



L'EMPREINTE ECOLOGIQUE

Les critiques de l'empreinte écologique

MAUMY Delphine

Sous la direction de Jean-Louis IZARD

Mémoire de fin de 2eme cycle, pôle ATE, Mai 2009

Si tout le monde consommait de la même manière que vous, il faudrait :



2,67

... planètes pour subvenir aux besoins de toute la population !

La réduction de l'empreinte écologique, des choix politiques aux choix architecturaux

Résumé :

L'empreinte écologique est un terme inventé en 1995 par Wackernagel et Rees et il est défini comme suit : « *L'empreinte écologique d'un territoire mesure la surface nécessaire pour produire les ressources consommées par la population et pour absorber les déchets qu'elle produit* ». L'empreinte écologique se mesure en hectare global au niveau mondial ou individuel. Elle prend sens lorsqu'elle est comparée à la biocapacité qui représente la capacité des écosystèmes terrestres et marins à produire des ressources dans la limite de leurs taux de régénération et à absorber les déchets produits par les humains. L'empreinte écologique est un indicateur synthétique qui permet de comparer des choses qui dans l'absolu ne sont pas comparables. Même si l'empreinte écologique est sous-estimée, le message reste le même, nous utilisons la planète au-delà de ses capacités de régénération. Ce mémoire est une approche des solutions existantes pour réduire l'empreinte écologique par le changement des modes de vie, aux choix politiques en passant par des choix architecturaux.

Mots clés :

Empreinte écologique, biocapacité, surface bioproductive, hectares globaux, indicateur synthétique, rendement global, facteur d'équivalence, les énergies fossiles, un outil de communication...

SOMMAIRE

Introduction

I. Initiation à l'empreinte écologique

1.1 Qu'est ce que l'empreinte écologique ?

1.2 Pourquoi avoir créé l'empreinte écologique ?

II. Le calcul de l'empreinte écologique

2.1 Comment se calcule l'empreinte écologique ?

2.2 L'empreinte écologique est-elle supérieure à la biocapacité mondiale ?

2.3 Qu'elles sont les limites de l'empreinte écologique?

III. Les solutions pour réduire son empreinte écologique

3.1 Quel changement de mode de vie doit effectuer une population pour réduire son empreinte écologique?

3.2 La planification locale a-t-elle un impacte sur l'empreinte écologique?

3.3 La technologie permet-elle de réduire l'empreinte écologique?

3.4 Quelles solutions l'architecte peut-il apporter pour réduire l'empreinte écologique?

Conclusion

Bibliographie

Annexe

INTRODUCTION

La prise de conscience par l'homme des dimensions finies de la Terre n'est pas, en tant que telle, un évènement récent. Pourtant l'homme depuis plusieurs décennies multiplie et aggrave les atteintes à l'environnement. Il faut rappeler que l'économie humaine est un sous système totalement dépendant de l'écosphère. L'écosphère est le lieu où nous vivons, donc l'humanité dépend de la nature. Nous devons apprendre à gérer la gestion des ressources. Pour vivre durablement, c'est-à-dire en tenant compte de la survivance de longue durée de notre univers, il faut nous assurer que nous n'utilisons pas les produits essentiels et les processus de la nature plus vite qu'ils ne se renouvellent, et que nous ne nous débarrassons pas de nos déchets plus vite qu'ils ne peuvent être absorbés. Ainsi nous pourrions nous demander : A quel point la population à l'étude est-elle dépendante de l'importation de ressources et de la capacité du patrimoine commun de la planète à absorber les déchets ? L'empreinte écologique est un outil comptable qui cherche à relever l'enjeu le plus important de notre époque, c'est-à-dire trouver le moyen de faire vivre tous les êtres humains adéquatement et équitablement, quel que soit le lieu sur terre où ils vivent.

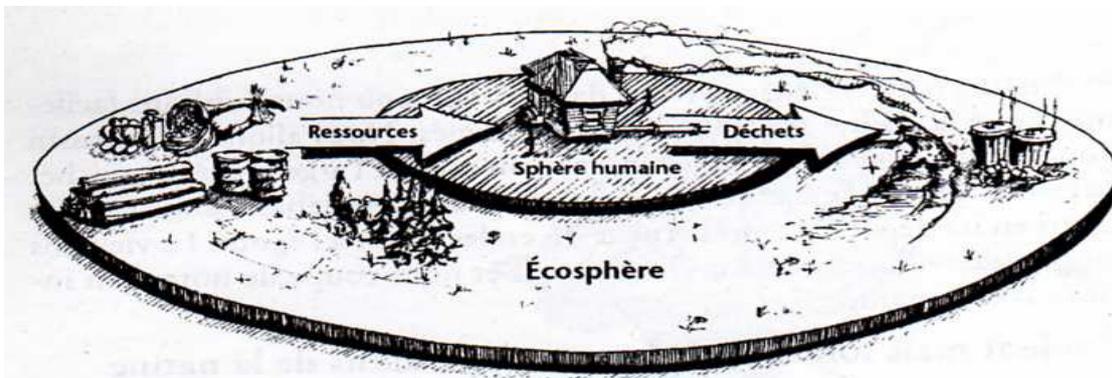


Figure 1

Dans ce mémoire nous allons tout d'abords saisir les principes généraux de l'empreinte écologique pour comprendre quel est le but ultime de cet outil. Puis nous développerons par quel mode de calcul l'empreinte écologique mesure la consommation nette de ressources issues de la biosphère. Grâce à ces deux chapitres nous pourrons comprendre les limites de l'empreinte écologique et ses lacunes. Enfin nous traiterons en dernière partie les solutions possibles pour réduire l'empreinte écologique. Ces solutions traiteront du choix de l'être humain aux choix politiques mondiaux en passant par des choix architecturaux pour réduire l'empreinte écologique. L'empreinte écologique est un outil qu'il faut connaitre car il occupe aujourd'hui une place centrale dans les débats sur le développement soutenable.

I INITIATION A LA NOTION D'EMPREINTE ECOLOGIQUE

1.1 Qu'est ce que l'empreinte écologique ?

- L'empreinte écologique

Le terme d'empreinte écologique apparaît au moment de la Conférence de Rio en 1992 dans un article *Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out* écrit par le Professeur William Rees de l'Université de la Colombie-Britannique. La méthode se développe comme thèse de doctorat de Mathis Wackernagel, en collaboration avec son professeur William Rees entre 1990 et 1994. Le résultat de la thèse est publié en 1995. Wackernagel et Rees publient alors un livre intitulé *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth* dans lequel ils affinent le concept et la méthode de calcul. Ce livre est traduit en français en 1999 sous le titre *Notre empreinte écologique*. Ils donnent comme définition : « **l'empreinte écologique d'un territoire mesure la surface nécessaire pour produire les ressources consommées par la population et pour absorber les déchets qu'elle produit** ».

L'empreinte écologique est un outil comptable qui nous permet d'évaluer la consommation des ressources et les besoins d'absorption des déchets d'une population humaine ou d'une économie données, en termes de superficie correspondante de sols productifs. En montrant quelle superficie est requise pour soutenir indéfiniment l'espèce humaine, l'empreinte écologique fait la preuve de la dépendance matérielle perpétuelle des être humains envers la nature. Elle se mesure en hectare global par individu ou hectare consommé par une ville ou un pays afin de répondre à ces besoins. Plus précisément, l'empreinte écologique quantifie pour un individu ou une population la surface bioproductive nécessaire pour produire les principales ressources consommées par cette population et pour absorber ses déchets. En somme, il s'agit de traduire de manière compréhensible l'impact de l'activité humaine sur les écosystèmes et la planète. Cette surface métaphorique est virtuelle mais elle traduit une réalité très concrète. Dans ce monde fini, le nombre de personnes augmente et le besoin en nourriture aussi, donc plus cette empreinte est large, plus on s'éloigne de l'idéal de soutenabilité et durabilité de développement. L'empreinte écologique donne une idée de la part de surface planétaire qu'on utilise pour vivre ou survivre. Elle prend sens lorsqu'elle est comparée à la surface bioproductive nécessaire : la biocapacité. L'empreinte écologique peut servir d'indicateur efficace de durabilité et de santé écologique

- Hectare global

L'empreinte d'un territoire représente la consommation de la population concernée traduit en hectares globaux. D'après Aurélien Boutaud et Natacha Gondran « *Il s'agit d'un hectare de surface bioproductive ayant une productivité de biomasse égale à la moyenne mondiale constatée sur une année donnée* ». Par exemple un pays imaginaire qui aurait un million d'hectares de terre et de mer dont la productivité serait supérieure de 50% à la moyenne mondiale. La surface bioproductive de ce pays serait de 1.5 millions d'hectares globaux. Un hectare global est pondéré par un facteur d'équivalence et un facteur de rendement, qui sont deux termes que nous développerons dans le chapitre suivant.

- Une surface bioproductive

L'essentiel des ressources biologiques qui permettent de satisfaire les besoins de l'humanité trouvent leurs origines dans le processus de photosynthèse. La photosynthèse est un phénomène de transformation entre des organismes végétaux et la lumière du soleil pour en devenir une matière vivante et organique. La quantité de ressources issues de la biosphère est donc dépendante de la quantité de lumière disponible sur la terre pour capter la lumière du soleil. Les surfaces des sols et des mers dotées de cette capacité sont qualifiées de surfaces bioproductives.

