصمة الإيكولوجية من 1961 إلى 2010، إلى أن الطلب البشري على الموارد المتجددة والخدمات البيئية زاد بنسبة تقارب 140% (من 7.6 إلى 18.1 مليار هكتار عالمي)، ووصل إلى نقطة حيث منطقة الإنتاج الحيوي للكوكب زادت من 9.9 إلى 12 مليار هكتار عالمي، ولم تعد كافية لدعم المطالب المتنافسة، وفي عام 2010 طالبت البشرية بما يعادل 1.54 تقريبا من قيمة خدمات التزويد والتنظيم³⁷.

وعلى المستوى العالمي كانت الزيادة في الطلب على الأنشطة البشرية أكثر بروزا في البصمة الكربونية (+260%) بسبب الاستخدام المتزايد للوقود الأحفوري والكهرباء والسلع التي تستهلك الكثير من الطاقة، ومكونات بصمة الأراضي الزراعية ب (+ 125%)، ومع ذلك تختلف الآثار حسب فئات الدخل، حيث زاد نصيب الفرد في البلدان ذات الدخل المرتفع فقط مما يشير إلى التحسينات في نمط الحياة، ولكنه انخفض في البلدان ذات الدخل المنخفض، والتي شهدت زيادة ملحوظة في عدد السكان، ونمت البصمة الكربونية من 31 % (في سنة 1965) إلى 63 % (في سنة 2005)، وانخفضت البصمة في الأراضي الزراعية من 37 % (في سنة 1965) إلى 18 % (في سنة 2005) في البلدان ذات الدخل المرتفع، واتبعت البلدان متوسطة الدخل نمطا مماثلا³⁸.

وعلى العكس من ذلك مثلت أراضي المحاصيل عنصر البصمة الرئيسي في البلدان المنخفضة الدخل في سنة 2005، على الرغم من انخفاض مساهمتها من 62 % إلى 44 % من سنة 1965 إلى 2005، والجدل يتوافق بأن البلدان المتوسطة والمنخفضة الدخل تتبع نفس مسار التنمية الذي تتبعه البلدان المرتفعة الدخل، والتي تتميز بالتحول من المجتمعات الزراعية (القائمة على الكتلة الحيوية) إلى المجتمعات الصناعية (القائمة على الوقود الأحفوري).

والشكل رقم (02) يوضح البصمة الإيكولوجية في العالم حسب نوعها من 1961 إلى 2016، حيث يتم تمثيل قيم البصمة من خلال "عدد الأراضي ومساحتها"، وهو مقياس يقسم البصمة الإيكولوجية على القدرة البيولوجية العالمية المتاحة لكل شخص في العالم لسنة 2016، ويتم رسم خط أفقي (1) في الأرض لتوضيح الاتجاهات العالمية في التجاوز الإيكولوجي.

شكل رقم (02): البصمة الإيكولوجية العالمية حسب نوع الأرض



المصدر: من إعداد الباحث بالإعتماد على:

National Footprint and Biocapacity Accounts, Data and Methodology, Global Footprint Network, 2019, disponible sur : <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/>, 04/02/2019.

شهدت البصمة الإيكولوجية للبشرية زيادة مطردة بمعدل 2.1 % سنويا منذ سنة 1961، حيث تضاعفت أكثر من ثلاث مرات: 7.0 مليار هكتار في عام 1961 إلى 22.6 مليار هكتار في سنة 2016، وتشير هذه النتائج مجمعة إلى أن التجاوز الإيكولوجي للأرض بدأ في السبعينيات، ويستمر في النمو بمعدل يبلغ 2 % سنويا، ففي سنة 2016 كانت البصمة الإيكولوجية للبشرية أكبر بنسبة 70.6 % من القدرة البيولوجية للأرض.

