



HAL
open science

Etat de l'art et perspectives de développement des outils de calcul d'empreinte écologique

Audrey Naulleau, M. Chataigner, G. Météé, R. Quentel

► To cite this version:

Audrey Naulleau, M. Chataigner, G. Météé, R. Quentel. Etat de l'art et perspectives de développement des outils de calcul d'empreinte écologique. Sciences de l'environnement. 2009. hal-02591759

HAL Id: hal-02591759

<https://hal.inrae.fr/hal-02591759v1>

Submitted on 15 May 2020

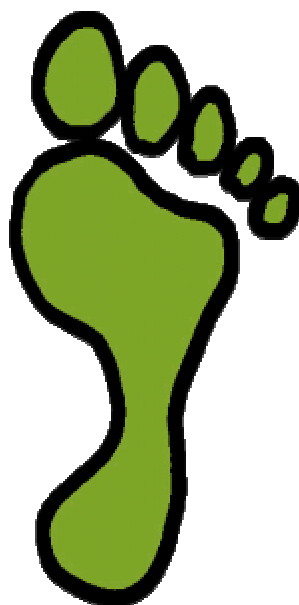
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Adrien NAULLEAU
Matthieu CHATAIGNER
Guillaume METEE
Ronan QUENTEL

Janvier 2009

Etat de l'art et perspectives de développement des outils de calcul d'empreinte écologique



REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, nous souhaiterions remercier le Cemagref Rennes et plus particulièrement son directeur Nicolas PETIT sans qui nous n'aurions pas eu accès aux données du Cemagref.

Nous tenons également à adresser nos remerciements à Pascal MALLARD et Lynda AISSANI, de l'unité de recherche « Traitement biologique et gestion environnementale des déchets » qui par leur aide, leurs conseils, leur expérience et leur disponibilité ont contribué au bon déroulement de cette étude et à la réalisation de ce travail.

Merci également à notre enseignant superviseur du projet, Valérie NOUVEL, responsable du pôle déchet et chargée de recherche et développement à l'EME, pour avoir encadré notre étude et de nous avoir guidé tout au long de ce projet.

Enfin, nous remercions les nombreux intervenants extérieurs qui nous ont permis de faire évoluer, notre travail :

Notamment Christophe BEUROIS de Médiation et Environnement, pour son intervention enrichissante.

Egalement Christelle HOUDAULT, Technicienne au Service Gestion des Déchets pour la Communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire, pour le temps consacré à la recherche des données de collecte.

Mais aussi, pour leur participation à l'enquête, Tiphaine GUILBAULT, Chargée de projet "Empreinte écologique" au Conseil du pays de Guingamp ; Ronan LE LOUARN, Chargé de l'Agenda 21 au conseil régional de Bretagne ; Céline WARNERY, Ingénieur agronome.

TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION	11
I. 1. CEMAGREF	11
<i>I. 1. 1 Organisation de la structure scientifique</i>	11
<i>I. 1. 2 Le centre régional de Rennes</i>	11
I. 2. PROBLEMATIQUE	12
I. 3. METHODOLOGIES ET PLANNING	13
<i>I. 3. 1 Description précise des méthodologies au regard des objectifs</i>	13
<i>I. 3. 2 Présentation du planning</i>	14
II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	15
II. 1. INTRODUCTION : LA MESURE DU DÉVELOPPEMENT	15
<i>II. 1. 1 Les 3 grands enjeux</i>	15
<i>II. 1. 2 Soutenabilité et durabilité</i>	15
<i>II. 1. 3 Indicateurs</i>	16
II. 2. LES OUTILS ENVIRONNEMENTAUX ACV ET BC	18
<i>II. 2. 1 L'outil Bilan carbone</i>	18
II. 2. 1. 1 Principe d'ensemble	18
a) Objectifs et généralités sur la méthode	18
b) La norme ISO 14064	19
c) L'outil Bilan Carbone se décline en 2 versions	19
II. 2. 1. 2 La version « Entreprise »	19
II. 2. 1. 3 La version « Collectivités »	20
a) Diagnostic « Patrimoine et Services »	20
b) Diagnostic « Territoire »	20
II. 2. 1. 4 Périmètres et limites de la méthode	21
a) Facteurs d'émissions	21
b) Gaz retenus et unités de mesure	21
c) Comparaisons entre gaz :	22
d) Périmètres	23
<i>II. 2. 2 L'outil ACV</i>	25
II. 2. 2. 1 Principe de l'ACV	25
a) Objectif général	25
b) Normes	25
II. 2. 2. 2 Méthodologie	26
a) Définition des objectifs et du champ d'étude	26
b) Réalisation de l'ICV (Inventaire de Cycle de Vie)	27
c) Évaluation des impacts environnementaux (ACVI)	29
II. 2. 2. 3 Interprétation des résultats	30
II. 3. METHODOLOGIE DE L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE	32
<i>II. 3. 1 Principe de calcul de l'empreinte écologique</i>	32
II. 3. 1. 1 Lien entre la biocapacité et l'empreinte écologique : les surfaces bioproductives	32
a) Biocapacité et Empreinte écologique	32
b) Overshoot	33
c) Calcul des surfaces disponibles ou bioproductives	34
d) Calcul de l'empreinte et facteurs de conversion associés	35
II. 3. 1. 2 Facteurs d'équivalence et de rendement	36
a) Les facteurs d'équivalence (EQF)	36

b) Les facteurs de rendement.....	37
II. 3. 2 Réalisation des calculs appliqués	39
II. 3. 2. 1 Méthodes de calcul.....	39
a) Les différentes approches de calcul de l’empreinte écologique	39
b) Les types d’empreinte écologique.....	39
c) Approfondissement au niveau du calcul d’empreinte écologique produit ou service.....	40
II. 3. 2. 2 Matrice de calcul.....	41
a) Elaboration de la matrice compound.....	41
b) Elaboration de la matrice component.....	41
c) Périmètre d’utilisation de la matrice component.....	42
II. 3. 3 Limites, caractéristiques, fonctions.....	43
II. 3. 3. 1 Limites conceptuelles	43
a) Partage de la Terre.....	43
b) Dimension environnementale de la durabilité	43
c) Approfondissement énergie nucléaire	44
II. 3. 3. 2 Limites de la méthodologie de calcul	45
a) Tourisme.....	45
b) Énergie grise:.....	46
II. 3. 3. 3 Caractéristiques de l’indicateur	46
a) Incertitude	46
b) Sensibilité	47
c) Robustesse.....	47
d) Transparence.....	47
II. 3. 3. 4 Fonctions de l’indicateur.....	48
a) Simplification et quantification	48
b) Communication et interprétation.....	48
II. 4. BILAN ET PLACE DE L’EMPREINTE ECOLOGIQUE COMME OUTIL ENVIRONNEMENTAL.....	49
II. 4. 1 Bilan sur les 3 indicateurs	49
II. 4. 1. 1 Complémentarité vis-à-vis de l’empreinte	49
II. 4. 1. 2 Synthèse des 3 outils d’évaluation environnementale.....	50
II. 4. 2 Acteurs de l’empreinte écologique.....	51
II. 4. 2. 1 Acteurs d’ensemble	51
a) GFN.....	51
b) WWF International	51
c) BFF.....	52
d) Redefining Progress	52
e) Stockholm Environment Institut	53
f) Ecolife.....	53
II. 4. 2. 2 Acteurs français.....	53
a) Angenius Institut	53
b) WWF France.....	54
c) Médiation et environnement.....	54
d) Mesurer le développement durable.....	54
e) IFEN.....	54
II. 4. 3 Applications de l’empreinte écologique.....	56
II. 4. 3. 1 Monde	56
a) Applications.....	56
II. 4. 3. 2 Royaume-Uni.....	56
a) Applications.....	56
b) One Planet Living.....	57
II. 4. 3. 3 France.....	57
III. RESULTATS D’ETUDE.....	59
III. 1. L’OUTIL LOGICIEL POUR LE CALCUL DE L’EMPREINTE ECOLOGIQUE	59
III. 1. 1 Recensement des logiciels de calcul d’empreinte écologique.....	59

III. 1. 2 Analyse comparative avec la trame d'analyse.....	60
III. 1. 2. 1 Elaboration de la trame	60
III. 1. 2. 2 Identité des logiciels	60
III. 1. 2. 3 Périmètre d'étude	60
III. 1. 2. 4 Cible, utilisateur	61
III. 1. 2. 5 Utilisation du logiciel	61
III. 1. 2. 6 Collecte des données	62
III. 1. 2. 7 Calculateur.....	63
III. 1. 2. 8 Résultats	63
III. 1. 2. 9 Bilan	66
III. 2. SIMULATION AVEC UN LOGICIEL D'EMPREINTE ECOLOGIQUE.....	68
III. 2. 1 Présentation de l'outil de calcul d'empreinte écologique des déchets.....	68
III. 2. 2 Simulation du logiciel avec les données de CARENE.....	69
III. 2. 2. 1 Empreinte écologique brute de la collecte	69
a) Etape 1 : La collecte	69
b) Etape 2 : Véhicules	69
c) Etape 3 : Energies.....	70
d) Etape 4 : Contenants	71
e) Résultats	71
III. 2. 2. 2 Empreinte du tourisme et des artisans-commerçants	72
a) Empreinte du tourisme (Pornichet).....	72
b) Empreinte des artisans-commerçants.....	73
III. 2. 3 Conclusion.....	74
III. 3. ENQUETE AUPRES DES UTILISATEURS DE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE	75
III. 3. 1 Projet du pays de Guingamp.....	75
III. 3. 1. 1 Attentes	75
III. 3. 1. 2 Mesure du changement.....	75
III. 3. 2 Projet REPAS-RC.....	77
III. 3. 2. 1 Attentes	77
III. 3. 2. 2 Mesure du changement.....	77
III. 3. 3 Vision du Conseil Régional de Bretagne	78
III. 3. 3. 1 Perspectives d'applications de l'empreinte	78
III. 3. 3. 2 Les indicateurs de développement durable au sein de la Région Bretagne.....	78
IV. CONCLUSION.....	79
IV. 1. REPONSE A LA PROBLEMATIQUE	79
IV. 1. 1 Résultats d'étude	79
IV. 1. 2 L'empreinte écologique : outil d'aide à la décision ?.....	80
IV. 2. PISTES DE REFLEXION	82
IV. 2. 1 Réflexion générale sur le projet.....	82
IV. 2. 2 Poursuite du projet.....	82
BIBLIOGRAPHIE	83
ANNEXES.....	88
ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE DU PAYS DE GUINGAMP	88
ANNEXE 2 : TRAME D'ANALYSE.....	89
ANNEXE 3 : TRAME D'ANALYSE ECOLIFE	95
ANNEXE 4 : TRAME D'ANALYSE BFF	101
ANNEXE 5 : LISTING DES LOGICIELS EE.....	107

ANNEXE 6 : TRAME DE COLLECTE DES DONNEES DU LOGICIEL SITA..... 109
ANNEXE 7 : PROJECT..... 110

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : Analyse de Cycle de Vie
ACVI : Evaluation des impacts environnementaux
ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
BC : Bilan Carbone
Bedzed : Beddington Zero Energy Development
CCI : Chambre du Commerce et de l'Industrie
CFC : Chloro Fluoro Carbones
CIRAIG : Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services
EDF : Electricité de France
EE : Empreinte Ecologique
EEA : European Environment Agency's
EED : empreinte Ecologique des Déchets
EES : Empreinte Ecologique Simplifiée
EF : Ecological Footprint
EMC : Environmentally weighted Material Consumption
EME : Ecole des Métiers de l'Environnement
EPE : Evaluation de la Performance Environnementale
EPST : Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique
EQF : Equivalence Factor
ERT : Equipe de Recherche Technologique (ERT)
FAO : Food and Agriculture Organization
GAEZ : Global Agro-Ecological Zones
GDF : Gaz de France
GERE : Gestion environnementale et traitement biologique des déchets
GES : Gaz à Effet de Serre
GFN : Global Footprint Network
Gha : Global hectares
GHG : GreenHouse Gas
GIEC :Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
Ha : Hectare
HANPP : Human Appropriated Net Primary Productivity
ICV : Inventaire du Cycle de Vie
IFEN : Institut Français de l'Environnement
IPPC : Integrated Pollution Prevention and Control
IPV : Indice Planète Vivante
ISA : Integrated Sustainability Analysis
ISO : International Organization for Standardization
Kg : Kilogramme
LUA : Land Use Accounting
Md : Milliard
MIPS : Material Input Per Unit of Service
NAMEA : National Accounting Matrix with Environmental Accounts
NFA : Nationals Footprint Accounts
NPP : Net Primary Productivity
OPL : One Planet Living
PIB : Produit Intérieur Brut
PRG : Pouvoir de Réchauffement Global
RC : Restauration Collective
REPAS RC : Repères pour l'Evolution des Pratiques Alimentaires en Restauration Collective
SCOP : Société Coopérative de Production
SEI : Stockholm Environment Institute

SoE : State of the Environment
TCF : Technical Conversion Factor
TEO : Tableur Empreinte Ouverte
TERE : Technologie des équipements agro-alimentaires
U.R : Unités de Recherche
UCO : Université Catholique de l'Ouest
UMR : Unités Mixtes de Recherche
UNEP : United Nations Environment Programme
WWF : World Wildlife Fund
YF : Yield Factors

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Rôle des parties prenantes	13
Figure 2.	Les 3 principes du développement durable [Traissard, 2008]	16
Figure 3.	Les différents périmètres de la méthode Bilan Carbone® [El Bouazzaoui, 2008] ...	24
Figure 4.	Cadre d'une ACV [CIRAIG , 2008]	26
Figure 5.	Exemple de frontière d'un système [Le Guern, 2008]	27
Figure 6.	Exemple de principe de recueil des données	27
Figure 7.	Exemple de calcul des données	28
Figure 8.	Recyclage en Boucle fermée.....	28
Figure 9.	Recyclage en Boucle ouverte	29
Figure 10.	Evaluation de l'impact du cycle de vie	29
Figure 11.	Représentation de l'overshoot [Ewing et al, 2008b]	33
Figure 12.	Surfaces bioproductives [Ewing et al, 2008b]	37
Figure 13.	Relation entre les différents types d'empreintes	40
Figure 14.	Productivité de différentes sources d'énergie [Wackernagel et Rees, 2005]	45
Figure 15.	Interfaces respectivement Ecolife et BFF.....	61
Figure 16.	Question type à choix multiples	62
Figure 17.	Choix pour la facture énergétique	62
Figure 18.	Choix pour l'énergie	63
Figure 19.	Représentation des résultats BFF	64
Figure 20.	Représentation des résultats Ecolife.....	64
Figure 21.	Comparaison du résultat.....	65
Figure 22.	Sensibilisation de l'utilisateur	65
Figure 23.	Curseur d'efficacité économique	66
Figure 24.	Entrée des données gisement et population	69
Figure 25.	Entrées des données véhicules.....	70
Figure 26.	Entrée des données énergies	70
Figure 27.	Entrée des données bacs et sacs	71
Figure 28.	Distribution détaillée de l'empreinte écologique	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Classification des impacts [El Bouazzaoui, 2008].....	17
Tableau 2.	Catégories de sol [Wackernagel et Rees, 2005].....	34
Tableau 3.	Classes de productivité GAEZ [Ewing et al, 2008a].....	37
Tableau 4.	Facteurs d'équivalence [Ewing et al, 2008a].....	37
Tableau 5.	Matrice component.....	42
Tableau 6.	Synthèse des principaux outils d'évaluation environnementale.....	50
Tableau 7.	Piste d'améliorations [Grand Lyon, 2004].....	58
Tableau 8.	Identité des logiciels.....	60
Tableau 9.	Domaines d'application des différents indicateurs.....	79

I. INTRODUCTION

I. 1. CEMAGREF

Dans un premier temps le Cemagref sera présenté d'une manière générale. Il sera évoqué dans un deuxième temps, les travaux réalisés par le Cemagref Rennes et en particulier l'unité spécifique de recherche GERE.

I. 1. 1 Organisation de la structure scientifique

Le Cemagref est un établissement public à caractère scientifique et technologique (EPST), de recherche finalisée sur la gestion des eaux et des territoires. Il est placé sous la double tutelle des ministères en charge de la Recherche et de l'Agriculture.

Son budget est de 88,9 M€ et les recettes provenant des contrats s'élèvent à 18,2 M€ en 2007. Ses recherches sont orientées vers la production de connaissances nouvelles et d'innovations techniques utilisées par les gestionnaires, les décideurs et les entreprises pour répondre à des questions concrètes de société dans les domaines de la gestion des ressources, de l'aménagement et de l'utilisation de l'espace.

Le Cemagref emploie environ 1350 personnes dont 950 permanents pour moitié chercheurs et ingénieurs, sur 9 sites principaux, répartis en 28 unités de recherche : 21 unités de recherche propres, 6 unités mixtes de recherche (UMR) et une équipe de recherche technologique (ERT). Leurs compétences relèvent des sciences de l'ingénieur, des sciences de la nature et du vivant, des sciences de l'univers et des sciences humaines et sociales.

Chacune des unités de recherche est constituée d'équipes bien identifiées, chaque équipe assurant la mise en œuvre totale ou partielle d'un thème de recherche.

Il accueille en outre plus de 200 doctorants, 40 post-doctorants et chercheurs étrangers, ainsi qu'environ 250 stagiaires de niveau master. **[Cemagref, 2008]**

I. 1. 2 Le centre régional de Rennes

Il est implanté sur le site de Rennes Beauregard où il regroupe une soixantaine d'agents permanents dont 30 ingénieurs et chercheurs, sous la direction de M. Nicolas PETIT.

Ses travaux sont menés à la fois en laboratoire et "sur le terrain", où les équipes interviennent tant dans des sites naturels que sur des installations de traitement des ordures ménagères ou des déjections animales ou encore dans des usines de transformation alimentaire.

Son budget annuel, hors personnel permanent, est voisin de 2 millions d'euros. Il est constitué de deux Unités de Recherche (U.R.) :

U.R. GERE : Gestion environnementale et traitement biologique des déchets, sous la responsabilité de M José MARTINEZ.

U.R. TERE : Technologie des équipements agro-alimentaires, sous la responsabilité de M Armel DAVENEL **[Cemagref, 2007]**

I. 2. PROBLEMATIQUE

Un des axes de développement des travaux de recherche du Cemagref est l'évaluation environnementale des projets liés à la gestion des déchets.

Dans le cadre du développement en cours de méthodes d'évaluation environnementale appliquées à la gestion des déchets, le Cemagref s'est inscrit en demandeur d'un état de l'art de l'empreinte écologique.

Plus précisément, le Cemagref souhaite faire un état de l'art des logiciels de calcul d'empreinte écologique afin d'identifier leurs atouts et contraintes pour par la suite mieux définir sa contribution à leur développement d'une part, et d'autre part vérifier leur pertinence vis-à-vis des attentes de leurs utilisateurs potentiels.

Afin de répondre à ces attentes, nous allons dans la suite de cette introduction (I.3. La mesure du développement) montrer la nécessité d'avoir des indicateurs voire des outils, d'évaluation environnementale, ceci du fait des enjeux actuels.

Ensuite, nous rédigerons une partie bibliographie en trois points.

L'intérêt est de s'aider des méthodes ACV et Bilan Carbone pour mettre en perspective la méthode empreinte. Plus simplement, une comparaison de ces outils au niveau des limites, caractéristiques sera effectuée.

Le premier établira la méthodologie ainsi que les conclusions inhérentes, aux deux outils Bilan Carbone et ACV.

Le second montrera la méthodologie, la réalisation de calculs appliqués ainsi que ses limites. Le troisième conclura sur la complémentarité potentielle de chacun de ces 3 outils/indicateurs et exposera les applications et les acteurs de l'empreinte écologique.

Puis, 3 résultats d'étude seront montrés au regard de la problématique :

En premier lieu, les logiciels d'empreinte écologique seront répertoriés et une trame d'analyse réalisée pour permettre de conclure sur la pertinence vis-à-vis de leurs utilisateurs potentiels.

En second lieu, nous étudierons un logiciel particulier d'empreinte écologique, appliqué au domaine du déchet, pour répondre à la question de l'évaluation environnementale appliquée aux déchets.

En dernier lieu, une enquête sera réalisée auprès des utilisateurs de l'empreinte écologique. A travers les différents interlocuteurs, elle permettra de confronter les attentes et la mesure du changement mais également d'évoquer les perspectives.

I. 3. METHODOLOGIES ET PLANNING

I. 3. 1 Description précise des méthodologies au regard des objectifs

Le recueil des documents réalisant l'état de l'art des 3 outils d'évaluation environnementale a fait appel à de nombreuses sources dont la mise à disposition de données par le Cemagref. Cette transmission d'informations a pu s'effectuer par l'envoi de ressources mais aussi par des réunions au Cemagref.

Lors de ces réunions des documents montrant le travail réalisé ont servis de base de discussion. Chaque réunion a fait l'objet d'un compte-rendu inspiré d'un document professionnel. Ce compte-rendu a été transmis aux personnes concernées pour correction et validation.

Un suivi hebdomadaire a été réalisé pour permettre non seulement d'assurer la transmission des informations, mais également pour vérifier l'adéquation du travail réalisé avec les objectifs.

L'intervention de partenaires supplémentaires nécessaires à ce travail, a pu être possible grâce aux contacts de l'enseignant référent et du Cemagref comme le montre le schéma bilan suivant :

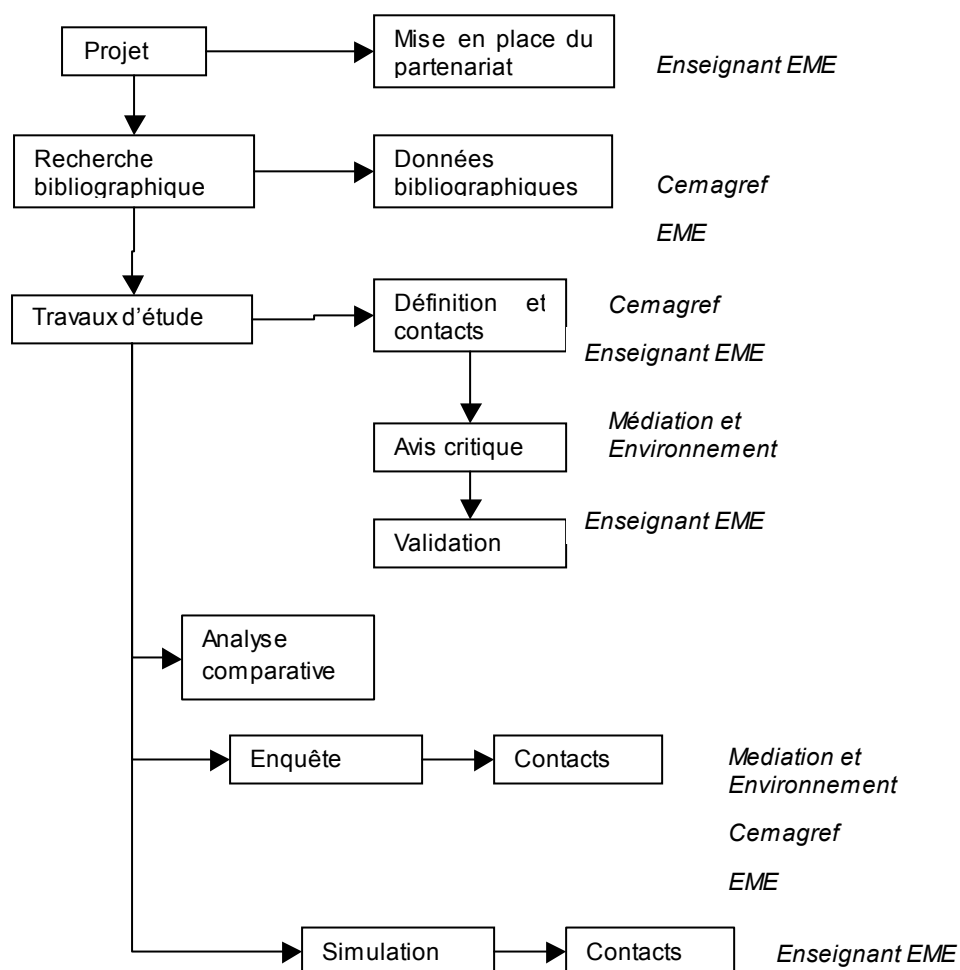


Figure 1. Rôle des parties prenantes

1. 3. 2 Présentation du planning

Le planning du projet est présenté sous la forme du document Project réalisé et disponible en annexe.

Il montre le temps et les délais impartis à chaque tâche principale à savoir :

1- Travail bibliographique sur l'empreinte écologique, l'ACV et le Bilan Carbone.

La réalisation de cette tâche a entraîné un travail bibliographique supplémentaire au niveau des logiciels d'empreinte écologique

A noter que la rédaction bibliographique s'est déroulée tout au long du projet, afin de parer à toute éventualité.

Après la définition d'une stratégie et d'un avis critique les trois tâches suivantes ont alors été réparties aux différents membres de l'équipe :

2- Enquête auprès des utilisateurs de l'empreinte écologique

3- Simulation avec un logiciel d'empreinte écologique appliqué aux déchets

4- Analyse comparative de 2 logiciels

II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Au regard de la problématique et de son chapitre introductif, "La mesure du développement", les outils environnementaux ACV, Bilan Carbone et empreinte écologique seront étudiés pour permettre un regard critique sur les méthodes établies, voire sur leur complémentarité potentielle.

II. 1. INTRODUCTION : LA MESURE DU DÉVELOPPEMENT

Le contexte environnemental actuel sera présenté en développant la notion de soutenabilité. Il sera montré la nécessité d'inclure des outils de mesure du développement soutenable.

II. 1. 1 Les 3 grands enjeux

La croissance démographique mondiale, conjuguées aux capacités non extensibles de la planète et aux inégalités sociales entre les populations, suscite des inquiétudes grandissantes. Le développement durable permet de répondre à ces trois grands défis : **[ADEME, 2009a]**,

- La croissance démographique : En 1800, notre planète comptait 900 millions d'habitants. En 2002, nous étions 6 milliards. En 2100, nous serons près de 10 milliards...
- La capacité de la planète :
 - o le rythme de croissance de la population est supérieur à celui des ressources agricoles et des ressources énergétiques non renouvelables
 - o l'augmentation des consommations individuelles.
 - o les activités humaines ont des impacts sur l'environnement.
- La cohésion sociale : 80 % des ressources naturelles de la planète sont consommées par 20 % de la population mondiale

II. 1. 2 Soutenabilité et durabilité

Le « Développement soutenable » (Sustainable development) est, selon la définition proposée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (Rapport Brundtland) : « un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. »

« Sustainable » est porteur de deux significations distinctes et complémentaires. Le développement de sociétés doit être à la fois :

- acceptable par tous aujourd'hui, ce qui implique une solidarité géographique envers les pays les plus défavorisés en accroissant les efforts de coopération
- acceptable par les générations futures, en leur laissant des ressources naturelles en quantité et qualité suffisantes pour qu'elles puissent assurer leur propre développement.

Peu à peu, « soutenable » a été remplacé dans le discours général et officiel par « durable ». et, du même coup, on ne se préoccupe plus que de la préservation des ressources dans la durée, c'est-à-dire de l'environnement.

« Durable » passe sous silence le devoir de solidarité géographique et immédiate.

Ci-dessous, les 3 piliers du développement durable sont représentés :

- environnemental
- économique
- social

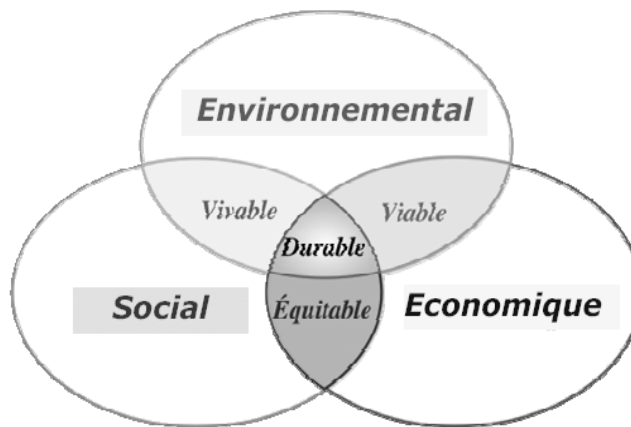


Figure 2. Les 3 principes du développement durable [Traissard, 2008]

II. 1. 3 Indicateurs

Des indicateurs favorisent les échanges entre les différents acteurs sur les orientations à prendre. Ils permettent d'informer les populations, d'effectuer des comparaisons, de montrer les évolutions dans le temps...

En 2003, 300 indicateurs de développement durable ont été recensés par l'Institut International du Développement Durable. [WWF, 2007b]

Par contre, existe-il des indicateurs de développement soutenable ?

C'est à dire un indicateur qui possède les 3 principes du développement durable plus la solidarité géographique de la soutenabilité.

La réponse se trouve dans la complémentarité des indicateurs. En effet, il n'existe aujourd'hui pas d'indicateur global, et il est par conséquent nécessaire de former un groupe d'indicateurs qui réponde à cette question.

L'aspect socio-économique peut être visualisé à travers l' IDH ou d'autres indicateurs, mais cet aspect ne constituera pas le sujet de ce propos.

L'aspect environnemental peut être donc évalué à partir d'un indicateur ou plusieurs, voire d'outils.

L'aspect environnemental est divisé en 4 thèmes majeurs répertoriant les impacts associés [El Bouazzaoui, 2008] :

- Changement climatique,
- Effets sur la nature et la biodiversité,
- Effets sur la santé humaine,
- Utilisation de ressources naturelles.

Le tableau suivant montre les impacts associés à l'aspect environnemental :

Sources		Impacts	
Types de substances impliquées	Classification des impacts	Echelle géographique	Thèmes majeurs
CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂ O, O ₃ , CFC, SF ₆ , COV, CO, CFC, HCFC... CFC11 et 12, composés chlorés, bromés, CH ₄ , NO ₂ Combustion des combustibles fossiles et de biomasse, tempêtes de sable...	Augmentation de l'effet de serre	Globale	Changement climatique
	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	Globale	
	Augmentation de la teneur en aérosols	Globale	
SO ₂ , HCL, NO _x , NH ₃ , HF... Polluants organiques et inorganiques Polluants organiques et inorganiques Nitrate et phosphate	Acidification	Locale	Effets sur la nature et la biodiversité
	Ecotoxicité aquatique	Locale	
	Ecotoxicité terrestre	Locale	
Tous les polluants organiques et inorganiques Ozone Il n'existe pas encore de classification des substances odorantes Engins, machines...	Toxicité humaine	Locale	Effets sur la santé humaine
	Pollution photochimique	Régionale	
	Odeurs	Locale	
Eaux de sous-sols, bois... Combustibles fossiles, sédiments, nappes...	Bruit	Locale	Utilisation de ressources naturelles
	Consommation des ressources renouvelables	Globale	
	Consommation des ressources non renouvelables	Globale	
	Consommation de l'espace	Locale	

Tableau 1. Classification des impacts [El Bouazzaoui, 2008]

Les indicateurs environnementaux devront donc inclure tous ces impacts pour être parfaitement complets.

Comme le montre le tableau précédent, il existe plusieurs échelles géographiques.(global, régional, local).