- La biocapacité

La biocapacité est la capacité des écosystèmes terrestres et marins à produire des ressources dans la limite de leurs taux de régénération et à absorber les déchets produits par les humains. Contrairement à l'empreinte écologique, la biocapacité représente l'offre disponible. La biocapacité laisse de côté la partie productive qui n'est pas utilisable. Elle est aussi mesurée en hectare global, ainsi la productivité est pondérée à la productivité moyenne globale.

- Indicateur

Les indicateurs sont issus d'un traitement de données et la sélection de ces données se fait en fonction du sujet à éclairer. Un indicateur doit être représentatif du système choisi, avoir une base scientifique, être quantifiable, être sensible et fiable dans le temps et être adapté au groupe cible. Un indicateur doit avoir pour fonction d'être simplifiable, de quantifier des phénomènes complexes, de communiquer l'information, d'aider à interpréter le monde et d'aider à la planification. Ainsi pour Judith Raoul Duval l'empreinte écologique ne peut être considérée comme un indicateur car il ne répond pas très bien à la fonction de quantification et à l'aide à la décision. Elle note que la faible disponibilité des données statistiques semble être un frein notable à l'empreinte écologique. Cependant l'empreinte écologique paraît être un bon outil de communication du développement durable. Pour Mathis Wackernagel et William Rees c'est un indicateur idéal pour connaître l'état de l'environnement.

Pour Aurélien Boutaud et Natacha Gondran le but d'un indicateur est de représenter le plus fidèlement possible une réalité. Il doit clairement délimiter son champ d'étude afin qu'il n'y ait pas de malentendu. Il parle d'indicateur synthétique comme étant un outil composé de données statiques, de recensements divers et variés ou encore de logiciels de gestion de données. Malgré la représentation obtenue, elle n'est jamais parfaite ou objective, elle reste une représentation. Un indicateur synthétique est conçu pour synthétiser une information complexe, il peut donc être pédagogique et permettre de faire comprendre à tout le monde des phénomènes ou des préoccupations, qui sans cela seraient réservés aux seuls spécialistes. Donc pour qu'il soit compréhensible par tout le monde, il omet inévitablement un certain nombre de phénomènes qui mériteraient d'être pris en compte. Même si cet indicateur sous-estime comme on le verra plus tard l'impact réel de l'humanité sur l'environnement mondial les conclusions que l'on pourrait en tirer sont tout à fait valables.

1.2 Pourquoi avoir créé l'empreinte écologique ?

L'empreinte écologique essaye de nous rappeler que l'homme a tendance à oublier qu'il est inclus dans la nature et qu'il n'est pas seulement entouré par un environnement. Contrairement à la biosphère, il manque au cycle de l'homme des éléments fondamentaux comme une source d'énergie et de matières premières et des organismes décomposeurs et recycleurs pour assimiler les déchets qu'il produit. Or l'énergie et la matière première qui alimentent la production de l'humanité sont limitées. Pour savoir si le développement du cycle de l'homme est soutenable, il faut connaître la quantité de services issus de la biosphère. Pour évaluer la soutenabilité nous devons connaître deux choses, qui sont la quantité de services issus de la biosphère nécessaires pour faire fonctionner le cycle de l'homme et la quantité de ces services que la biosphère est capable de régénérer.

L'empreinte écologique tente de créer une conscience populaire afin de trouver le moyen de faire vivre tous les êtres humains adéquatement et équitablement, quel que soit le lieu sur la Terre où ils vivent. Certaines personnes jouissent d'un niveau de vie très élevé qu'ils veulent maintenir, pendant que d'autres sont incapables de satisfaire leurs besoins même élémentaires. Donc se peut-il que chacun jouisse d'une bonne qualité de vie sans mettre en péril l'avenir de nos enfants ? L'empreinte écologique cherche à être claire et compréhensible afin qu'elle puisse être utilisée par chaque individu et jusqu'aux politiciens.

Mathis Wackernagel et William Rees cherchaient à élaborer une méthode de quantification physique de la soutenabilité susceptible d'aider les preneurs de décisions à mieux appréhender ces enjeux.

D'après Aurélien Boutaud et Natacha Gondran « *L'empreinte écologique cherche donc à représenter la quantité de capacité régénératrice de la biosphère nécessaire au fonctionnement de l'économie humaine pendant une année et pour une population donnée* ». Il faut pour cela recenser l'ensemble des données nécessaires pour construire l'indice et normaliser ces données afin d'avoir une unité de mesure commune.

II LE CALCUL DE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE

2.1 Comment se calcule l'empreinte écologique ?

William Rees et Mathis Wackernagel ont donné une méthode pour simplifier l'empreinte écologique car il y a un trop grand nombre de données et d'informations à traiter. Tous d'abord ils prennent pour hypothèse que les récoltes industrielles sont durables ce qui n'est pas souvent le cas. Puis ils incluent seulement les services essentiels de la nature comme la récolte de ressources renouvelables, l'extraction des ressources non renouvelables, l'absorption des déchets et le pavage. Plus tard seront additionnées la consommation d'eau douce, la contamination du sol et les autres formes de pollutions.

Ils ne prennent pas en compte le déchargement de déchets en mer car ils ignorent le mécanisme exact pour le convertir en superficie. De plus les modèles doivent être assez justes pour saisir l'essence de la réalité et assez simple pour être compris et appliqués. Comme il est plutôt difficile de calculer les exigences en sol pour fournir, entretenir et éliminer chacun des articles de consommation, les calculs se font sur des catégories majeures et des articles de consommations spécifiques. Les catégories majeures sont l'alimentation, le logement, le transport et les biens de consommations et de services.

Pour calculer l'empreinte écologique il faut d'abord calculer la superficie de sol nécessaire pour la production d'articles de consommation. Ce calcul doit prendre en compte les échanges commerciaux, car chaque pays peut produire beaucoup plus de biens matériels qu'il n'en consomme et inversement. Les échanges commerciaux ont aussi pour conséquence de délocaliser les problèmes environnementaux des pays riches vers les pays pauvres. Par exemple un pays peut réduire les émissions de pollutions de son territoire en externalisant la production de ces biens de consommations dans un autre pays. Ainsi pour contourner ce problème le calcul de l'empreinte écologique distingue les biens et les services produits dans un pays à ceux qui y sont consommés.

$$\text{Consommation nette} = \text{production domestique nationale} - \text{exportation} + \text{importation}$$

Puis il faut calculer la consommation annuelle, pour un individu moyen, d'articles de consommation. Il existe cinq grandes catégories de consommation qui sont les produits de cultures, les produits animaux, les pêcheries, les consommations énergétiques et les terrains bâtis. Chacune de ces catégories a un mode de calcul qui lui est propre.

- Consommation de ressources renouvelables

Le calcul de l'empreinte écologique de ressources renouvelables comprend plus de soixante-dix types de productions issus des champs cultivés, les pâturages (pour les produits animaux), les surfaces des mers et des océans pour les pêcheries et les espaces forestiers pour fournir le bois nécessaire aux constructions, au chauffage ou à la fabrication du papier.

$$\text{Empreinte (hag)} = \frac{\text{quantité consommée (t /an)}}{\text{rendement global (t /ha /an)}} \times \text{facteur d'équivalence (hag /ha)}$$

- Rendement global

Le rendement global ou de récolte est le rapport, pour une année donnée, entre la productivité moyenne d'une catégorie de surface dans un pays donné et la productivité mondiale moyenne.

- Facteur d'équivalence

En fonction des catégories on n'a pas toujours le même potentiel de productivité. Donc le facteur d'équivalence d'une catégorie de surface est le rapport entre le potentiel moyen de productivité de ce type de surface et le potentiel moyen de productivité de l'ensemble des surfaces productives. Les données de production au niveau mondial sont issues de Suitability Index of Global Agro Ecological Zones (GAEZ) 2000. Par exemple le facteur d'équivalence en 2003 des pâturages est de 0,49 hectare global/ha alors que celui des forêts est de 1,34 hectare global/ha.

- Productions primaires et secondaires

Pour calculer l'empreinte écologique il faut distinguer les productions primaires et secondaires. Les productions primaires sont celles qui n'ont pas fait l'objet d'une transformation. Par exemple pour un champ cultivé ce serait les légumes crus qui sont issus de la photosynthèse. Ainsi l'empreinte écologique de ces productions primaires est égale à la surface de terre ou de mer nécessaire pour leur production sans entamer le capital naturel.

$$\text{Surface de prod. Primaire (ha)} = \frac{\text{consommation nette (tonnes)}}{\text{rendement global (tonnes/ha)}}$$

$$\text{Empreinte de prod. Primaire (hag)} = \text{surface de prod. Primaire (ha)} \times \text{facteur d'équivalence}$$

La production secondaire regroupe toutes les ressources qui ont besoin de la consommation de ressources primaires issues de la photosynthèse. Par exemple pour avoir de la viande nous avons besoin de ressources primaires pour alimenter les animaux comme les grains et les fourrages. La production secondaire regroupe aussi tous les produits primaires qui ont subi une transformation humaine comme par exemple l'huile tirée du tournesol. Un produit secondaire dépend donc de l'efficacité moyenne de sa transformation dans le pays où il est fabriqué. Les produits secondaires importés utilisent un facteur de conversion fondé sur la moyenne mondiale tandis que ceux consommés à l'intérieur du pays utilisent un facteur de conversion national.