زاد نصيب الفرد من البصمة خلال الفترة نفسها بنسبة 26 %، في حين انخفض نصيب الفرد من الطاقة الحيوية بنسبة 48 %، وتشير الزيادة في إجمالي الطاقة الحيوية وانخفاض القدرة الحيوية للفرد الواحد إلى تزايد عدد سكان العالم في الآونة الأخيرة، وانخفضت البصمة العالمية للشخص الواحد بنسبة 1.0 % بين عامي 2010 و 2016، في حين انخفضت القدرة البيولوجية للشخص الواحد بنسبة 2.4 % خلال الفترة الزمنية نفسها، وبعبارة أخرى على الرغم من تناقص نصيبنا الفردي من الطاقة الحيوية في العالم فإننا نخفض أيضا طلبنا الفردي على الطبيعة³⁹.

إن البصمة الكربونية هي أسرع مكونات البصمة نموًا ففي سنة 2016 شكلت 62 % من إجمالي البصمة في العالم، وهذه زيادة ملحوظة عن البصمة الكربونية في سنة 1961، والتي ساهمت في 44 % من البصمة في العالم، أو قبل 150 عاما عندما كانت أقل من واحد في المئة مما هي عليه اليوم، وكانت البصمة الخاصة بالمحصول أكبر المساهمين في البصمة لسنة 2016 بنسبة 20.4 %، تليها المنتجات الغابية (9.8 %)، أراضي الرعي (5.1 %)، وأرض الصيد (3.3 %)، أرض البناء المتراكم (2.3 %)⁴⁰.

تظهر النتائج المقدمة ومن المنظور العالمي أن هناك عجز في القدرة البيولوجية، حيث تكون الآثار البيئية أكبر من القدرة البيولوجية، هذه الأخيرة التي تزيد في المناطق الغابية في شكل إحتياطي ضمن حدود الدول.

3. مقارنة البصمة الإيكولوجية للإستدامة:

يعتمد الإمتداد والإستمرارية في المسار التنموي على ضمان المحافظة على متطلبات الحياة على الكوكب، في إطار توفير رصيد مناسب من الموارد للأجيال الحالية وعدم المساس بالمتطلبات أو الأرصدة الخاصة بالأجيال المستقبلية، لذلك فإن فهم البصمة الإيكولوجية كمؤشر في إطار الإستدامة يعتمد على قدرة إستيعاب الأرض للنشاط البشري وآثاره الإيكولوجية التي تخل بالنظام الإيكولوجي، في حالة عدم وضع السياسات المناسبة لمسار التنمية ذات أفق الإستدامة.

أ. إشكالية الاكتفاء الذاتي في تحليل البصمة الإيكولوجية كأفق للتنمية:

طالما أن التمسك بمفهوم التوازن أساسي للنظم الإيكولوجية فإن فكرة التجاوز الإيكولوجي يمكن أن تكون منطقية على المستوى العالمي، وباعتبار الموارد المتاحة على كوكب الأرض محدودة فليس من المعقول تجاوزها⁴¹، أما باستخدام مقاييس أخرى تكون شرعية هذه الفكرة أكثر إثارة للجدل، فبالطبيق على المدينة نجد أن البصمة الإيكولوجية تعني بالضرورة اعتمادها على منطقة تتجاوزها، ومن غير المعقول الملاحظة بأن النشاط البشري يؤدي إلى التغذية من الأماكن المحيطة لإستيعاب آثاره، لذلك فإن تفسير التخطي البيئي الوطني باعتباره أحد أعراض عدم الاستدامة يعادل التنمية المستدامة بالاكتفاء الذاتي في استخدام الموارد والبيئة، ومثل هذا النهج يشكك بشكل جذري في توافق التجارة الدولية مع التنمية المستدامة من المنظور الليبرالي، فمن المفترض أن تتجه التجارة الدولية نحو تخصيص أفضل للموارد الطبيعية استنادا إلى تخصص البلدان وفقا لمزاياها الإيكولوجية المقارنة، حيث ينبغي أن تسمح بزيادة إنتاجية المساحات والحد من العجز الإيكولوجي العالمي، كما يجب على كل بلد التفكير في التنمية الاقتصادية من حيث المجال الحيوي⁴²، لأن إنكار حقيقة التجارة الدولية والاعتماد المتبادل ربما لا يكون أفضل طريقة لمعارضة العولمة النيوليبرالية.