Nous allons donc au cours de la synthèse bibliographique montrer les impacts pris en compte pour chacun des 3 indicateurs/outils Bilan Carbone, ACV, empreinte écologique, et justifier leur(s) domaine(s) d'application.

L'intérêt d'un indicateur performant sera de pouvoir mesurer ces impacts à tous types d'échelle. Pour cela, un indicateur doit posséder une caractéristique d'outil.

Un outil d'évaluation environnementale est par définition un indicateur. Le propre de l'outil est d'être manipulable, utilisable, fonctionnel et donc applicable à plusieurs échelles. La fonction de reproductibilité est recherchée.

II. 2. LES OUTILS ENVIRONNEMENTAUX ACV ET BC

Le premier point déterminera le périmètre et les limites de l'outil Bilan Carbone à travers la méthodologie. Le second point réalisera également ce travail sur l'ACV. En effet, afin de comprendre la complémentarité ou l'utilisation de ces deux derniers indicateurs avec l'empreinte écologique, il est impératif de cerner les frontières de système. Egalement, les qualités et les faiblesses de ces deux indicateurs seront évoquées

II. 2. 1 L'outil Bilan carbone

Dans cette partie, il sera traité dans un premier temps le principe d'ensemble de la méthode Bilan Carbone. Dans un second, les deux versions de la méthode seront détaillées. Enfin, les périmètres et limites de la méthode seront abordés dans un dernier point.

II. 2. 1. 1 Principe d'ensemble

Afin de bien comprendre l'intérêt de cette méthode, il est important de maîtriser les objectifs et les différentes déclinaisons de celle-ci.

a) Objectifs et généralités sur la méthode

La méthode « Bilan Carbone® » permet d'évaluer, en ordre de grandeur, les émissions de gaz à effet de serre (GES) engendrées par l'ensemble des processus physiques qui sont nécessaires à l'existence d'une activité humaine, dès lors qu'il est possible de lui donner une frontière.

Par « processus physique nécessaire », il faut comprendre que le produit examiné n'existerait pas sous sa forme actuelle, ou avec ses contours actuels, si le processus physique en question n'était pas possible.

L'un des points fondamentaux de la méthode consiste à mettre sur un pied d'égalité les émissions de gaz à effet de serre qui prennent directement place au sein du produit avec les émissions qui prennent place à l'extérieur de ce produit (Cycle de vie du produit), mais qui sont la contrepartie de processus nécessaires à l'existence de l'activité liée à ce produit.

L'une des conséquences de la prise en compte, par la méthode, des émissions directes et indirectes est bien entendu une indifférence totale à la localisation des émissions de gaz à effet de serre analysées.

Ce choix se justifie par les durées importantes de résidence dans l'atmosphère des gaz en question une fois émis : il faut en effet 10 ans pour que le méthane commence à s'épurer et de l'ordre du siècle ou plus pour tous les autres gaz significatifs (sauf l'ozone).

Sachant qu'il faut environ une année pour que l'air s'homogénéise entre les hémisphères, il est facile de comprendre que le lieu d'émission de ces gaz est sans influence sur leur effet de serre futur, ce qui justifie qu'une méthode d'inventaire mette sur un pied d'égalité toutes les émissions effectuées pour le compte de d'un produit examiné, sans distinction de lieu.

Mentionnons pour finir que le Bilan Carbone® peut s'utiliser pour faire du reporting dans le cadre de la norme ISO 14064, du GHG Protocol, ou bien évidemment dans tout rapport annuel. Dans tous ces cas, la référence à la méthode doit être explicite avec la publication des résultats. **[TRAISSARD, 2008]**

b) La norme ISO 14064

Le Bilan Carbone est une méthode reconnue et approuvée, compatible avec la norme ISO 14064, qui donne toute la crédibilité nécessaire à la démarche de ses clients et envoie un message fort à leurs partenaires.

Les différentes parties de la norme ISO 14064 sur la comptabilité et la vérification des gaz à effet de serre qu'a publié le 1er mars 2006 l'ISO (Organisation internationale de normalisation) apportent aux pouvoirs publics et à l'industrie un ensemble intégré d'outils à utiliser dans le cadre des programmes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'ISO 14064, se compose de trois parties développant en détail les spécifications et directives applicables respectivement au niveau des organisations, au niveau du projet et à la validation et la vérification des déclarations. Les trois parties, qui peuvent être utilisées séparément ou comme un ensemble d'outils intégré pour répondre aux différents besoins en matière de déclaration et de vérification des gaz à effet de serre, sont les suivantes :

- ISO 14064-1:2006, Gaz à effet de serre – Partie 1: Spécification et directives, au niveau des organisations, pour la quantification et la déclaration des gaz à effet de serre et leur suppression.
- ISO 14064-2:2006, Gaz à effet de serre – Partie 2: Spécifications et directives, au niveau du projet, pour la quantification, le contrôle et la déclaration des réductions d'émission ou d'accroissement de suppression des gaz à effet de serre.
- ISO 14064-3:2006, Gaz à effet de serre – Partie 3: Spécifications et directives pour la validation et la vérification des déclarations des gaz à effet de serre.

L'application de l'ISO 14064 aura pour effets bénéfiques de :

- Promouvoir la cohérence, la transparence et la crédibilité de la quantification, de la surveillance, de la rédaction des rapports et de la vérification des émissions de GES ;
- Permettre aux entreprises d'identifier et de gérer les charges, les ressources et les risques liés aux GES ;
- Faciliter le commerce des permis et crédits d'émission de GES, et favoriser la conception, le développement et la mise en œuvre d'initiatives et de programmes GES comparables et cohérents **[IHS, 2006]**
-

c) L'outil Bilan Carbone se décline en 2 versions

La méthode Bilan Carbone®, développée par l'ADEME, se décline aujourd'hui en deux versions :

- La version « entreprises » ou version n°4 mise à jour en juillet 2006 permet d'évaluer les émissions nécessaires au fonctionnement d'une activité industrielle ou tertiaire.
- La version « collectivités » ou version n°5 éditée en janvier 2007 se décompose en deux modules :
 - o le module « patrimoine & services » qui évalue les émissions de fonctionnement de la collectivité pour ses propres activités.
 - o le module « territoire » qui évalue les émissions de toutes les activités (industrie, tertiaire, résidentiel, agriculture transport...) prenant part sur le territoire de la collectivité. **[ADEME, 2008a]**

II. 2. 1. 2 La version « Entreprise »

Cette version est adaptée aux entreprises, administrations, organisateurs d'événements...

La méthode Bilan Carbone®, développée par l'ADEME, a pour objectif de :

- Quantifier les émissions de Gaz à Effet de Serre (CO2 et autres gaz),
- Hiérarchiser le poids de ces émissions en fonction des postes d'émission (transport, logement, énergie, déchets...),
- Apprécier la dépendance aux énergies fossiles de l'entreprise, et en déduire la vulnérabilité face à la hausse du prix du pétrole,
- Proposer des pistes d'orientations stratégiques pour pérenniser l'entreprise.

Plus qu'un inventaire, le Bilan Carbone® permet également de :

- Réduire la dépendance énergétique,
- Anticiper le poids de ces émissions en fonction des postes d'émission (transport de personnes, déchets, logement, production d'énergie, ...),
- Préparer l'entreprise à l'application de nouvelles contraintes réglementaires (taxe carbone),
- Fédérer l'ensemble du personnel autour d'une problématique commune,
- Valoriser l'image de l'entreprise par la limitation de son impact sur le climat.

II. 2. 1. 3 La version « Collectivités »

La méthode Bilan Carbone® Collectivité développée par l'ADEME est composée de 2 modules : «Patrimoine et Services» et «Territoire».

a) Diagnostic «Patrimoine et Services»

Cette version est adaptée aux communes, aux administrations multi-sites et plus généralement aux collectivités responsables de plusieurs services.

Il permet d'étudier les émissions de gaz à effet de serre induites par les services de la collectivité (administration, voirie, enseignement, sports, culture...), et s'adapte à l'organigramme de la collectivité. Il étudie pour chaque service les postes suivants : énergie, fret, déplacements des personnes, matériaux entrants et sortants (déchets)...

La hiérarchisation des émissions de gaz à effet de serre par service et par poste permet de prioriser les actions à mettre en œuvre pour réaliser des économies d'énergie pertinentes et préparer sa collectivité à l'après-pétrole.

La communication sur les résultats du Bilan Carbone® et les actions de réduction engagées sont garantes de l'exemplarité de la collectivité et d'un effet d'entraînement des autres acteurs du territoire.

b) Diagnostic «Territoire»

Cette version est adaptée aux bassins de vie cohérents : communauté de communes, communauté urbaine, agglomérations, départements...

Il permet d'étudier les émissions de gaz à effet de serre induites par les secteurs d'activité d'un territoire : industrie, tertiaire, résidentiel, agriculture et pêche, traitement des déchets, construction et transports. Les choix des collectivités en matière d'infrastructures, de transport, d'aménagement peuvent influencer jusqu'à 50% du total des émissions de gaz à effet de serre françaises.

Les résultats sont donc accompagnés de préconisations d'actions sur le long terme, déclinées selon leur faisabilité technique, organisationnelle, financière et pédagogique. **[CLIMACTIS, 2008]**

II. 2. 1. 4 Périmètres et limites de la méthode

Dans cette partie consacrée à la sensibilité de la méthode, nous présentons les facteurs d'émissions dans un premier temps. Dans un second temps, nous verrons quels sont les gaz retenus et les comparaisons entre eux. Enfin, les différents périmètres seront abordés.

a) Facteurs d'émissions

Dans la très grande majorité des cas, il n'est pas envisageable de mesurer directement les émissions de gaz à effet de serre résultant d'une action donnée. En effet, si la mesure de la concentration en gaz à effet de serre dans l'air est devenue une pratique scientifique courante, ce n'est qu'exceptionnellement que les émissions peuvent faire l'objet d'une mesure directe.

La seule manière d'estimer ces émissions est alors de les obtenir par le calcul, à partir de données dites d'activité : nombre de camions qui roulent et distance parcourue, nombre de tonnes d'acier achetées, etc. La méthode Bilan Carbone® a précisément été mise au point pour permettre de convertir, dans un laps de temps raisonnable, ces données d'activités en émissions estimées. Les chiffres qui permettent de convertir les données observables dans l'entité en émissions de gaz à effet de serre, exprimées en équivalent carbone, sont appelés des facteurs d'émission.

Comme l'essentiel de la démarche est basé sur des facteurs d'émission moyens, cette méthode a pour vocation première de fournir des ordres de grandeur. Cela n'empêchera pas, cependant, d'en tirer des conclusions pratiques, car, bien souvent, quelques postes faciles à estimer seront prépondérants dans le total des émissions. [ADEME, 2007]

b) Gaz retenus et unités de mesure

Pour l'heure, toutes les méthodes normalisées d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre partagent quelques caractéristiques :

- seuls sont comptabilisés les gaz directement émis, et non ceux qui apparaissent dans l'atmosphère à la suite de réactions chimiques ou photochimiques grâce à des émissions de précurseurs (cas de l'ozone) ;
- seuls sont comptabilisés les gaz émis dans la troposphère (plus basse couche de l'atmosphère), et non ceux émis dans la stratosphère (cas d'une partie des émissions des avions en vol).

Les gaz à effet de serre qui correspondent à cette définition sont essentiellement ceux qui sont repris dans le cadre du protocole de Kyoto :

- le gaz carbonique (CO_2) d'origine fossile, dont la durée de résidence dans l'atmosphère est de l'ordre du siècle,
- le méthane (CH_4), dont la durée de résidence dans l'atmosphère est de l'ordre de la décennie,
- l'oxyde nitreux (N_2O), dont la durée de résidence dans l'atmosphère est de l'ordre du siècle,
- les hydrofluorocarbures ($\text{C}_n\text{H}_m\text{F}_p$), dont la durée de résidence dans l'atmosphère s'échelonne de quelques semaines à quelques siècles,
- les perfluorocarbures ($\text{C}_n\text{F}_{2n+2}$), dont la durée de résidence dans l'atmosphère est de l'ordre de quelques siècles à plusieurs dizaines de millénaires,
- l'hexafluorure de soufre (SF_6), dont la durée de résidence dans l'atmosphère est de quelques milliers d'années.

Il y a d'autres gaz à effet de serre bien connus, notamment la vapeur d'eau et les CFC (Carbofluorocarbures), qui répondent aux deux caractéristiques précitées mais qui ne sont pas inclus dans le protocole de Kyoto, pour l'une des deux raisons suivantes :

1. ils sont déjà régis par un autre accord international (cas des CFC), parce que leur effet « nocif » ne se limite pas à l'augmentation de l'effet de serre,
2. leurs émissions n'ont pas d'effet direct sur la concentration dans l'atmosphère (cas de la vapeur d'eau émise par l'homme dans la troposphère),

Le fondement de l'inventaire Bilan Carbone® étant d'évaluer l'ensemble des émissions de GES, ayant un impact sur le climat, inhérentes au fonctionnement actuel d'une activité, le Bilan Carbone® prend en compte les natures de GES les plus larges possibles dès lors que le niveau des connaissances scientifiques le permet.

Le tableur Bilan Carbone associé à la méthode utilise systématiquement l'équivalent carbone pour les facteurs d'émission et les résultats des calculs intermédiaires. Par contre, les totaux par poste et les récapitulatifs globaux sont systématiquement disponibles en équivalent carbone et en équivalent CO₂, avec une couleur de caractères différente dans les deux cas. Ce double affichage et cette signalétique ont pour objet d'éviter au maximum toute confusion sur la signification des nombres. **[ADEME, 2007]**

Cas du CO₂ d'origine organique :

Selon les circonstances, certains formats d'inventaire en tiennent compte quel que soit le montant des émissions, d'autres non, et enfin d'autres encore ne tiennent compte que de la fraction du flux montant (les émissions) qui n'est pas contrebalancée par un flux descendant (la capture par la photosynthèse) au moins aussi important.

Le Bilan Carbone® étant essentiellement destiné à des pays industrialisés, où il n'y a pas de déforestation, il ne prend pas en compte les émissions de CO₂ organique provenant de la combustion de la biomasse (bois, déchets...). En effet, ces dernières sont généralement plus que contrebalancées par l'accroissement forestier annuel. C'est notamment le cas de la France où l'accroissement forestier correspond à un flux descendant bien plus important que ce qui est émis au titre du flux montant (brûlis sur champs, chauffage au bois, etc.).

Cela explique que, pour une installation de traitements de déchets organiques qui produit du méthane, si ce dernier va directement dans l'air, il doit être pris en compte au titre du Bilan Carbone®, mais s'il est préalablement brûlé et transformé en CO₂ (d'origine organique pour le coup), les émissions deviennent alors nulles (sauf pour les éventuelles fuites de méthane).

c) Comparaisons entre gaz :

L'effet du relâchement dans l'atmosphère d'un kilo de gaz à effet de serre n'est pas le même quel que soit le gaz. Chaque gaz à effet de serre possède un « pouvoir de réchauffement global » ou PRG, qui quantifie son « impact sur le climat au bout d'un certain temps ». En termes scientifiques, le PRG_N est le rapport entre, d'un côté, le forçage radiatif cumulé, sur une durée de N années, engendré par un kg du gaz considéré et, de l'autre côté, la même grandeur pour le CO₂.

Le forçage radiatif est le changement d'équilibre entre les radiations pénétrant l'atmosphère et celles qui s'en échappent. Un forçage radiatif positif a tendance à réchauffer la surface de la Terre, et un forçage négatif tend en moyenne à refroidir la surface.

Plus ce PRG_N est élevé et plus l'effet de serre additionnel engendré par le relâchement d'un kilo de ce gaz dans l'atmosphère est important comparativement au CO₂ au bout de N années. Puisque, par convention, le PRG_N compare toujours les gaz à effet de serre au CO₂, le PRG_N du CO₂ vaut donc toujours 1, quelle que soit la valeur de N.

La présente méthode est basée sur les PRG100, dits encore « PRG à 100 ans », qui figurent dans le rapport 2001 du GIEC [Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat] (Climate Change

2001, The Scientific Basis). La dénomination la plus courante du PRG à 100 ans est « l'équivalent CO₂ », puisque cette unité désigne, pour un kg de gaz à effet de serre, le nombre de kg CO₂ qui produirait la même perturbation climatique au bout d'un siècle.

Outre l'équivalent CO₂ ou PRG, l'autre unité courante de mesure des gaz à effet de serre est l'équivalent carbone.

Attention à une source de confusion possible : dans la littérature, il arrive assez souvent que « équivalent carbone » soit raccourci en « carbone » (ou C), ce qui pose alors problème, car il n'est pas toujours évident de savoir si ce qui est visé en pareil cas est juste le CO₂, pour lequel on ne compte que le poids du carbone, ou tous les gaz à effet de serre, mesurés en équivalent carbone. Malgré sa définition pouvant sembler compliquée, l'équivalent carbone possède un avantage important pour les contrôles de cohérence : lors d'une combustion d'hydrocarbure, il y a autant d'équivalent carbone émis sous forme de CO₂ après combustion que de carbone (en poids) dans le composé de départ. Cette correspondance de un pour un permet d'effectuer des calculs d'ordre de grandeur de manière très simple et en tout état de cause plus facilement qu'avec un facteur 3,67 (M_{CO_2} / M_C).

d) Périmètres

L'esprit général de la méthode "Bilan Carbone®" est de donner le panorama le plus large possible des émissions qui sont associées aux processus utilisés, ainsi qu'aux produits et services générés par une activité. Disposer d'un impact global est en effet la meilleure base de départ pour savoir ce qu'il est possible et utile de faire pour concourir à la baisse des émissions.

C'est également la seule approche pertinente pour faire de la prospective et anticiper l'effet de diverses évolutions possibles, comme par exemple une contrainte accrue sur les émissions de gaz à effet de serre, ou, ce qui est identique sur un plan micro-économique, une hausse significative du prix de marché de l'énergie fossile.

La présentation "par défaut" des émissions dans le Bilan Carbone® tient donc compte de tout processus physique qui permet l'exercice de votre activité, où qu'il prenne place, et quel que soit le propriétaire direct de la source d'émissions. Sont également inclus les diverses émissions associées à la vie et à la fin de vie des produits ou services vendus. **[ADEME, 2006]**

Le tableur fourni permet ainsi de connaître les émissions de gaz à effet de serre engendrées par une activité, soit directement (à cause d'une chaudière par exemple), soit indirectement, à cause :

- de l'électricité ou de la vapeur achetée, des moyens de transport que les salariés et les clients utilisent,
- des transports générés par l'acheminement des matières premières ou fournitures et par la livraison des produits qui sont fabriqués,
- de la construction des bâtiments occupés,
- de la fabrication des matières premières employées par l'activité (y compris le papier dans un bureau !),
- de la fin de vie des déchets engendrés,
- de la consommation d'énergie et des autres émissions des produits vendus,
- et de la fin de vie de ces produits vendus. **[ADEME, 2008a]**

En bref, cette méthode permet de compter toutes les émissions, qu'elles aient lieu directement pour une activité ou indirectement chez les clients ou les fournisseurs, dès lors qu'elles correspondent à des processus nécessaires à l'activité.

L'ADEME a donc proposé trois périmètres qui sont les suivants :

- périmètre interne
- périmètre intermédiaire
- périmètre global

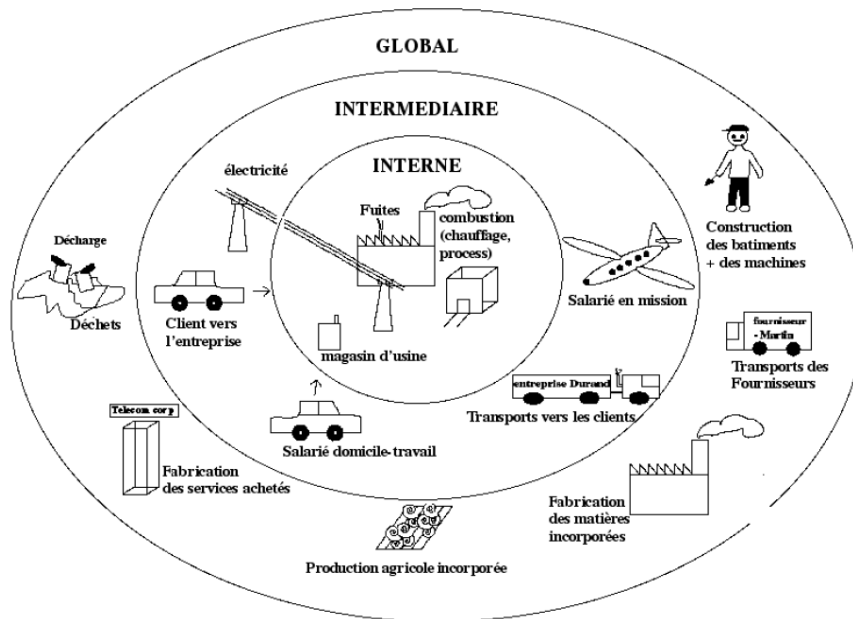


Figure 3. Les différents périmètres de la méthode Bilan Carbone® [El Bouazzaoui, 2008]

II. 2. 2 L'outil ACV

II. 2. 2. 1 Principe de l'ACV

a) Objectif général

L'organisation internationale de normalisation (ISO) définit l'analyse du cycle de vie (ACV), ou écobilan, comme suit :

« Compilation et évaluation des entrants et sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie » **[CIRAIG, 2008]**

L'ACV est une méthode qui établit un bilan quantitatif de tous les flux entrants (eau, fluides, énergie, matières premières) et sortants (effluents aqueux, rejets atmosphériques, déchets) à chaque étape du cycle de vie d'un produit. Toutes les pollutions et consommations sont ainsi comptabilisées. **[ADEME, 2008b]**

L'ACV est une méthode d'évaluation des impacts sur l'environnement qui est une approche :

- fonctionnelle, par son raisonnement relatif à la fonction,
- multi-étapes, du « berceau à la tombe » du produit ou du service,
- multi-critères par la visualisation des impacts sur plusieurs indicateurs (épuisement des ressources, effet de serre,...).

Cet outil vise donc à dresser le profil environnemental du produit en prenant en compte toutes les étapes de son cycle de vie depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie, en passant par toutes les étapes intermédiaires : production, transport, consommation. L'ACV permet ainsi de considérer toute la chaîne des acteurs concernés par le produit. Cette démarche est définie par la norme ISO 14040.

Cette méthode n'a pas pour objet de déterminer la meilleure option possible mais de fournir des outils pour évaluer et comparer les conséquences environnementales des choix qui s'offrent aux décideurs.

b) Normes

NF EN ISO 14040 : « Management environnemental – Analyse de cycle de vie – principes et cadre ». **[ISO, 2006a]**

Cette norme spécifie le cadre et les principes généraux ainsi que les exigences générales pour la réalisation d'ACV et la communication sur ses études.

NF EN ISO 14044 : « Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices ».

Cette norme révisé et remplace les normes ISO 14041, 14042, et 14043. La méthodologie de l'ACV est décrite dans cette norme. **[ISO, 2006b]**

II. 2. 2. 2 Méthodologie

La figure suivante présente le cadre d'une ACV, tel que suggéré par l'ISO.

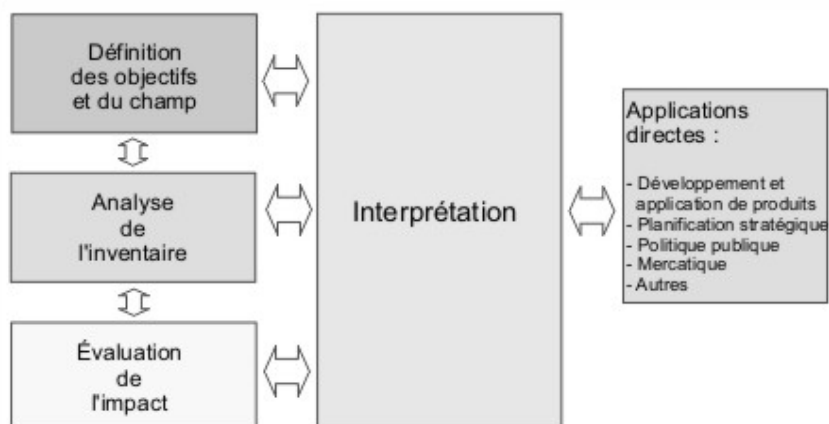


Figure 4. Cadre d'une ACV [CIRAIG , 2008]

Ainsi, chacune des étapes suivantes sera détaillée selon le cadre d'une ACV: la définition des objectifs et du champ d'étude, l'analyse de l'inventaire, l'évaluation de l'impact et enfin l'interprétation.

a) Définition des objectifs et du champ d'étude

L'objectif d'une ACV stipule l'application envisagée, les raisons conduisant à réaliser l'étude, le public concerné, c'est-à-dire les personnes auxquelles il est envisagé de communiquer les résultats de l'étude, et s'il est prévu que les résultats soient utilisés dans des affirmations comparatives destinées à être divulguées au public.

Il convient que le domaine d'application soit suffisamment bien défini pour garantir que l'ampleur, la profondeur et le niveau de détail de l'étude sont compatibles avec l'objectif défini et suffisants pour y répondre.

Le domaine d'application inclut les éléments suivants : [ISO, 2006a]

- le système de produits à étudier (*) ;
- les fonctions du système de produits ou des systèmes dans le cas d'études comparatives ;
- l'unité fonctionnelle (**);
- la frontière du système de produits (***) ;
- les règles d'affectation ;
- les catégories d'impact sélectionnées et la méthodologie de l'évaluation de l'impact, et l'interprétation ultérieure à utiliser ;
- les exigences relatives aux données ;
- les hypothèses ;
- les limitations ;
- les exigences initiales de qualité des données ;
- le type de revue critique, le cas échéant ;
- le type et le format du rapport spécifié pour l'étude.

L'ACV est une technique itérative et, lorsque les données et les informations sont recueillies, différents aspects du domaine d'application peuvent nécessiter une modification afin de respecter l'objectif initial de l'étude.

(*) Le système de produit est un ensemble de processus élémentaires comportant des flux de produits et des flux élémentaires qui sert de modèle au cycle de vie d'un produit

(**) Fonction, unité fonctionnelle (UF) et flux de référence : Une UF est une mesure de la performance de la fonction finale de notre système produit. L'objectif est de fournir une référence à laquelle tous les entrants et tous les sortants seront ramenés. Elle doit être définie et mesurable. Pour un bois de chauffage, l'unité fonctionnelle serait : « Produire 1 MWh utile chez l'utilisateur ».

(***) La frontière du système détermine les processus élémentaires qui doivent figurer dans l'étude d'ACV. Le choix de la frontière du système doit être cohérent avec les objectifs de l'étude. Le choix des procédés, des activités, des produits dont on doit tenir compte ou non, peut avoir une influence majeure sur les résultats de L'ACV. C'est pourquoi le choix des frontières peut avoir des conséquences directes sur les conclusions. Il est, par ailleurs, impossible de tout prendre en compte.

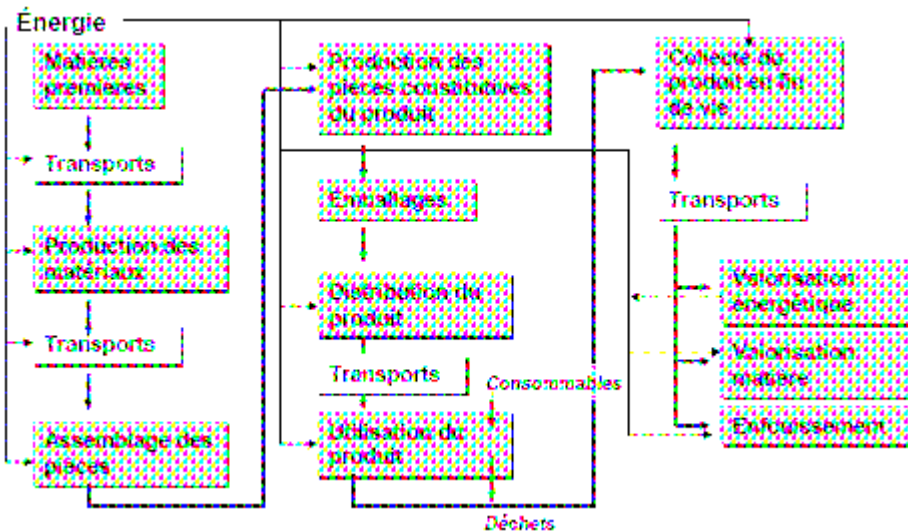


Figure 5. Exemple de frontière d'un système [Le Guern, 2008]

b) Réalisation de l'ICV (Inventaire de Cycle de Vie)

L'ICV consiste à établir le bilan matière et énergie pour chaque procédé et étape du cycle de vie.

- Création d'un arbre des procédés ou d'un synoptique classant les différentes étapes du cycle de vie à considérer, ainsi que leur interrelations.
- Collecte des données pour chaque étape : les émissions de chaque procédé et les consommations de ressources (jusqu'aux matières premières) utilisées.

Les données sont collectées pour chaque procédé élémentaire. Les méthodologies peuvent varier en fonction du champ et du procédé.

La collecte des données demande beaucoup de temps et de ressources humaines. C'est pourquoi il faut bien définir les limites dans la définition du champ de l'étude.

Les données peuvent être classées sous des titres principaux, tels que : intrants énergétiques, intrants de matières premières, intrants auxiliaires, autres intrants physiques; produits, coproduits et déchets; émissions dans l'air, l'eau et le sol; autres aspects environnementaux.

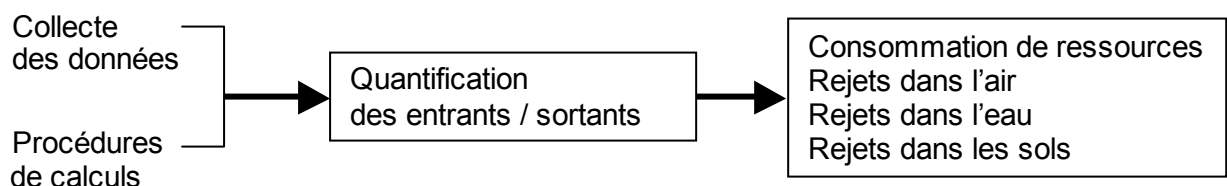


Figure 6. Exemple de principe de recueil des données

Pour effectuer le calcul des données, il faut prendre en compte les différents combustibles fossiles et l'électricité consommés ; l'efficacité de la conversion en énergie utilisable ainsi que de l'efficacité de la distribution et les « inputs » et « outputs » associés à la génération et l'utilisation des flux d'énergie.