- L'empreinte écologique des infrastructures et zones urbanisées

Souvent les infrastructures et zones urbanisées empiètent sur des surfaces bioproductives. Ainsi l'empreinte écologique considère que l'ensemble des surfaces bâties correspondent à des zones qui pourraient avoir un intérêt en tant que terre arable.

$$\text{Empreinte écologique urba (hag)} = \text{surface urba (ha)} \times \text{facteur d'équivalence cultures (hag/ha)} \times \text{facteur de récolte cultures}$$

- L'empreinte écologique des énergies fossiles

Bien que l'énergie fossile ne soit pas directement liée à une surface de sol bioproductive mais du sous sol, il n'est pourtant pas envisageable de l'exclure du bilan de l'empreinte écologique. Ce sont des sources dérivées de la photosynthèse qui posent des difficultés d'assimilation des déchets. Plusieurs méthodes de calcul existent afin soit d'évaluer la surface de terre ou de mer nécessaire pour produire une quantité équivalente d'énergie à partir de la biomasse, soit évaluer la surface bioproductive nécessaire pour assimiler les déchets générés par l'utilisation d'énergies fossiles.

La méthode de substitution par la biomasse correspond à la surface de sols bioproductifs nécessaires pour fournir une quantité équivalente d'énergie de substitution tirée de la photosynthèse, notamment par la production de biomasse végétale. Les concepteurs ont choisi comme énergie de substitution le bois-énergie car il s'agit

d'une production primaire contrairement à l'éthanol et qui n'entre pas en concurrence avec la production alimentaire. Même si la méthode de substitution mérite d'être affinée elle nous interpelle en nous demandant quel serait alors la surface de sol nécessaire pour remplacer les énergies fossiles si notre consommation reste la même ?

La méthode de calcul par séquestration c'est-à-dire assimilation des déchets a l'avantage de se fonder sur des faits et non sur des hypothèses comme vu dernièrement. C'est cette méthode qui est en ce moment utilisée. Cette méthode évalue la surface bioproductive nécessaire pour séquestrer le CO₂ atmosphérique. Cette surface est évaluée après avoir déduit du total un tiers de ces émissions qui sont censées être absorbées par les océans d'après les experts du GIEC. Les surfaces biproductives considérées sont des surfaces forestières censées jouer le rôle de puits de carbone avec un ratio moyen de séquestration de carbone de 1.06 tonne absorbé par hectare de sol de forêt.

$$\text{Surface fossiles (ha)} = \frac{\text{émission de CO}_2 \text{ (tonnes)}}{\text{(1- fraction absorbée par les océans)} \times \text{ratio de séquestration tonnes CO}_2 \text{ / (ha)}}$$

$$\text{Empreinte fossiles (hag)} = \text{surface fossiles (ha)} \times \text{facteur d'équivalence forestier}$$

Cependant la plantation de forêt n'est pas une solution sans défaut car il n'y a pas suffisamment de place pour faire pousser la forêt nécessaire pour absorber le CO₂. D'après le protocole de Kyoto pour réduire les émissions américaines de carbone de 7% il faudrait planter une forêt de la taille du Texas tous les 30 ans. De plus une forêt peut devenir émettrice notamment en cas d'incendie, ou de forte tempête ou arrivée à un certain âge. Une forêt ne constitue un puits à carbone que dans la mesure où elle grandit. Il existe d'autres systèmes de séquestration du carbone qui ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'empreinte écologique. Le sol par exemple stockerait 2000 gigatonnes de carbone sous forme de matière organique s'il est utilisé comme prairie ou encore comme pâturage. Les sols utilisés pour les champs ou urbanisés perdent une grande quantité de carbone. Pour aider le sol à stocker le CO₂ nous pourrions maintenir une couverture végétale hivernale et travailler sur une rotation des cultures. Donc l'empreinte écologique de l'énergie fossile traduit très bien le fait que la biosphère est incapable d'absorber tout le CO₂ émis par la combustion actuelle des énergies fossiles. De plus cette méthode de séquestration ne prend pas en compte l'absorption de déchets nucléaires qui sont non assimilables par la biosphère. Or par exemple pour la France la production d'énergie nucléaire représente 78 % de l'électricité produite.

La dernière méthode donnée par Mathis Wackernagel et William Rees évalue la surface de sol requise pour reconstruire le capital naturel au même rythme que le combustible fossile est consommé. Cette méthode ressemble à la première car une fois que nous aurons épuisé les combustibles fossiles nous commencerons à cultiver des sols énergétiques.

Suite à cette brève observation de la méthode de calcul de l'empreinte écologique nous nous apercevons que l'empreinte écologique n'a pas la prétention de recenser l'intégralité des pressions exercées par l'homme sur son environnement naturel. Le système comptable de l'empreinte écologique est aujourd'hui en pleine évolution. Cependant l'amélioration des données, la multiplication des publications et la création d'un réseau international de recherche et de développement de l'empreinte écologique vont permettre d'améliorer ce système comptable.

- Données statistiques mondiales et nationales.

Il existe plusieurs sources de données pour l'analyse de l'empreinte écologique. La plus connue est le World Resources Institute seulement les statistiques internationales se concentrent surtout sur la production et le commerce et oublie la consommation. Voici une liste exhaustive de données nationales et internationales annuelles :

- Food and Agriculture Organization (FAO) : la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture
 - Union Internationale des Transports Routiers (UITR) : World Transport Data
 - Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) : Rapport sur le développement humain
 - Banque mondiale : Rapport sur le développement dans le monde
 - Worldwatch Institute, Vital Signs : l'état de la planète
 - Statistique des Nations Unies...
- Exemple d'un calcul d'empreinte écologique

D'après le livre écrit par Wackernagel et Rees, voici un exemple de calcul d'empreinte écologique entre un cycliste et un automobiliste établi en 1999 :

Les Etats Unis comptent 15 millions d'hectares de routes principalement construites sur des terres arables. Il y a 1,75 personne par automobile et supposons 230 jours de travail par année. Selon Bicycle Federation of America, un cycliste aurait besoin de 900kJ de nourriture pour parcourir 10km. Selon Environnement Canada, aux heures de pointe, à Vancouver, 98,4% du trafic est constitué d'automobilistes dont 62% sont des voyageurs.

Le cycliste qui a besoin de 900kJ de nourriture trouve cette énergie dans ses céréales du petit déjeuner. Ces céréales ont besoin de sol pour pousser et d'énergie pour être transportés. L'équivalent en sol de l'énergie commerciale requise pour la production agricole et la transformation en aliment des récoltes équivaut en général à la superficie des cultures ; ainsi, la superficie totale pour faire pousser et transformer la nourriture est le double de l'espace en culture. La valeur nutritionnelle des céréales est d'environ 13 000kJ par kg. La moyenne mondiale de la production agricole est de 2600kg de céréales par hectare et par année.

$$\underline{900 \text{ (kJ/cap/jour)} \times 230 \text{ (jour/an)} \times 2} = 0.012 \text{ ha ou } \mathbf{120 \text{ m}^2} \text{ par cycliste.}$$

$$13000 \text{ (kJ/kg)} \times 2 \text{ 600 (kg/ha.an)}$$

L'automobiliste américain consomme 12 litres par 100km ; la consommation indirecte de carbone pour construire une automobile et entretenir les routes y ajoute 45%. Chaque litre d'essence contient 35 MJ d'énergie. Donc l'empreinte écologique en combustible fossile pour le transport en automobile est de :

$$\underline{1,45 \times 12 \text{ (l/100km)} \times 0,035 \text{ (GJ/l)} \times 10 \text{ (km/jour)} \times 230 \text{ (jour de travail/an)}} = 0,20 \text{ (ha/cap)} \text{ soit } 2000 \text{ m}^2/\text{cap}$$

$$100 \text{ (km)} \times 71 \text{ (GJ/ha/an)}$$

Chaque citoyen américain utilise un espace routier de :

$$15 \text{ 000 000 ha} / 250 \text{ 000 000 américains}$$

$$= 0,06 \text{ (ha/cap)} = 600 \text{ (m}^2/\text{cap)}$$

Rappelons qu'une voiture utilise 97,4% de l'espace routier et que le voyage quotidien ne représente qu'environ le huitième de l'utilisation annuelle moyenne d'une voiture, chaque voiture transportant 1,75 personne. Par conséquence l'espace routier qui sera requis pour faire 10km serait de :

$$\underline{0,974 \times 1/8 \times 600} = 42 \text{ m}^2$$

$$1,75$$

Ainsi l'appropriation totale de sol par une personne seule qui utilise sa voiture pour se rendre à son travail est de **2042 m²**. Soit 17 fois plus de surface que le cycliste.