وكما يبدو فإن هذا النهج لا يتماشى مع أنظمة اتفاقية ريو، التي تعزز التجارة الدولية كوسيلة لتحقيق التنمية المستدامة والوسيلة المفضلة لمكافحة المشاكل البيئية العالمية، لذلك فسيناريو تحقيق الاكتفاء الذاتي في الطاقة الذي تروج له البصمة الإيكولوجية يسير في اتجاه نفي مشاريع أسواق رخص الانبعاثات وآليات المرونة الأخرى المنصوص عليها في بروتوكول كيوتو لإتجاه السياسات البيئية العالمية، وبالتالي فالدعوة إلى الاكتفاء الذاتي في هذا السياق خاطئ. وكتحليل أدق لما سبق نجد أن البلدان ذات أعلى معدل لبصمة الفرد تمثل أغنى البلدان التي لديها أعلى معدل لاستهلاك الفرد والإنتاج، وعليه فالعجز الإيكولوجي حاد بشكل خاص في البلدان الفقيرة للموارد الطبيعية والمكتظة بالسكان، حتى لو كانت بصمتها الإيكولوجية منخفضة للغاية، وعلى العكس يظهر الفائض الإيكولوجي في البلدان ذات الكثافة السكانية المنخفضة والغنية بالموارد الطبيعية.

وعلى الرغم من التفسيرات المتسارعة بهذا المعنى فإن العجز البيئي في أي بلد لا يترجم إلى دين إيكولوجي (detteécologique)⁴³، كون الفشل الإيكولوجي هو مقياس لاستهلاك مجموعة معينة من السكان، وليس استخدام القدرة الإيكولوجية لإقليم معين، أما العجز أو الفائض الناتجة عن مقارنة بصمة السكان الوطنيين مع إمكانات الإنتاج في الإقليم الوطني هي نظرية بحتة، وتتوافق مع الوضع الحقيقي إذا كانت البلدان مكتفية ذاتيا بالكامل ويمكنها الاعتماد فقط على مواردها الخاصة، في حين أن بعض البلدان لديها فائض إيكولوجي محتمل، لذلك تقوم باستغلال بيئتها بشكل مفرط وتصدر الموارد الطبيعية، ونتيجة لذلك يخفضون من رأس مالهم الطبيعي حتى لو لم يكشف قياس البصمة الإيكولوجية عن ذلك، والبعض الآخر قد يعوض العجز الإيكولوجي مع الواردات، فيما يقوم آخرون لمواجهة العجز بتصدير الموارد الطبيعية مما يزيد من تسارع تدهور رأس المال الطبيعي كما هو الحال خاصة في بنغلاديش وإثيوبيا.

وبالتالي فإن الملاحظة البسيطة للفائض أو العجز الإيكولوجيين ليست كافية لاستخلاص استنتاجات بشأن استدامة أنماط التنمية، بل يمكن أن يبرر موقف الانتظار والترقب في البلدان الغنية بالموارد الطبيعية بالفائض الإيكولوجي أين يتم تصديره بشكل كبير من خلال إستغلال الأراضي الغابية.

ب. صلة مؤشر البصمة الإيكولوجية بمؤشر التنمية البشرية:

لم يتم تقديم البصمة الإيكولوجية كمؤشر اصطناعي تلقائي على التنمية المستدامة، ولكن كمؤشر يبرز التأثير البيئي للتنمية الإقليمية، وبالتالي يتم تعبئته بشكل عام بالاشتراك مع مؤشرات أخرى، ويقترح Boutaud عبور البصمة الإيكولوجية ببيانها مع مؤشر التنمية البشرية (HDI) الذي وضعه برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)، من أجل الحصول على تمثيل بياني واضح لمسار التنمية الذي يفصله المجتمع من أجل التحرك نحو التنمية المستدامة، حيث يقدم مثالا للدول التي تم حساب بياناتها المطلوبة من البصمة الإيكولوجية ومؤشر التنمية البشرية.