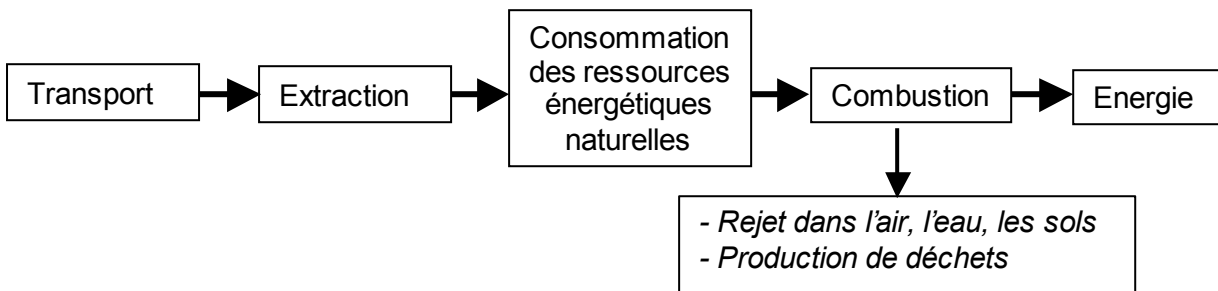


Figure 7. Exemple de calcul des données

Affectation des flux et des émissions

L'inventaire du cycle de vie relie les procédés élémentaires par des flux de matière et d'énergie. Mais il faut savoir que peu de procédés industriels aboutissent à un seul produit : la plupart aboutissent à plusieurs produits.

C'est pourquoi les flux de matière et d'énergie doivent être alloués aux différents produits selon des procédures clairement établies.

Il faut identifier les procédés partagés entre plusieurs systèmes de produits.

La somme des « in/out » alloués doit être égale à la somme des « in/out » non alloués.

Quand plusieurs règles d'allocation sont applicables, il faut procéder à des analyses de sensibilité pour une meilleure affectation des flux.

Exemple de la production d'hydroxyde de sodium : Les installations de compression ne sont utilisées que pour le chlore. Donc il n'est pas possible d'allouer le procédé à l'ensemble de la production comme un procédé général.

Principes d'affectation : le cas particulier de la valorisation en fin de vie

Deux cas sont possibles pour le recyclage :

- Boucle fermée : le matériau constitutif d'un produit provenant d'un système est recyclé dans le même système.

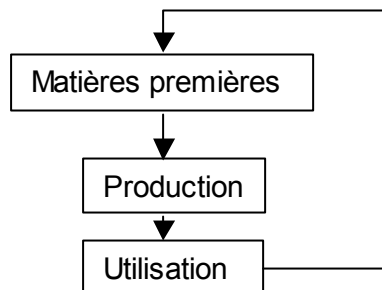


Figure 8. Recyclage en Boucle fermée

- Boucle ouverte : le matériau constitutif d'un produit est recyclé dans un autre système de produit

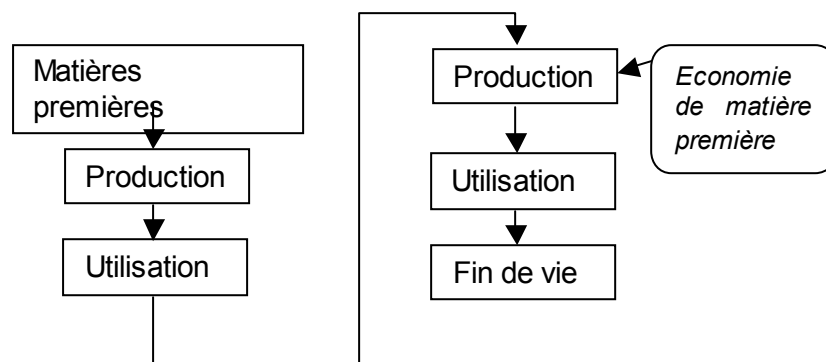


Figure 9. Recyclage en Boucle ouverte

c) Evaluation des impacts environnementaux (ACVI)

La phase d'évaluation de l'impact d'une ACV consiste à évaluer la portée des impacts environnementaux potentiels en utilisant les résultats de l'ICV. Des questions telles que le choix, la modélisation et l'évaluation des catégories d'impact peuvent introduire de la subjectivité dans la phase d' ACVI. Par conséquent, la transparence est un facteur critique de l'évaluation de l'impact afin de garantir que les hypothèses sont clairement définies et communiquées. Les éléments de la phase d' ACVI sont représentés à la figure ci-dessous :

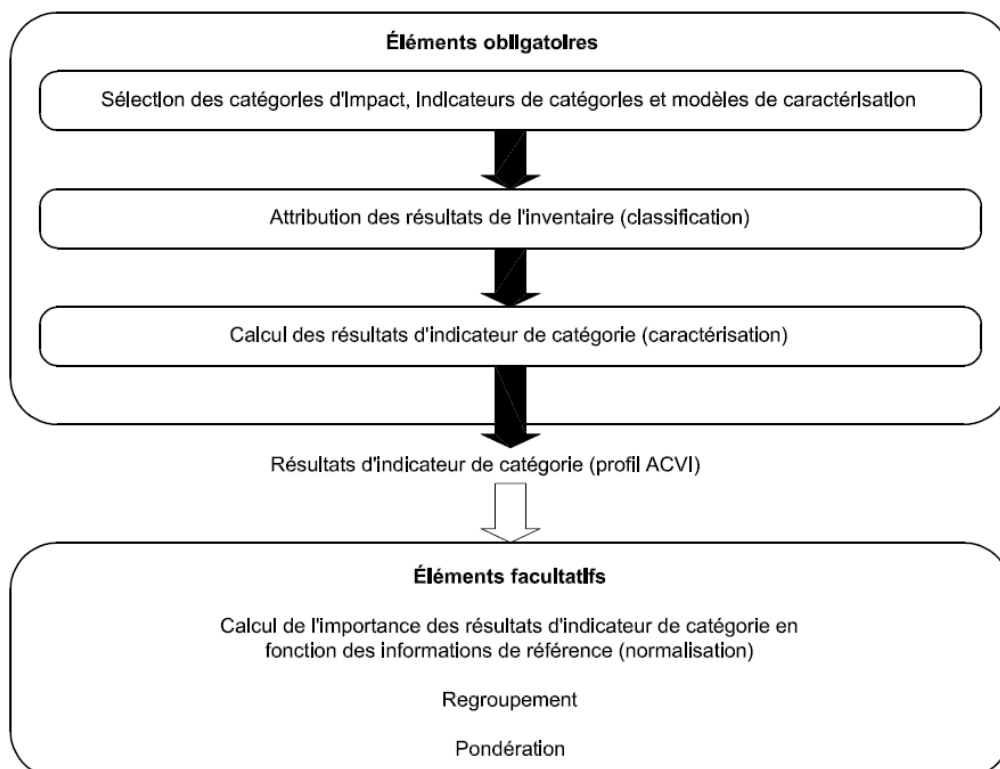


Figure 10. Evaluation de l'impact du cycle de vie

L'ACVI ne traite que des problèmes environnementaux identifiés dans les objectifs et le champ de l'étude. C'est pourquoi ce n'est pas une évaluation complète de tous les problèmes environnementaux du système de produits étudié.

L'ACVI ne peut pas toujours démontrer des différences significatives entre les catégories d'impact et les résultats d'indicateur pour différentes alternatives de systèmes de produits.

Le manque de dimensions spatiales et temporelles dans les résultats d'inventaire du cycle de vie introduit de l'incertitude dans les résultats de l'ACVI. L'incertitude varie selon les caractéristiques spatiales et temporelles de chaque catégorie d'impact.

Il n'existe pas de méthodologies généralement acceptées pour associer de façon cohérente et précise des données d'inventaire aux impacts environnementaux potentiels spécifiques. Les modèles de catégories d'impact se trouvent à différentes étapes de développement.

II. 2. 2. 3 Interprétation des résultats

L'interprétation est la phase de l'ACV au cours de laquelle les résultats de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact sont combinés ou, dans le cas d'études d'ICV, les résultats de la seule analyse de l'inventaire. Il convient que la phase d'interprétation délivre des résultats qui soient cohérents avec les objectifs et le champ de l'étude définis pour l'étude et qu'elle tire des conclusions, explique les limitations et fournisse des recommandations.

Il convient que l'interprétation reflète le fait que les résultats de l'ACVI se basent sur une approche relative. Il convient également qu'elle reflète le fait qu'elle indique les effets environnementaux potentiels sans prévoir ni les effets réels sur les impacts finaux par catégorie, ni les dépassements de seuils, ni les marges de sécurité, ni les risques. **[ISO, 2006a]**

La difficulté d'interprétation réside dans le fait qu'on ne peut pas toujours démontrer des différences significatives entre différentes catégories d'impacts et que le choix doit se faire en fonction de son propre système de valeur et/ou de la politique environnementale du groupe, de la collectivité...

Il faut d'abord identifier les points significatifs :

- Identification et structuration de l'information
 - o Conclusions des phases ICV/ACVI regroupées avec les informations relatives à la qualité des données,
 - o Choix méthodologiques (allocations, frontières),
 - o Choix des valeurs,
 - o Rôles et responsabilité des différentes parties intéressées,
- Détermination des points significatifs,
 - o Catégories de l'inventaire (utilisation d'énergie, déchets...),
 - o Catégories d'impacts,
 - o Contributions essentielles des différentes étapes du cycle de vie.

Ensuite, il faut effectuer des vérifications pour établir et à améliorer la confiance dans les résultats de l'étude ACV ou de l'étude d'ICV ainsi que leur fiabilité, y compris les enjeux significatifs identifiés dans le premier élément de l'interprétation. Il convient que les résultats de l'évaluation soient présentés d'une manière qui donne au commanditaire ou à toute autre partie intéressée une vision claire et compréhensible du résultat de l'étude.

La vérification doit être menée conformément aux objectifs et au champ de l'étude. **[ISO, 2006a]**

Au cours de la vérification, l'utilisation des trois techniques suivantes doit être considérée : contrôle de complétude, contrôle de sensibilité et contrôle de cohérence.

Les résultats de l'analyse d'incertitude et de la qualité des données devront compléter ces contrôles.

Il faut finalement mettre en évidence les points significatifs et évaluer la méthodologie et les résultats en termes de complétude, sensibilité, et consistance.

Pour terminer l'interprétation du cycle de vie, il faut procéder à une revue critique qui assure que : les méthodes utilisées pour mener l'ACV sont en accord avec les principes des normes internationales et sont valides du point de vue scientifique et technique; les données utilisées sont appropriées et en accord avec l'objectif de l'étude; l'interprétation reflète les limites identifiées de l'étude ; et enfin que le rapport de l'étude est complet et transparent.

L'analyse de cycle de vie est donc une étude complète et chiffrée qui quantifie les impacts. Elle constitue un outil comparatif avec un système de référence nécessaire puisque ses résultats n'ont aucune signification dans l'absolu. Néanmoins, c'est une analyse longue, qui nécessite beaucoup d'informations parfois difficiles à obtenir, souvent peu précise mais coûteuse en terme de temps.

De plus, l'ACV est rationnellement un outil pour la mise au point de stratégies de Développement Durable mais elle ne s'intègre pas totalement dans la logique du développement durable puisque ne sont pas pris en compte les critères sociaux et économiques. **[EL BOUAZZAOU, 2008]**

Le fait que l'ACV soit un outil global n'empêche en aucun cas qu'il soit valide. Ce n'est pas la précision qui fait la validité d'une méthode mais la rigueur avec laquelle elle a été menée si dès le départ la précision des résultats obtenus est connue. **[Janin, 2000]**

II. 3. METHODOLOGIE DE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE

Dans ce chapitre sur la méthodologie de l'empreinte écologique, le principe de calcul sera étudié en détail dans un premier point, et sera relatif aux limites dans un second point.

Le premier point permettra à tout utilisateur de comprendre les différents termes relatifs à l'empreinte écologique. Il pourra servir à établir un premier calcul d'empreinte écologique.

Le second point n'est pas destiné à décrédibiliser la méthodologie de l'empreinte écologique. Il insiste par contre sur le fait que lorsqu'un calcul d'empreinte écologique est établi, il est créé sur la base d'hypothèses qu'il ne faut pas ignorer.

Le développement de l'empreinte écologique a en effet été très rapide et les hypothèses de départ ont bien souvent été oubliées.

II. 3. 1 Principe de calcul de l'empreinte écologique

Dans cette introduction conceptuelle, les différents facteurs seront explicités et les différentes approches de calcul de l'empreinte seront évoquées. Elles seront mises en relation avec les différents calculs d'empreinte écologique.

II. 3. 1. 1 Lien entre la biocapacité et l'empreinte écologique : les surfaces bioproductives

Le calcul de l'empreinte écologique n'a de signification que si l'on rapporte ce calcul à la biocapacité. En effet, si l'empreinte écologique dépasse la biocapacité, alors il n'y a pas de soutenabilité.

a) Biocapacité et Empreinte écologique

La biocapacité représente la capacité des écosystèmes à se régénérer et à absorber les déchets produits par les hommes. Dans une vision mondiale la biocapacité est définie selon la formule suivante.

Biocapacité_(gha) = Surface bioproductive_(ha) x Facteur d'équivalence_(gha/ha).

Les facteurs d'équivalence (EQF), constants pour tous les pays pendant une année donnée, traduisent chacun des secteurs biologiquement productifs (hectares) en des hectares globaux (gha).

La définition de la biocapacité passe tout d'abord par la définition des surfaces bioproductives c'est à dire les surfaces pouvant assurer les besoins des hommes. Certaines surfaces de la Terre comme les déserts et les océans sont considérées comme improductives et non comptabilisées dans le calcul. En fait, 36 % de la surface émergée de la Terre est considérée comme improductive.

Le calcul inclut un espace protégé pour les autres espèces de 13.4% des surfaces bioproductives. La mise à jour de la biocapacité est effectuée tous les ans depuis 1961. Elle révèle que la biocapacité n'évolue que très peu, passant de 13 à 13.4 Milliards de gha entre 1961 et 2005.

[Wackernagel, 2008]

Le calcul de la biocapacité est effectué par le GFN au niveau des pays, mais il est cependant possible de l'évaluer au niveau d'un territoire ou d'une localité.

L'empreinte écologique ou Ecological Footprint (EF) représente la demande en ressources naturelles de l'homme. L'empreinte écologique est l'ensemble des surfaces nécessaires pour chaque produit ou service créé.

A l'échelle mondiale :

Empreinte écologique monde $_{(gha)} = \text{Facteur d'équivalence }_{(gha/ha)} \times \text{Demande }_{(kg, J, \dots)} \times \text{Facteur de conversion }_{(ha/kg, ha/J, \dots)}$

Le facteur de conversion ou Technical Conversion Factor (TCF), spécifique à chaque produit ou service, traduit l'unité de production (kg) en surface (ha). La façon dont il est déterminé est décrite en d).

La somme des empreintes de chaque produit et services donne l'empreinte totale.

La biocapacité comme l'empreinte écologique peut cependant être ramenée à l'échelle d'un pays. Dans ce cas un facteur de rendement propre au pays est ajouté. Les facteurs de rendement ou Yield Factors (YF) décrivent la mesure à laquelle un secteur biologiquement productif dans un pays donné est plus (ou moins) productif que la moyenne mondiale du même secteur bioproductif. **[Wackernagel et Rees, 2005]** A l'échelle d'un pays :

Empreinte écologique pays $_{(gha)} = \text{Facteur d'équivalence }_{(gha/ha)} \times \text{Demande }_{(kg, J, \dots)} \times \text{Facteur de conversion }_{(ha/kg, ha/J, \dots)} \times \text{Facteur de rendement}$

En 2003, l'empreinte écologique en France était de 5,6 hectares par habitant, pour une moyenne mondiale de 2,2 hectares. La biocapacité, quant à elle, était de 3 hectares par habitant (pour une moyenne mondiale d'environ 1,8 hectares). Malgré des capacités de production supérieures aux moyennes mondiales, la France utilise donc plus de ressources qu'elle ne peut en produire.

b) Overshoot

La différence entre la biocapacité et l'empreinte écologique représente le dépassement ou « overshoot ».

Après avoir calculé l'empreinte écologique et la biocapacité, il est possible de calculer **[Raoul-Duval, 2007]** :

- Le déficit écologique qui correspond au montant de l'empreinte écologique supérieur à la biocapacité (en hectares globaux).
- La réserve écologique correspondant à la biocapacité d'un territoire qui n'est pas consommée par l'empreinte écologique (en hectares globaux).
- La dette écologique qui est le déficit écologique annuel cumulé (elle est calculée en « années planètes »).

Sur le schéma ci-dessous **[Ewing et al, 2008b]**, l'évolution de l' « overshoot » est représentée. L'unité choisie est la planète, mais il aurait été tout à fait possible de donner les chiffres totaux en gha pour la biocapacité et l'empreinte écologique.

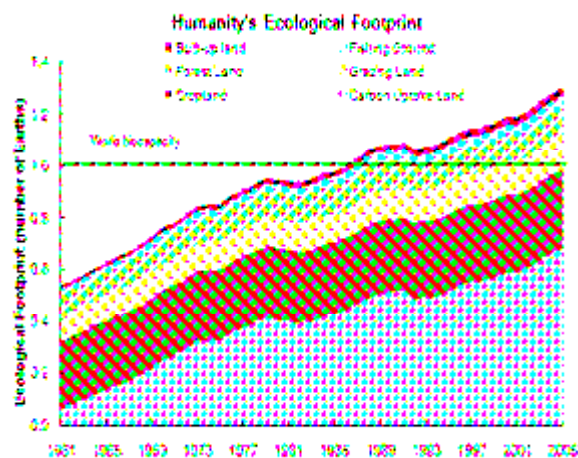


Figure 11. Représentation de l'overshoot **[Ewing et al, 2008b]**

Il existe 6 catégories de sol servant au calcul de la biocapacité et de l'empreinte écologique. Elles sont représentées sur le schéma :

- Carbon Uptake land (n'est pas une surface bioproductive d'un point de vue conceptuel)
- Grazing Land
- Fishing Ground
- Cropland
- Forest Land
- Build-up Land

Il est nécessaire de comprendre qu'il y a deux types de calculs pour chaque type de surface. Le premier calcul évalue la biocapacité et donc la disponibilité à travers les surfaces bioproductives. Le second calcul traduit l'impact des activités humaines en des surfaces utilisées et donc l'empreinte sur ces surfaces bioproductives.

c) Calcul des surfaces disponibles ou bioproductives

Dans la littérature, 5 catégories de sol bioproductives sont fréquemment retrouvées dans le calcul de la biocapacité. En détaillant, il apparaît en fait que la classification est basée sur 10 catégories de sol différentes. Ce type de classification est similaire à celle de l' « Alliance mondiale pour la nature » : **[Wackernagel et Rees, 2005]**

Sol énergétique ou Carbon Uptake land	a. sol approprié par l'utilisation des énergies combustibles	SOL ENERGETIQUE
Sol consommé ou Build-up Land	b. environnement construit	SOL DEGRADE
Sol des cultures Cropland	c. jardins	ENVIRONNEMENT CONSTRUIT REVERSIBLE
Sol des pâturages Grazing Land	d. sol des récoltes e. pâturages	SYSTEMES CULTIVES
	f. forêts cultivées	SYSTEMES MODIFIES
Sol à accès limité ou Forest Land	g. forêts vierges h. superficies à faible productivité	DESERTS COUCHES GLACIAIRES
Espace marin ou Fishing Grounds	i. mers à productivité élevée j. mers à faible productivité	PLATEAUX CONTINENTAUX ET DELTAS LE GRAND LARGE

Tableau 2. Catégories de sol **[Wackernagel et Rees, 2005]**

La catégorie « Carbon Uptake Land » est seulement valable pour le calcul de l'empreinte écologique. Il est considéré que c'est une sous catégorie de « Forest Land » qui permet de voir l'impact des émissions de CO₂.

A partir de 2006, la catégorie « Build-up-Land » n'apparaît plus dans le calcul de la bioproduktivité. Il a été admis que cette catégorie est en fait incluse dans « Cropland » en partant du principe que ces surfaces ont un potentiel hautement fertile. 165 millions d'hectares de ce type ont été comptabilisés. **[GFN, 2006a]**

A partir d'octobre 2008, cette catégorie retrouve sa place distincte dans les matrices de calcul. **[Wackernagel, 2008]**

En 2005 la superficie de « Cropland » a été évaluée par la FAO (FAO ResourceSTAT Statistical Database 2007) à hauteur de 1.6 Md d'hectares prenant en compte 195 catégories. **[Ewing et al, 2008a]**

La superficie de « Grazing Land » (4.8 Md d'ha) est depuis 2008 calculée à partir de la NPP. Cette nouvelle méthode de calcul se base sur la production primaire nette (Net Primary Productivity) dans lequel il est décrit la capacité inhérente de la terre de soutenir la production agricole. Des études ont montré la pertinence de l'utilisation de cette donnée (Redefining Progress). **[Talberth et Venetoulis, 2006]**

L'aire de « Fishing grounds » est évaluée à partir de l'indice PPR. [Ewing et al, 2008a] Cette aire est fréquemment subdivisée selon les 2 catégories du tableau 1 « Marine » et « Inland water » en transcription anglaise.

La superficie de « Forest land » est évaluée en 2005 à 3.95 Md d'hectares.

La FAO trouve ses sources au niveau de l'Europe dans la base de données géographiques CORINE Land Cover (programme européen de coordination d'information sur l'environnement). Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 29 Etats européens et pour les bandes côtières du Maroc et de la Tunisie. [Raoul-Duval, 2007]

d) Calcul de l'empreinte et facteurs de conversion associés.

La définition de l'empreinte fait appel à une consommation de surface.

Empreinte écologique pays (gha) = Facteur d'équivalence (gha/ha) x Demande (kg, J, ...) x Facteur de conversion (ha/kg, ha/J, ...) x Facteur de rendement

Comme il l'a été dit précédemment, la demande fait appel spécifiquement aux surfaces bioproductives. Ainsi la réalisation d'un produit ou service consomme 1 ou plusieurs types de surfaces bioproductives selon sa nature.

Le calcul de l'empreinte écologique fait appel donc à 6 catégories vues sur la figure précédente. Cependant, dans la littérature antérieure à octobre 2008, la catégorie « Forest Land » est subdivisée en 2 et une composante nucléaire est ajoutée.

Pour faciliter le remplissage de la matrice du prochain chapitre, une question simple sera posée pour chaque catégorie de sol. Si la réponse est oui, alors le produit ou service a un impact sur cette catégorie.

La catégorie « Build-up-Land »

Question : Est ce que l'élaboration du produit ou service implique une surface construite ?

Cette catégorie est définie comme la surface bâtie incluant les routes. Le facteur de conversion est spécifique à chaque matériau utilisé. Il peut être déterminé en divisant la quantité de ce matériau utilisé par la quantité totale de tous les matériaux.

La catégorie « Cropland »

Question : Est ce que l'élaboration du produit ou service implique une surface d'élevage ?

Pour une surface d'élevage, le ratio hectares par kg de nourriture utilisé sert de facteur de conversion.

La catégorie « Grazing Land »

Question : Est ce que l'élaboration du produit ou service implique une surface de culture ?

Pour une surface de culture il est nécessaire de déterminer la valeur d'énergie incorporée massique, exprimée en giga joules par tonne ou en mégajoules par kilogramme de produit.

Le facteur de conversion entre l'énergie consommée et la surface de forêt, est appelé « facteur de séquestration du carbone ». Il s'exprime en ha de forêt par tonne de CO₂. La formule générale pour ce calcul est la suivante :

TCF carbone = Emissions annuelles * (1-Pourcentage des émissions séquestrées par les océans) / Taux annuel d'absorption de carbone par hectare de forêt. [Ewing et al, 2008a]

Pour une unité énergétique de 1 GJ, le pétrole présente une intensité d'émission de carbone égale à 0,02 tC/ GJ . Environ 29 % du carbone émis est capté et stocké par les océans (calculs nationaux selon le GFN). Sachant qu'un hectare de forêt moyenne peut accumuler environ 1 tonne de carbone par année, en appliquant l'équation et les données définies ci avant, on détermine le facteur de séquestration du carbone pour le pétrole : 0,14 m² / MJ. [El Bouazzaoui, 2008]

La catégorie « Fishing grounds »

Question : Est ce que l'élaboration du produit ou service implique une consommation de poisson ?
De la même manière que la catégorie « Grazing Land », il est nécessaire de déterminer la valeur d'énergie incorporée massique et d'utiliser le facteur de séquestration.

La catégorie « Forest land »

Question : Est ce que l'élaboration du produit ou service implique une consommation de bois ?

La superficie de « Forest land » est la surface de forêt utilisée pour la production de papier et de bois. Pour le calcul d'empreinte des consommations en papier, il est possible de calculer la surface en fonction du rendement des forêts françaises ou mondiales.

Le facteur de conversion associé est défini selon la formule :

$TCF \text{ papier} = \text{rendement} * \text{tonnage de bois pour une tonne de papier} / \text{masse volumique bois}$

Avec les données suivantes, il est alors facile de déterminer ce facteur. Pour la France il faut 5,33 m³ de bois pour 1 hectare de forêt. Le tonnage de bois pour une tonne de papier est d'une valeur de 1,11 et la masse volumique moyenne du bois est de 0,65 t/m³. **[El Bouazzaoui, 2008]**

La catégorie « Carbon Uptake Land »

Question : Est ce que l'élaboration du produit ou service implique des rejets de CO₂ (ou GES) ?

Il y a deux manières de la calculer : soit en utilisant le facteur de séquestration, soit en utilisant les facteurs d'émissions de la méthode bilan carbone de l'ADEME.

Facteur d'émission = (1 - Pourcentage des émissions séquestrées par les océans) / Taux annuel d'absorption de carbone par hectare de forêt

L'empreinte partielle d'eau potable consommée, par la méthode bilan carbone, pourrait être calculée ici, en prenant en considération le facteur d'émission en tonne équivalent carbone par m³ d'eau potable traitée. **[El Bouazzaoui, 2008]**

II. 3. 1. 2 Facteurs d'équivalence et de rendement

a) Les facteurs d'équivalence (EQF)

Les facteurs d'équivalence ou Equivalence Factors (EQF), traduisent une superficie en ha en une superficie spécifique en gha pour les 6 catégories évoquées plus tôt.

L'établissement de ces facteurs traduit le rapport de productivité, ramené à la productivité mondiale, entre les différentes catégories de surfaces bioproductives.

Ainsi, un hectare global (mondial) est égal à un hectare avec une productivité égale à la productivité moyenne des 13.4 milliards d'hectares bioproductifs sur la Terre en 2005.

Le facteur d'équivalence pour les mers est calculé, selon la quantité de calories de bœuf produites dans un ha par rapport à celles de saumon produites dans un ha. Le facteur d'équivalence pour les eaux intérieures est le même que celui des mers. Les réservoirs hydro-électriques ont un facteur de 1. **[Ewing et al, 2008a]**

Le facteur d'équivalence pour le « Build-up land » équivaut à celui du « Cropland » du fait que ces surfaces construites ont un potentiel hautement fertile.

Le facteur d'équivalence pour le « Carbon Uptake land » équivaut à celui du « Forest land », ce qui est en somme logique, étant donné que l'hypothèse de l'absorption du carbone par la forêt a été retenue.

Les facteurs d'équivalence pour le « Cropland », « Forest land », « Grazing land » sont tirés de l'indice de viabilité des Zones Agro-écologiques Mondiales (GAEZ), un modèle spatial de rendements agricoles potentiels de la FAO.

Le facteur d'équivalence décrit les rendements de récolte potentiels accessibles dans un secteur avec un niveau assumé d'apports comme l'eau et l'engrais, indépendamment des pratiques actuelles de gestion ou les taux de production de biomasse.

Cet indice est divisé en 5 classes basées sur la productivité potentielle pour chacune des 3 catégories « Cropland », « Forest land », « Grazing land » :

Classes de productivité	Indices
Very Suitable (VS)	0.9
Suitable (S)	0.7
Moderately Suitable (MS)	0.5
Marginally Suitable (mS)	0.3
Not Suitable (NS)	0.1

Tableau 3. Classes de productivité GAEZ [Ewing et al, 2008a]

Les facteurs d'équivalence sont calculés à partir du ratio de la moyenne des indices pour un type de sol divisé par la moyenne des indices pour tous les types de sol.

Ainsi les facteurs actuels calculés sont les suivants (en gha) :

Surfaces bioproductives	Facteurs d'équivalence
Primary cropland	2.64
Forest	1.33
Grazing Land	0.5
Marine	0.4
Inland Water	0.4
Build-up Land	2.64

Tableau 4. Facteurs d'équivalence [Ewing et al, 2008a]

La figure suivante montre la conversion des surfaces bioproductives d'hectares en hectares globaux à partir des facteurs d'équivalence précédents.

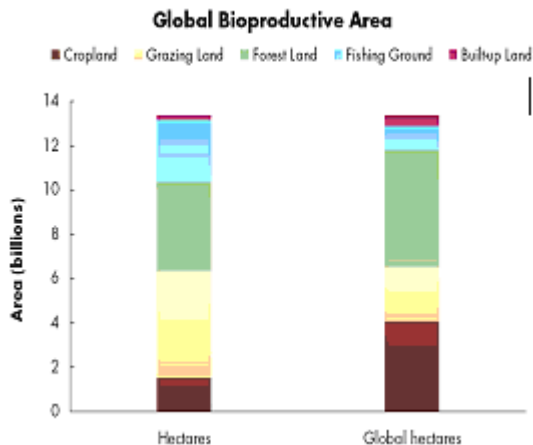


Figure 12. Surfaces bioproductives [Ewing et al, 2008b]

Pour obtenir donc l'empreinte écologique, il est donc nécessaire d'additionner chacune des empreintes relatives à une surface bioproductive.

b) Les facteurs de rendement

Les facteurs de rendement ou Yield Factors (YF) décrivent la mesure à laquelle un secteur biologiquement productif dans un pays donné est plus (ou moins) productif que la moyenne mondiale du même secteur bioproductif.

Ces facteurs n'ont pas d'unité, ils représentent simplement un rapport de productivité local/mondial.

De la sorte les spécificités de chaque type de sol pour chaque pays sont prises en compte.

Les facteurs de rendement sont établis par le GFN et inscrits dans une publication nommée National Footprint Accounts. En 2008 148 catégories de produits agricoles primaires ont été calculées ainsi que 29 catégories pour les secondaires et tertiaires. **[Kitzes, 2008]**

La liste complète de ces produits a été générée à partir de la liste de tous les biens compris dans la base de données UN's FAOSTAT ProdSTAT de 2007.

La description de chacun des calculs n'est pas à ce jour disponible. Cependant pour un grand nombre de ces catégories, le principe de calcul est indiqué dans le guide 2008.

II. 3. 2 Réalisation des calculs appliqués

Dans cette partie, la réalisation du calcul d'empreinte écologique sera abordée. Les différentes méthodes de calcul seront mises en relation avec la matrice de calcul applicable.

II. 3. 2. 1 Méthodes de calcul

La réalisation du calcul de l'empreinte écologique s'effectue à tous les niveaux et implique de tenir compte des données disponibles. Ainsi, des méthodes de calcul ont été développées pour faciliter les différentes applications possibles.

a) Les différentes approches de calcul de l'empreinte écologique

Il existe 3 approches de calcul de l'empreinte écologique : **[Angenius, 2007]**

- « compound », dérivée de la technique utilisée au niveau national
- « component », ou approche systémique
- « input-output », ou approche analytique

La méthode « compound » correspond à la méthode utilisée par le GFN. The Nationals Footprint Accounts ou les Comptes Nationaux d'empreinte de 152 pays, sont élaborés tous les 2 ans à partir de 5 000 données publiques (FAO, UNEP, statistiques internationales). **[Kitzes, 2008]** La méthodologie de calcul est alors réappliquée aux régions, villes ou territoires à partir des données disponibles.