2.2 Comment se calcule la biocapacité ?

La biocapacité représente la quantité de capacité biologique potentiellement mobilisable à des fins humaines. Nous évaluons donc le potentiel maximum de récoltes atteignables sur une catégorie de sol donné. Ces catégories faisant l'objet d'une exploitation humaine sont les forêts, les pêcheries, les pâturages, les champs cultivés et les sols construits ou aménagés sur des sols productifs et le CO₂ venant de combustibles fossiles. Ces surfaces bioproductives varient en fonction du type de sol mais aussi d'un pays à l'autre. Ainsi la surface productive est pondérée par un facteur d'équivalence et un facteur de récolte ou de rendement comme inscrit dans le tableau ci-dessous, ce qui lui permet d'avoir une unité commune *l'hectare global*.

$$\text{Biocapacité (hag)} = \text{surface disponible (ha)} \times \text{facteur d'équivalence (hag/ha)} \times \text{facteur de récolte du pays}$$

Surface bioproductives totale d'une nation (hectares globaux, ou hag)	Surface de culture existante (ha)	×	Facteur de récolte des cultures	×	Facteur d'équivalence cultures (hag/ha)	=	Biocapacité des champs cultivés (hag)
	Surface de pâturage existante (ha)	×	Facteur de récolte des pâturages	×	Facteur d'équivalence pâturages (hag/ha)	=	Biocapacité des pâturages (hag)
	Surface de pêche existante (ha)	×	Facteur de récolte des pêcheries	×	Facteur d'équivalence pêcheries (hag/ha)	=	Biocapacité des pêcheries (hag)
	Surface de forêts existante (ha)	×	Facteur de récolte des forêts	×	Facteur d'équivalence des forêts (hag/ha)	=	Biocapacité des forêts (hag)
	Surface des zones urbanisées (ha)	×	Facteur de récolte des cultures	×	Facteur d'équivalence cultures (hag/ha)	=	Biocapacité utilisée par surf. urba. (hag)
	Surface de séquestration disponible (ha) Ou Surface existante d'énergie biomasse (ha)	×	Facteur de récolte des forêts	×	Facteur d'équivalence forestier (hag/ha) Ou Facteur d'équivalence forestier (hag/ha)	=	Biocapacité des forêts disponible/séquestration (hag) Ou Biocapacité des forêts disponible/la biomasse (hag)

Figure 2

La biocapacité d'une nation est donc la somme des biocapacités de chaque catégorie de surfaces bioproductives pondérées en hectare global.

2.3 L'empreinte écologique est-elle supérieure à la biocapacité mondiale ?

D'après des calculs menés pour l'année 2003, nous observons que la biocapacité globale représentait 11,2 milliards d'hectares de surfaces bioproductives soit ramené à l'habitant 1,8 hectare global par personne. Or l'empreinte écologique la même année est de 2,2 hectares globaux par habitant. L'empreinte écologique étant supérieure à la biocapacité cela veut dire que l'humanité a sollicité plus de services à la biosphère que celle-ci été capable d'en régénérer. Cette situation est qualifiée de déficit écologique. Il aurait donc fallu en 2003, 25% de surfaces bioproductives en plus soit un quart de la planète en plus. Si maintenant nous regardons le contenu respectif de l'empreinte écologique et de la biocapacité comme indiqué sur le graphique ci-dessous. Nous apercevons très nettement que c'est l'empreinte carbone qui occupe une grande partie dans l'empreinte écologique mondiale avec 48%. Or la biocapacité offre 43% de forêt dont une partie sert à satisfaire la production de ressources renouvelables comme le papier ou le bois de chauffe. Il est assez clair grâce à ce graphique que le dépassement écologique est dû à l'incapacité pour la biosphère d'assimiler le CO₂ dégagé par la combustion d'énergie fossile. Ainsi le CO₂ non séquestré provoque une augmentation de l'effet de serre entraînant

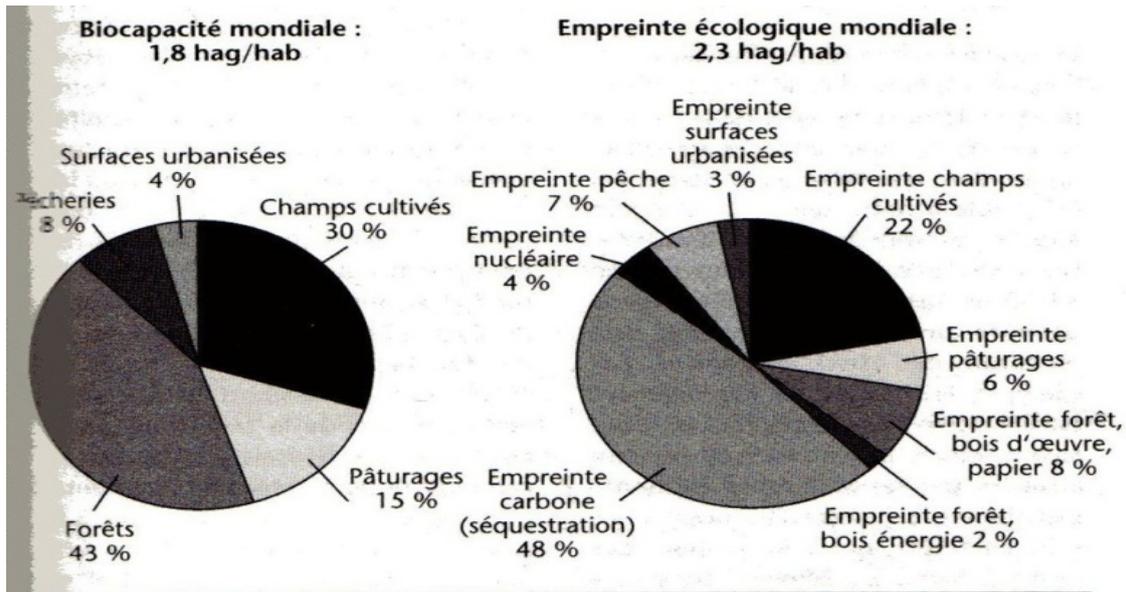
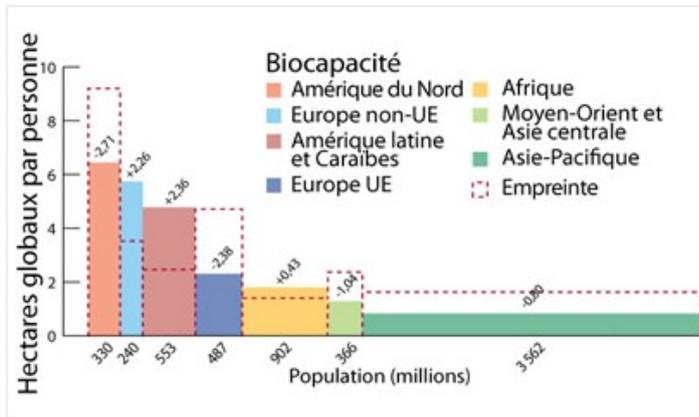


Figure 3

d'importantes perturbations climatiques. Au contraire de l'empreinte carbone, les pâturages et les champs cultivés, par exemple ont un niveau mondial de production qui est supérieur à la demande.

Ce déficit écologique apparait dès les années 1980. En effet, en 1987 l'empreinte écologique a dépassé la biocapacité pour la première fois. Nous notons que durant quatre décennies l'empreinte écologique de l'humanité a quasiment triplé passant de 4,5 à plus de 14 milliard d'hectares globaux.



	Biocapacité totale (ha globaux / pers) 2003	EE totale (ha globaux / pers) 2003
Afrique	1,8	1,4
Asie-Pacifique	0,8	1,6
Moyen-orient et asie centrale	1,3	2,3
Amérique latine et caraïbes	4,8	2,4
Amérique du nord	6,5	9,2
Europe (non-EU)	5,8	3,5
Europe (EU)	2,3	4,7

Figure 4

Cependant nous remarquons que tous les pays ne sont pas en dépassement écologique. D'après ce graphique, le pays qui a le plus gros déficit écologique est l'Amérique du Nord. Pour satisfaire les besoins écologiques d'un habitant d'Amérique du Nord il faudrait 9,2 hectares globaux de terres et de mers bioproductives alors qu'ils disposent d'une biocapacité de 6,5 hectares globaux. Si tout le monde vivait comme un Nord Américain il faudrait l'équivalent de 5,2 planètes Terre pour répondre à leur besoin. Arrivent ensuite l'Europe, le Moyen Orient et Asie centrale qui ont eux aussi un déficit écologique. Ces régions du monde qui représentent moins d'un tiers de la population mondiale constitue 60% de l'empreinte écologique de l'humanité. Les pays qui ont une forte empreinte écologique sont des pays dits « développer ». Donc est-il possible d'avoir une empreinte écologique soutenable avec un niveau de développement élevé ?