وبالرغم من كون التمثيل يعرقل الأولويات الموضوعية للإجراءات التي يتعين تنفيذها بالنسبة للولايات والسلطات المحلية في البلدان، إلا أن إدخال الحسابات الخاصة بهذه المؤشرات الاصطناعية يؤدي إلى الحصول على تمثيل لوضعها فيما يتعلق بهدف الاستدامة المحدد من قبل البصمة الإيكولوجية عند أدنى عتبة للاستدامة البيئية بـ 6 ومؤشر التنمية البشرية والتي تبدأ من 0.87⁴⁴.

وهذا هو المسار الذي سلكته عدة سلطات محلية في السنوات الأخيرة، بما في ذلك مجلس الشمال الإقليمي الذي أطلق في عام 2003 برنامجا بعنوان "المؤشرات 21"، يهدف إلى وضع لوحة تحقيق للتنمية المستدامة الإقليمية لمنطقة calais بفرنسا، ويعتمد هذا البرنامج على حساب البصمة الإيكولوجية للإقليم وعلى حساب ثلاثة مؤشرات اجتماعية، اقتصادية واصطناعية: مؤشر التنمية البشرية ومؤشر الفقر البشري (HPI) ومشاركة المرأة في الحياة السياسية.

إن حساب المؤشرات وفق برنامج "المؤشرات 21" كجزء من عمل SRADT8، يعتبر بمثابة مؤشر جزئي لأداة تقييم وضع الإقليم على الرغم من أن طرق حساب هذا المؤشر معقدة، ويمكن أن تكون مثيرة للجدل فيما يتعلق بتوافق النتائج مع حقيقة مستوى الطلب على الموارد الطبيعية التي يصعب تحديدها إلا أنها مقروءة ومفهومة، وما حفز مجلس الشمال الإقليمي لحساب البصمة الإيكولوجية هو الحقيقة النهائية لضرورة وجود مؤشر تعليمي للتواصل بشأن البعد المستدام أو غير المستدام بالمعنى البيئي الدقيق للكلمة، وإذا التزمنا بتحليل وظيفي فالغرض يتعلق بتوفير الخدمات وليس التواصل مع الجمهور العام وبالتالي المساهمة في النقاش العام حول طريقة التنمية التي تختارها المناطق في سياستها العامة⁴⁵.

وبالرغم من كون البصمة الإيكولوجية مؤشر اصطناعي مقيد عند استخدامه، إلا أنه ذو استخدام تربيوي، توعوي وتعليمي للجهات الفاعلة المحلية (مسؤولي الخدمات الإدارية، الجهات الفاعلة الاقتصادية والصناعية والسكان) لوضع السياسات والإجراءات، وإن لم يسمح بابرار آثار تنفيذ القرارات وإظهار التغييرات المحتملة ونتائج السياسات العامة في المدى القصير ومن سنة لأخرى.

ت. تحليل أثر البصمة الإيكولوجية على التنمية المستدامة:

يؤكد الضغط البشري المتزايد على النظم الإيكولوجية للأرض التي تقيسها تقييمات البصمة والنتائج العلمية الأخرى للعديد من الاقتصاديين، إلى تراجع التنوع البيولوجي بمعدل استثنائي، ويعود ذلك جزئيا إلى الضغط البشري على النظم الإيكولوجية والطلب البشري على المحيط الحيوي، والذي تم تتبعه من خلال البصمة الإيكولوجية، ولتوجيه التهديدات للتنوع البيولوجي خلصت العديد من الدراسات إلى أن الإجراءات الحالية للحد من انخفاض التنوع البيولوجي قد لا تكون كافية لأنها تركز على معالجة الأعراض بدلا من الأسباب، وبالتالي يجب أن تفتقر تدابير الحفاظ التقليدية (المناطق