La méthode « component » utilise des données plus précises et implique un inventaire direct plutôt que des estimations. Cette méthode est adaptée aux territoires ou aux organisations pour lesquels les données statistiques sont existantes et disponibles. Elle est relativement peu adaptée à des territoires de superficie importante pour lesquels ces types de données sont difficilement disponibles. Cette méthode est utilisée notamment par les universitaires.

La méthode « input-output » est possible lorsque le tableau entrée-sortie ou le tableau emploi-ressource est disponible à l'échelle d'un territoire. En utilisant des schémas de consommation de différentes catégories socioprofessionnelles, cette méthode permet d'affiner l'élaboration de scénarios. Cette méthode a été utilisée par le Stockholm Environment Institute (SEI) pour calculer l'empreinte écologique de toutes les communes de Grande-Bretagne dans le cadre du programme « One planet living ». **[Angenius, 2007]**

Elle peut s'appliquer à la comparaison de régions comme par exemple en Nouvelle-Zélande. **[McDonald et Patterson, 2003]**

La différence entre ces méthodes repose essentiellement sur la disponibilité des données.

b) Les types d'empreinte écologique

Il existe 6 types d'empreinte écologique qu'il est possible de distinguer. L'explication de la figure va permettre de comprendre le mécanisme de calcul de l'empreinte écologique.

Le premier type est l'empreinte écologique de l'individu. Il correspond à la finalité de calcul de l'empreinte écologique. Pour rappel, l'empreinte écologique est toujours ramenée à l'individu si l'on veut pouvoir la comparer avec la biocapacité calculée par le GFN.

Cette empreinte écologique au niveau de l'individu peut être déterminée à partir de 4 autres types d'empreintes :

L'empreinte écologique monde ou globale :

- calculée en additionnant l'empreinte de tous les pays.
- ramenée à l'empreinte écologique de l'individu en divisant par la population mondiale.
- L'empreinte écologique pays :
 - calculée avec la méthode « compound » du GFN
 - ramenée à l'empreinte écologique de l'individu en divisant par la population du pays
- L'empreinte écologique région / territoire / ville:
 - calculée selon la méthode « compound » ou « input-output »
 - ramenée à l'empreinte écologique de l'individu en divisant par la population du territoire.
- L'empreinte écologique foyer ou maison
 - calculée selon la méthode « component »
 - ramenée à l'empreinte écologique de l'individu en divisant par le nombre de résidents.

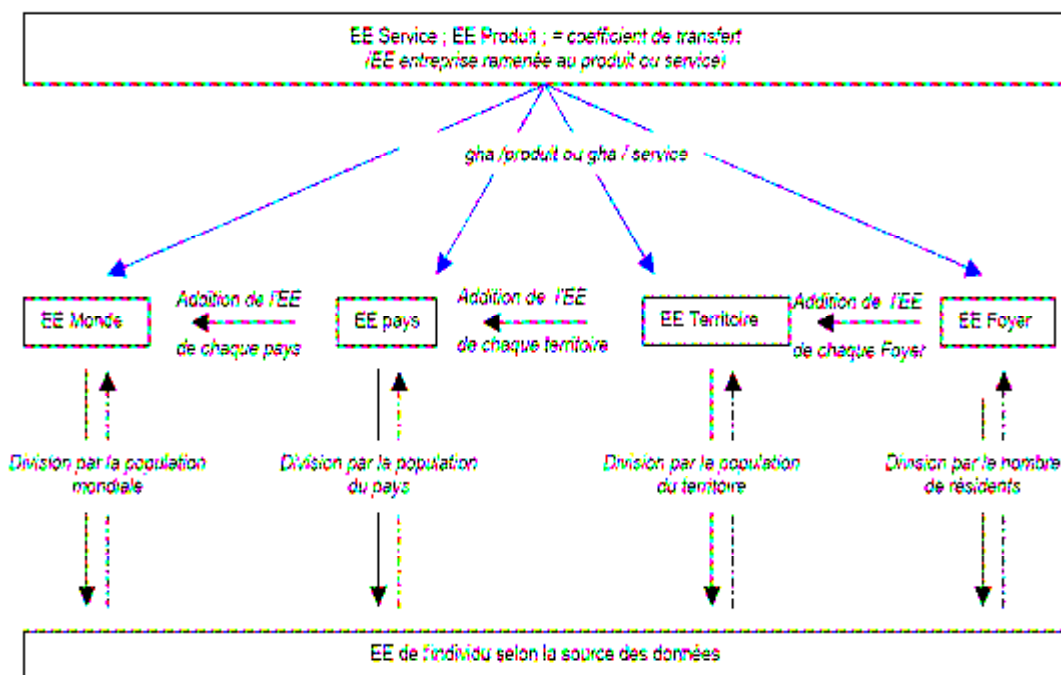


Figure 13. Relation entre les différents types d'empreintes

En théorie, si chaque empreinte écologique de foyer était calculée précisément sans oublier un seul produit de consommation ou de service, alors il serait possible de remonter à l'empreinte écologique d'une ville, d'un territoire, d'un pays voire du monde.

Le dernier type d'empreinte écologique calculé est celui d'un produit ou d'un service. (Méthode « component »).

c) Approfondissement au niveau du calcul d'empreinte écologique produit ou service

L'établissement d'un calcul produit, service peut avoir 2 buts :

- dans le but de réaliser la publicité de l'entreprise ou l'organisme.
- dans le but d'établir une base de données pour calculer l'empreinte écologique foyer.

A noter que les buts peuvent être liés et complémentaires.

L'empreinte écologique de l'entreprise ou d'un organisme est calculée comme s'il s'agissait de la consommation d'un individu. La formule utilisée en approche « component » est pour rappel, la suivante :

$$EF_{(gha)} = EQF_{(gha/ha)} \times YF \times TFC_{(ha/kg, ha/J, \dots)} \times Demande_{(kg, J, \dots)}$$

Le résultat donne une empreinte de Y gha pour l'entreprise ou l'organisme.

En divisant cette empreinte par le nombre de produits ou de prestations effectuées, l'empreinte est alors ramenée par produit et utilisable dans le calcul component de l'empreinte foyer. Cette démarche permet d'obtenir au final la conclusion : ce produit ou ce service, lorsque vous le consommez, augmente votre empreinte de X gha par produit.

$$EF_{(gha)} = EF_{produit (gha/produit)} \times Consommation_{(nombre de produits)}$$

Cette empreinte écologique produit ou service est alors communément appelée coefficient de transfert lorsqu'elle est utilisée dans ce but. En effet, l'empreinte écologique produit prend en compte le facteur d'équivalence, celui de conversion et celui de rendement.

C'est sur la base de ces calculs que TEO a vu le jour. En effet cette base de données ouverte créée par Angenius recense des coefficients de transfert.

Remarque : l'empreinte écologique d'un produit peut être donnée en kg/gha. Il suffit alors de diviser la consommation par cette empreinte écologique produit.

II. 3. 2. 2 Matrice de calcul

Il faut distinguer les deux approches « component » et « compound ». La méthode « compound » inclut par définition des statistiques. La méthode component peut au contraire s'appuyer sur des données d'ACV voire de Bilan Carbone. **[Gondran, 2004]** Ainsi bien que partant d'un principe de calcul identique, la matrice de ces deux approches est différente pour tenir compte de la fonctionnalité des données collectées.

a) Elaboration de la matrice compound

En méthode « compound » l'empreinte écologique totale d'un pays est : $EF (consommation) = EF(production) + EF(importations) - EF (exportations)$.

Ce type de calcul est élaboré uniquement par le GFN et publié dans les NFA. Pour information, le détail de calcul de cette matrice représente plus d'un millier de lignes de tableur Excel pour chaque pays **[GFN, 2006b]**

Si le pays A exporte une tonne de mouton au pays B, l'Empreinte de l'alimentation, le pâturage et l'énergie exigée pour produire cette tonne de mouton est déduite du pays A et ajoutée au pays B pour déterminer l'Empreinte de consommation.

b) Elaboration de la matrice component

De 1 à 6 domaines de sol sont donc consommés par la réalisation d'un produit ou d'une prestation pour un individu.

Pour simplifier la collecte des données, la consommation humaine a été résumée dans plusieurs catégories qui correspondent à la classification dans les statistiques officielles. **[Wackernagel et Rees, 2005]**

- Alimentation
- Logement
- Transport
- Biens et services

Dans la bibliographie actuelle, la catégorie Biens et Services a été divisée en deux et la catégorie déchet a fait son apparition.

L'objectif étant d'aboutir à la matrice suivante :

En hectares globaux (gha)	Build-up Land	Forest Land	Cropland	Fishing Ground	Grazing Land	Carbon Uptake Land	Total
Alimentation							
Logement							
Transport							
Biens							
Services							
Déchets							
Total							

Tableau 5. Matrice component

Chaque catégorie va impacter différents domaines de sol.

Les cases grisées dans le tableau signifient que les catégories de produits ou services ont un impact sur les catégories de sol.

Pour réaliser sa propre matrice, le lecteur souhaitant obtenir des exemples à insérer dans chaque catégorie pour chaque domaine de sol, pourra s'inspirer du rapport suivant [Camill, 2002] voire également de calculateurs sous format Excel. [Wackernagel et Al, 2003]

Toute case du tableau grisée en approche « component » doit être remplie selon la formule suivante :

$$EF_{(en\ gha)} = EQF_{(en\ gha/ha)} \times Demande_{(kg, J, \dots)} \times TFC_{(ha/kg, ha/J, \dots)} \times YF$$

$$Ou\ EF_{(gha)} = Coefficient\ de\ transfert_{(gha/kg, gha/J, \dots)} \times Demande_{(kg, J, \dots)}$$

Cette seconde formule est la plus utilisée car elle est beaucoup plus simple à manipuler.

c) Périmètre d'utilisation de la matrice component

La base de données (TEO) développée par Angenius regroupe plus de 500 coefficients de transfert. Les coefficients de transfert pour le produit ainsi que pour le produit recyclé ont été calculés, en tenant compte de la "valeur écologique" de la matière économisée, et des différences d'énergie liées aux processus de traitement. [Angenius, 2008]

Pour simplifier la démarche de calcul, le concept d'EES a été défini. Il correspond à un périmètre de 3 modules :

- l'EE brute des matières premières : surface théorique nécessaire à la production des matières premières qui entrent dans le produit.
- l'EE liée à l'énergie de production et de transformation du produit.
- l'EE liée aux transports qui ont été effectués au cours de la fabrication du produit, depuis ceux des matières 1ères jusqu'à la consommation finale.

L'EE liée à l'énergie et aux transports est récoltée sous forme de donnée CO2 qui sont converties ensuite par des facteurs de conversion correspondants et disponibles dans la base de données.

Certains facteurs de conversion de la base TEO proviennent directement des comptes nationaux du GFN : il s'agit des données concernant les "matières brutes" telles que l'alimentaire, les textiles, le bois...

Pour les matières transformées, les données du GFN ont été affinées pour intégrer des données énergétiques provenant de bilans carbone ou d'ACV et collectées auprès de sources publiques (ADEME, Agences internationales, Stockholm Environment Institute). [Angenius, 2008]

II. 3. 3 Limites, caractéristiques, fonctions

La conception de l'empreinte ne permet pas de répondre à tous les enjeux d'un développement soutenable mais permet de mettre l'accent sur certains. Ainsi, dans la sous partie limites conceptuelles, il sera évoqué ce en quoi l'empreinte peut répondre ou ne pas répondre.

Ensuite, les limites des calculs d'empreinte seront montrées. L'établissement de critiques constructives est en effet un facteur de progression majeur. Cependant il sera nécessaire de faire le lien avec les enjeux auxquels l'empreinte répond.

Enfin, les caractéristiques de cet indicateur seront développées pour permettre de conclure quant à son utilisation.

II. 3. 3. 1 Limites conceptuelles

La conception de l'empreinte écologique ne permet pas de prendre en compte toutes les préoccupations environnementales.

A travers le problème de la répartition des ressources et de la dimension environnementale de la durabilité, il sera montré les limites d'utilisation rationnelles de cet indicateur.

L'empreinte écologique ne contient aucune variable sociale, et elle agrège un nombre de critères tous associés à la question de l'épuisement de certaines ressources dites renouvelables. Cependant pas toutes : par exemple, les ressources en eau n'en font pas partie, mais des travaux sont en cours sur « l'empreinte eau ». **[Gadrey, 2006]**

a) Partage de la Terre

L'empreinte a été conçue pour mettre l'accent sur le problème de la répartition des ressources énergétiques et extractives à l'échelle internationale. **[IFEN, 2008]**

La conception de l'empreinte pose donc le problème de partage des ressources comme l'on parle du partage des richesses.

Par exemple, le Brésil doit-il supporter le poids des émissions de la planète en préservant sa forêt dite le poumon vert de la planète ?

Car la déforestation provoque une augmentation de la biocapacité du pays du fait des facteurs d'équivalence. En effet un sol agricole a une bioproduktivité presque deux fois plus élevée qu'un sol de forêt.

Ainsi, plus la déforestation se poursuit, plus l'empreinte du Brésil diminue.

Exiger le partage des ressources gérées correctement sur une base égalitaire apparaît infondé et vain, alors même que la question de l'égalité stricte est légitime pour la partie carbone de l'empreinte **[Piguet et Al, 2007]**

L'empreinte écologique ne permet donc pas de répondre à la politique d'aménagement de territoires différents, étant donné les spécificités existantes.

Elle peut cependant y répondre si la biocapacité relative à ce territoire est calculée.

b) Dimension environnementale de la durabilité

Les calculs sont fondés sur le principe que les méthodes de récolte industrielles sont durables, ce qui n'est pas toujours le cas (agriculture et foresterie par exemple). **[IFEN, 2008]**

La seule manière de distinguer cet aspect à travers le calcul de l'empreinte écologique, est de regarder la biocapacité des années suivantes. Car si la bioproduktivité des sols baisse du fait d'une surexploitation passée, cela affectera les évaluations de la biocapacité d'années futures.

Idéalement, les évaluations d'Empreinte devraient aussi inclure la demande de secteur d'effets secondaires agricoles comme la pollution de l'eau par l'agriculture animale intensive, mais dans les NFA, ces aspects manquent en l'absence des données. C'est une raison pourquoi les évaluations de demande à la nature probablement sous représentent la demande réelle. **[Wackernagel et Rees, 2005]**

Ainsi l'empreinte écologique ne peut évaluer ni les dommages causés aux écosystèmes par des produits toxiques, ni une surexploitation des terres. Ces aspects ne peuvent se traduire que par une perte de biocapacité future, qui dans la réalité est très difficilement discernable.

De plus, une agriculture très consommatrice d'engrais aura une empreinte écologique moindre qu'une agriculture naturelle étant donné la productivité du premier mode.

L'empreinte écologique ne peut donc répondre aux problèmes de pollution et de surexploitation des terres sans manquer de fondements scientifiques.

Ces deux aspects sont à mettre en lien avec la publication des empreintes écologiques des pays dans les NFA. Si un pays surexploite ses terres et les pollue dans le but d'augmenter sa biocapacité, alors la diminution de son empreinte écologique n'a plus aucun sens.

La demande en eau de l'humanité est un aspect ignoré par l'empreinte écologique du fait des spécificités territoriales. Chaque territoire possède des caractéristiques qui font que le mode de consommation pourrait être considéré comme durable dans un pays et non durable dans l'autre.

Ainsi, cet indicateur ne répond pas à la question des ressources en eau. Il se contente de prendre en compte les consommations énergétiques des installations nécessaires à la distribution et les traitements.

Par contre, il peut montrer qu'un mode de consommation impacte plus qu'un autre au sein d'un territoire.

Un indicateur complémentaire dit empreinte eau a été établi pour prendre en compte cet aspect renouvelable revendiqué. **[WFN, 2009]**

Il évalue le volume d'eau (en m³) nécessaire pour répondre aux besoins d'une population donnée. La méthodologie pour calculer l'empreinte eau est très proche de l'EE, à quelques différences près... Similarités des résultats (l'alimentation a un fort impact sur les deux empreintes) et des différences (les transports ont plus d'impact sur l'empreinte écologique). Possibilité de comparer les empreintes eau moyennes par pays, ainsi que l'empreinte eau de différents produits. **[WWF, 2007a]**

La conception d'éco-quartiers à faible empreinte est légèrement biaisée de part le concept "ressources renouvelables". En effet la rareté des ressources inertes et donc leur disponibilité dans la nature ne peut être évaluée.

Par contre, elle permet de valoriser les matériaux utilisant peu d'énergie lors de leur conception et de favoriser la réutilisation par conséquent.

Elle peut également proposer des habitats proposant une réduction de la consommation énergétique, ...

L'autre aspect problématique durable, est celui de l'énergie nucléaire et de ses déchets. Dans le paragraphe suivant ce point sera développé.

c) Approfondissement énergie nucléaire

Les concepteurs de l'empreinte écologique n'ont pas voulu se positionner en faveur du nucléaire dont l'empreinte est la plus faible énergétiquement.

Cependant en 2008, le Comité des NFA du Global Footprint Network a conclu que l'approche indirecte des émissions pour le calcul de l'empreinte de l'électricité nucléaire n'était pas scientifiquement valable.

Même si l'on inclut le cycle complet de l'extraction, traitement et entreposage des déchets radioactifs, l'empreinte écologique est 4 fois inférieure à celle de l'éolien du fait de la productivité.

Car l'empreinte de l'énergie varie énormément selon la productivité de la source d'énergie. Plus grande est la productivité, plus petite sera l'empreinte. Ces chiffres sont ceux de la moyenne mondiale de superficie. **[Wackernagel et Rees, 2005]**

Source	Empreinte en Giga J / ha
Ethanol	>2.5
Charbon	1.8
Combustible fossile liquide	1.4
Gaz fossile	1.1
Forêt cultivée	1.0
Hydroélectricité basse altitude	0.2-0.67
Hydroélectricité haute altitude	0.0067
Eau chaude solaire	0.0025
Photovoltaïque	0.05
Eolienne	0.008
Nucléaire	0.002

Figure 14. Productivité de différentes sources d'énergie **[Wackernagel et Rees, 2005]**

Il existe dans la littérature antérieure à octobre 2008 deux méthodes indirectes pour calculer l'empreinte écologique du nucléaire :

- le sol fantôme : c'est la surface de sol requise pour produire un substitut organique aux combustibles nucléaires. **[Malvezin, 2008]**
- l'assimilation : c'est la superficie du sol (forêts) requise pour emmagasiner le CO₂ émis par la combustion équivalente de pétrole, en énergie produite.

Dans les NFA, l'assimilation a toujours été retenue jusqu'à 2008.

Le Comité pour les NFA a décidé de ne plus calculer l'empreinte écologique du nucléaire de manière indirecte pour les raisons suivantes : **[WWF, 2008a]**

1. Il n'y a pas de base scientifique derrière l'hypothèse de parité entre l'empreinte carbone de l'électricité provenant de combustibles fossiles et les demandes liées à l'électricité nucléaire.
2. Les principales préoccupations liées à l'électricité nucléaire souvent citées sont les coûts et les subventions excessives, l'avenir du stockage des déchets, le risque d'accidents des centrales, la prolifération des armes et autres risques de sécurité. Les NFA sont conçus pour être historiques plutôt que prédictifs et, par conséquent, l'examen des impacts potentiels futurs sur la biocapacité ne doivent pas être inclus.

Dans les NFA pour l'année 2003, l'empreinte nucléaire représentait environ 4% de l'empreinte totale de l'humanité. Par conséquent, pour la plupart des nations, l'effet de ce changement méthodologique sur les résultats de 2005 est négligeable. Toutefois, pour les pays ayant un important approvisionnement en énergie nucléaire, comme la Belgique, la Finlande, la France, le Japon, la Suède et la Suisse, ce changement influence de manière plus importante les valeurs de leur empreinte. **[WWF, 2008a]**

II. 3. 3. 2 Limites de la méthodologie de calcul

L'application des calculs à tous les secteurs d'activité fournissant un service ou un produit pose quelques difficultés au niveau du tourisme et de l'énergie grise. Quelques rajustements et hypothèses ont donc été effectués.

a) Tourisme

Quelques activités de consommation, comme le tourisme, sont attribuées au pays où ils arrivent, ou où les avions sont alimentés, plutôt qu'aux pays des voyageurs d'origine. **[Wackernagel et Al, 2005]**

Cela signifie, par exemple, que la consommation d'un touriste français au Pérou peut être allouée au Pérou plutôt qu'à la France.

Cela déforme la taille relative des empreintes de certains pays, mais n'affecte pas le résultat global.

Faute de données plus précises, les carburants utilisés sont ajoutés comme une taxe sur le total de consommation d'énergie.

b) Énergie grise:

Les variations de l'empreinte d'un pays sont importantes d'une année à l'autre ; cela peut sembler absurde, puisque les modes de vie varient peu à court terme. Elles sont essentiellement dues aux variations de l'énergie grise, qui dépendent des variations des échanges extérieurs. **[Wackernagel et Rees, 2005]**

L'énergie grise est définie comme l'énergie incorporée dans un produit ou service dans le but de son élaboration.

Lorsque la méthode compound est utilisée, cette dimension d'énergie incorporée selon la provenance n'intervient pas.

Des facteurs énergétiques ont donc été établis pour 600 catégories de produits. Ils transforment en émissions de CO₂ cette énergie grise **[De Montmollin, 2007]**

Malgré cela, l'aspect énergétique reste très incomplet étant donné que c'est l'énergie produite et non celle consommée qui est prise en compte pour l'élaboration de l'empreinte de chaque pays.

II. 3. 3. 3 Caractéristiques de l'indicateur

Un indicateur doit être représentatif du système choisi, avoir une base scientifique, être quantifiable, sensible et fiable dans le temps.

Dans le cas du développement durable, un indicateur doit posséder des qualités encore plus particulières :

- transversalité disciplinaire et institutionnelle.
- transparents **[Raoul-Duval, 2007]**

a) Incertitude

Lorsqu'un résultat d'empreinte est donné, il n'y a pas d'incertitude correspondante allouée. Il existe des sources d'incertitudes, mais pas d'approximation du niveau de l'erreur potentielle.

La source d'incertitude la plus problématique est la valeur scientifique des hypothèses de départ. De nombreuses publications scientifiques évoquent la marge d'erreur qui pourrait exister sur certains aspects.

Par exemple, selon la source IPPC, la capacité de séquestration de la Terre serait de 2.3Gt de Carbone en 2004. Ce nouveau calcul de la biocapacité impliquerait une augmentation de 21% de l'empreinte écologique sur la planète et doublerait l'impact des émissions de Carbone. **[Wackernagel et Al, 2005]**

Les données de NFA ont une forte cohérence avec les données nationales. Ces bons résultats ne sont pas trop surprenants puisque la statistique publique alimente les grandes sources de données internationales **[IFEN, 2008]**

Une source d'incertitude également importante est celle de la collecte des données de calcul. Lors de l'établissement d'un calcul de type component, comme lors d'une ACV, un périmètre est

déterminé et des données manquantes sont estimées. Il y a par conséquent des sources d'erreur potentielle.

Par conséquent, étant donné que le calcul de l'empreinte écologique exclut les consommations dont la demande n'est pas assez renseignée (manque de données, données incertaines, etc.), le résultat est par la suite une valeur minimale et sous-estime la véritable contrainte exercée sur les milieux naturels. **[Bouazzaoui, 2008]**

Cependant, l'analyse de l'empreinte écologique n'a pas besoin de connaître toutes les articles de la consommation, toutes les catégories de déchets et toutes les fonctions des écosystèmes pour porter un diagnostic. **[Wackernagel et Rees, 2005]**

b) Sensibilité

L'empreinte écologique est très sensible aux différentes sources d'énergie. Pour la plupart des pays occidentaux, 70 % de l'empreinte est composée de l'empreinte énergétique. A travers ce chiffre il est montré ici l'importance (environ 10% de réduction en 2008) que peut avoir le nucléaire dans l'empreinte écologique d'un pays comme la France.

Le calcul de l'empreinte énergétique (ou carbone) devient un enjeu majeur, d'autant qu'elle compte pour la moitié de l'empreinte totale. **[Piguet et Al, 2007]**

Le résultat dépend de façon critique de l'utilisation de facteurs permettant de transformer en consommation de surfaces la consommation d'énergie ; il dépend également de la pondération relative des forêts et des surfaces cultivées dans le calcul de la bio capacité. **[Grenelle, 2007]**

c) Robustesse

Il n'y a pas de référentiel détaillé disponible avec une description détaillée de la méthode et de ses limites. Cependant en octobre 2008, est paru un guide méthodologique pour comprendre le principe de calcul ainsi qu'un guide pour visualiser les sources des données utilisées dans les NFA.

Ces guides permettent de comprendre la méthodologie employée mais n'indique pas la phase de calcul.

Il y eu en 2008 une avancée significative dans la publication des méthodologies employées. Elle n'est cependant pas suffisante pour établir un calcul d'empreinte.

La reproductibilité de la méthode ne peut être garantie. **[IFEN, 2008]**

d) Transparence

L'empreinte écologique n'est pas une marque déposée. Toute personne désireuse de réaliser un calcul d'empreinte écologique peut le faire sans payer de droits.

Cependant, la plupart des calculateurs d'empreinte mais également la réalisation des NFA sont des propriétés privées.

Cela a une incidence sur la transparence de la méthode : les hypothèses de travail, le traitement des données manquantes, le calcul de certains coefficients ne sont pas publiés.

Par ailleurs, ni les révisions de méthode, ni les publications ne sont annoncées par avance. **[IFEN, 2008]**

Cependant, le problème de standardisation et de la transparence peut être résolu par un livre guide. **[Schaefer et Al, 2006]**

II. 3. 3. 4 Fonctions de l'indicateur

Les fonctions des indicateurs sont au nombre de cinq, elles sont interdépendantes : **[Raoul-Duval, 2007]**

- Simplification
- Quantification des phénomènes complexes
- Communication de l'information (alarme, mobilisation)
- Aide à l'interprétation du monde
- Aide à la planification (aide à la décision)

Dans le cas du développement durable, les indicateurs doivent posséder des qualités encore plus particulières :

- Permettre de comprendre un processus de développement, (long terme).
- Parler « aux acteurs
- Permettre aux acteurs de dialoguer, être de bons vecteurs de communication.

En l'absence d'objectifs de développement durable partagés : progresser et donner des clés pour arbitrer entre des objectifs contradictoires. **[Raoul-Duval, 2007]**

a) Simplification et quantification

Cet indicateur est doté d'une très grande lisibilité de part son unité finale en hectares globaux.

Il quantifie un problème de partage des ressources planétaires et des territoires mais aussi du réchauffement climatique.

b) Communication et interprétation

L'empreinte écologique possède un vaste champ d'application. Elle permet les comparaisons internationales tout en prenant les précautions évoquées plus tôt.

Les ONG se servent de cet indicateur comme signal d'alerte. C'est un indicateur d'environnement, sans dimension socio-économique qui peut être pertinent pour qualifier les modes de vie. **[IFEN, 2008]**

Les acteurs politiques et les citoyens se sentent concernés par le résultat exprimé. Car l'unité choisie, représentant une surface définie, est particulièrement parlante pour tout un chacun, d'autant plus qu'il est possible, par de simples calculs, de rapporter le résultat à un nombre de planète.

Il est en effet bien plus simple de comprendre : "il faut un demi hectare pour absorber le CO2 dégagé par votre voiture pendant un an" plutôt que "votre voiture émet 160 gCO2/km. **[Warnery, 2007]**

Le constat de dépassement des limites, dont l'appréhension est rendue plus facile par l'outil d'empreinte écologique, peut pousser le grand public à la réflexion. **[Warnery, 2007]**

L'implication principale provient du principe de responsabilité dans la délimitation de son périmètre Elle permet d'une part de se concentrer sur les paramètres relevant des acteurs locaux et d'autre part d'additionner les résultats obtenus sur différents territoires. **[Lefèvre et Giraud, 2005]**

Ce calcul d'empreinte est nécessairement relié à la bioproduktivité de chaque territoire.

II. 4. BILAN ET PLACE DE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE COMME OUTIL ENVIRONNEMENTAL

Nous allons effectuer dans les un premier point le bilan de la synthèse bibliographique de l'outil d'évaluation environnementale Empreinte Ecologique au regard des 2 outils Bilan carbone, ACV et Dans un second point nous détaillerons les acteurs de l'Empreinte puis dans un dernier point les applications relatives à ces acteurs.

II. 4. 1 Bilan sur les 3 indicateurs

Nous présentons ici nos conclusions quant à la complémentarité des outils Bilan Carbone et ACV vis-à-vis de l'empreinte.

Nous joignons également un tableau de synthèse relatif à ces 3 outils.

II. 4. 1. 1 Complémentarité vis-à-vis de l'empreinte

Dans le domaine de l'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux, l'ACV est l'outil le plus abouti.

L'ACV est applicable à un produit/projet et prend en compte l'ensemble des impacts.

Sa pratique et sa diffusion actuelles contribuent à en faire un instrument de plus en plus performant et reconnu. Ces résultats reflètent la complexité des systèmes réels étudiés.

L'Union Européenne veut créer une plate-forme d'ACV pour accroître la disponibilité de données de grande qualité. **[Bosmans, 2007]**

Cela ne reste donc qu'un outil d'aide à la décision plus « normalisé » que l'empreinte écologique.

La réalisation d'une ACV passe par la définition d'un périmètre et d'une collecte des données qui y sont relatives.

En choisissant le même périmètre que l'ACV lorsque l'on veut réaliser un calcul d'empreinte écologique, comme par exemple l'EES, il suffit de reprendre les données collectées.

Le Bilan carbone est applicable à une organisation et un territoire pour ses deux versions et prend en compte le thème changement climatique avec ses 3 impacts (réchauffement, aérosols, ozone).

L'empreinte écologique ne prend pas en compte les impacts liés à la couche d'ozone et aux aérosols du fait de sa conception. Par contre, le Bilan carbone prend en compte ces impacts et les ramène en une unité équivalent Carbone.

En intégrant les données du Bilan Carbone à l'empreinte écologique, on sort ainsi du périmètre de conception de l'empreinte.

Il est donc préférable de ne pas intégrer une donnée brute de Bilan Carbone dans un calcul d'EE dans un souci de reproductibilité, étant donné que celle-ci est très sensible aux émissions (près de 50% de l'empreinte). Il est nécessaire de retourner aux données d'entrée CO₂ du Bilan carbone.

L'empreinte répond au thème utilisation des ressources naturelles (hormis non renouvelable), et à l'impact augmentation de l'effet de serre. Elle répond aussi, en réservant une surface aux autres espèces, à la préservation de la biodiversité.

L'Union Européenne est aujourd'hui consciente du potentiel de l'Empreinte Ecologique pour mesurer l'impact des ressources utilisées.

Cependant, du fait de son concept, il est nécessaire qu'elle soit complétée par d'autres indicateurs comme par exemple HANPP, LUA ou EMC.

De plus, la question de la soutenabilité, liée à la bioproduktivité de chaque territoire, est incluse dans l'empreinte écologique. C'est un principe fort mais ignoré dans les politiques de développement durable.

Cet indicateur environnemental est doté d'une très grande lisibilité de part son unité finale en hectares globaux.

La transparence est une caractéristique obligatoire pour un indicateur. Tant qu'il n'y aura pas de référentiel détaillé disponible voire une normalisation, il ne pourra y avoir de reproductibilité satisfaisante.