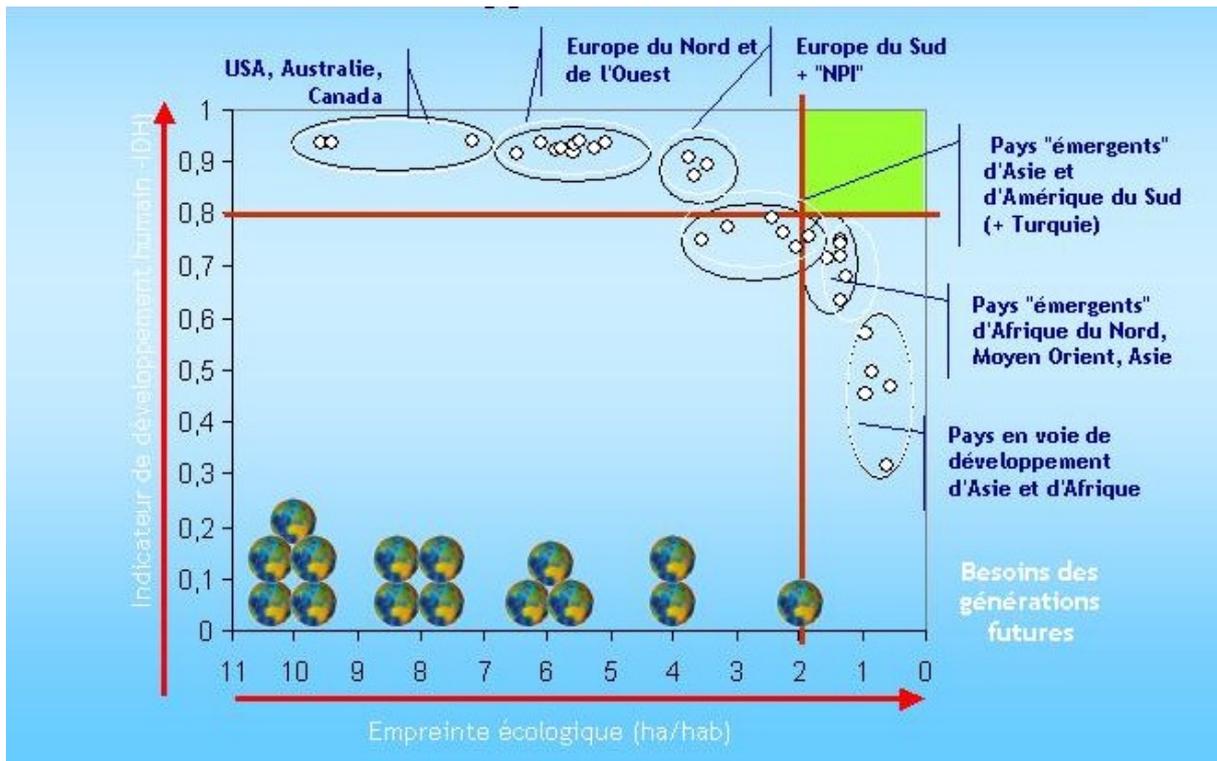


Figure 5

Afin d'y répondre nous pouvons croiser sur un graphique l'empreinte écologique et Indice de Développement Humain. Les Nations Unies considèrent qu'un pays est développé lorsque l'IDH est supérieur à 0.8. Une nation est soutenable lorsque son empreinte écologique est inférieure à 1.8 Hag /ha. Le constat est dramatique : seul Cuba semble concilier un bon niveau de développement humain et une empreinte écologique inférieure à la biocapacité mondiale par habitant. Rappelons que l'empreinte écologique cubaine peut s'expliquer par l'embargo dont le pays a été frappé, se qui peut relativiser sa performance. Les bons résultats de l'IDH Cubaine s'expliquent par une bonne espérance de vie et un bon niveau d'éducation. La courbe qui va de droite à gauche montre la courbe du développement et le cheminement des pays les plus riches au pays les plus pauvres. A droite du graphique, le niveau de développement humain semble augmenter plus vite que ne croît l'impact écologique. Puis vers la gauche c'est l'impact écologique qui augmente plus vite que l'IDH. Ainsi pour que les pays émergent, il semble qu'ils doivent privilégier des modes de vie ou de consommation qui vont augmenter leur empreinte écologique. Cette courbe montre que pour beaucoup de nations du monde le développement soutenable est un objectif lointain. Les pays du Nord ont autant d'efforts à devenir écologiquement soutenable que les pays du Sud pour devenir développés.

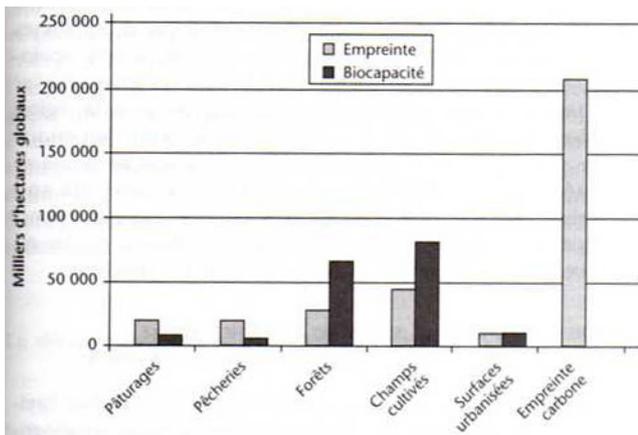


Figure 6

L'empreinte écologique de la France en 2003 était de 5,6 hag tandis que la biocapacité était légèrement inférieure à 3hag. Si tout le monde vivait comme un français il faudrait plus de trois planètes pour fournir les ressources nécessaires à notre mode de vie. Nous observons grâce au graphique que seuls les produits forestiers et les cultures végétales ont une biocapacité supérieure à l'empreinte écologique. A l'inverse l'empreinte carbone est très élevée.

2.4 Quelles sont les limites de l'empreinte écologique?

Afin de se servir de l'empreinte écologique comme un outil d'aide à la décision, il faut connaître les limites et les défauts de l'empreinte écologique.

- Les limites de l'empreinte écologique

Suite aux définitions et calculs décrits ci-dessus, nous nous apercevons que l'empreinte écologique ne prend pas en compte la consommation d'eau douce. En effet à Marseille par exemple, l'eau arrive grâce au canal de Marseille et du canal de Provence. Nous aimerions ainsi que l'empreinte écologique mesure l'impact de la dépendance de la ville vis-à-vis d'une ressource qui n'appartient pas à son territoire. D'après Natacha Gondran, que nous avons interrogée à ce sujet, l'empreinte écologique aurait deux raisons de ne pas compter la consommation d'eau douce. Tout d'abord l'eau vient souvent de la nappe phréatique donc en dessous de sol qui est peut être déjà comptabilisé. Compter l'eau dans l'empreinte écologique amènerait à un double comptage, en comptant à la fois les nappes phréatiques et les sols utilisés pour les cultures, ou les pâturages ou encore les sols des forêts. De plus l'empreinte écologique exclut de son champ d'action tout capital naturel qui ne parvient pas à se régénérer par le biais plus ou moins direct de la photosynthèse. Or l'eau n'est pas liée à la photosynthèse donc elle ne peut être comptabilisée. Cependant Natacha Gondran a souligné qu'en février 2008, le rapport de planète vivante a cité un nouvel indicateur nommé « *Water Footprint* » qui calculerait l'empreinte de l'eau. Cet indicateur vise à évaluer toutes les actions humaines en fonction de l'eau consommée par celles-ci à tous les niveaux. Par exemple, si nous consommons un hamburger, il faudrait compter l'eau qui a été utilisée pour faire boire les vaches, l'eau qui a été utilisée pour arroser le champ qui a fourni le foin,...etc. Ainsi, en parallèle de l'empreinte écologique, il est clair qu'il faudrait regarder l'empreinte de l'eau.

Nous pouvons aussi reprocher à l'empreinte écologique la non-prise en compte des déchets toxiques. Que se soit les déchets toxiques laissés par l'agriculture industrielle ou encore les déchets nucléaires, ces éléments ne sont pas assez précis dans l'empreinte écologique. Cet indicateur ne considère pas les problèmes de surexploitation et de dégradation des surfaces bioproductives. Wackernagel et Rees indiquent dans leur livre qu'ils ne prennent pas en compte le déchargement de déchets en mer car nous ignorons encore le mécanisme exact pour le convertir en surface. Il est vrai que l'empreinte écologique limite son champ d'action aux ressources potentiellement renouvelables ou assimilables par la biosphère, elle exclut ainsi les minerais, l'eau, les éléments toxiques ou des déchets radioactifs.

De plus l'empreinte écologique ne prend pas en compte la superficie de sol productif nécessaire pour faire vivre les autres espèces quels que soient les services qu'elles puissent rendre à l'humanité. Mathis Wackernagel et William Rees soulignent dans leur livre « *Pour simplifier, l'empreinte écologique ne prend pas en compte la superficie de sol productif nécessaire pour faire vivre les autres espèces...* ». En effet lorsque nous estimons que chaque personne sur Terre a 2,2 hectares de terre et de mers biologiquement productives, ce chiffre n'a pas pris

en compte la surface qu'il faut laisser pour la survie des autres grandes espèces. Or qu'advierait-il de nous s'il n'y avait pas de bétails, d'animaux sauvages, de volatiles... Ainsi si l'on devait diviser la part de la Terre avec toutes les autres espèces, nous aurions moins de 2,2 hectares de surfaces productives chacun.