المحمية، المساعدات المتعلقة بالتنوع البيولوجي، إلخ) بتدابير تستهدف الدوافع البشرية للضغوط على التنوع البيولوجي مثل سياسات الاقتصاد الأخضر والحوافز لصالح أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامين. ويمكن أن تساعد المقاييس المستندة إلى العلم والتتبع الكمي في التركيز على النقاش حول الاقتصاد المستدام والرفاهية، بمقترح الجمع بين البصمة الإيكولوجية ومؤشر التنمية البشرية لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي لرصد مدى تقدم الدول نحو النهوض برفاهية الإنسان في حدود الميزانية البيئية - القدرة البيولوجية - للمحيط الحيوي⁴⁶. يشير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لسنة 2013 إلى أن عددا قليلا جدا من البلدان تحقق تنمية بشرية عالية (0.67 أو أعلى) ضمن مستوى قابل للتكرار عالميا من الطلب على الطاقة الحيوية (نصيب الفرد من آثار البصمة أقل من 1.79 هكتار عالمي لسنة 2007)، ونظرا لأن البلدان التي حسنت رفاهية مواطنيها قد زادت من استخدام مواردها خارج مستوى معين، فمن المحتمل ألا يتم الحصول على مكاسب التنمية البشرية الصغيرة إلا من خلال زيادات كبيرة في البصمة الإيكولوجية⁴⁷.

وتسلط هذه النتائج الضوء على التحدي المتمثل في تحقيق مستوى عالمي عال من التكرار لرفاهية الإنسان دون تجاوز الأصول البيئية للكوكب باتباع مسار التنمية المعتاد لقطاع الأعمال، ووفقا لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي لسنة 2013، فإن هذا الوضع لا يبشر بالخير بالنسبة للعالم، وبمرور الوقت أصبح الوضع أشد وطأة من خلال الابتكارات التكنولوجية كتحسين جودة المنتج وقوة التحمل وكفاءة الموارد، وبالتالي هناك حاجة إلى التحول في أنماط الاستهلاك والإنتاج لتخفيف الانتقال نحو تنمية بشرية عالية داخل مساحة التشغيل الآمنة للأرض، فحسب Kubiszewski⁴⁸: "إذا كنا نأمل في تحقيق مستقبل مستدام ومرغوب فيه، نحتاج إلى تحويل تركيز سياستنا بسرعة بعيدا عن تعظيم الإنتاج والاستهلاك، نحو تحسين رفاهية الإنسان الحقيقية".

IV. الخلاصة:

توضح نتائج البصمة الإيكولوجية مدى بُعد البشرية عن مساحة التشغيل الآمنة والعادلة، نتيجة الإفراط في استخدام الموارد الطبيعية والخدمات البيئية، ولهذا الأمر أهمية مباشرة في وجود تحذير مبكر لسياسات واستراتيجيات الاستدامة، لذلك زاد عدد الوكالات الحكومية، المؤسسات والمجتمعات التي تتبنى البصمة الإيكولوجية كمؤشر أساسي للاستخدام المستدام للموارد في جميع أنحاء العالم، من خلال قياس طلب البشرية على النظام الإيكولوجي للأرض، ومقارنته بالقدرة البيولوجية على التجدد، لذلك فمدى إستيعاب البيئة للنشاط مقياس للقدرة على تجديد الموارد الحيوية واستيعاب النفايات وفقا لمنطقة معينة، مما يبين مقدار المساحة اللازمة للتعامل مع الضغط البشري، ووسيلة لإبراز الحالة والرصيد العام من الموارد ورأس المال الطبيعي المتوفر للأجيال الحالية، وهو ما يخول إمكانية وضع وبناء سياسة الأجيال المستقبلية لضمان رفاهيتها، وبدل ما تقدم على توافق يسمح بالحكم على صحة الفرضية العامة والأساسية للدراسة. وبناء على التعبئة العلمية والتحليلية السابقة لرصد وتوضيح علاقة البصمة الإيكولوجية كمؤشر بالإستدامة البيئية والتنمية، في إطار الربط بين رفاهية الحاضر والمستقبل للبشرية ونشاطها التنموي، نورد النتائج الموالية:

- تسمح دراسة البصمة الإيكولوجية بالحد وبشكل كبير من المطالب على البيئة وتحويل أنظمتها الاجتماعية، السياسية والاقتصادية لتلبية احتياجات الناس دون استنفاد الموارد الطبيعية بشكل مستدام؛
- يؤدي قياس البصمة الإيكولوجية إلى تحويل الاستراتيجيات التنموية بعيدا عن التوسع الاقتصادي الذي لا هوادة فيه والتركيز على الاستراتيجيات التي تعمل على تحسين نوعية حياة الناس دون تصاعد استهلاك الموارد؛

- البصمة الإيكولوجية لا تحد من الخطط التنموية لتحسين الرفاهية الاجتماعية، ولكنها في الواقع تساعد على تحقيق بيئة صحية ومستدامة؛
- يتطلب إدراج البصمة الإيكولوجية كمؤشر للاستدامة إقترانها بمؤشرات أخرى، وأهمها مؤشر التنمية البشرية لضمان توفير أولويات بناء السياسات التنموية المستدامة، للربط بين المستويات الاقتصادية، البيئية والاجتماعية؛
- لا تعتمد قيمة البصمة كمقياس للاستدامة على السلامة العلمية للمنهجية فقط، ولكن أيضا على التطبيق الثابت لها عبر التحليل؛
- تعتمد نتائج التحليل للبصمة الإيكولوجية التي يتم التوصل لها على تلبية الاحتياجات والمراجعة العلمية المستمرة للمنهجية، وتطوير معايير التحكم في تطبيقاتها.
- وإعطاء وإضفاء بعد توجيهي أحسن للاستدامة بالبصمة الإيكولوجية نضع الإقتراحات التالية:
- إشراك الجهات الفاعلة العامة في تحويل تشخيصات البصمة إلى وصفات سياسية خاصة بقطاعات محددة؛
- تشجيع دمج خطر التجاوز الإيكولوجي العالمي في اتخاذ القرارات الاقتصادية؛
- تطوير تقييمات البصمة على المستوى القطاعي لتقليص الفجوة بين الوعي وتنفيذ الحلول، لأن سد هذه الفجوة ضروري لتحقيق أهداف التنمية المستدامة ومواءمة الاقتصاد البشري مع ميزانية الطبيعة المحدودة.

V. الهوامش والإحالات:

¹ Jurek Kolasa, Ecological Understanding: The Nature of Theory and the Theory of Nature, 2013, p51, disponible sur : <https://books.google.dz/books?isbn=0080504973>, 25/01/2019.

² Gisele Silva Barbosa, A Conceptual Review of the Terms Sustainable Development and Sustainability, International Journal of Social Sciences Vol. III (2), 2014, p7, disponible sur : https://www.iises.net/download/Soubory/soubory-puvodni/pp-01-15_ijossV3N2.pdf, 24/01/2019.

³ Elena Giovannoni, What Is Sustainability? A Review of the Concept and Its Applications, Integrated reporting, 2014, p22, disponible sur : [http://www.pmir.it/fileCaricati/1/GiovannoniandFabietti%20\(2013\).pdf](http://www.pmir.it/fileCaricati/1/GiovannoniandFabietti%20(2013).pdf), 24/01/2019.

⁴ Monika MacDevette, Green Economy WHAT DO WE MEAN BY GREEN ECONOMY?, UNEP Division of Communications and Public Information, 2012, p5, disponible sur : <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/14758/retrieve>.