Les indicateurs sont souvent complémentaires, les résultats de l'un nourrissent les calculs de l'autre, les insuffisances de l'un peuvent être palliées par les spécificités de l'autre. [WWF, 2007b]

II. 4. 1. 2 Synthèse des 3 outils d'évaluation environnementale

Outils d'évaluation	Bilan carbone	Analyse de cycle de vie	Empreinte Ecologique
Principales caractéristiques	Estimation des émissions de gaz à effet de serre d'une activité, directes et indirectes	Evaluation d'un système comprenant l'ensemble des activités associées à un produit, ou à un service, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets.	Mesurer la superficie nécessaire à une population sur un territoire pour fournir de façon soutenable les ressources dont elle a besoin pour son mode de vie.
Impacts environnementaux pris en compte	Augmentation de l'effet de serre	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de l'effet de serre - Prélèvement des ressources - Destruction de la couche d'ozone stratosphérique - Acidification - Eutrophisation - Pollution photochimique - Ecotoxicité aquatique terrestre - Toxicité humaine - Odeur - Bruit 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de l'effet de serre - Prélèvement des ressources naturelles renouvelables - Consommation de l'espace, notamment l'occupation des sols par les infrastructures... - Préservation de la biodiversité
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation globale en matière d'émissions de gaz à effet de serre. - Prise en compte à la fois de l'ensemble des activités de l'organisation étudiée et des activités induites par cette organisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Prise en compte de l'ensemble du cycle de vie - Recherche d'impacts environnementaux pris en compte - Exhaustivité en termes d'impact 	<ul style="list-style-type: none"> - Excellent outil de communication, de sensibilisation et qui facilite les comparaisons (unité en ha) - Prise en compte de l'ensemble des cycles de vie.
Limites principales	<ul style="list-style-type: none"> - Il s'agit d'un bilan carbone, qui ne concerne que les émissions de gaz à effet de serre et non les autres impacts d'une entité sur l'environnement. - Les facteurs d'émission sont des approximations et reflètent une situation en perpétuel changement, ils ont vocation à changer en permanence. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté de généraliser les résultats - Difficulté d'accès aux données (bases de données assez coûteuses) - Difficulté d'interprétation des résultats 	<ul style="list-style-type: none"> - Inexistence d'un référentiel méthodologique de qualité - Méthodologie complexe - Jeunesse de l'outil - Sensible à l'impact du réchauffement climatique
Domaines d'application	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation - Territoire 	<ul style="list-style-type: none"> - Produit ou procédé 	<ul style="list-style-type: none"> - Tous : produit, service, entreprise, individu, foyer, territoire, pays, planète - Territoire
Références	Bilan Carbone ADEME, 2007.	- Normes ISO 14040-14044	<ul style="list-style-type: none"> - Les standards : - Notre empreinte écologique, 2005. - Calculation methodology for the national Footprint accounts, 2008.

Tableau 6. Synthèse des principaux outils d'évaluation environnementale

II. 4. 2 Acteurs de l'empreinte écologique

Dans le cadre de cette étude, il sera montré le réseau d'acteurs auquel il est possible de faire appel. Ainsi, dans un premier point, les acteurs d'ensemble seront évoqués, puis dans un second point les acteurs français.

Il faut cependant distinguer 2 types d'acteurs que sont les consultants et les instituts de recherche.

Les consultants : (Best Foot Forward, Redefining Progress, Empreinte écologique SARL...) utilisent l'empreinte écologique comme l'un de leurs outils de mesure de la durabilité, dans le cadre des services qu'ils offrent à leurs clients. Bien qu'ils soient conscients de l'intérêt de promouvoir le concept pour en développer les usages, ils protègent leurs intérêts en s'assurant la propriété intellectuelle et en créant des logiciels propriétaires de l'outil, ce qui a pour conséquence de décrédibiliser le marché. **[Angenius, 2005]**

Les instituts de recherche : (Stockholm Environment Institute, EPA Victoria, Angenius...) effectuent un important travail sur le développement de méthodologies et l'élaboration de scénarios prospectifs à destination des différents acteurs de la société (collectivités, entreprises...). Encore fragiles, ces travaux demandent encore à être consolidés par un retour d'expérience acquis via une mise en application concrète à grande échelle, notamment sur le marché des entreprises. **[Angenius, 2005]**

II. 4. 2. 1 Acteurs d'ensemble

a) GFN

Il s'agit du réseau mondial de l'empreinte écologique, association à but non lucratif basée aux USA. Ce réseau d'experts indépendants a été fondé en 2004 par le créateur de l'empreinte écologique, le Docteur Mathis Wackernagel, afin de promouvoir une utilisation de l'empreinte dans le monde qui soit conforme aux meilleurs standards de qualité et de communication. L'objectif visé à terme est l'adoption de l'empreinte écologique par les gouvernements comme outil de mesure et de planification en matière de développement durable.

Son panel d'experts inclut des personnalités telles que : le prix Nobel Wangari Mathai, Edouard Wilson, David Suzuki, Lester Brown, Michael Meacher... **[Angenius, 2006]**

Il compte plus de vingt organisations associées : ONG, gouvernements, privés, universités...

Les axes de travail du GFN sont :

- Organiser et animer une communauté de l'empreinte écologique, à travers des sites Internet, des conférences, la diffusion d'informations et de publications
- Assurer la mise à jour et l'amélioration des "Comptes nationaux d'empreinte écologique", qui sont des calculs détaillés de l'empreinte écologique des pays et servent de référence pour tous les calculs.
- Renforcer la rigueur scientifique de l'outil en améliorant de manière permanente la méthodologie
- Développer des standards de qualité pour les calculs d'empreinte écologique, leur usage et la communication. **[Angenius, 2005]**

b) WWF International

Pour WWF, le resserrement du crédit écologique est un défi mondial. Il est donc important que les politiques publiques de protection de l'environnement soient évaluées à l'aune de l'empreinte écologique.

Le WWF est la première organisation mondiale de protection de la nature. Le WWF compte plus de 4,7 millions de membres à travers le monde. L'organisation dispose d'un réseau opérationnel dans 96 pays proposant 12000 programmes de protection de la nature. Les compétences du WWF dans le domaine scientifique sont mondialement reconnues. **[WWF, 2009a]**

Les objectifs actuels de WWF sont le ralentissement du changement climatique, la réduction des toxiques dans l'environnement, protéger les océans et eaux douces, stopper la déforestation et sauver les espèces d'après le Dr Claude Martin, le directeur général de WWF International. **[WWF, 2009c]**

c) BFF

Best Foot Forward est un leader dans l'application de l'empreinte écologique pour des organismes, des produits et des régions.

Établi en 1997, BFF a achevé bien plus de 1000 analyses d'empreinte écologique et ainsi aider plus de 100 organisations à mesurer, gérer, communiquer et réduire leur impact environnemental.

BFF a été créée en 1997 par Nicky Chambers et Craig. Comme le nom le suggère, la compagnie a été fondée pour délivrer des analyses, recommander des changements pour augmenter l'efficacité et ainsi réduire l'impact sur la planète.

Elle est spécialisée dans le comptage carbone, l'empreinte écologique, les outils de développement. Elle fait partie des fondateurs et membres actifs de GFN, et a travaillé avec la commission Européenne pour l'adoption de l'indicateur empreinte au niveau d'un état. **[BFF, 2009]**

Basée à Oxford, cette compagnie a réalisé en 2002 le calcul de l'empreinte Ecologique de Londres. **[BFF, 2002]**

d) Redefining Progress

Redefining Progress est un groupe de réflexion de politique public qui essaye de trouver des solutions qui assurent un monde durable et équitable pour les générations futures.

Leurs initiatives politiques abordent des questions environnementales comme le changement climatique et l'épuisement de ressources naturelles, en assurant que les inconvénients et les bénéfices de cette politique soient partagés parmi les communautés affectées.

RP travaille avec un large tableau d'associés pour changer l'économie et la politique publique vers la soutenabilité.

RP le fait de trois façons :

- En mesurant l'état réel de notre économie, notre environnement et notre société avec des outils comme l'Empreinte écologique.
- En concevant la politique - comme la réforme fiscale environnementale - pour changer du comportement dans ces trois domaines
- En promulguant et crée de nouvelles structures - comme des actifs communs - pour remplacer ceux qui nous emportent de la fête à long terme, la santé économique et environnementale. **[Redefining Progress, 2009a]**

Le logiciel de calcul d'empreinte écologique, l'Ecological Footprint Quiz, a été d'abord développé en 2002 avec le « Earth Day Network » pour fournir aux gens une façon simple de mesurer leur impact sur la Terre. En 2008, RP a mis à jour L'Ecological Footprint Quiz avec une méthodologie révisée et des statistiques actualisées.

En plus des calculateurs d'Empreinte pour les individus et les bureaux, RP travaille sur des calculateurs locaux, régionaux et nationaux qui mesurent plus précisément notre impact sur la Terre. **[Redefining Progress, 2009b]**

e) Stockholm Environment Institut

SEI est un institut de recherche indépendant et international spécialisé dans le développement durable et les enjeux environnementaux. Il a une politique à la fois locale, nationale, régionale et globale. Le but de leur programme de recherche est de clarifier la politique, la stratégie et les exigences actuelles pour se diriger vers la soutenabilité.

Ces buts sont liés aux principes de l'agenda21 et des conventions tels que le changement climatique, la protection de la couche d'ozone et la diversité biologique. SEI est engagé dans les questions majeures environnementales et de développement depuis 25 ans. **[SEI, 2009a]**

Exemples de missions du SEI : Dongtan (Chine) et les régions Victoria et Queensland (Australie).

Dongtan est une ville qui va être créée près de Shanghaï sur l'île de Chongming. L'objectif central sera d'y incorporer les principes de soutenabilité. SEI va utiliser l'empreinte écologique et les méthodologies sous-jacentes de récolte des données pour informer des décisions qui seront prises pour la réalisation. **[SEI, 2009b]**

L'EE a été identifiée comme un concept utile et un outil efficace pour communiquer les messages importants pour les régions Victoria et Queensland dans le rapport du « State of the Environment (SoE) » .

Le SEI, en collaboration avec le Centre ISA à l'université de Sydney, a mis à jour les comptes d'empreinte écologique pour les deux états.

Le but était de réaliser un compte détaillé des indicateurs environnementaux principaux. (Énergie, eau, impacts sur la biodiversité, impacts sur la bio productivité, émissions de GES) qui fournissent ensemble une image complète de l'empreinte locale dans les régions Victoria et Queensland.

Il a aussi été effectué, grâce à l'analyse du cycle de vie et au bilan matière, des analyses au niveau des produits de consommations de bases pour comparer les variations de leurs impacts en terme d'empreinte. Les résultats ont été publiés dans le SoE **[SEI, 2009c]**

Le SEI est également à la base du calcul de l'empreinte des régions du Royaume –Uni, comme nous le verrons plus en détail dans le chapitre sur les applications.

f) Ecolife

C'est une ONG Belge engagée dans l'éducation populaire et le développement d'outils dont l'empreinte. Ils sont membre du GFN et des 'Standards Committee' (Comité qui réunit les experts mondiaux pour améliorer les facteurs de conversion et les méthodes de calcul de l'empreinte).

Ils sont aussi le leader sur le marché Belge et Hollandais pour les calculs et les applications éducatives depuis 1999. Ils ont ainsi développé plus de 40 calculateurs en 5 ans, et mené 20 campagnes.

Leurs clients incluent : Gouvernement Flamand, Gouvernement Bruxellois, UE, WWF, Greenpeace, Pime, Vodo, De Kleine Aarde, NT2-écoles,...

II. 4. 2. 2 Acteurs français

Au niveau national, l'Institut Angenius est le partenaire incontournable.

a) Angenius Institut

L'Institut Angenius est une association Loi 1901 sans but lucratif, fondée et présidée par Thanh Nghiem.

Angenius et le GFN sont partenaires depuis 2004 pour développer une utilisation rigoureuse de l'empreinte écologique sur le plan scientifique, qui soit adaptée aux besoins des utilisateurs entreprises, collectivités et particuliers.

Angenius a créé un Comité d'experts national indépendant qui inclut C. Brodhag, des experts, des professeurs de grandes écoles, pour superviser les travaux et en assurer la qualité ainsi que la transparence méthodologique. **[Angenius, 2006]**

Tous les travaux sont diffusés gratuitement et librement.

Ce travail a débouché en 2005 sur des applications terrain (collectivités, entreprises) et en 2006 sur un projet clé avec l'ADEME et le Conseil Régional Nord Pas de Calais pour réaliser l'empreinte écologique de deux sites pilotes (Loos en Gohelle et Nausicaa)

b) WWF France

Le WWF France est le relais en France du WWF international

Actualités du 8 janvier 2009 :

Le WWF soutient depuis de nombreuses années le développement de l'utilisation de l'empreinte écologique comme indicateur de la performance des politiques publiques.

Son directeur général Serge Orru appelle tous les parlementaires à se rallier à cette idée en cosignant la proposition de loi n° 1369 (tendant à réduire l'empreinte écologique de la France) et la en faisant inscrire à l'ordre du jour de l'Assemblée nationale. Cela montrerait selon lui « que les représentants au Parlement ont intégré le caractère inacceptable de la destruction de notre capital écologique dont nous sommes aujourd'hui les acteurs ». **[WWF, 2009b]**

c) Médiation et environnement

Créée en avril 2000, la société Médiation & Environnement est une SARL sous forme de SCOP, spécialisée dans les deux champs de l'expertise technique et de la concertation territoriale autour de projets ou d'actions à fort caractère social et environnemental.

Christophe Beurois auteur d'une intervention dans le cadre de ce projet, est l'interlocuteur principal quant à l'empreinte écologique.

Médiation et environnement collabore avec l'Institut Angenius.

d) Mesurer le développement durable

Anciennement Empreinte Ecologique SARL, Mesurer le développement durable est la première société de conseil en empreinte écologique en France, créée le 14 avril 2003 et basée en région Lyonnaise. Laurent Jolia-Ferrier en est le gérant.

e) IFEN

L'Institut Français de l'ENvironnement a développé un savoir-faire sur les indicateurs d'environnement et de développement durable depuis plusieurs années.

3 types d'indicateurs sont évoqués : PIB vert, épargne nette ajustée, empreinte écologique.

Le séminaire de son Conseil scientifique organisé le 25 juin 2007 a permis de mieux connaître et débattre de l'empreinte écologique et de l'épargne nette ajustée. Des pistes pour prolonger les travaux sur les indicateurs qui relient l'économie et l'environnement ont de plus été suggérées.

Contrairement à l'empreinte écologique, les PIB verts ne laissent pas de côté les questions de justice sociale, d'exclusion et d'inégalité. **[Gadrey, 2006]**

Les données provenant de l'IFEN, sont utilisées pour l'élaboration des NFA.
En effet l'IFEN centralise des données dans une matrice (NAMEA) des comptes nationaux incluant des comptes environnementaux.
NAMEA est un outil d'analyse utile pour mieux comprendre les liens entre les activités économiques et les pressions qu'elles exercent sur l'environnement, telles que les émissions de gaz à effet de serre ou de polluants dans l'air. Le même outil peut servir à relier activité des branches et consommation d'énergie ou taxes environnementales versées.
D'autres applications sont envisagées pour l'analyse de la production de déchets, des prélèvements et des consommations d'eau. **[IFEN, 2008]**

II. 4. 3 Applications de l'empreinte écologique

Dans cette partie, les applications réalisées seront décrites avec leurs particularités induites. Les différentes approches, mondiales et par pays seront précisées à travers l'exemple du Royaume-Uni pour sa précurtivité, et de la France qui nous intéresse plus particulièrement.

II. 4. 3. 1 Monde

a) Applications

Une centaine d'applications de calcul d'empreinte écologique est référencée dans le monde. Le rapport de Lillemeor Lewan et Craig Simons (2001) analyse les différents calculs de l'empreinte écologique réalisés en Europe (Italie, Pays-Bas, Suède, Finlande, Espagne, Norvège et Grande-Bretagne) au niveau infra territorial grâce à 14 critères. Plusieurs points ressortent de cette analyse comparative : **[Raoul-Duval, 2007]**

- La méthodologie utilisée varie grandement d'une étude à l'autre ce qui limite les possibilités de comparaison.
- Peu de scénarios ont été construits suite au calcul de l'empreinte écologique.
- La biocapacité n'est pas toujours calculée lors du calcul de l'empreinte écologique.

Le concept d'empreinte écologique est enseigné aux étudiants américains en anthropologie. A travers un exercice de recherche sur les différents sites d'empreinte écologique, les étudiants s'interrogent sur le pays possédant l'empreinte écologique la plus forte mais également au niveau des états. La réflexion est portée sur l'évolution du mode de vie sur ces dernières décennies. **[Styles, 2006]**

Au Canada, l'empreinte est intégrée à l'Indice Canadien de Bien Etre, et utilisée pour modéliser les modes de consommations canadiennes.

En Australie elle est fortement utilisée par les gouvernements régionaux et passe par la mise en place d'actions de sensibilisation.

Au Japon, l'empreinte a été retenue comme indicateur de plan national, sous réserve d'une évaluation de la méthodologie de calcul en collaboration avec le GFN.

D'autres pays comme l'Allemagne, la Finlande, l'Ecosse, l'Irlande ou les Emirats Arabes Unis utilisent à des degrés divers l'empreinte écologique comme outil de pilotage de leurs politiques environnementales. **[WWF, 2007a]**

En Belgique, Rock Werchter est le plus important festival rock de l'été en Belgique. Depuis 2007, le festival s'est engagé dans une démarche de calcul et de réduction de son empreinte écologique avec Ecolife. **[WWF, 2008c]**

II. 4. 3. 2 Royaume-Uni

a) Applications

Londres a besoin d'une superficie 125 fois supérieure à la sienne, si l'on tient compte uniquement de sa consommation d'aliments et de produits forestiers, et de sa capacité à assimiler les émissions de dioxyde de carbone. L'empreinte écologique totale de Londres, selon cette définition, correspond à 94 % de la surface productive de la Grande-Bretagne ou à 81,5 % de la superficie totale de la Grande-Bretagne. **[EEA, 2000]**

Le calcul de l'empreinte écologique, de l'empreinte carbone et des GHG a été effectué pour toutes les régions anglaises selon une méthode compound, comme le montre l'exemple de calcul pour Doncaster

La classification des données utilisées est la classification COICOP reconnue par Eurostat. **[SEI, 2008]**

L'exemple de construction d'un éco-quartier est Bedzed, (Beddington Zero Energy Development), un site pionnier situé à 20 minutes de Londres de 250 habitants. Ce projet daté de 2000 avait pour but de démontrer concrètement qu'il était possible de vivre de manière durable sans sacrifier au confort de la vie moderne.

Il y aurait été atteint près de 80% des objectifs en termes de réduction d'empreinte écologique. **[Chouvet, 2007]**

Au Royaume Uni, le développement d'une méthodologie de calcul de l'empreinte sur des collectivités est en cours (3 collectivités pilotes). **[WWF, 2007a]**

b) One Planet Living

Sur les bases des enseignements tirés de Bedzed, les associations BioRegional et WWF International ont lancé le programme One Planet Living (OPL) en mai 2004. Dix cibles sont identifiées par ce programme ambitieux : **[Raoul-Duval, 2007]**

- Utilisation de matériaux durables ;
- Zéro déchets ;
- Zéro Emission Carbone (le projet au global est neutre en carbone) ;
- Utilisation de ressources locales ;
- Energies renouvelables et efficacité des usages ;
- Utilisation de ressources locales ;
- Plan de transport durable ;
- Plan de conservation pour la flore et la faune ;
- Plan de conservation de l'eau ;
- Qualité de la vie ;
- Plan de conservation des héritages culturels, naturels et historiques.

Basée sur des scénarios visant à réduire l'empreinte écologique du site d'un facteur 4 par rapport à la situation actuelle, chaque cible répond à des objectifs chiffrés et à des évaluations régulières des performances. Ce programme anime et regroupe les expériences mises en œuvre localement. Aujourd'hui, outre le projet de Bedzed, différents pays ont des expériences en cours : Chine à Shanghai, Grande-Bretagne avec les Jeux Olympiques de 2012, le Portugal, ... En France, Loos en Gohelle et Saint Etienne sont sensibilisés à l'OPL et travaillent en collaboration avec l'Institut Angenius. **[Raoul-Duval, 2007]**

II. 4. 3. 3 France

L'empreinte écologique qui a été calculée pour les Franciliens se décrit par un diagramme par type de consommation (en gha/hab/an). services ; alimentation ; logement ; biens ; mobilité) Source IAURIF, 2005.

Pour Marseille la durée de la prestation a été d'environ 6 mois.

En effet, de nombreux partenaires sont à solliciter (CCI, EDF, GDF, ADEME, Communauté Urbaine, SNCF, Régie des Transports Marseillais, Port Autonome de Marseille, Conseil Régional, Conseil Général...).

Les études statistiques en France sont suffisamment nombreuses pour que l'absence d'une donnée locale n'entrave pas le calcul de l'empreinte écologique. Lorsqu'une donnée locale vient à manquer, il est toujours possible de récupérer la même information au niveau régional, voire

national. Ainsi, le calcul de l'Empreinte Ecologique de la Ville de Marseille a été réalisé à partir de 14 données locales (Marseille), 2 régionales et 5 nationales.

Pour Lyon l'empreinte écologique a été calculée sur 3 niveaux :

- empreinte écologique globale du territoire du Grand Lyon
- empreintes détaillées : transport, logement, alimentation et déchets (0.69 ha/hab/an).
- empreintes de 7 habitants de profils différents

Un diagnostic est alors porté sur chacun de ces niveaux et pour chaque catégorie . Des pistes d'améliorations sont alors proposées pour réduire l'empreinte.

Exemple d'action	Gain d'empreinte correspondant
Remplacer 5 ampoules classiques par des ampoules fluo-compactes	100 m ² par an
Augmenter de 50% la part d'alimentation produite localement	300 m ² par an
Remplacer 5 heures de voyages en avion par le même trajet en train ou en car	1000 m ² par an
Passer 3 minutes de moins sous la douche	400 m ² par an

Tableau 7. Piste d'améliorations [Grand Lyon, 2004]

Puis un logiciel de calcul d'empreinte écologique a été adapté à un projet urbain concernant un quartier [Raoul-Duval, 2007]

Il a été évoqué la possibilité de faire de l'empreinte écologique un outil d'évaluation et d'aide à la décision, en complément d'autres indicateurs sociaux et économiques.

La proposition de loi, proposé par les députés Verts, visant à doter la France de l'empreinte écologique comme indicateur de la durabilité a été rejetée fin janvier 2009 à l'Assemblée nationale bien que l'ensemble des intervenants aient reconnu sa pertinence.

Malgré la reconnaissance de l'empreinte comme indicateur par de nombreux autres pays, les élus UMP ont rejeté la proposition de loi, jugeant que cet indicateur n'était pas fiable, au motif qu'il ne permettait pas d'obtenir des données notamment sur les milieux aquatiques, le nucléaire ou encore la biodiversité.

Se reporter aux conclusions générales du rapport pour comprendre les raisons de ce rejet.

III. RESULTATS D'ETUDE

Trois résultats majeurs seront présentés ici. Le premier établit l'analyse critique des logiciels répertoriés de part la création d'une trame d'analyse.

Le second travail indique les conclusions de l'enquête réalisée auprès des utilisateurs de l'empreinte écologique.

Enfin, les possibilités, des remarques seront formulées à travers la simulation avec un logiciel d'empreinte écologique appliqués aux déchets d'une collectivité.

III.1. L'OUTIL LOGICIEL POUR LE CALCUL DE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE

Une phase de recensement des logiciels de calcul d'empreinte écologique sera réalisée dans un premier point. Ensuite, au vu des conclusions établies à cet effet, une trame d'analyse de ces logiciels sera établie. Elle permettra d'effectuer une analyse comparative de 2 logiciels de même périmètre.

III. 1. 1 Recensement des logiciels de calcul d'empreinte écologique

Dans un premier temps, nous avons recensé les logiciels de calcul d'empreinte écologique en ligne.

La liste des 27 logiciels recensés est disponible en annexe.

La réalisation de logiciels ou de calculs appliqués d'empreinte, comme nous l'avons évoqué plus tôt, passe par l'élaboration d'une matrice de calcul. Cette matrice n'est malheureusement pas souvent disponible. Ainsi, les versions libres et disponibles sont anciennes et ne correspondent pas aux calculateurs en ligne.

Concernant la matrice « component » nous avons obtenu 3 matrices de calcul pour l'habitat :

- Household Ecological Footprint Calculator [**Redefining Progress, 2003**]
- Ecological Footprint Quiz [**Redefining Progress, 2002**]
- EcoFootPrint [**Wackernagel et Richardson, 1999**]

Egalement deux anciennes versions de logiciels EPA en ligne ont été trouvées pour respectivement un magasin et un bâtiment d'entreprise :

- Ecological Footprint Retail Calculator [**EPA VICTORIA, 2004**]
- Base Building Ecological Footprint Calculator [**EPA VICTORIA, 2006**]

Concernant la matrice compound, nous avons obtenu la matrice des comptes nationaux de la Hongrie [**GFN, 2006b**].

Au vu de la diversité des logiciels recensés, nous allons établir une trame d'analyse générale et fonctionnelle qui permet de dire si un logiciel répond correctement aux attentes.

III. 1. 2 Analyse comparative avec la trame d'analyse

Cette partie a pour but d'utiliser la trame d'analyse de logiciel qui va être conçue. Elle sera utilisée pour étudier des logiciels ayant le même périmètre d'étude. L'analyse portera ensuite sur la comparaison des résultats obtenus et une interprétation sur les performances, les forces et faiblesses des logiciels.

III. 1. 2. 1 Elaboration de la trame

Le but de cette analyse et de cette trame est de déterminer si à travers le logiciel utilisé, ce dernier permet d'obtenir finalement une empreinte écologique qui selon le champ de mesure et les objectifs initiaux prévus répond correctement à la notion d'indicateur environnemental.

A travers cette analyse comparative, c'est ce que nous allons essayer de mettre en lumière. L'étude portera sur 2 calculateurs d'empreinte écologique pour Individu.

L'analyse comparative suivra l'ordre d'étude de la trame, c'est-à-dire :

- identité du logiciel
- périmètre d'étude
- cible, utilisateur
- utilisation du logiciel
- collecte des données
- calculateur
- résultat

Il nous a apparu plus évident d'expliquer le fonctionnement de la trame à travers cette analyse comparative.

En effet à travers ces deux exemples, il est non seulement plus aisé de comprendre les subtilités des logiciels, mais aussi de se rendre compte

Les logiciels étudiés sont :

- Le calculateur de l'organisme Ecolife,
- Le calculateur de l'organisme Best Foot Forward.

La trame établie pour cette analyse comparative est disponible en annexe de même que les 2 trames remplies par chacun des 2 logiciels.

III. 1. 2. 2 Identité des logiciels

Le premier point concerne l'identification du logiciel.

Informations générales	ECOLIFE	BEST FOOT FORWARD
Nom	Tester votre empreinte écologique	Ecological Footprint Lifestyle Calculator
Créateur	WWF Belgique, Ecolife	Best Foot Forward
Version, date	2005	2007
Limites (pays, région, populations, produit)	Habitant Belge	Habitant Anglais

Tableau 8. Identité des logiciels

III. 1. 2. 3 Périmètre d'étude

Ces deux logiciels ont évidemment le même périmètre d'étude dans le cas présent, c'est l'empreinte écologique d'un habitant par pays qui est calculé.

Rappelons que ces périmètres d'études ont été identifiés lors de l'étude de la méthodologie de l'empreinte écologique et notamment sur la figure : Relation entre les différents types d'empreintes.

III. 1. 2. 4 Cible, utilisateur

Ces 2 calculateurs sont destinés à des particuliers majeurs, ils sont aussi utilisables pour un élu d'une communauté qui souhaite connaître l'empreinte écologique d'un habitant moyen de sa communauté.

Ce sont dans les 2 cas des calculateurs mis en ligne sur internet qui permettent aux particuliers d'évaluer rapidement leur empreinte écologique.

III. 1. 2. 5 Utilisation du logiciel

Dans cette partie, on juge l'interface du logiciel c'est-à-dire le lien entre lui et l'utilisateur. Ce jugement doit être donné en gardant à l'esprit que ce logiciel a pour finalité la sensibilisation de l'utilisateur. Plus un logiciel sera agréable et convivial et plus il y aura de probabilité que l'utilisateur arrive à terme du logiciel et obtienne donc un résultat. Ainsi, on juge sur la convivialité, l'interface, la facilité d'utilisation, la flexibilité et le temps d'utilisation.

Pour les 2 logiciels, on peut dire qu'ils ne sont pas du tout *agressifs*, l'utilisateur est mis à l'aise. On se retrouve avec des logiciels conçus très simplement et sobrement.

Un bémol pour le logiciel de BFF qui utilise une couleur de fond gris et qui donne l'impression d'être face à un tableau de bord. Cela évoque le sentiment d'un logiciel fermé qui dresse un constat négatif (gris = pollution) en utilisant des indicateurs et des données chiffrées (plutôt complexe).

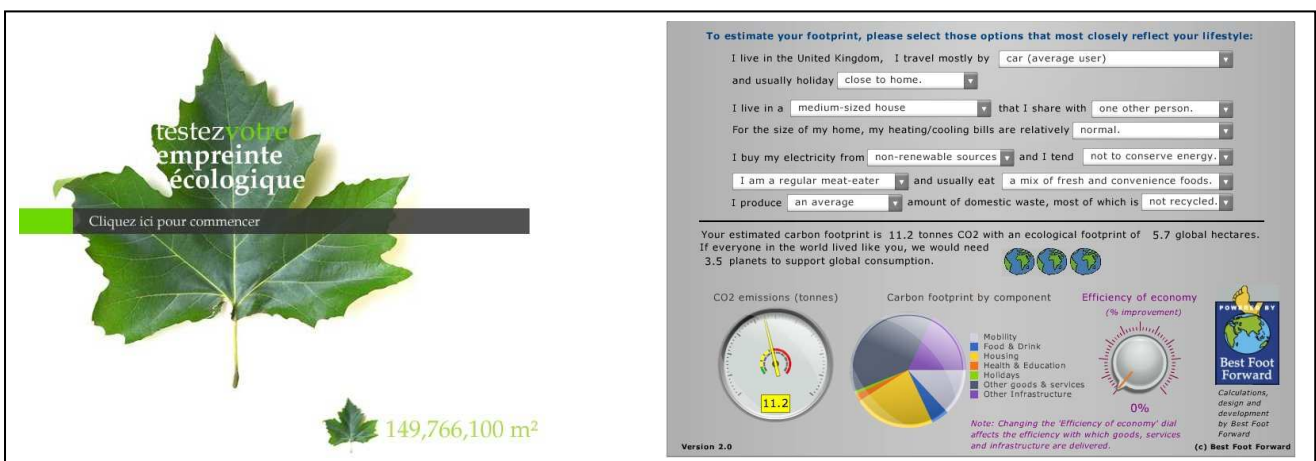


Figure 15. Interfaces respectivement Ecolife et BFF

Pour l'aspect navigation dans le logiciel, ces derniers sont très simples. L'utilisateur ne se perd pas dans une navigation hiérarchique. Pour BFF, elle est extrêmement simple : il n'y a qu'une seule interface. Pour le second, la navigation est linéaire : à chaque fois que l'utilisateur souhaite passer à l'étape suivante il lui suffit de cliquer sur un seul bouton (c'est toujours le même tout au long du test).