Ainsi l'empreinte écologique sous-estime les prélèvements de l'humanité sur la nature. L'empreinte écologique est à un stade de développement comptable qui trouve des difficultés dans le rassemblement de ses données.

Si tout le monde consommait de la même manière que vous, il faudrait :



2,67

... planètes pour subvenir aux besoins de toute la population !

Figure 7

- Un outil de communication

L'empreinte écologique est un outil de communication qui pour être compris et être appliqué doit être simple. Cet indicateur permet d'avoir une idée de la surface planétaire qu'on utilise pour vivre, elle permet de mesurer notre influence directe sur la nature. Plusieurs outils déjà disponibles sur internet comme le site www.wwf.fr ont vocation de sensibiliser les personnes sur leur empreinte écologique. Cet indicateur a vocation de transformer une information concrète et quantitative sur le développement durable. C'est un bon moyen de prendre conscience de son mode de consommation et de la nécessité de changer ses comportements lorsqu'on nous dit « Si tous le monde vivait comme vous, il faudrait 2 planètes pour espérer vivre de façon durable » ou encore lorsqu'on perçoit ces images :

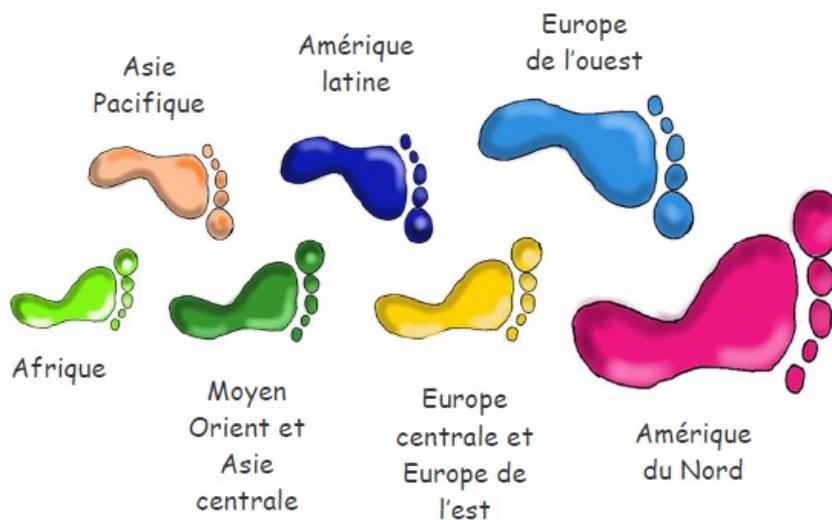


Figure 8 : on ne peut pas, ne pas réagir face à ce constat

III. LES SOLUTIONS POUR REDUIRE L'EMPREINTE ECOLOGIQUE

3.1 Quel changement de mode de vie doit effectuer une population pour réduire son empreinte écologique?

Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, l'empreinte écologique a pour qualité d'utiliser des éléments de communication convainquants pour changer le mode de vie des gens. Voici quelques exemples de la manière dont une population doit se comporter pour réduire son empreinte. En choisissant de vivre dans un lieu à plus forte densité de population, nous réduisons notre empreinte écologique. Le choix d'un logement et du mode de transport (exemple le calcul mené entre un cycliste et un automobiliste) peut réduire notre empreinte par trois. De même réduire la consommation de viande dans le régime alimentaire et moins acheter de plats cuisinés et emballés pourrait réduire notre empreinte écologique. Cependant la solution la plus prometteuse serait d'utiliser des ressources renouvelables d'énergie comme des capteurs thermosolaires.

Suite au rapport mené avec l'IDH, nous nous apercevons que pour développer la durabilité, il faudrait réduire l'empreinte écologique des pays industrialisés tout en leur garantissant à chacun une vie dont la qualité serait satisfaite. Il est vrai que certaines personnes jouissent d'un niveau de vie élevé qu'ils veulent maintenir tandis que d'autres sont incapables de satisfaire leurs besoins même élémentaires. Des chercheurs en psychologie montrent que les gains possibles doivent être trois fois supérieurs aux pertes envisagées avant que les gens ne consentent à un changement dans leur vie. Imaginons par exemple, à quel point il faudrait que soit amélioré le réseau des transports en commun avant que les Nord Américains abandonnent l'usage de leur voiture en ville, même si celle-ci dévore le quart de leur budget. La durabilité est d'autant plus compliquée car elle passe après les préoccupations socio économiques de chacun. Cette durabilité restera difficile à vendre tant que nous n'aurons pas fait la preuve que les gens ont plus à gagner qu'à perdre en changeant leur mode de vie. L'enjeu actuel est donc d'élever le degré général de conscience de cette réalité pour faire naître des initiatives politiques. Ainsi l'empreinte écologique a été créée dans le but d'avoir des débats sains et constructifs pour faire avancer la durabilité.

3.2 La planification locale a-t-elle un impact sur l'empreinte écologique?

Aucun pouvoir sur Terre n'est capable de gérer la planète. Cependant, si différentes biorégions apprenaient à vivre durablement, cela induirait une durabilité mondiale. Si à l'échelon municipal, nous changeons les modes de transports et les modes d'utilisation du sol, nous pourrions réduire efficacement la consommation des ressources et améliorer la qualité de vie locale. Les villes doivent devenir plus agréables à vivre et augmenter leur densité de population tout en devenant moins dépendantes des automobiles et des ressources extérieures. Nous pourrions ainsi découvrir que revenir du travail à bicyclette en rencontrant des amis et bien plus agréable que de passer de longues heures d'ennui sur des autoroutes bouchées.

3.3 La technologie permet-elle de réduire l'empreinte écologique?

Même si l'empreinte écologique ne prend pas en compte directement les améliorations technologiques elle n'ignore pas ce point. Nous nous apercevons grâce au graphique sur l'IDH qu'il existe deux possibilités : ou bien les pays dits « développés » changent leur mode de vie pour avoir une bonne empreinte écologique, ou bien les pays dits « en développement » augmentent leur IDH. Seulement la grande perspective qui est d'amener les pays à faibles revenus au même niveau matériel que celui des pays industrialisés nous exigerait plus de sols productifs. La seule solution serait alors de développer des technologies qui puissent offrir le même niveau de services avec moins d'énergie et de matière. Donc l'une des solutions pour réduire l'empreinte écologique

découle de la technologie si elle est bien employée. Par exemple la technologie solaire peut réduire énormément la composante énergie de notre empreinte écologique.

La France, par exemple, a imaginé un scénario nommé négaWatt qui vise à assurer une transition vers une société sans énergie fossile ni nucléaire. Ce scénario était découpé en trois étapes. La première étape était de réduire le gaspillage en organisant mieux le territoire et en changeant de comportement. La deuxième étape consiste à favoriser l'utilisation des technologies et des matériaux afin d'économiser les ressources. Puis la dernière étape avait pour principe d'utiliser des énergies renouvelables telles que l'énergie solaire ou les éoliennes. Ce scénario a été appliqué sur le transport, la chaleur et l'électricité. La France chuterait ainsi de 2,9 hag/hab/an à l'horizon 2050, elle pourrait ainsi se rapprocher du seuil de soutenabilité.

3.4 Quelles solutions l'architecte peut-il apporter pour réduire l'empreinte écologique?

Des architectes comme William McDonough et le chimiste Michael Braungart ont créé un concept d'éco conception en 2002 pour avoir une empreinte écologique positive, « *Cradle to Cradle* » (du berceau au berceau). Le concept est fondé sur la réutilisation permanente des matières et des objets. Cette philosophie pense le produit dès l'origine pour lui donner ensuite plusieurs vie et idéalement pour le réutiliser à l'infini même pour d'autres usages que sa fonction initiale. Eric Allodi représentant en France de la technologie « C to C », explique le procédé « Il faut d'abord s'assurer de la non toxicité des produits, puis instaurer un circuit de récupération de la matière première pour ensuite la réinjecter dans un nouveau produit. En fin de vie, chaque objet réintègre son circuit sans perdre de qualité ni gaspillage de nutriments qui ont servi à la constituer ». Même s'il est encore peu connu en France, cette démarche connaît quelques succès en Europe. Les Pays Bas par exemple, annoncent devenir Cradle to Cradle d'ici 2012, avec une politique « zéro déchet ».