⁵ Jean Gadrey, Richesse et développement durable : mesurer quoi pour aller où ?, L'encyclopédie du développement durable, Les éditions des Récollets, 2009, p1, disponible sur : http://encyclopedie-dd.org/IMG/pdf_N_79_Gadrey_1.pdf, 25/01/2019.

⁶ Kitzes J., Wackernagel M., Interpretation and application of the Ecological Footprint: A reply to Fiala (2008), ECOLOGICAL ECONOMICS 68, 2009, p 929, disponible sur : http://folk.ntnu.no/daniemor/pdf/KitzesEtAl_RepIToFiala_2009.pdf, 27/01/2019.

⁷ Goel Sonu, Ecological Footprint: A tool for measuring Sustainable development, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES Volume 2, No 1, 2011, p141, disponible sur : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.214.8313&rep=rep1&type=pdf>, 27/01/2019.

⁸ William E. Rees, Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out, Environment and Urbanization, Vol 4., No2., 1992, p 122, disponible sur : https://www.researchgate.net/.../250060794_Ecological_Footprints, 27/01/2019.

⁹ Rees W., Wackernagel M., Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability. Environmental Impact Assessment Review. 16, 1996, p 224, disponible sur : https://www.researchgate.net/.../227127196_Urban_Ecological_Fo, 28/01/2019.

¹⁰ Kitzes J. , Wackernagel M., Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts, Science for Environment & Sustainable Society ,Vol.4, No.1 , 2007, p1, disponible sur : https://elearning.humnet.unipi.it/pluginfile.php/101791/mod_resource/content/0/Footprint%20Method%202006.pdf, 29/01/2019.

- ¹¹ ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS 2009, GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, RESEARCH ANSTANDARDS DEPARTMENT, 2009, p7, disponible sur : https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2009.pdf, 29/01/2019.
- ¹² Kitzes J. , Wackernagel M., Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts, Op.Cit., p2.
- ¹³ The Ecological Footprint: Frequently Asked Question, Global Footprint Network and the Ecological Footprint, 2007, p2-3, disponible sur : https://www.footprintnetwork.org/content/documents/Footprint_FAQs.pdf, 30/01/2019.
- ¹⁴ Wackernagel Mathis, Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 99, n° 14, 2002, p 9266, disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/11286869_Tracking_the_Ecological_Overshoot_of_the_Human_Economy, 30/01/2019.
- ¹⁵ Florian Schaefer, Ecological Footprint and Biocapacity, The world's ability to regenerate resources and absorb waste in a limited time period, the official opinion of the European Commission, 2006, p7, disponible sur : <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3888793/5835641/KS-AU-06-001-EN.PDF>, 30/01/2019.
- ¹⁶ Marco Keinerm, The Future of Sustainability, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zrichü, 2006, p17, disponible sur : <https://epdf.pub/the-future-of-sustainability.html>, 31/01/2019.
- ¹⁷ World Wildlife Fund (WWF) , ALining for Greece, Proposal, 2013, p14, disponible sur : <http://www.wwf.gr/images/pdfs/Living-Economy-Vision-in-Greece-EN.pdf>, 31/01/2019.
- ¹⁸ ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS 2009, Op.Cit., p8.
- ¹⁹ Idem.
- ²⁰ Thomas Wiedmann, A Review of the Ecological Footprint Indicator—Perceptions and Methods, Sustainability, Vol2, 2010, p1650, disponible sur : <https://www.mdpi.com/2071-1050/2/6/1645/pdf>, 01/02/2019.
- ²¹ Fridolin Krausmann, Long-term trajectories of the human appropriation of net primary production: Lessons from six national case studies, Ecological Economics, Vol 77, 2012, p129, disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800912000833>, 01/02/2019.
- ²² L'empreinte écologique : revue de littérature et analyse critique, Cahier technique et méthodologique, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2009, p 20, disponible sur : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/empreinte-ecologique.pdf>, 01/02/2019.
- ²³ Ibid., p21.
- ²⁴ Ibid., p22.
- ²⁵ David Lin, Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018, Resources Vol 7, No 58, 2018, p2, disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/327703842_Ecological_Footprint_Accounting_for_Countries_Updates_and_Results_of_the_National_Footprint_Accounts_2012-2018, 03/02/2019.
- ²⁶ National Footprint and Biocapacity Accounts, Data and Methodology, Global Footprint Network, 2019, disponible sur : <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/>, 04/02/2019.
- ²⁷ Idem.
- ²⁸ David Moore, Methodology for Calculating the Ecological Footprint of California, U.S. Environmental Protection Agency, 2013, p7, disponible sur : https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/EcologicalFootprintCalifornia_Method_2013.pdf, 04/02/2019.
- ²⁹ Kitzes J., Wackernagel M., Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts, Op.Cit., p4.
- ³⁰ Alane Lim, What Is Ecological Footprint? Definition and How to Calculate It, Social Sciences, 2018, disponible sur : <https://www.thoughtco.com/what-is-ecological-footprint-4580244>, 05/02/2019.
- ³¹ Mathis Wackernagel, Calculating National and Global Ecological Footprint Time Series: Resolving Conceptual Challenges, Land Use Policy Special Issue "Land Use and Sustainability Indicators", 2003, p7, disponible sur : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.725.2625&rep=rep1&type=pdf>, 05/02/2019.
- ³² Natacha Gondran, Empreinte écologique : comparer la demande et l'offre de ressources régénératives de la biosphère, l'encyclopédie du développement durable, 2009, p3, disponible sur : http://encyclopediedd.org/IMG/pdf_N_105_GondranBoutaud.pdf, 06/02/2019.
- ³³ <http://faost.org/default.aspx>, 06/02/2019.
- ³⁴ Idem.
- ³⁵ Idem.
- ³⁶ Idem.
- ³⁷ WWF International, Living Planet Report 2014, Species and spaces, people and places, 2014, p 32, disponible sur : https://www.wwf.or.jp/activities/data/WWF_LPR_2014.pdf, 06/02/2019.