En termes de flexibilité, les deux logiciels n'ont pas les mêmes avantages. En effet pour le logiciel de BBF il est très simple de modifier ou corriger les données entrées, il n'y a pas d'étape de validation entre chaque saisie de données, toute erreur peut facilement être corrigée. En revanche

pour le logiciel Ecolife, toute donnée une fois validée ne peut être modifiée ou corrigée sans recommencer la procédure à l'étape initiale. Le temps d'utilisation est aussi très différent, il faut compter environ 15 min pour le logiciel Ecolife alors que celui de BBF seulement 5 min.

III. 1. 2. 6 Collecte des données

Pour utiliser ces logiciels, plusieurs données sont demandées par rapport au mode de vie de la personne (habitudes alimentaires, utilisation des transports, logement, ...), on décide donc de juger cet aspect, essentiel à la bonne réalisation du calcul de l'empreinte écologique. Pour ce faire, on analyse la complexité des données requises, leur intérêt par rapport à la finalité, la restriction des possibilités, et l'absence de données.

Pour les deux logiciels, les données demandées ne sont pas complexes en effet elles sont toutes compréhensibles et accessibles à un particulier (ex : on ne lui demandera pas sa consommation en énergie électrique au kWh près), cela évite à l'utilisateur une recherche approfondie et une lassitude de celui-ci qui deviendrait moins attentif. En contre partie, les données sont à choisir parmi plusieurs propositions (valeurs références, moyennes, habitudes). Le logiciel ne doit pas perdre de vue que les utilisateurs sont là pour avoir une estimation, une tendance de leur empreinte écologique.



Figure 16. Question type à choix multiples

Mais, dans certains cas ces questions à choix multiples vont restreindre les possibilités fournies à l'utilisateur. Avec, le logiciel BBF, on rencontre cette restriction pour plusieurs questions. Le choix des propositions n'est pas assez étayer, il ne balaye pas l'ensemble des choix possibles pour une situation donnée ou alors les propositions sont très basiques, peu illustratives et selon l'utilisateur peuvent être interprétées différemment.

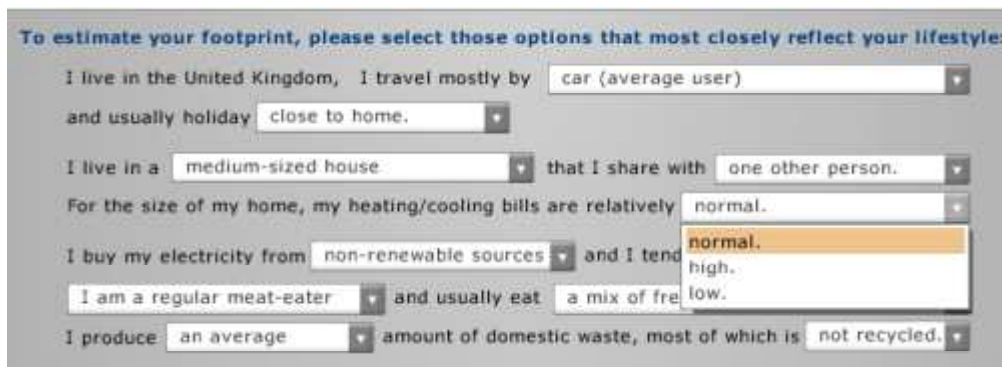


Figure 17. Choix pour la facture énergétique

To estimate your footprint, please select those options that most closely reflect your lifestyle:

I live in the United Kingdom, I travel mostly by and usually holiday .

I live in a that I share with .

For the size of my home, my heating/cooling bills are relatively .

I buy my electricity from and I tend .

I am a regular meat-eater mix of fresh to conserve energy.

I produce amount of domestic waste, most of which is .

Figure 18. Choix pour l'énergie

Dans la figure 17, le choix proposé pour la facture énergétique est très subjectif. Le choix se résume à 3 possibilités : une facture normale, élevée ou faible qui, ne sont pas du tout chiffrées. Pour la figure 18, on peut constater la pauvreté des propositions, et donc un choix imposé à l'utilisateur qui ne reflétera pas sa réalité pour certains types d'utilisateurs.

Pour ce qui est de l'intérêt des questions posées pour les 2 logiciels, elles sont toutes utiles et sont à la base d'un bon calcul de l'empreinte écologique. Mais, il faut ensuite que pour chaque question, les propositions balayent l'ensemble des possibilités afin que l'utilisateur se sente libre et qu'il est le sentiment que l'empreinte calculée correspond bien à son mode de vie, ce qui n'est pas le cas du logiciel BBF.

On peut noter l'absence de questions relatives à la production des déchets pour le logiciel Ecolife.

III. 1. 2. 7 Calculateur

Dans cette partie, on analyse le squelette du logiciel c'est-à-dire la façon dont il a été conçu, les données références utilisées (surface biocapacité, facteurs d'équivalence, de rendement, ...).

Ces deux logiciels se distinguent du fait que le logiciel de BBF est propriétaire alors que celui d'Ecolife est libre. Cela a pour conséquence une transparence bien plus importante pour ce dernier par rapport au premier qui empêchent tout accès à ces codes sources.

Les données références et hypothèses prises pour le logiciel Ecolife ne sont pas directement accessibles mais du fait que ce calculateur est libre, les données ne sont pas protégées et peuvent être facilement obtenues.

Cette partie nécessite une étude plus approfondie du logiciel sur ces caractéristiques conceptuelles qui n'est pas forcément utile par rapport aux objectifs initiaux de cette analyse (mesure de la force de sensibilisation des logiciels).

III. 1. 2. 8 Résultats

Le résultat est la finalité du logiciel, l'analyse portera sur 4 points : l'expression du ou des résultats, son interprétation, sa comparaison et son aptitude à sensibiliser.

L'expression du résultat permet d'étudier la mise en forme du résultat, la manière dont il est exprimé : représentation graphique, données chiffrées, schémas, ...

Le logiciel Ecolife fourni un résultat sous forme d'histogramme horizontal exprimé en mètres carrés et hectares.

Le logiciel de BBF donne un résultat en émissions de CO₂ par tonnes illustré par un compteur et donne un second résultat (l'empreinte écologique) en nombre de planètes illustré par des planètes

(schéma). De plus, un camembert décompose l'empreinte écologique pour chaque composante de l'empreinte.

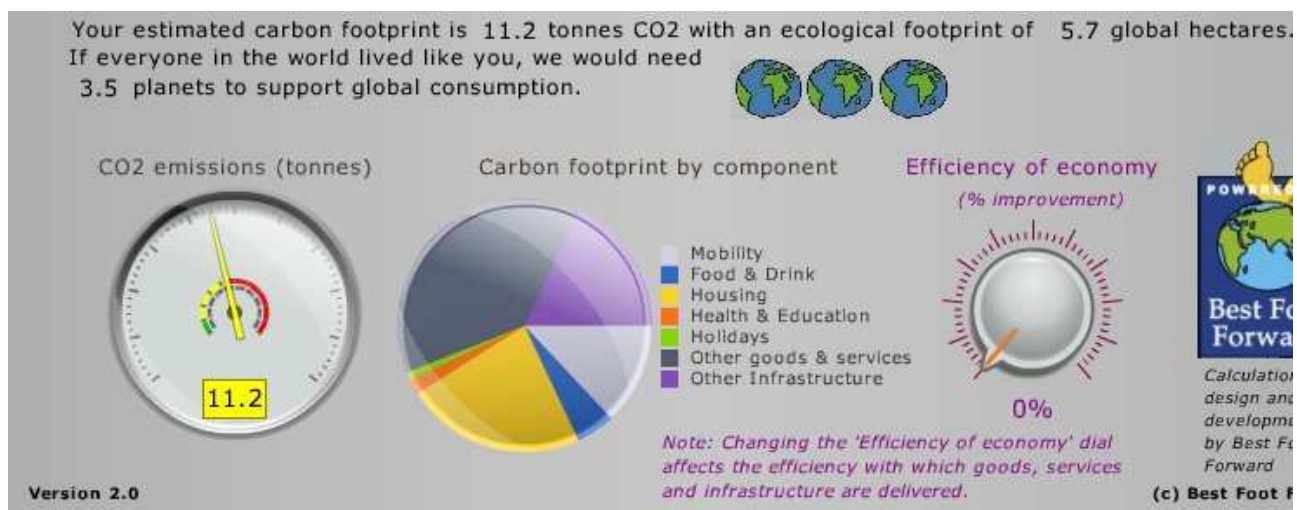


Figure 19. Représentation des résultats BFF



Figure 20. Représentation des résultats Ecolife

L'expression du résultat reste beaucoup plus simple pour Ecolife mais tout aussi compréhensible que les résultats fournis par le logiciel BBF.

Au vue de la cible (bénéficiaire du logiciel), le fait d'exprimer le résultat sous plusieurs formes (logiciel BBF) risque de dérouter l'utilisateur et fausser son jugement ou sa compréhension du résultat (confusion entre les émissions de CO2 et la surface de l'empreinte écologique par exemple).

De plus, l'expression de ce résultat n'est pas forcément utile du fait qu'il n'est ni expliqué ni comparé, l'utilisateur peut donc difficilement l'assimiler et en tirer des conclusions

La comparaison avec des moyennes de références sur le même périmètre d'étude permet de resituer le résultat dans son ensemble (jugement de valeur). Seul le logiciel Ecolife compare le résultat avec des valeurs moyennes ce qui permet à l'utilisateur de se situer par rapport à la population.



Figure 21. Comparaison du résultat

Son interprétation juge sur la capacité d'analyse du résultat obtenu par le logiciel : le logiciel met-il en avant les points forts et faibles du résultat ?

Aucun des 2 logiciels ne proposent une telle fonctionnalité, le logiciel de BBF ne fait que décomposer l'empreinte écologique et quantifier chaque composante de celle-ci. Comme il n'y a aucune interprétation ou comparaison avec des valeurs références, ces données sont difficilement interprétables par l'utilisateur.

Enfin, on juge son aptitude à sensibiliser, à accompagner l'utilisateur dans une démarche éco-responsable. L'utilisateur du logiciel Ecolife est réellement guidé et accompagné pour analyser son résultat, le logiciel lui propose des pistes d'améliorations possibles en répondant favorablement ou non à des engagements (bons gestes quotidiens) pour diminuer son empreinte écologique.

Un deuxième calcul est réalisé pour montrer les effets de ses engagements, il fidélise l'utilisateur en lui proposant l'impression ou l'envoi (via mail) de ses engagements (figure suivante).

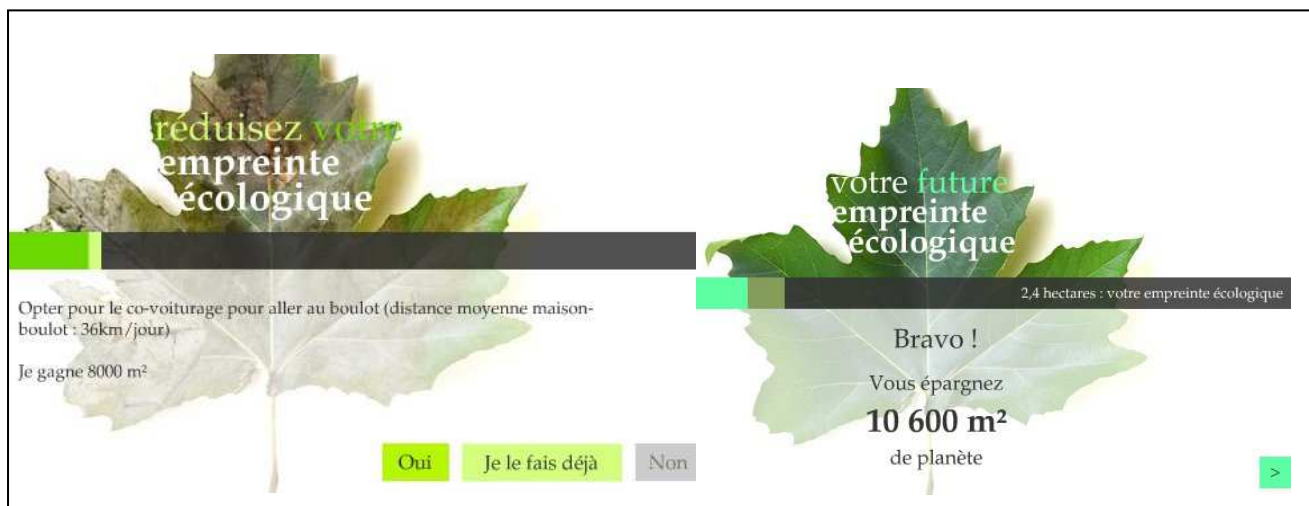


Figure 22. Sensibilisation de l'utilisateur

Enfin pour le logiciel BBF, l'utilisateur n'est pas guidé pour analyser son résultat. Le logiciel permet plutôt de faire un constat qu'une sensibilisation. Un curseur permet de simuler l'efficacité économique mais cette dernière est illustrée en pourcentage. Il est difficile de savoir à quoi peut correspondre ce pourcentage en termes d'actes et d'engagements (figure suivante).

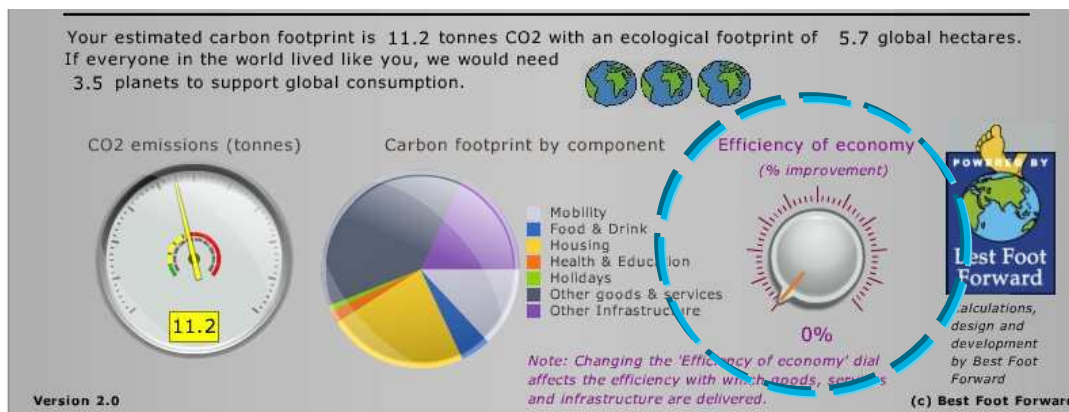


Figure 23. Curseur d'efficacité économique

III. 1. 2. 9 Bilan

A travers cette étude, ce sont les performances de chaque logiciel qui ont été étudiées afin de déterminer s'ils étaient capables de calculer et présenter une empreinte écologique répondant correctement à la notion d'indicateur environnemental.

Premièrement, ce sont tous les deux des logiciels accessibles et pertinents pour l'utilisateur visé (essentiellement des particuliers).

Lorsque l'utilisateur se lance dans la démarche de calcul d'empreinte écologique, il en est parfaitement renseigné, il n'y a pas d'ambiguïtés.

Pour les critères de navigation, les deux logiciels sont similaires : interface agréable, navigation aisée. Cependant, le logiciel BBF a une meilleure flexibilité, l'utilisateur peut plus facilement modifier ses données.

La collecte des données nécessaires au calcul est bien adaptée, les données requises ne sont pas complexes.

La plupart du temps le logiciel demande à l'utilisateur de choisir parmi plusieurs propositions (mode de vie, habitudes, moyennes, ...).

Le risque de ces questions à choix multiples est qu'elles ne soient pas complètes c'est-à-dire que toutes les situations ne soient pas envisagées.

C'est le cas pour le logiciel BBF qui pour la plupart de ses questions, ne propose pas un choix de réponses assez complet, toutes les possibilités au regard de la question de ne sont pas envisagées ou alors les choix de proposition sont trop vagues (selon l'utilisateur l'interprétation des propositions risque de différer).

Le logiciel BBF prend en compte l'intégralité des aspects nécessaires au calcul contrairement à celui d'Ecolife qui ne demande pas d'information sur la production de déchet. Il est probable que la donnée soit définie comme une constante au sein du logiciel (moyenne nationale de la quantité de déchets).

Un aspect important distingue ces 2 logiciels, le logiciel Ecolife est un logiciel libre. Il est donc beaucoup plus aisé de connaître les hypothèses et les moyennes que les concepteurs ont appliquées. La transparence de ce dernier par rapport au logiciel propriétaire de BBF est sans équivoque.

Le dernier aspect étudié est le résultat, c'est aussi le plus déterminant. Rappelons que l'empreinte écologique est un indicateur qui doit sensibiliser et faire évoluer une cible par rapport aux impacts d'un bien ou d'un organisme, cet indicateur doit être moteur de changement. L'expression du résultat est donc essentielle pour que l'utilisateur soit sensibilisé et qu'ensuite il puisse agir en conséquence.

Si l'on étudie ces deux logiciels sur ces critères, le logiciel Ecolife y correspond parfaitement, ce qui n'est pas le cas du logiciel BBF. Celui-ci exprime son résultat sous 2 unités : tonnes de gaz

carbonique émis et nombre d'hectares globaux. Des baromètres et des schémas viennent illustrés ce résultat, mais rien ne donne la possibilité à l'utilisateur de l'analyser.

Pour le logiciel Ecolife (résultat exprimé seulement en hectares), plusieurs analyses comparatives permettent de situer le résultat parmi des grandeurs références (moyenne nationale, moyenne étatsunienne, empreinte soutenable), ainsi l'utilisateur peut prendre conscience de son impact.

De plus, le logiciel Ecolife va encore plus loin, il propose des solutions qui permettront à l'utilisateur de réduire son empreinte écologique, ce dernier est libre de respecter ou non ces engagements.

Finalement, le logiciel recalcule la nouvelle empreinte écologique avec les engagements que l'utilisateur s'est porté garant. Le logiciel BBF s'arrête au simple constat alors que celui d'Ecolife sensibilise et accompagne l'utilisateur dans une démarche de développement durable.

III. 2. SIMULATION AVEC UN LOGICIEL D'EMPREINTE ECOLOGIQUE

Il sera réalisé dans ce chapitre :

- une présentation de l'outil,
- une simulation correspondant aux données de l'agglomération nazairienne,
- une analyse de cet outil.

III. 2. 1 Présentation de l'outil de calcul d'empreinte écologique des déchets.

Le calculateur se trouve sur Internet et permet aux collectivités de calculer par elles-mêmes et gratuitement l'EE de leur collecte de déchets, et de simuler différents scénarios de réduction de cette empreinte écologique : changements de véhicules, de carburant, d'itinéraire de collecte... [SITA, 2009]

Plus de 1000 calculs ont été enregistrés sur le site et 1 demande à l'accès expert...

La première étape de ce programme, qui portait sur la modélisation de l'empreinte de la collecte des déchets, a débouché début 2006 sur un prototype de calculateur de l'empreinte de la collecte des déchets.

Ce prototype, co-construit avec SITA, a été développé par GFN, Angenius.

Il a été établi sur des bases scientifiques aussi robustes que le permettait "l'état de l'art" représenté par le GFN : utilisation des bases de données du GFN, développement du prototype par les équipes de chercheurs du GFN et d'Angenius dans leurs laboratoires entre mai 2005 et avril 2006.

Ce prototype a été testé auprès de collectivités pilotes par Médiation & Environnement pour assurer un développement de l'outil conforme aux besoins émergents des utilisateurs. Ce travail a permis de construire la base TEO d'Angenius.

Le programme EED continue actuellement sur 2 axes : l'amélioration du calculateur dédié à la collecte d'une part ; la modélisation des activités de traitement d'autre part. Cela permet d'effectuer une comparaison des différentes voies de valorisation pour une collecte et évaluer la création de biocapacité générée par ces filières.

Les enjeux : Positionner les enjeux de la gestion des déchets, Identifier les marges de progrès, Élaborer collectivement des scénarios pour une gestion durable des déchets.

Les objectifs : Développer la connaissance du secteur déchets dans la méthode actuelle de calcul de l'empreinte écologique, Offrir un outil libre d'accès pour la modélisation de l'empreinte écologique.

III. 2. 2 Simulation du logiciel avec les données de CARENE

Nous allons effectuer en premier lieu une simulation dite brute à partir des données fournies. Ensuite, au vu de la spécificité de l'agglomération nazairienne, nous allons procéder à des réajustements pour visualiser notamment l'empreinte écologique du tourisme et des DAC. Enfin, nous essaierons de visualiser les mesures à prendre pour diminuer l'empreinte écologique de la collecte et nous quantifierons ces mesures.

III. 2. 2. 1 Empreinte écologique brute de la collecte

a) Etape 1 : La collecte

Nous entrons dans le logiciel les données gisement et population de l'agglomération Nazairienne. Le gisement issu de la collecte des déchets ménagers est celui de 2007.

La population des 10 communes de l'agglomération a été recensée en 2006 par l'INSEE et a pris effet dès le premier janvier 2009.

Les hypothèses de répartition entre les différentes catégories du gisement viennent de données de l'ADEME 1998. Une étude MODECOM relative à la répartition du gisement de déchets devrait paraître en 2009 pour actualiser ces pourcentages.

Nom de votre collectivité

Nom du scénario de collecte

Population
Combien de personnes sont concernées par cette collecte ?

Gisement
Quelle est la quantité totale collectée annuellement pour cette collecte - en TONNES ?

Comment se répartit cette quantité (en % du tonnage) ?

%	<input type="text" value="28.7"/>	Déchets putrescibles
%	<input type="text" value="25.4"/>	Papiers & cartons
%	<input type="text" value="11.0"/>	Plastiques
%	<input type="text" value="4.1"/>	Métaux
%	<input type="text" value="13.1"/>	Verre
%	<input type="text" value="0.0"/>	Bois
%	<input type="text" value="17.7"/>	Divers
%	<input type="text" value="100"/>	Total

Figure 24. Entrée des données gisement et population

b) Etape 2 : Véhicules

Nous remarquons que les arrondis ne sont pas pris en compte par le calculateur.

En effet, nous avons combiné les données des camions 19T et 26T car l'entrée 26T n'était pas proposée.

Cependant un encadré indique « Version 2.0.0 Actualisé le 16.06.2008 Modifications apportées : suppression de la distinction BOM 19t / BOM 26t »

Ainsi il est fort probable que le résultat n'est pas influencé par ce niveau de détail compte tenu de l'incertitude relative à ce facteur.

Nous ne pouvons conclure cependant sur ce point sans entrer dans un niveau de détail qui ne nous est pas accessible.

De même, nous avons converti les 10 camions 26T en 14 camions 19T soient 27 camions.

De même pour les camions-grue (ou à bras) :

2 camions de 19T qui font 1,28 camions de 25 m², soient 2,28 camions arrondis à 2.

NOMBRE de véhicules					
Type de véhicule	Diesel	Biodiesel	GNV	Electrique	Bi-mode
Bennes 3.5/4.5t	0	0	0	0	0
Bennes à ordures 19t	27	0	0	0	0
Camions à bras 25m ³	2	0	0	0	0
Tracteur/semi-rem.	0	0	0	0	0

Durée de vie en ANNEE					
Type de véhicule	Diesel	Biodiesel	GNV	Electrique	Bi-mode
Bennes 3.5/4.5t	0	0	0	0	0
Bennes à ordures 19t	10	0	0	0	0
Camions à bras 25m ³	10	0	0	0	0
Tracteur/semi-rem.	0	0	0	0	0

Figure 25. Entrées des données véhicules

Nous avons également arrondi la durée de vie en année à 10 au lieu de 9,8 pour les 19T et 9,2 pour les 26T.

c) Etape 3 : Energies

Etant donné que chaque camion a parcouru une distance différente, nous avons effectué une moyenne de consommation et de distance pour chaque type de véhicule. Nous avons repris les hypothèses de la phase véhicule pour les camions 26T.

Pour les camions 19T : $(71 \text{ L/km en moyenne} * 13 + 74 \text{ L/km en moyenne} * 14) / 27 = 73 \text{ L/km}$

Pour les camions à bras : 77 L/km en prenant en compte 2.28 camions

Quelle est la consommation MOYENNE pour chaque type de véhicule utilisé ?

Type de véhicule	Diesel	Biodiesel	Gaz Naturel Véhicule	Electrique	Bi-mode
unités	L/100km	L/100km	Nm ³ /100km	kWh/100km	L/100km kWh/100km
Bennes à ordures 3.5/4.5t	35	35	29	222	20 49
Bennes à ordures 19t	73	75	63	475	44 105
Camions à bras 25m ³	77	104	88	665	62 150
Tracteur/semi-remorque	75	75	63	475	44 105

Dans les tableaux, les valeurs choisies par défaut sont signalées par un indice rouge (survolez-le pour plus d'informations)

Quelle est la distance parcourue ANNUELLEMENT par l'ensemble des véhicules de chaque type (en km/an)?

Type de véhicule	Diesel	Biodiesel	Gaz Naturel Véhicule	Electrique	Bi-mode
Bennes à ordures 3.5/4.5t	0	0	0	0	0
Bennes à ordures 19t	336868	0	0	0	0
Camions à bras 25m ³	60327	0	0	0	0
Tracteur/semi-remorque	0	0	0	0	0

Figure 26. Entrée des données énergies

d) Etape 4 : Contenants

Nombre de bacs			
type de contenant	Contenance	Quantité	Durée de vie en année
Cyclabelle	40L	0	0
Caissettes	50L	0	0
Bacs roulants 2 roues	120L	40 521	9
Bacs roulants 2 roues	240L	17 998	9
Bacs roulants 2 roues	340L	14 968	9
Bacs roulants 4 roues	660L	611	9
Bacs roulants 4 roues	1000L	0	0
Colonnes	4m3	343	9
Col. semi-enterrées	5m3	0	0
Colonnes enterrées	3m3	0	0
Colonnes enterrées	5m3	0	0
Bennes	24m3	0	0
Compacteurs monobloc	20m3	0	0
Comp. désaccouplables	30m3	0	0
Nombre de sacs			
type de contenant	Contenance	Quantité	Durée de vie en année
Sacs plastique	120L	250 000	1
Sacs pré-collecte cuisine	60L	0	0
Sacs plastique	50L	844 000	1
Sacs papier	120L	0	0
Sacs papier	50L	0	0

Figure 27. Entrée des données bacs et sacs

Convertissons les 31265 bacs de 140L en bacs de 120L à partir de la contenance étant donné que la table d'entrée du logiciel est incomplète.

$$31265 * 140 / 120 = 36476$$

Rajoutons alors les 4045 bacs réels de 120L pour obtenir finalement 40521 bacs de 120L.

De même pour convertir les bacs de 360L en 340L : $14136 * 360 / 340$ soit 14968 bacs de 340L

La durée de vie des bacs va de 8 à 10 années donc nous avons convenu d'une moyenne de 9 années.

e) Résultats

Voici ce que l'on obtient :

- Pour chaque habitant, l'empreinte écologique de cette collecte représente 38.86 m² de surface bioproductive
- Pour chaque tonne collectée, l'empreinte écologique de cette collecte représente 97.62 m² de surface bioproductive, soit l'équivalent de : 3.4 tonnes de marchandises transportées sur 100km



Figure 28. Distribution détaillée de l'empreinte écologique

Nous constatons que l'empreinte énergie influe à hauteur de 50% environ. Ceci reste en cohérence avec les résultats habituels de calcul d'empreinte écologique. En effet, de par le mode de fonctionnement actuel de nos sociétés, près de la moitié de la valeur de l'empreinte écologique est attribuée à l'empreinte énergétique. Ici cependant, une part significative de l'empreinte est liée à la fourniture des contenants de collecte.

Ces graphes montrent la contribution de chaque paramètre à l'empreinte écologique totale de la collecte modélisée.

Le logiciel nous indique alors un objectif de réduction par 4 de l'empreinte écologique.

Nous retournons alors aux données d'entrées et constatons que quelques soient les données entrées, l'objectif est toujours une réduction par 4.

Ainsi le fait de mettre ce facteur 4 n'a aucune valeur.

Il n'y a pas de valeur de référence indiquée pour une empreinte écologique de collecte.

S'il y avait eu une valeur de référence, nous aurions compris l'intérêt d'indiquer un tel facteur.

L'utilisateur de ce logiciel ne peut actuellement en aucun cas comparer son empreinte de collecte et situer sa performance écologique.

III. 2. 2 Empreinte du tourisme et des artisans-commerçants

D'après les données CARENE, il s'avère qu'une forte activité touristique ait lieu sur la ville de Pornichet.

Egalement, nous constatons que les déchets des artisans-commerçants sont collectés en même temps que la collecte des ordures ménagères. Bien que ce type de fonctionnement soit en passe de disparaître, il est d'actualité pour le moment.

Nous allons donc évaluer l'impact du tourisme sur l'empreinte écologique, puis l'impact des artisans-commerçants.

a) Empreinte du tourisme (Pornichet)

Tonnage annuel recensé = 5058 t

Population Résidente = 10759 (données INSEE 2006)

Ratio de production = $(5058/10759) \times 1000 = 470 \text{ kg/hab/an}$

On choisit comme mois de référence Janvier soit 355 t/mois

On fait l'hypothèse que la production OMr = production de la population résidente pour le mois de référence.

Calcul du tonnage annuel corrigé

$$OMr = 12 \times 355 = 4260 \text{ t/an}$$

On calcule ainsi la production OMt de la population touristique

$$OMt = 5058 - 4260 = 798 \text{ t/an}$$

On calcule le ratio de production OMr de la population résidente corrigé

$$Rr = (4260/10759) \times 1000 = 396 \text{ kg/hab/an}$$

On choisit ensuite le ratio de production OMt de la population touristique.

Si $Rr > 300 \text{ kg/hab/an}$ alors $Rt = 300 \text{ kg/hab/an}$, sinon $Rt = Rr$

Donc $Rt = 300 \text{ kg/hab/an}$

On calcule la population touristique équivalente Pteq

$$Pteq = (798 / 300) \times 1000 = 2660 \text{ équivalent touristique}$$

On peut donc déterminer la population équivalente Peq

$$Peq = 10759 + 2660 = 13419 \text{ équivalent habitant}$$

Finalement, le ratio de production OM corrigé de la population équivalent est de :

$$Rc = (5058 / 13419) \times 1000 = 376 \text{ kg/hab/an}$$

Dans les données d'entrée du logiciel SITA, nous réalisons une nouvelle simulation en réduisant le gisement initial de 798t.

Nous constatons qu'il n'y a pas de modification de l'empreinte écologique CARENE suite à ce réajustement.

La mesure de l'impact touristique serait seulement visualisable en prenant Pornichet individuellement.

A noter que nous n'avons pu corriger le nombre de bacs utilisés par les résidences secondaires et qui auraient pu être comptabilisés dans l'empreinte touristique.

A rappeler également que le circuit de collecte ne diffère pas en situation touristique contrairement à la fréquence de collecte.

b) Empreinte des artisans-commerçants

Le gisement de DAC est estimé à 20% des Ordures Ménagères résiduelles soit 20% de 34262 = 6852 t

Nous allons donc réduire le gisement de 6852 t dans le logiciel SITA soit 41172 tonnes au total.