L'architecte peut avec de multiples solutions réduire l'empreinte écologique d'un bâtiment, en l'insérant correctement dans son contexte et en pensant à réduire les besoins en énergie ainsi que l'empreinte carbone des matériaux. Maintenant l'architecte a-t-il une portée sur nos habitudes naturelles pour réduire l'empreinte écologique? Prenons un exemple qui pourrait influencer sur l'empreinte écologique :

L'empreinte écologique de Marseille a été calculée et elle s'élève à 5,21 hag/hab alors que sa biocapacité est de 0,141 hag/ha donc l'empreinte écologique est 37 fois supérieure à sa biocapacité. Marseille mériterait aussi qu'on mesure l'empreinte de l'eau, car cette ville dispose d'une ressource qui ne lui appartient pas. Mais maintenant, imaginons qu'à Marseille, nous utilisions les toits pour planter un potager ou tout simplement végétaliser la couverture. De façon purement théorique, cette solution permettrait de réduire les surfaces de sol agricole, ainsi que l'empreinte des transports. En conclure que cette solution pourrait réduire efficacement l'empreinte écologique serait prématuré. Pour connaître l'impact sur l'empreinte écologique, il faudrait connaître, comme le souligne Natacha Gondran, l'énergie grise pour l'artificialisation des sols ou encore les conséquences sur la structure du bâtiment. Même si nous ne connaissons pas tous les paramètres, il est sûr que l'augmentation de surface de terre productive pourrait réduire l'une des composantes assez importantes aujourd'hui qui est l'empreinte carbone. L'agriculture est une solution de séquestration du carbone. De plus la présence de nature en ville limite l'îlot de chaleur urbain (ICU). La présence de nature en ville pourrait être un argument favorable pour changer le mode de vie des gens. La nature est devenue un facteur de santé, elle améliore la qualité de vie car il faut le rappeler, le phénomène d'îlot de chaleur peut avoir des répercussions sur la santé des citoyens. A Chicago par exemple, la municipalité a imposé que tout nouvel immeuble réalisé ait au moins 50% de surface verte sur son toit, afin de réduire l'îlot de chaleur en centre ville. Les cités jardins s'inscrivent dans ce même principe. Dill Dunst a créé le modèle Bedzed, une cité jardin écologique. Ainsi selon l'architecte, Bedzed a réduit son empreinte écologique des deux tiers en cherchant une harmonie avec la nature et la qualité de vie chez soi.

Cette conception avec les jardins intègre une dimension symbolique et culturelle de l'homme avec la nature, ce que l'empreinte écologique essaye de nous rappeler.

CONCLUSION

L'empreinte écologique est un terme utilisé pour la première fois en 1999, aujourd'hui il est utilisé par des dizaines de collectivités territoriales, plusieurs gouvernements ou des villes. Cependant son utilisation doit être contrôlée. Comme tout indicateur, l'empreinte écologique a un domaine d'étude limité. Ce mémoire est avant tout une définition synthétique de l'empreinte écologique pour y définir ces avantages et ces inconvénients. Puisque rappelons le, l'empreinte écologique limite son champ d'action à tous les impacts liés à l'utilisation des ressources potentiellement renouvelables et/ou assimilables par la biosphère. Sans prétendre avoir totalement épuisé le sujet, ce mémoire est essentiellement le croisement de trois livres qui sont : « l'empreinte écologique » de Natacha Gondran et Aurélien Boutaud, « Notre empreinte écologique » de Mathis Wackernagel et William Rees et « Empreinte écologique, retour sur expériences territoriales » de Judith Duval. Enfin nous avons pu nous apercevoir que les résultats obtenus par le calcul de l'empreinte écologique dépendent de l'accès aux données statistiques et de leur précision. De plus, certaines données sont fondées sur des hypothèses comme le montre l'empreinte carbone. Même si nous nous estimons les résultats de l'empreinte écologique, le message reste le même : Nous sommes en train de solliciter la nature au-delà de ces capacités de régénération. Il est donc important aujourd'hui d'améliorer ce système comptable afin qu'il devienne un véritable outil d'aide à la décision. L'empreinte écologique est l'un des premiers indicateurs à utiliser une unité de mesure qui n'est pas la monétarisation. Elle nous met devant nos responsabilités, car face à ce constat, nous ne pouvons pas ne pas agir. Cependant les analyses menées sur l'empreinte écologique montrent que la société devra accepter d'énormes changements pour s'adapter pendant la période de transition à la durabilité. Il nous faut dès à présent perdre nos habitudes.

Ce qui serait intéressant maintenant que nous avons parcouru la notion d'empreinte écologique, serait de comparer différents quartiers de Marseille. Celle du centre ville par exemple ne doit pas avoir la même valeur que celle de la Rouvière ou de Luminy. Cela nous permettrait de comprendre les facteurs aggravants de chaque quartier que la ville de Marseille doit remédier.



BIBLIOGRAPHIE

- Livres

_Aurélien BOUTAUD et Natacha GONDRAN

« L’empreinte écologique »

Paris : La Découverte, 2009

_Mathis WACKERNAGEL et William REES

« Notre empreinte écologique »

Montréal : Ecosociété, 1999

_Judith Raoul Duval

« Empreinte écologique, retour sur expériences territoriales »

PUCA, 2008

_Pierre Lefèvre

« Voyages dans l’Europe des villes durables »

PUCA 2008

- Internet

_www.wwf.fr

_ www.footprintnetwork.org

_ www.actu-environnement.com

_www.wikipedia.org

_www.boisforet-info.com

_www.ecolonews.blog.fr

_www.novethic.fr

_www.planet-terre.ens-lyon.fr

CREDITS ICONOGRAPHIQUES

Fig 1 :

_ Mathis WACKERNAGEL et William REES
« Notre empreinte écologique »
Montréal : Ecosociété, 1999, p.28

Fig 2 :

_ Aurélien BOUTAUD et Natacha GONDRAN
« L'empreinte écologique »
Paris : La Découverte, 2009, p.63

Fig 3 :

_ Aurélien BOUTAUD et Natacha GONDRAN
« L'empreinte écologique »
Paris : La Découverte, 2009, p.87

Fig 4 :

_ www.wwf.fr

Fig 5 :

_ www.planet-terre.ens-lyon.fr

Fig 6 :

_ Aurélien BOUTAUD et Natacha GONDRAN
« L'empreinte écologique »
Paris : La Découverte, 2009, p.95

Fig 7 :

_ Diaporama de M.Izard
« Développement%20Durable »

Fig 8 :

_ www.wwf.fr

Fig 9 :

_ Mathis WACKERNAGEL et William REES
« Notre empreinte écologique »

ANNEXES

Afin de compléter mon mémoire, j'ai interviewé Natacha Gondran, auteur du livre « l'empreinte écologique », voici quelques questions qui lui a été posées et ses réponses transcrites de manière très phonétique, sans recherche d'arrangement stylistique :

1. Est-ce que utiliser les toits des bâtiments pour planter un potager ou créer une couverture végétale serait une bonne solution pour réduire son empreinte écologique ? Si non, pourquoi ?

« Est-ce qu'on peut répondre à la question... L'empreinte écologique c'est un indicateur qui effectivement pose des questions ; donc on peut envisager avoir des solutions derrière mais ce n'est qu'un indicateur ... On peut éventuellement apporter des solutions qui visent à réduire l'empreinte écologique. Mais il ne faut pas vouloir lui faire dire tout et n'importe quoi car ce n'est vraiment qu'un indicateur. Qui pour l'instant, est plutôt calculé au niveau national. Donc si on travaille à l'échelle nationale, on peut se poser les questions si sur tous les toits y avait un potager ça permettrait de réduire l'empreinte écologique ?... à priori ...oui si la surface qui ne serait pas utilisée par les toits serait utilisée pour faire des potagers, en théorie de façon purement théorique par rapport à l'indicateur empreinte écologique dans un contexte global, oui ça peut permettre de réduire parce que du coup on réduit la surface du sol en agriculture, on peut réduire peut être les transports aussi si les gens utilisent directement leur potager. Par contre après je ne connais pas l'analyse de cycle de vie globale des toits végétalisés, si en termes d'éventuelle énergie grise qu'il faut pour faire la surface, pour faire l'artificialisation des sols qu'il faut dessus. Il faudrait faire une analyse de cycle vie globale d'une solution normale avec une solution toit végétalisé pour voir si ça permet de réduire l'empreinte écologique. Si on peut avoir les sols suffisants sur les toits végétalisés pour permettre des potagers. Moi je n'ai pas les compétences pour savoir. Mais en terme de structure, j'imagine que ça serait plus lourd, il faudrait mettre une structure plus importante ; après ça dépend si c'est en béton, si c'est en bois...En terme d'arrosage qu'est ce que ça implique, s'il faut monter l'eau sur les toits, est ce qu'il faut pomper plus pour monter l'eau, comment ça fonctionne ? Par exemple ici, il y a des systèmes d'irrigations par gravité, il y a un canal qui passe et après ça descend donc il n'y a pas besoin de pomper pour arroser donc s'il faut monter sur les toits, si c'est des toits de 10 m de haut ça va mais s'il faut monter de 50m ? Enfin peut être mais je sais pas, je n'ai pas une vision suffisamment précise. »

2. Pourquoi ne sont pas inclus dans le calcul la consommation d'eau douce ?exemple à Marseille, on va chercher l'eau assez loin.