³⁸ Alessandro Galli, Humanity's growing Ecological Footprint: sustainable development implications, Global Footprint Network, Brief for GSDR 2015, 2015, p1, disponible sur : <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5686humanitysgrowingecologicalfootprint.pdf>, 06/02/2019.

³⁹ Idem.

⁴⁰ Idem.

⁴¹ Ecological Balance, Karen Hill tribes living in balance with nature. Huay Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand, disponible sur : https://wwf.panda.org/knowledge_hub/teacher_resources/webfieldtrips/ecological_balance/, 10/02/2019.

⁴² Valérie Boisvert, L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE :UN INDICATEUR DE DÉVELOPPEMENT DURABLE?, Le développement durable, Une perspective pour le XII siècle, Réseau des Universités, 2003, p 181, disponible sur : http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-06/010038154.pdf, 10/02/2019.

⁴³ Ibid., p182.

⁴⁴ Goxe A., Rousseau S., L'empreinte écologique : nouvel indicateur, ancienne approche ? Mise en perspective et analyse territoriale de l'empreinte écologique, Les indicateurs territoriaux du développement durable. Questionnements et expériences, Paris, L'Harmattan, 2007, p 8, disponible sur : http://ceraps.univlille2.fr/fileadmin/user_upload/enseignants/Goxe/Articles_et_chapitres/Goxe_Rousseau_Empreinte_Ecologique_2007.pdf, 11/02/2019.

⁴⁵ Idem.

⁴⁶ Alessandro Galli, Op.Cit., p3.

⁴⁷ Idem.

⁴⁸ Kubiszewskim Idam, Beyond GDP: Measuring and Achieving Global Genuine Progress, Ecological Economics, Vol 93, 2013, p 67, disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/236975538_Beyond_GDP_Measuring_and_Achieving_Global_Genuine_Progress, 12/02/2019.