Comme pour le tourisme nous n'allons pas enlever les bacs alloués aux artisans-commerçants.

Il n'y a pas non plus de modification notable sur l'empreinte due à la réduction de ce gisement estimé des DAC.

Cependant, nous pouvons considérer qu'il y aura dans le futur des camions de collecte attribués et qu'il conviendrait de prendre en compte dans un calcul.

Ainsi cet impact a été sous estimé ici, et il conviendrait de l'évaluer réellement avec des données précises.

III. 2. 3 Conclusion

Changer les bennes diesel en bennes électriques apparait comme la meilleure solution pour réduire l'empreinte écologique.

Ainsi de l'empreinte initiale de 469 hag nous passons à 387 hag soit une diminution de 17,5%.

Nous constatons que c'est le diesel qui offre le pire scénario et l'électrique le meilleur et cela en tenant apparemment compte de la fabrication des véhicules. Par contre, nous ignorons si un scénario de fin de vie est calculé pour ces véhicules.

Plus généralement, nous ne connaissons pas le périmètre de ce logiciel et nous ne pouvons conclure sur la pertinence.

Depuis octobre 2008, l'empreinte énergétique et de sa source principale, l'énergie nucléaire, a considérablement diminuée du fait de l'acceptation de la méthodologie.

Le logiciel n'ayant pas été mis à jour depuis cette date, ce paramètre n'a probablement pas été pris en compte.

Ainsi non seulement l'empreinte générale de la collecte devrait diminuer, mais le passage en bennes électriques devrait être beaucoup plus marquant.

Le fait qu'il n'y ait pas de valeur pour une collecte de référence, n'incite pas au changement étant donné que l'utilisateur ne peut pas se positionner.

Dans notre cas, l'empreinte écologique du tourisme n'est pas ressortie, mais on imagine que dans un territoire plus axé dans ce domaine, l'empreinte tourisme soit relativement importante pour être distinguée.

Une option tourisme et artisans-commerçants pourrait être une option réalisable dans une perspective de développement de l'outil.

III. 3. ENQUETE AUPRES DES UTILISATEURS DE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE

III. 3. 1 *Projet du pays de Guingamp*

L'enquête réalisée ici s'est déroulée lors d'un entretien téléphonique avec Mme Tiphaine GUILBAULT, chargée de projet "Empreinte écologique" au Conseil de développement du Pays de Guingamp.

A travers la trame du questionnaire joint en annexe, les attentes initiales et la mesure du changement seront décrites dans ce chapitre.

Pour plus d'informations sur le cercle des acteurs, se référer à la publication « Mesurer l'empreinte du pays de Guingamp ». **[Conseil de développement du Pays de Guingamp, 2006]**

III. 3. 1. 1 **Attentes**

A l'origine le projet d'empreinte écologique est venu du Conseil de développement du pays de Guingamp. Les adhérents devaient donner un avis quant à la politique environnementale menée. Or en l'état des choses il n'était pas possible d'obtenir un avis tout à fait objectif. D'où la nécessité d'avoir un indicateur qui permette d'atteindre cet objectif de communication. L'autre grand objectif est de sensibiliser car c'est une demande très forte de la population.

Trois phases sont programmées dans le projet :

- la première phase dite de formation donnant la priorité aux écoles, mais intervenant aussi auprès de chefs d'entreprises dans le pays de Guingamp.
- la seconde phase dite « recherche action » avec la participation de l'UCO (projet REPAS RC)
- la troisième phase dite d'expertise.

Une réorientation des objectifs a eu lieu. Au départ la méthode compound était envisagée mais elle n'était pas réalisable sur la durée du projet de 15 mois. La réalisation des calculs s'est donc focalisée sur une approche component et appliquée à l'UCO.

Le partenariat avec Angenius s'est avéré essentiel du fait du besoin de transparence dans la méthodologie de calcul.

III. 3. 1. 2 **Mesure du changement**

Lors de la première phase, il y a eu beaucoup de retours des établissements scolaires et des associations, mais les mesurer est difficile. En fait, seul le logiciel en ligne « wwf » permet d'obtenir ce « retour » au vu du nombre de participants

Au niveau sensibilisation, l'empreinte écologique est très pédagogique mais le concept n'est pas si évident à assimiler. En effet, convertir les activités humaines en surfaces de sol implique une approche biologique que toutes les personnes ne possèdent pas.

Quant à la seconde phase, étant donné que le contexte local s'appuie sur une forte activité agricole et agroalimentaire, l'UCO (micro-entreprise de transformation alimentaire) se révèle être un choix pertinent. Car cette phase pilote a pour finalité de recenser une démarche, créer une méthodologie de calcul d'empreinte à utiliser dans les usines agroalimentaires. Cependant, l'adaptation aux industries est à l'heure actuelle entre parenthèses au vu des travaux à effectuer par chacune des parties. Chaque année, des nouveaux élèves arrivent à l'UCO et il est nécessaire d'effectuer à nouveau une phase de formation conséquente.

Sur la cantine il n'y a pas de retours pour le moment. Les perspectives sont de réaliser des repas à faible empreinte écologique et de faire appel à des étudiants de sociologie au sein de ce projet. Environ 15 personnes participent à la validation des résultats d'empreinte. Le reproche qui pourrait être fait est qu'ils n'ont pas tous forcément connaissance de la méthodologie.

La troisième phase, non débutée à l'heure actuelle doit permettre d'évaluer la politique d'aménagement du territoire. L'empreinte écologique en tant qu'outil de programmation et utilisé comme levier de changement, devra répondre aux projets de création d'éco-quartiers mais aussi d'écoles ou gymnases. Car la finalité est de pouvoir présenter aux élus un document, un rapport objectif.

Un partenariat avec la ville de Saint Nolff et la société Médiation et Environnement devrait mettre en application différents scénarios de bâtiments.

Une convention territoire pays de Guingamp prendra en charge le surcoût de construction des bâtiments à faible empreinte écologique.

III. 3. 2 Projet REPAS-RC

Les réponses à l'enquête ont été fournies lors de la présentation de l'empreinte écologique à l'EME par Céline Warnery qui a réalisé un mémoire : « *L'empreinte écologique de la restauration collective : exemple du lycée de Merdrignac* ».

Ce premier pilote sur l'alimentation : Repères sur l'Evolution des Pratiques Alimentaires en Restauration Collective, a consisté à réaliser un premier calcul d'empreinte écologique sur la restauration collective d'un lycée agricole. Ceci a permis de revisiter le concept, les données à collecter, les périmètres de calcul pertinents et de lancer une démarche en réseau apprenant. Il est également venu renforcer d'autres projets en cours (Cf Pays de Guingamp).

III. 3. 2. 1 Attentes

Le projet entre dans le cadre d'une recherche sur les Systèmes Alimentaires Durables et l'éducation au développement durable dans les établissements de l'enseignement agricole.

A la base, les personnels de RC sont aidés et accompagnés à changer leurs pratiques (par l'intermédiaire de formations et de stages par exemple) pour aller vers une alimentation plus respectueuse de l'environnement et de la santé. Il s'est alors avéré qu'il manquait à ces personnels de RC, des outils pour évaluer les pratiques et aider à la décision en hiérarchisant les priorités par exemple. D'où l'idée du projet REPAS.

III. 3. 2. 2 Mesure du changement

Le calcul de l'EE réalisé a permis de mettre en avant certains impacts liés aux pratiques alimentaires. Des simulations de changement de pratiques ont également été étudiées mais à ce jour, ces changements n'ont pas encore été mis en place. Mais cela permet d'affirmer que l'EE peut être adaptée à la RC. L'intérêt pédagogique de l'outil pour la sensibilisation a de même été avéré.

Les calculs ont ainsi pu confirmer l'influence de la composition de la ration alimentaire sur les résultats d'empreinte.

Il y a eu une mise en évidence de l'impact des poissons et viandes, qui représentent 20% des aliments servis et sont responsables de 70% de l'empreinte liée à la surface de production des matières premières. Il a également eu une mise en avant de l'intérêt de consommer des produits de saison qui peut faire varier l'EE d'un facteur 10.

Il manque des données pour finaliser l'EE en RC comme la caractérisation des systèmes de production, les impacts de la transformation des produits, la caractérisation de différents circuits de commercialisation des produits et une absence de prise en compte de la dépense en eau des pollutions et de la biodiversité.

Il faut poursuivre le travail effectué pour comparer avec l'empreinte d'autres modes de consommation et favoriser la communication avec les acteurs concernés.

Des suites sont prévues à ce projet, notamment des études d'EE sur la transformation des produits, sur les produits aquatiques, les différents circuits de distribution des produits.

Le résultat final attendu est le développement d'un outil pour les personnels de RC qui sera suivi d'une étude de son effet sur les changements de pratiques des consommateurs.

III. 3. 3 Vision du Conseil Régional de Bretagne

L'enquête réalisée ici s'est déroulée lors de l'intervention de M. Ronan LE LOUARN, chargé de l'Agenda 21 au Conseil Régional de Bretagne, à l'Ecole des Métiers de l'Environnement.

III. 3. 3. 1 Perspectives d'applications de l'empreinte

Les perspectives de développement sont liées au projet du pays de Guingamp. En effet, la région pourrait profiter de l'expertise pour établir le calcul de la Région.

Cependant la solution la plus intéressante serait de promouvoir le calcul dans chaque pays breton afin de disposer d'une cartographie de la région.

L'empreinte écologique de communes ou de cantons serait souhaitable mais peu réalisable.

L'évolution dans le temps de l'empreinte écologique serait alors nécessaire pour mesurer le progrès.

Ceci-dit, il sera impératif de relativiser ces empreintes avec les spécificités et les frontières de chaque pays.

Un exemple d'application intéressant pourrait être la réalisation du calcul à une île comme Ouessant. En effet, la visualisation des échanges sur un périmètre aussi fermé qu'une île est réalisable. De plus, ce calcul montrerait l'impact des activités touristiques et la mesure de cette surfréquentation (3000 personnes chaque été).

Remarque : Lors du calcul de l'empreinte écologique de chaque pays ou territoire, il est nécessaire de calculer la biocapacité intrinsèque de chaque pays breton afin de visualiser le dépassement ou l'overshoot. Car c'est la notion de dépassement qui induit les problèmes de surconsommation et de gaspillage.

III. 3. 3. 2 Les indicateurs de développement durable au sein de la Région Bretagne

Les 3 piliers du développement durable sont rappelons-le, économique, social et environnemental. Le Conseil Régional de Bretagne a souhaité ajouter un quatrième volet à son Agenda 21 qui est la gouvernance.

Le Conseil Régional de Bretagne dispose actuellement d'indicateurs environnementaux spécifiques tels que la mesure des consommations d'eau, du papier...

L'intérêt de l'empreinte écologique est évidemment celui d'un indicateur synthétique mais aussi d'être un très bon moyen pédagogique.

Car la notion de surface consommée ou hectares fait appel à des valeurs fortes, surtout dans une région agroalimentaire comme la Bretagne.

L'indicateur IDH apparaît comme un indicateur socio-économique avec un très fort potentiel. L'établissement de ce calcul est en cours pour la Région Bretagne et les résultats sont très attendus pour les mettre en rapport avec le taux de suicide élevé.

La région Nord Pas De Calais développe cet indicateur et en est à une version IDH 3.

L'indice de bien-être économique ainsi que le BIP 40 sont également des indicateurs envisagés.

Le PNUD propose un indicateur de gouvernance relatif au taux de participation des femmes ce qui reste trop limité pour être utilisé.

L'empreinte écologique est donc au final le seul indicateur environnemental disponible à l'heure actuelle. Cependant, les enjeux politiques peuvent facilement détourner les résultats d'empreinte à leurs fins. Il convient donc de prendre des précautions.

IV. CONCLUSION

Ce dernier chapitre sera divisé à travers la réponse à la problématique et les réflexions induites par la réalisation de ce projet.

IV. 1. REPONSE A LA PROBLEMATIQUE

Montrons tout d'abord dans cette réponse à la problématique, les résultats d'étude avant d'élargir quant à l'utilisation de l'empreinte écologique comme outil d'aide à la décision.

IV. 1. 1 Résultats d'étude

Ces résultats d'étude sont à mettre en relation avec la problématique de départ : évaluer l'empreinte écologique comme outil d'évaluation environnementale à travers les logiciels, notamment appliqués à la gestion des déchets.

La conclusion inhérente au travail bibliographique sur les 3 outils d'évaluation environnementale est la complémentarité des outils. La réponse au concept d'indicateur environnemental synthétique provient de la prise en compte de tous les impacts et donc de plusieurs outils.

Les différents outils d'évaluation environnementale globale en fonction des domaines d'application sont donnés dans le tableau suivant :

PRODUIT ou PROJET	ORGANISATION	TERRITOIRE
<ul style="list-style-type: none">- ACV- Empreinte Ecologique	<ul style="list-style-type: none">- Bilan Carbone®- Empreinte Ecologique- ACV	<ul style="list-style-type: none">- Bilan Carbone®- Empreinte Ecologique

Tableau 9. Domaines d'application des différents indicateurs

L'empreinte écologique s'applique à tous les domaines. Cependant les impacts environnementaux sont restreints et essentiellement basés sur les ressources renouvelables, de la répartition de l'espace et de l'augmentation de l'effet de serre (seulement CO₂).

L'ACV est applicable à un produit/projet et veut prendre en compte l'ensemble des impacts (selon le mode de classification des impacts). L'ACV s'applique aussi à des procédés, à des filières, à des services, à des systèmes, en général. L'ACV est un outil plus sectoriel que territorial.

Le Bilan carbone est applicable à une organisation et un territoire et prend en compte l'augmentation de l'effet de serre.

Il a été également montré que les données d'ACV et de Bilan Carbone (dans le respect du périmètre "effet de serre"), en tant que données brutes, peuvent servir de base pour établir un calcul d'empreinte.

Au niveau du premier travail « analyse comparative », nous avons établi une trame générale permettant de comparer/évaluer 2 logiciels de même portée.

Cette trame est destinée à déterminer si à travers le logiciel utilisé, ce dernier permet d'obtenir finalement une empreinte écologique qui selon le champ de mesure et les objectifs initiaux prévus répond correctement à la notion d'évaluation environnementale.

Au niveau du logiciel SITA de calcul de l'empreinte de la collecte sélective, nous avons tout d'abord testé le logiciel à partir de données réelles.

Sur l'aspect fonctionnalité, nous avons remarqué que le panel de choix proposé n'est pas complet (différentes bennes).

Sur l'aspect conceptuel, nous ne connaissons pas le périmètre de ce logiciel et nous ne pouvons conclure sur la pertinence.

Quant à l'expression du résultat, le fait qu'il n'y ait pas de valeur pour un dispositif de collecte de référence, n'incite pas au changement étant donné que l'utilisateur ne peut pas se positionner.

Au niveau de l'enquête, nous avons recueilli les propos de personnes, qui, par leur fonction ont une approche différente vis-à-vis de l'empreinte.

D'une manière générale, aujourd'hui, chacun est conscient des problèmes de la non-viabilité du développement de nos sociétés. La volonté de changement est forte à tous les niveaux administratifs.

Les instances supérieures (UE, pays, régions) souhaitent disposer d'un indicateur synthétique mais sont très mal informées du périmètre conceptuel relatif aux impacts. Ce constat amène à une remise en question systématique de l'outil, notamment au niveau des pays (récemment la France), au lieu d'envisager la complémentarité avec des indicateurs de pollution, toxicité...

En dehors des critiques conceptuelles qui peuvent lui être reprochées, la mesure du changement est difficilement perceptible.

Au niveau national ou régional, l'empreinte écologique ne reflète pas complètement une politique. En effet, la modification de l'empreinte dépend de beaucoup de paramètres, comme par exemple les échanges, et de la sorte, les efforts sont indiscernables (hormis les rejets de CO₂ qui du fait de leur impact, sont potentiellement discernables). Les efforts sont donc difficilement mesurables sur une échelle de temps aussi courte qu'un an.

Au niveau d'un service ou d'un produit, en annualisant le calcul de l'empreinte, il est réalisable de mesurer ce changement.

Au niveau local, elle est faiblement discernable du fait des interactions extérieures dont elle dépend (c'est notamment le cas d'un individu dans un système).

Chacun ne peut influencer qu'à la marge sur son empreinte écologique totale du fait des pratiques de fabrication en amont de la consommation.

Le développement de cet outil est très rapide et de nombreux projets sont en cours (empreinte eau...). Il appartient donc de suivre avec attention les améliorations de cet outil, promis, de ce fait, à un bel avenir.

La transparence est une caractéristique obligatoire pour un indicateur. Tant qu'il n'y aura pas de référentiel détaillé disponible voire une normalisation, il ne pourra y avoir de reproductibilité satisfaisante et donc de reconnaissance officielle.

IV. 1. 2 L'empreinte écologique : outil d'aide à la décision ?

Nous avons vu précédemment que l'empreinte écologique est effectivement un outil d'évaluation environnemental, mais qui doit être complété par d'autres indicateurs relatifs aux impacts non pris en compte.

L'aide à la décision est l'activité permettant de mettre l'accent sur des problèmes qui jusqu'alors, n'étaient pas formalisés par le décideur.

Dans notre cas, le décideur est conscient de l'existence d'une société de gaspillage mais il ne peut évaluer la mesure de chacun des problèmes.

L'empreinte écologique est un élément concret de réponse au problème du partage équitable des ressources disponibles si l'on fait abstraction des reproches conceptuelles.

L'empreinte écologique évalue différents critères d'impact environnemental, mais l'intégration de ces critères et d'autres (environnementaux, économiques, sociaux, risques) dans un processus de décision relève d'une démarche multicritère.

Il est par exemple nécessaire d'intégrer la notion de coût. Ainsi, le consommateur peut ne pas choisir un produit local si le produit est plus cher. Autre exemple, la construction d'éco-quartiers nécessite un budget plus important malgré un meilleur retour sur investissement...

Le processus de décision devient de fait multicritère (comme l'ACV), formalisé ou non.

Ainsi, l'empreinte est un indicateur, elle n'est pas un outil d'aide à la décision, mais peut y être intégrée.

IV. 2. PISTES DE REFLEXION

IV. 2. 1 Réflexion générale sur le projet

Il est tout d'abord impératif de définir clairement la problématique du sujet, mais surtout de cerner les attentes du ou des destinataires, en l'occurrence le Cemagref de Rennes.

Dans notre cas cette étape a été laborieuse car le sujet qu'est l'empreinte écologique, comparée aux autres outils ACV et Bilan Carbone, demeure vaste.

Nous nous sommes posés la question de l'utilité de développer autant en détail les indicateurs ACV et Bilan Carbone.

En effet ce périmètre large a nécessité un temps important pour acquérir la méthode qui aurait pu être alloué à l'approfondissement des résultats d'étude.

La planification des différentes étapes du projet est une étape primordiale dans la réalisation d'un projet sur plusieurs mois. Elle nous a permis de cibler les tâches à effectuer et les moyens à lui allouer.

Un des points les plus positifs, est la participation d'intervenants de milieux différents. Ceci a contribué à une diversité d'autant plus enrichissante.

IV. 2. 2 Poursuite du projet

Le travail engagé doit se poursuivre au vu des résultats établis, à savoir que la méthodologie de l'empreinte écologique attend un référentiel.

De la même manière le développement d'autres logiciels de calcul d'empreinte écologique vont voir le jour et il serait intéressant de suivre notamment le développement de l'outil SITA.

Au niveau des enquêtes, ce projet n'a pas réalisé un état de l'art complet. Il serait nécessaire d'évaluer les attentes et les perspectives à des utilisateurs d'autres pays.

BIBLIOGRAPHIE

- [ADEME, 2006]** ADEME, Les gaz à effet de serre concernés et les différents postes d'émission, *Bilan Carbone®*, Juillet 2006.
- [ADEME, 2007]** ADEME, Guide méthodologique - version 5.0 - Objectifs et principes de comptabilisation, *Bilan Carbone® Entreprises et Collectivités*, 18/12/2007
- [ADEME, 2008a]** ADEME, Méthode Bilan Carbone, <<http://www2.ademe.fr>> consulté le 11/06/2008.
- [ADEME, 2008b]** ADEME, Evaluations Environnementales – cycle de vie, <<http://www2.ademe.fr>> consulté le 17/12/2008.
- [ADEME, 2009a]** ADEME, Les trois défis du développement durable, < <http://www2.ademe.fr> >, consulté le 10/01/2009.
- [ADEME, 2009b]** ADEME, Qu'est-ce que l'Agenda 21 ?, < <http://www2.ademe.fr> >, consulté le 10/01/2009.
- [Angenius, 2005]** ANGENIUS INSTITUT, Programme des travaux du comité d'experts sur l'empreinte écologique, <<http://2005fr.ingenius.net/tiki-index.php?page=Programme%20des%20travaux%20comit%C3%A9%20d%E2%80%99experts%20EE>>, consulté le 18/01/2009.
- [Angenius, 2006]**, ANGENIUS INSTITUT, Le GFN : réseau mondial empreinte écologique, <<http://ingenius.net/tiki-index.php?page=Global+Footprint+Network&highlight=empreinte%20ecologique>>, consulté le 19/01/2009.
- [Angenius, 2007]** ANGENIUS INSTITUT, Empreinte Ecologique, *Suites du projet FRAMEE, Synthèse et propositions d'action*, 29/06/2007.
- [Angenius, 2008]** ANGENIUS INSTITUT, Notice explicative TEO, *version 0.16*, 17/06/2008.
- [Angenius, 2009]** ANGENIUS, Global Footprint Network, <<http://2005fr.ingenius.net/tiki-index.php?page=Global%20Footprint%20Network>>, consulté le 13/01/2009.
- [BFF, 2002]** BFF,IWM (EB), City Limits A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London, 12/09/ 2002.
- [BFF, 2009]** BFF, Our story, <<http://www.bestfootforward.com/story>>, consulté le 13/01/2009.
- [Bloquet, 2008]** BLOQUET Carole, L'empreinte écologique : Un outil collaboratif et partagé pour évaluer les performances de la gestion des déchets - Direction Industrielle des Métiers SUEZ 06/09/2008
- [Bosmans, 2007]** BOSMANS Werner, EU -Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources 3rd International Conference on Life Cycle Management, Zurich European Commission DG Environment - G4, 27/08/2007.
- [Camill, 2002]** CAMILL Philip, Watch Your Step: Understanding the Impact of Your Personal Consumption on the Environment, 22/08/2002.
- [Cemagref, 2007]** CEMAGREF, Présentation du centre de Rennes, <<http://www.rennes.cemagref.fr>>, consulté le 21/01/2009.

- [Cemagref, 2008]** CEMAGREF, La recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, <<http://www.cemagref.fr/>>, consulté le 21/01/2009.
- [Chouvet, 2007]** CHOUVET Clémence, Les quartiers durables : Un exemple de démarche intégrée et participative, Comité 21 – Angenius, 20/04/2007.
- [CIRAIG, 2008]** CIRAIG, ACV, <<http://www.ciraig.org/fr/acv.html>> consulté le 17/11/2008.
- [CLIMACTIS, 2008]** CLIMACTIS, Stratégie Carbone <<http://www.climactis.com>>, consulté le 30 septembre 2008.
- [Conseil de développement du Pays de Guingamp, 2006]** CONSEIL DE DEVELOPPEMENT DU PAYS DE GUINGAMP, Mesurer l'empreinte écologique du Pays de Guingamp, Septembre 2006.
- [De Montmollin, 2007]** DE MONTMOLLIN André, L'empreinte écologique : Un pas vers l'indicateur composite ?, Séminaire du Conseil scientifique de l'IFEN, 25/06/2007.
- [EEA, 2000]** 06/12/2000 L'Environnement en Europe: Deuxième évaluation
http://reports.fr.eea.europa.eu/92-828-3351-8/fr/2ndassmnt_fr.pdf
- [El Bouazzaoui, 2008]** EL BOUAZZAOUI Ibtissam, L'empreinte écologique : Proposition d'un modèle synthétique de représentation des empreintes à l'échelle « Micro » d'une organisation ou d'un projet, 03/07/2008.
- [EPA VICTORIA, 2006]** EPA VICTORIA, LEND LEASE, GFN, Ecological Footprint Retail Calculator, 19/10/2004.
- [EPA VICTORIA, 2006]** EPA VICTORIA, LEND LEASE, GFN, Base Building Ecological Footprint Calculator, V1.0.3, 25/01/2006.
- [Ewing et al, 2008a]** EWING Brad, REED Anders, RIZK Sarah, GALLI Alessandro, WACKERNAGEL Mathis, KITZES Justin, Calculation methodology for the national Footprint accounts, Version 1.0, 28/10/2008.
- [Ewing et al, 2008b]** EWING Brad, GOLDFINGER Steven, WACKERNAGEL Mathis, STECHBART Meredith, RIZK Sarah, REED Anders, KITZES Justin, The ecological footprint Atlas 2008, Version 1.0, 28/10/2008.
- [Gadrey, 2006]** GADREY Jean, Du PIB au PIB vert et à l'empreinte écologique : des comptes et indicateurs socio-environnementaux à la portée des citoyens, 19/04/2006.
- [GFN, 2006a]** GFN, Ecological Footprint and Biocapacity, 2006.
- [GFN, 2006b]** GFN, National Footprint Accounts - Hungary 2003, 2006.
- [Gondran, 2004]** GONDRAN Natacha, A la recherche d'indicateurs pour faire émerger les impacts globaux, Centre SITE ENS des Mines de Saint-Etienne, 6/10/2004.
- [Grand Lyon, 2004]** GRAND LYON, L'empreinte écologique ou la mesure de la durabilité écologique, Observatoire de l'environnement du Grand Lyon, 18/11/2004.
- [Grenelle, 2007]** GRENELLE, Promouvoir des modes de développement écologiques, Synthèse Groupe VI, 02/11/2007.
- [IFEN, 2008]** IFEN, Les indicateurs globaux d'environnement et de développement durable, Numéro 11, Janvier 2008.

[IHS, 2006] IHS, Parution de la norme ISO 14064, nouvel outil pour évaluer et promouvoir la réduction des gaz à effet de serre et les échanges de droits d'émission, <http://france.ihs.com/news/2006/francais-iso-14064.htm> consulté le 03/03/2006.

[ISO, 2006a] NF EN ISO 14040, Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre, AFNOR, Octobre 2006.

[ISO, 2006b] NF EN ISO 14044, Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices, AFNOR, Octobre 2006.

[Janin, 2000] JANIN M., Démarche d'éco-conception en entreprise - Un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus, doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2000.

[Kitzes, 2008] KITZES Justin, GALLI Alessandro, EWING Brad, RIZK Sarah, REED Anders, WACKERNAGEL Mathis, Guidebook to the national footprint accounts 2008, Version 1.01 28/10/2008.

[Laplaud, 2006], LAPLAUD, Le sac à dos écologique, Fiche outil DD 6, 31/01/2006.

[Lefèvre et Giraud, 2005] LEFEVRE Benoit, GIRAUD Pierre-Noël, La soutenabilité environnementale des croissances urbaines au Sud - Le couple «Transport – Urbanisme» au cœur des dynamiques urbaines, Juillet 2005.

[Le Guern, 2008] LE GUERN Yannick, Analyse de cycle de vie et communication environnementale, BIO Intelligence Service, 2008.

[Malvezin, 2008] MALVEZIN Bruno, Ecologie politique, 25/05/2008.

[McDonald et Patterson, 2003] MCDONALD Garry, PATTERSON Murray, Technical paper Ecological Footprints of New Zealand and its Regions, Septembre 2003.

[Piguet et al, 2007] PIGUET Frédéric-Paul, BLANC Isabelle, CORBIERE-NICOLLIER Tourane, ERKMAN Suren, L'empreinte écologique : un indicateur ambigu, Futuribles n°334, Octobre 2007.

[Raoul-Duval, 2007] RAOUL-DUVAL Judith, Empreinte Ecologique - Retour sur expériences territoriales Ministère de l'Équipement, PUCA, Rapport ZOGMA, Novembre 2007.

[Redefining Progress, 2002] REDEFINING PROGRESS, Ecological Footprint Quiz 2002, Juillet 2002.

[Redefining Progress, 2003] REDEFINING PROGRESS, Household Ecological Footprint Calculator, FootprintCalc(1) v 3.2, Février 2003.

[Redefining Progress, 2009] REDEFINING PROGRESS, About Redefining Progress, <http://www.rprogress.org/about_us/about_us.htm>, consulté le 14/01/2009.

[Schaefer et al, 2006] SCHAEFER Florian, LUKSCH Ute, STEINBACH Nancy, CABEÇA Julio, HANAUER Jörg, Ecological Footprint and Biocapacity : The world's ability to regenerate resources and absorb waste in a limited time period, European Commission Eurostat, 2006.

[SEI, 2008] SEI, Experimental release, REAP v2, 15/10/08, disponible sur <<http://www.resource-accounting.org.uk/downloads>>.

[SEI, 2009a] SEI, About the Stockholm Environment Institute <<http://www.sei.se/index.php?page=overview>>, consulté le 13/01/2009.

- [SEI, 2009b]** SEI, Project : Dongtan China, <<http://www.sei.se/index.php?section=implement&page=projdesc&projdescpage=99963>>, consulté le 14/01/2009.
- [SEI, 2009c]** SEI, Project: Footprint of Victoria and Queensland, <<http://www.sei.se/index.php?section=implement&page=projdesc&projdescpage=100025>>, consulté le 14/01/2009.
- [SITA, 2009]** SITA, Présentation de l'empreinte écologique, <http://www.empreinte.sita.fr/empreinte_ecologique/presentation.php#quid>, consulté le 13/01/2009.
- [Styles, 2006]** STYLES Megan A, Homework Assignment #2 : Calculating Your Ecological Footprint, Environmental Anthropology Ph.D, Program University of Washington, Seattle, 10/07/2006, disponible sur <<http://students.washington.edu/mastyles/envanthsu06/index.html>>.
- [Talberth et Venetoulis, 2006]** VENETOULIS Jason, TALBERTH John, Refining the Ecological Footprint, 12/2006.
- [Tille, 2001]** TILLE Micaël. Choix de variantes d'infrastructures routières - Méthodes multicritères EPFL, Lausanne, 2001.
- [Traissard, 2008]** TRAISSARD, Manuel utilisateur - Tableur Analyse carbone, 18/10/2008, disponible sur http://sti-lt.ac-rouen.fr/IMG/pdf/Manuel_utilisateur_Tableur_Analyse_carbone.pdf.
- [Wackernagel et Richardson, 1999]** WACKERNAGEL Mathis, RICHARDSON Dick, Assess your Ecological Footprint, EcoFootPrint, 1999.
- [Wackernagel et al, 2003]** WACKERNAGEL Mathis, MONFREDA Chad, DEUMLING Diana, DHOLAKIA Ritik, Household Ecological Footprint Calculator Produced, Redefining Progress, v 3.2, Février 2003.
- [Wackernagel et al, 2005]** WACKERNAGEL Mathis, MONFREDA Chad, MORAN Dan, WERMER Paul, GOLDFINGER Steve, DEUMLING Diana, MURRAY Michael, National Footprint and Biocapacity Accounts 2005 : The underlying calculation method, 25/05/2005.
- [Wackernagel et Rees, 2005]** WACKERNAGEL Mathis, REES William, Notre Empreinte Ecologique, Juillet 2005.
- [Wackernagel, 2008]** WACKERNAGEL Mathis, Ecological Footprint and biocapacity, 2008.
- [Warnery, 2007]** WARNERY Céline, L'empreinte écologique de la restauration collective : exemple du lycée de Merdrignac, Septembre 2007.
- [WFN, 2009]** WFN, <<http://www.waterfootprint.org/>>, consulté le 12/01/2009.
- [WWF, 2004]** WWF, Rapport planète vivante, 2004.
- [WWF, 2006]** WWF Rapport planète vivante, 2006.
- [WWF, 2007a]** WWF Newsletter empreinte écologique N°1, Juillet 2007.
- [WWF, 2007b]** WWF Newsletter empreinte écologique N°2, Novembre 2007.
- [WWF, 2008a]** WWF, ZSL, GFN, Rapport planète vivante, 2008.
- [WWF, 2008b]** WWF, Newsletter empreinte écologique N°3, Mai 2008.
- [WWF, 2008c]** WWF, GFN, Ecolife, Empreinte Ecologique France et Belgique - Supplément au rapport Planète vivante 2008 08/10/2008.

[WWF, 2009a] WWF, Qui est le WWF ?, <http://www.wwf.fr/s_informer/qui_est_le_wwf>, consulté le 11/01/2009.

[WWF, 2009b] WWF, le WWF soutient la proposition de loi n° 1369, <http://www.wwf.fr/actualites/le_wwf_soutient_la_proposition_de_loi_tendant_a_reduire_l empreinte_ecologique_de_la_france>, consulté le 12/01/2009.

[WWF, 2009c] WWF, Our work in the new millennium, <http://www.panda.org/about_wwf/who_we_are/history/millennium/>, consulté le 13/01/2009.

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE DU PAYS DE GUINGAMP

OBJET : Réaliser une enquête auprès des utilisateurs de l'empreinte écologique

Questionnaire

Deux parties dans ce questionnaire :

- Attentes / Raisons initiales qui justifieraient l'intérêt d'un calcul d'EE
- Utilisation des résultats / Mesure du changement

Attentes / Raisons initiales qui justifieraient l'intérêt un calcul d'EE « component »

- Pourquoi avoir choisi l'Empreinte Ecologique plutôt qu'un autre indicateur comme le Bilan Carbone ? Un indicateur synthétique ?
Est-ce en rapport avec le fort pouvoir de communication de cet indicateur ? (démarche écocitoyenne)
- Quel sont les usages auxquels cette étude était destinée ? (éducation ?, santé ?, confort ?, mobilité?)
- Pourquoi avoir choisi Angenius comme organisme partenaire ?

Utilisation des résultats / Mesure du changement

- Avez-vous été satisfait des résultats obtenus au niveau de la phase 1 ? Quels scénarios avez-vous envisagé ?
- Dans le cas d'une insatisfaction qu'est-ce qui a coincé ? A quoi cela n'a pas répondu ?
- Des aspects inattendus / non prévus ont-ils été dévoilés grâce à l'EE ? L'EE a-t-elle permis d'aller plus loin que les attentes initiales ?
- Communication de résultats à la population ? Les habitants ont-ils fait part d'un retour ? Ont-ils modifiés leurs habitudes ?
- Perspectives ? élargissement à différents acteurs du territoire ? Développement de méthodologies ?

ANNEXE 2 : TRAME D'ANALYSE

Trame d'analyse

Cette trame a pour objectif d'évaluer la pertinence du logiciel par rapport à ce qu'il est sensé répondre initialement. En résumé, l'indicateur doit renvoyer une image fidèle du phénomène à étudier pour permettre une évaluation rapide et simple des données à surveiller.

Elle permet de donner une vision générale de conception du logiciel et de comparer des logiciels d'empreinte écologique.

1 Informations générales sur le logiciel

Nom :

Créateur :

Version, date :

Limites (pays, région, populations, produit) :

2 Périmètre d'étude :

A ce jour, on peut identifier 6 périmètres d'étude pour le calcul de l'empreinte écologique.

individu	Foyer	Entreprise	Ville/Région	Pays	Produit / Service

2.1 Méthodes de calcul

Déterminez le type d'approche : COMPONENT / COMPOUND

3 Cible, utilisateur

Cette partie permet de définir la cible du logiciel, à quel type d'utilisateur il est adapté, quel type d'utilisateur il cible ?

Type d'utilisateur	OUI	NON
Jeune (judique)		
Amateur (particuliers)		
Bu		
Expérimenté (professionnels)		

Note : Les points suivants doivent toujours être jugés en fonction de l'utilisateur ciblé et le périmètre d'étude du logiciel. Il ne faut jamais perdre de vue la finalité de l'utilisation (ce que l'on veut faire du résultat) pour la suite de l'analyse. Répondre à la suite du questionnaire en ayant toujours cela à l'esprit.

4 Utilisation du logiciel

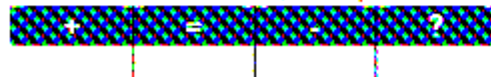
Pour cette partie c'est l'utilisation du logiciel qui sera jugé, l'interface entre l'utilisateur et le logiciel.

4.1 Convivialité, interface

Jugez sur l'aspect esthétique du logiciel :

Est-ce un logiciel agréable (visuel, esthétique) → aspect général

Une interface lisible, compréhensible



Argumentaire :

.....

.....

4.2 Facilité d'utilisation du logiciel

Navigation dans le logiciel, accompagnement (aide) de l'utilisateur

+	=	-	?
---	---	---	---

Argumentaire :

.....

.....

4.3 Flexibilité du logiciel (adaptabilité aux modifications)

Les modifications sont-elles aisées, pour modifier une valeur est-il nécessaire de reprendre dès le début par exemple

+	=	-	?
---	---	---	---

Argumentaire :

.....

4.4 Durée d'utilisation

Estimez en min le temps nécessaire de travail sur le logiciel :

Temps :

5 Collecte des données

5.1 Nombres de données (questions)

Le nombre de données demandées par le logiciel pour réaliser l'étude :

5.2 Complexité des données demandées

Jugez de la complexité des données demandées par le logiciel par rapport à sa finalité

+	=	-	?
---	---	---	---

Faut-il rentrer des données chiffrées et pour quels cas ? (Le logiciel demande de rechercher des valeurs précises : consommation annuelle en électricité par exemple)

.....

Faut-il choisir entre plusieurs propositions (approximations, moyennes, modes de vie), sur quels thèmes ?

5.3 Intérêt, utilité

Toutes les données demandées ont-elles un réel intérêt quant à la finalité désirée (rationalité)

+	=	-	?
---	---	---	---

5.4 Restriction des possibilités, choix limité, ...

Dans certains cas, le choix des réponses est-il trop restrictif, toutes les possibilités ne sont pas envisagées.

+	=	-	?
---	---	---	---

Détaillez les ici

Argumentaires.....

5.5 Absence

Y a-t-il des données pourtant nécessaire (selon l'utilisateur) non requises. Si oui, quels thèmes ont été omis ?

Argumentaires.....

6 Calculateur

6.1 Transparence du calculateur (propriétaire, ouvert)

Est-ce un logiciel privé ?

OUI - NON

.....

.....

6.2 Accessibilité aux hypothèses de calculs

Les hypothèses de calcul sont elles accessibles.

OUI - NON

.....

.....

6.3 Qualité des données (sources, mise à jour, ...)

Les données références sont-elles adaptées à la cible ? Facteurs et données à jour, correctement choisis (logiciel français avec des facteurs français), concordance des données, des hypothèses, la source des données

Détaillez les valeurs références, hypothèses utilisées : biocapacité, facteurs d'équivalence, de rendement, ... (sources, cibles, année de diffusion, ...)

.....

.....

.....

7 Résultats

7.1 Présentation, visualisation (graphiques, lisibilité, unité, dessins, ...)

Détaillez la manière dont le résultat est présenté à l'utilisateur (graphiques, unités, décomposition,)

.....

.....

7.2 Interprétations (présentation des points faibles, des points forts)

Est-ce que les résultats sont analysés, il y a-t-il une mise en évidence des points négatifs ou faibles

OUI – NON

7.3 Comparaison (avec d'autres populations)

Les résultats sont-ils comparés avec des valeurs références sur la population (ex : dans le cas d'une empreinte écologique d'un habitant, son résultat est-il comparé à l'EE moyenne de son pays, avec celui d'autres pays). Présentez la manière, les références, ...

OUI – NON

7.4 Améliorations, accompagnement, responsabilisation de l'utilisateur

Engagements, ce qu'il est possible de faire pour améliorer l'empreinte écologique, les effets engendrés

L'utilisateur est-il guidé pour analyser son résultat, le faire réfléchir voire le faire agir (en prenant des engagements...) ou est-il laissé à l'abandon face à son résultat.

Ne pas oublier un bon indicateur doit permettre :

- ✓ de maintenir un niveau voir de l'améliorer,
- ✓ de détecter les défauts, les problèmes, les irrégularités, les non conformités afin d'améliorer le niveau de la performance environnementale,
- ✓ d'apprécier les progrès réalisés et ceux qui restent à faire.

ANNEXE 3 : TRAME D'ANALYSE ECOLIFE

Trame d'analyse Ecolife

Cette trame a pour objectif d'évaluer la pertinence du logiciel par rapport à ce qu'il est sensé répondre initialement. En résumé, l'indicateur doit renvoyer une image fidèle du phénomène à étudier pour permettre une évaluation rapide et simple des données à surveiller. Elle permet de donner une vision générale de conception du logiciel et de comparer des logiciels d'empreinte écologique.

1 Informations générales sur le logiciel

Nom : **Tester votre empreinte écologique**

Créateur : **WWF Belgique, Ecolife**

Version, date : **2005**

Limites (pays, région, populations, produit) : **Habitant Belge**

2 Périmètre d'étude :

A ce jour, on peut identifier 6 périmètres d'étude pour le calcul de l'empreinte écologique.

Individu	Foyer	Entreprise	Ville/Région	Pays	Produit / Service

2.1 Méthodes de calcul

Déterminez le type d'approche : **COMPONENT** / **COMPOUND**

3 Cible, utilisateur

Cette partie permet de définir la cible du logiciel, à quel type d'utilisateur il est adapté, quel type d'utilisateur il cible ?

Type d'utilisateur	OUI	NON
Jeune (judique)		
Amateur (particuliers)		
Elu		
Expérimenté (professionnels)		

Note : Les points suivants doivent toujours être jugés en fonction de l'utilisateur ciblé et le périmètre d'étude du logiciel. Il ne faut jamais perdre de vue la finalité de l'utilisation (ce que l'on veut faire du résultat) pour la suite de l'analyse. Répondre à la suite du questionnaire en ayant toujours cela à l'esprit.

4 Utilisation du logiciel

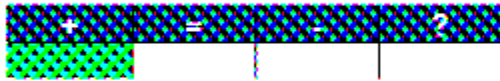
Pour cette partie c'est l'utilisation du logiciel qui sera jugé, l'interface entre l'utilisateur et le logiciel.

4.1 Convivialité, interface

Jugez sur l'aspect esthétique du logiciel :

Est-ce un logiciel agréable (visuel, esthétique) → aspect général

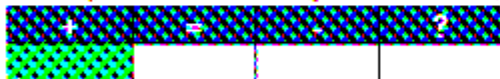
Une interface lisible, compréhensible



Argumentaires : logiciel simple de conception, pas agressif pour l'œil, sobre, pas de couleurs vives

4.2 Facilité d'utilisation du logiciel

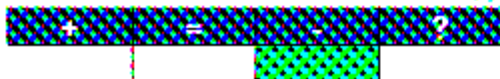
Navigation dans le logiciel, accompagnement (aide) de l'utilisateur



Argumentaires : la navigation est très simple, à chaque fois que l'utilisateur souhaite passer à l'étape suivante il lui suffit de cliquer sur un seul bouton (c'est toujours le même tout au long du test), langage adapté, compréhensible

4.3 Flexibilité du logiciel (adaptabilité aux modifications)

Les modifications sont-elles aisées, pour modifier une valeur est-il nécessaire de reprendre dès le début par exemple



Argumentaires : rien ne donne la possibilité à l'utilisateur de modifier ses valeurs une fois qu'il les a validées, le retour arrière n'est pas possible, il doit recommencer dès le début

4.4 Durée d'utilisation

Estimez en min le temps nécessaire de travail sur le logiciel :

Temps : **environ 15 min**

5 Collecte des données

5.1 Nombres de données (questions)

Le nombre de données demandées par le logiciel pour réaliser l'étude : **11 pour le calcul de l'empreinte écologique**

5.2 Complexité des données demandées

Jugez de la complexité des données demandées par le logiciel en n'oubliant pas la finalité du logiciel

+	=	-	?

Faut-il rentrer des données chiffrées et pour quels cas ? (Le logiciel demande de rechercher des valeurs précises : consommation annuelle en électricité par exemple)

Aucune donnée chiffrée précise n'est demandée

Faut-il choisir entre plusieurs propositions (approximations, moyennes, modes de vie), sur quels thèmes ?

Sur l'ensemble des questions il faut choisir entre plusieurs propositions (au minimum 4 propositions par questions)

Les thèmes : Alimentation, Logement, Consommation énergétique, Transport, Voyage

5.3 Intérêt, utilité

Toutes les données demandées ont-elles un réel intérêt quant à la finalité désirée (rationalité)

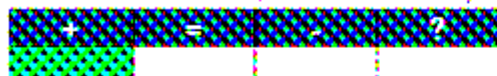
Si non lesquelles vous semblent mal dimensionnées et dans quels sens (trop ou pas assez) ?

+	=	-	?

Argumentaires : toutes les données demandées sont importantes pour le calcul de l'empreinte écologique, elles sont toutes nécessaires pour bien calculer l'empreinte écologique

5.4 Restriction des possibilités, choix limité, ...

Dans certains cas, le choix des réponses est-il trop restrictif, toutes les possibilités ne sont pas envisagées.



Détaillez les ici

Pour chaque question un minimum de 4 propositions est donné, l'ensemble des possibles est à chaque fois proposé

5.5 Absence

Y a-t-il des données pourtant nécessaire (selon l'utilisateur) non requises. Si oui, quels thèmes ont été omis ?

Le thème sur la production des déchets n'est pas abordé (qté produite, ...)

6 Calculateur

6.1 Transparence du calculateur (propriétaire, ouvert)

Est-ce un logiciel privé ou non ?

OUI - NON

6.2 Accessibilité aux hypothèses de calculs

Les hypothèses de calcul sont elles accessibles.

OUI - NON

Pas directement mais du fait que ce calculateur est libre, les données ne sont pas protégées et peuvent être facilement obtenues

6.3 Qualité des données (sources, mise à jour, ...)

Les données références sont-elles adaptées à la cible ? Facteurs et données à jour, correctement choisis (logiciel français avec des facteurs français), concordance des données, des hypothèses, la source des données

Détaillez les valeurs références, hypothèses utilisées : biocapacité, facteurs d'équivalence, de rendement, ... (sources, cibles, année de diffusion, ...)

Le logiciel est basé sur des moyennes belges de 2005

.....

.....

7 Résultats

7.1 Présentation, visualisation (graphiques, lisibilité, unité, dessins, ...)

Détaillez la manière dont le résultat est présenté à l'utilisateur (graphiques, unités, décomposition,)

Le résultat est présenté sous forme d'histogramme horizontal, l'unité utilisée est le m² et l'hectare

.....

.....

7.2 Interprétations (présentation des points faibles, des points forts)

Est-ce que les résultats sont analysés, il y a-t-il une mise en évidence des points négatifs ou faibles

~~OUI~~ - **NON**

7.3 Comparaison (avec d'autres populations)

Les résultats sont-ils comparés avec des valeurs références sur la population (ex : dans le cas d'une empreinte écologique d'un habitant, son résultat est-il comparé à l'EE moyenne de son pays, avec celui d'autres pays). Présentez la manière, les références, ...

OUI - ~~NON~~

Le résultat est comparés avec plusieurs moyennes (belge, américain, africain), il est aussi comparée à l'empreinte soutenable

.....

.....

7.4 Améliorations, accompagnement, responsabilisation de l'utilisateur

Engagements, ce qu'il est possible de faire pour améliorer l'empreinte écologique, les effets engendrés

L'utilisateur est-il guidé pour analyser son résultat, le faire réfléchir voir le faire agir (en prenant des engagements...) ou est-il laissé à l'abandon face à son résultat.

OUI - ~~NON~~

L'utilisateur est réellement guidé et accompagné pour analyser son résultat, le logiciel lui propose des pistes d'améliorations possibles en répondant favorablement ou non à des engagements (bons gestes quotidiens) pour diminuer son empreinte écologique. Un deuxième calcul est réalisé pour montrer les effets de ses engagements, il fidélise l'utilisateur en lui proposant l'impression ou l'envoi (via mail) de ses engagements

Ne pas oublier un bon indicateur doit permettre :

- ✓ de maintenir un niveau voir de l'améliorer,
- ✓ de détecter les défauts, les problèmes, les irrégularités, les non conformités afin d'améliorer le niveau de la performance environnementale,
- ✓ d'apprécier les progrès réalisés et ceux qui restent à faire.

ANNEXE 4 : TRAME D'ANALYSE BFF

Trame d'analyse Best Foot Forward

Cette trame a pour objectif d'évaluer la pertinence du logiciel par rapport à ce qu'il est sensé répondre initialement. En résumé, l'indicateur doit renvoyer une image fidèle du phénomène à étudier pour permettre une évaluation rapide et simple des données à surveiller. Elle permet de donner une vision générale de conception du logiciel et de comparer des logiciels d'empreinte écologique.

1 Informations générales sur le logiciel

Nom : Ecological Footprint Lifestyle Calculator

Créateur : Best Foot Forward

Version, date : 2.0, 2007

Limites (pays, région, populations, produit) : Habitant Anglais

2 Périmètre d'étude :

A ce jour, on peut identifier 6 périmètres d'étude pour le calcul de l'empreinte écologique.

Individu	Foyer	Entreprise	Ville/Région	Pays	Produit / Service

2.1 Méthodes de calculs

Déterminez le type d'approche : COMPONENT / COMPOUND

3 Cible, utilisateur

Cette partie permet de définir la cible du logiciel, à quel type d'utilisateur il est adapté, quel type d'utilisateur il cible ?

Type d'utilisateur	OUI	NON
Jeune (judique)		
Amateur (particuliers)		
Elu		
Expérimenté (professionnels)		

Note : Les points suivants doivent toujours être jugés en fonction de l'utilisateur ciblé et le périmètre d'étude du logiciel. Il ne faut jamais perdre de vue la finalité de l'utilisation (ce que l'on veut faire du résultat) pour la suite de l'analyse. Répondre à la suite du questionnaire en ayant toujours cela à l'esprit.

4 Utilisation du logiciel

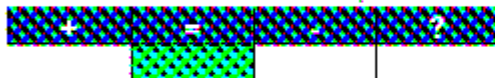
Pour cette partie c'est l'utilisation du logiciel qui sera jugé, l'interface entre l'utilisateur et le logiciel.

4.1 Convivialité, interface

Jugez sur l'aspect esthétique du logiciel :

Est-ce un logiciel agréable (visuel, esthétique) → aspect général

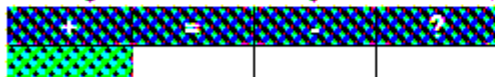
Une interface lisible, compréhensible



Argumentaires : logiciel simple de conception, pas agressif pour l'oeil, sobre, pas de couleurs trop vives, mais un sentiment de logiciel de reporting avec l'interface-tableau de bord et des couleurs ternes (gris utilisé en arrière plan)

4.2 Facilité d'utilisation du logiciel

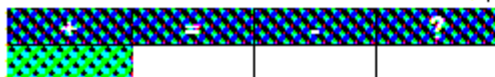
Navigation dans le logiciel, accompagnement (aide) de l'utilisateur



Argumentaires : logiciel réellement simple d'utilisation, une seule interface

4.3 Flexibilité du logiciel (adaptabilité aux modifications)

Les modifications sont-elles aisées, pour modifier une valeur est-il nécessaire de reprendre dès le début par exemple



Argumentaires : logiciel très flexible, il n'y a pas d'étape de validation entre chaque saisie de données, toute erreur peut facilement être corrigée

4.4 Durée d'utilisation

Estimez en min le temps nécessaire de travail sur le logiciel :

Temps : environ 5 min

5 Collecte des données

5.1 Nombres de données (questions)

Le nombre de données demandées par le logiciel pour réaliser l'étude : 11 pour le calcul de l'empreinte écologique

5.2 Complexité des données demandées

Jugez de la complexité des données demandées par le logiciel par rapport à sa finalité

+	=	-	?
■			

Faut-il rentrer des données chiffrées et pour quels cas ? (Le logiciel demande de rechercher des valeurs précises : consommation annuelle en électricité par exemple)

Aucune donnée chiffrée précise n'est demandée

Faut-il choisir entre plusieurs propositions (approximations, moyennes, modes de vie), sur quels thèmes ?

Sur l'ensemble des questions il faut choisir entre plusieurs propositions (au minimum 2 propositions par question)

Les thèmes : Alimentation, Logement, Consommation énergétique, Transport, Voyage, Production de déchets

5.3 Intérêt, utilité

Toutes les données demandées ont-elles un réel intérêt quant à la finalité désirée (rationalité)

+	=	-	?
■			

Argumentaires : **toutes les données demandées sont importantes pour le calcul de l'empreinte écologique, elles sont toutes nécessaires pour bien calculer l'empreinte écologique**

5.4 Restriction des possibilités, choix limité, ...

Dans certains cas, le choix des réponses est-il trop restrictif, toutes les possibilités ne sont pas envisagées.



Détaillez les ici

Les propositions sont très basiques, peu illustratives et ne balayent pas l'ensemble des possibles, l'utilisateur est limité sur les réponses possibles

5.5 Absence

Y a-t-il des données pourtant nécessaire (selon l'utilisateur) non requises. Si oui, quels thèmes ont été omis ?

Les thèmes pour bien calculer une empreinte écologique sous tous abordés, mais c'est le degré d'analyse de chaque qui est insuffisant

6 Calculateur

6.1 Transparence du calculateur (propriétaire, ouvert)

Est-ce un logiciel privé ?

OUI - ~~NON~~

6.2 Accessibilité aux hypothèses de calculs

Les hypothèses de calcul sont elles accessibles.

~~OUI~~ - **NON**

Du fait du caractère propriétaire du logiciel, les données sont cachées

5.3 Qualité des données (sources, mise à jour, ...)

Les données références sont-elles adaptées à la cible ? Facteurs et données à jour, correctement choisis (logiciel français avec des facteurs français), concordance des données, des hypothèses, la source des données

Détaillez les valeurs références, hypothèses utilisées : blocapacité, facteurs d'équivalence, de rendement, ... (sources, cibles, année de diffusion, ...)

Aucunes informations disponibles

7 Résultats

7.1 Présentation, visualisation (graphiques, lisibilité, unité, dessins, ...)

Détaillez la manière dont le résultat est présenté à l'utilisateur (graphiques, unités, décomposition, ...)

Le résultat est présenté sous différentes formes : chiffrée, dessin (planètes), camembert, compteur. Le logiciel permet de calculer : les émissions en CO2 en tonnes, un compteur illustre cette émission : l'empreinte écologique en global hectare (gha) et en nombre de planètes. Le résultat de l'empreinte écologique est représenté dans un camembert ce qui permet de visualiser le poids de chaque composante de l'EE (alimentation, transports, ...)

7.2 Interprétations (présentation des points faibles, des points forts)

Est-ce que les résultats sont analysés, il y a-t-il une mise en évidence des points négatifs ou faibles

OUI - NON

Les résultats ne sont pas analysés, mais avec le graphique camembert il est possible de visualiser le poids de chaque thème, cependant il est difficile de savoir si les valeurs obtenues sont normales ou non, il n'est pas fait référence à des valeurs moyennes.

7.3 Comparaison (avec d'autres populations)

Les résultats sont-ils comparés avec des valeurs références sur la population (ex : dans le cas d'une empreinte écologique d'un habitant, son résultat est-il comparé à l'EE moyenne de son pays, avec celui d'autres pays). Présentez la manière, les références, ...

OUI - NON

Le résultat obtenu n'est pas restitué par rapport à des valeurs moyennes représentatives

7.4 Améliorations, accompagnement, responsabilisation de l'utilisateur

Engagements, ce qu'il est possible de faire pour améliorer l'empreinte écologique, les effets engendrés

L'utilisateur est-il guidé pour analyser son résultat, le faire réfléchir voire le faire agir (en prenant des engagements...) ou est-il laissé à l'abandon face à son résultat.

L'utilisateur n'est pas guidé du tout pour analyser son résultat, le logiciel permet plutôt de faire un constat qu'une sensibilisation. Un curseur permet de simuler l'efficacité économique mais cette dernière est illustrée en pourcentage. Il est difficile de savoir à quoi peut correspondre ce pourcentage en termes d'actes et d'engagements.

Ne pas oublier un bon indicateur doit permettre :

- ✓ de maintenir un niveau voire de l'améliorer,
- ✓ de détecter les défauts, les problèmes, les irrégularités, les non conformités afin d'améliorer le niveau de la performance environnementale,
- ✓ d'apprécier les progrès réalisés et ceux qui restent à faire.

ANNEXE 5 : LISTING DES LOGICIELS EE

Logiciels	Concepteur	Liens internet	Portée	Application	Obtention de l'algorithme	Date / Version
iFootprint	Société Mesurer le développement durable	www.mesurerledeveloppementdurable.com	Individu	France	Non (refus)	2003
YourFootprint	Redefining Progress	http://www.agir21.org/flash/empreintecoweb/oadcheckplugin.html	Individu	France	Oui	1999
WWF Ecological Footprint	GFN	http://www.wwf.fr/informer/calculer_votre_empreinte_ecologique	Individu	France	Non (licence GFN)	?
The Earth Day Network Calculator = Your ecological Footprint	GFN	http://www.earthday.net/footprint/flash.html http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/calculators/	Individu	Etats Unis, Australie	Non (licence GFN)	?
Logiciel Royal Saskatchewan Museum	Redefining Progress	http://www.royalsaskmuseum.ca/gallery/life_sciences/footprint_mx_2005.swf	Individu	Canada	Non (licence Redefining Progress)	2005
Zero Footprint Kids Calculators	?	http://www.zerofootprintkids.com/kids_results.asp		Canada	Non (pas de réponse)	?
Sans nom	GFN	http://www.mddep.gov.qc.ca/jeunesse/jeu/questionnaires/Empreinte/Questionnaire.htm	Individu	Canada	Non (licence GFN)	?
Footprint 2.0	Redefining progress	http://www.myfootprint.org/fr/about_the_quiz/what_it_measures/	Individu	Tous les pays	Non	2005 / 2.0
EcoFoot 1.5	Mathis Wackernagel (?)	http://www.demesta.com/ecofoot/eng/engrun.html	Individu	?	Non	1998 / 1.5
Ecological Footprint Lifestyle Calculator	Best Foot Forward	http://www.bestfootforward.com/tools/	Individu	Angleterre	Non	2007 / 1.6
Sans Nom	?	http://www.footprint.fortis.com/calculator_fr.html	Individu	12 pays européens	Non	?
Sans Nom	Ecolife a.s.d.l	http://www.itgebim.be/soussdes/empreinte_ecologique/index.html?langtype=2006	Individu	Belgique	Non (pas de réponse)	
Ecological Footprint Calculator	Best Foot Forward	http://www.stepsingforward.org.uk/calc	Individu	Angleterre	Non	2002

Logiciels	Concepteur	Liens internet	Portée	Application	Obtention de l'algorithme	Date / Version
Footprint	GFN (WWF Suisse)	http://www.footprint.ch/fr/start.cfm	Individu	Suisse	Non	
Starthjelp	?	http://www.webskjema.no/wiz.asp	Individu	Norvège	Non	?
Eco-survey	?	http://www.sustain.ubc.ca/eco-survey/	Individu	Canada	Non	?
Empreinte Ecologique Déchets	SITA	http://www.empreinte.sita.fr	Collectivités communes	France	Non	2008 / 2.0.0
		http://www.fdv-industries.fr/dd/agenda.php				
Footprinter NI	Best Foot Forward	http://simmo01b.easydnservers.com/footprinter/NI/Ireland/	Entreprise	Irlande	Non	2007
Footprinter	Best Foot Forward	http://www.footprinter.com/ http://www.footprinter.co.uk/site/CO2_Test.html	Entreprise, événement		Non (payant)	
Personal Calculator	EPA	http://www.epa.vic.gov.au/ecologicalfootprint/globalFootprint/index.asp	Individu			
Home Calculator			Foyer			
Office Calculator			Entreprise		Oui (ancienne version)	
School Calculator			Ecole		Oui (ancienne version)	
Tenants Calculator			Événement			
Event Calculator			Retail			
Retail Centre Calculator			Tenants Centre			

ANNEXE 6 : TRAME DE COLLECTE DES DONNEES DU LOGICIEL SITA

Simulation logiciel SITA « Calcul de l'Empreinte écologique de la collecte »

Remplir seulement les cases grisées.

Informations générales

Nom de la collectivité	
Nombre de personnes concernées par la collecte	

Gisement

% Déchets fermentescibles	
% Papiers cartons	
% Plastiques	
% Métaux	
% Verre	
% Bois	
% Autres	

Véhicules

Définir les véhicules utilisés lors de la collecte en associant un « type » avec un « mode de fonctionnement » dans les 2 listes de choix suivantes.

Spécifier le nombre de véhicules, leur durée de vie, leur consommation moyenne et le nombre de km parcourus annuellement.

Type:

Tracteur/semi-remorque
Camion à bras 25m3
Benne 19t
Benne 3.5/4.5t

Mode de fonctionnement :

Diesel (consommation en L/100km)
Biodiesel (consommation en L/100km)
Gaz naturel (consommation en Nm3/100km)
Electrique (consommation en kWh/100km)
Bi-mode (consommation en kWh/100km et en L/100km)

Véhicule	Nombre	Durée de vie (année)	Consommation moyenne	Nombre de km parcourus annuellement
Exemple : Benne 19 t diesel				

Contenants

	Contenance	Quantité	Durée de vie (année)	Consommation électrique (kW)	Temps d'utilisation (h/an)
BACS					
Cyclistes	40 L				
Caissettes	50 L				
Bacs roulants 2 roues	120 L				
Bacs roulants 2 roues	240 L				
Bacs roulants 2 roues	340 L				
Bacs roulants 4 roues	660L				
Bacs roulants 4 roues	1000 L				
Colonnes	4 m3				
Colonnes semi-enterrées	5 m3				
Colonnes enterrées	3 m3				
Colonnes enterrées	5 m3				
Benne	24 m3				
Compacteurs monobloc	20 m3				
Compacteurs désaccouplés	30m3				
SACS (fournis ou rendus obligatoires)					
Sacs plastiques	120				
Sacs pré-collecte cuisine	60				
Sacs plastiques	50				
Sacs papier	120				
Sacs papier	50				

% d'énergie dite « verte » utilisée par les contenants	
--	--