« Le principe de l'empreinte écologique c'est de comptabiliser la surface minimale qui serait nécessaire pour fournir les ressources et en théorie assimiler les déchets qui sont produits et générés par une

population donnée. Donc on compte en termes de sol, le problème c'est que l'eau est souvent dans les nappes phréatiques donc ça va être en dessous de sol qui est déjà comptabilisé. Du coup ça ferait du double comptage de compter à la fois les nappes qui seraient dans les sols et les sols qui pourraient être de la culture ou du pâturage ou du sol forêt. En plus, l'empreinte écologique est liée au phénomène de la photosynthèse : quelle est la surface nécessaire pour faire de la photosynthèse pour pouvoir fournir les ressources que l'on va consommer ? Alors que l'eau, elle, ne rentre pas vraiment dans ce schéma là. C'est pour ça que dans le dernier rapport de « planète vivante » qui est sorti en 2008, il y a un indicateur, il est sorti en février, il s'appelle « water footprint », qui est fait par d'autres personnes que ceux qui ont fait l'empreinte écologique. Par exemple, si on importe du riz de Thaïlande, on sait qu'il faut beaucoup d'eau pour fabriquer le riz, on importe de l'eau avec notre riz, la même chose, si on importe des animaux on importe aussi l'eau nécessaire pour les produire. Donc eux, ils font la somme en fonction des importations et des exportations. C'est un indicateur spécifique qui est présenté à côté de l'empreinte écologique. Contrairement à son nom, l'empreinte écologique n'est pas du tout complète par rapport à l'impact écologique. »

3. Les cités jardins permettent-ils d'avoir une bonne empreinte écologique ?

« A priori, suffisamment d'agriculture pour fournir l'alimentation aux gens qui y habitent donc du coup ça réduit les transports ...a priori....c'est une bonne empreinte écologique au sens de l'indicateur concret, pas l'empreinte écologique au sens général. Là je pense que ça réduit les transports et donc ça réduit les émissions de CO₂, donc ça réduit le sol carbone je pense. Sur le sol agricole, a priori, si c'est une zone qui est bien fertile ça peut être effectivement intéressant. L'hypothèse qui est faite c'est que les sols qui sont artificialisés, sont considérés comme des sols agricoles car on considère que l'on est allé implanter des villes là où le sol était déjà bon, souvent dans les terres les plus fertiles, ce qui est vrai en Europe mais pas forcément vrai en Afrique. Les cités jardins peuvent garder ce potentiel agricole des sols donc ça peut être intéressant. Sur l'aspect alimentation malheureusement, que la nourriture soit produite là où ailleurs ça compte la même chose. C'est surtout la capacité des sols et puis la réduction des transports. Tous les aspects sociaux qui sont intéressants dans les cités jardins ne sont pas du tout pris en compte dans l'empreinte écologique »

4. Quelle est la différence entre un indicateur et un indicateur synthétique ?

« Il y a plein d'indicateurs, certains sont synthétiques d'autres sont moins synthétiques. Nous on a choisi l'indicateur synthétique car ça englobe plusieurs impacts. Par exemple si on regarde la pollution en NO_x de l'air ce n'est pas synthétique c'est juste un polluant ; après on peut avoir pour la pollution de l'air un indicateur qui soit un peu plus synthétique qui englobe différents polluants. Un indicateur est synthétique car il permet de comparer des choses qu'a priori on ne compare pas comme par exemple les émissions de CO₂ avec la surface de sol pour l'alimentation que l'on va utiliser. C'est en ça qu'il est intéressant aussi, normalement on utilise l'argent pour comparer des choses qui ne sont pas comparables. Nous on a ces critiques face à la monétarisation pour plusieurs raisons. L'intérêt c'est que l'empreinte écologique ça permet de comparer des choses qui a priori ne sont pas comparables mais avec une autre unité qui est plus physique donc elle est aussi théorique, puisqu'elle est plus globale. »

5. Vous avez marqué dans votre livre que la « surface de séquestration est évaluée en déduisant du total de ces émissions anthropiques de CO₂ la partie qui est supposée absorbée par les océans soit environ un tiers du total d'après les évaluations des experts du GIEC (Groupement intergouvernemental d'expert sur l'évaluation du climat) d'où viennent ces données ?

« A l'heure actuelle dans les dernières données c'est 24% qu'ils ont pris. Nous on essaye de calculer l'empreinte écologique à l'échelle d'organisation [...] c'est une autre méthode et on utilise certaines hypothèses qui sont faites aux niveaux nationaux. Mais les calculs nationaux, moi je ne sais pas les faire, il y a plein d'hypothèses dessus, il y a plusieurs composantes qui sont prises en compte donc c'est des gens de Global Footprint Network qui le font. Donc ils font des hypothèses sur certaines valeurs comme le taux de séquestration de carbone des forêts, par exemple, je crois qu'ils disent 0,97 tonnes de carbone par hectare en moyenne en forêt qui est absorbé. Donc c'est un taux qu'ils ont calculé eux, on ne sait pas trop comment mais on est obligé de les utiliser quand on veut transformer des émissions en hectare. C'est pareil pour le taux des océans, ce taux est réduit car les océans sont en train de saturer en carbone et du coup le taux de séquestration est de plus en plus faible. Il y a même des chercheurs qui disent que peut être dans dix ans, l'océan ne pourra plus absorber de carbone car il sera arrivé à saturation. Le GFN prend actuellement, je crois, 26% mais je ne peux pas dire comment sont fait ces calculs, eux, ils disent qu'ils sont pris sur les documents du GIEC. Mais les documents du GIEC il y a plein de données dedans, ils ne donnent pas exactement ces chiffres, c'est eux qui donne ces chiffres à partir du GIEC. »

6. Que signifie le GFN ?

« C'est Global Footprint Network, c'est une association qui regroupe des gens dans le monde qui travaillent sur l'empreinte écologique. Ils ont une dizaine de salariés qui travaillent sur des méthodologies de calculs d'empreinte écologique, ils font des calculs d'empreintes nationaux qui sont publiés tous les deux ans et ils promouvoient le concept d'empreinte écologique auprès des différents pays. »

7. Pourquoi ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'empreinte carbone d'autres formes de séquestration comme l'agriculture?

« En fait c'est pris en compte. L'empreinte écologique, ça compare une offre qui est la biocapacité et la demande qui est l'empreinte écologique. Donc par exemple pour les sols cultivés, il y a une biocapacité qui va être de tant d'hectares dans le monde, pour les pâturages, il va y avoir tant d'hectares...et en face on va mettre l'empreinte écologique des différents sols donc la demande sur les sols en forêts, en bois, en papiers, etc. ...C'est vrai que le sol carbone, il n'y a pas une surface en face, il n'y a pas sur la planète une surface qui est dédiée à l'absorption de forêt qui ferait que ça. C'est un peu théorique et c'est là-dessus qu'est critiquée l'empreinte par certains auteurs. Mais cette capacité d'absorption est répartie sur d'autres sols comme l'agriculture, la forêt...qui sont capables d'absorber le carbone. Donc il

n'y a pas directement une biocapacité en sol de séquestration car il n'existe pas physiquement sur la planète un sol de séquestration. Mais, si on regarde les sols, la somme d'empreinte écologique et la somme de biocapacité, les deux sont comparables car il est considéré que l'ensemble des sols forêts et de l'agriculture servent d'absorption au carbone. Mais le problème qui se pose, c'est qu'un sol ne peut pas être compté deux fois. C'est-à-dire que l'agriculture peut à la fois absorber du carbone et produire du blé, mais après est ce que ça absorbe vraiment ? Par exemple si on prend le blé et la paille se sont des produits qui ont tendance à se dégrader assez vite donc le bilan risque d'être neutre. Sur le bois on peut dire qu'il absorbe car si on prend le bois dans une construction ça a une durée de vie de 30 à 40 ans. Mais si on prend le maïs, il va absorber sur l'année mais après il va être mangé, donc l'absorption se fait vraiment à court terme. Donc c'est pour ça que c'est plutôt le sol forêt qui est considéré comme captant. »

8. Mais le sol forêt il absorbe tant qu'il grandit...

« Oui, c'est pour ça que la surface qui serait nécessaire pour absorber le CO₂ est supérieure à la forêt existante. »

9. Quelle est la différence entre le facteur de rendement et le facteur de récoltes ?

« Les deux peuvent se dire. C'est la même chose mais on utilise plutôt le facteur de récolte pour le sol agricole et pour les sols marins on va plutôt dire rendement. »

10. D'où vient la source où les concepteurs utilisent le bois énergie comme énergie de substitution et non l'éthanol ?

« Cette méthode là n'est pas utilisée à l'heure actuelle, elle est théorique. Nous justement, on pense que ça pourrait être intéressant de l'utiliser mais ce n'est pas la méthode qui est actuellement utilisée. Il y a plusieurs méthodes possibles donc c'est vrai qu'ils comparent en bois énergie car c'est elle qui a le plus grand rendement en terme de mégawatt par surface et comme l'hypothèse c'est toujours de prendre en compte la surface minimale qui serait nécessaire donc c'est vrai qu'en règle générale on prend celle qui donnerait l'empreinte écologique la plus faible pour qu'à chaque fois qu'on critique l'empreinte ça fasse rajouter des hectares. Mais le message reste le même. Donc c'est vrai que maintenant ça a peut être changé. C'est intéressant de voir l'éthanol maintenant, du coup l'empreinte écologique peut relativiser l'intérêt des biocarburants car on peut confronter des bilans carbone avec des sols qui seraient nécessaires pour produire des biocarburants. Les deux peuvent se choisir mais pour l'instant c'est aucun des deux puisque c'est la méthode de séquestration qui est choisie pour calculer le sol énergie. »

11. Le problème c'est que même si l'éthanol est intéressant il utilise du sol alimentaire....

« C'est vrai, du coup l'empreinte est intéressante car elle permet de mettre à plat ça. Il permet de dire si on prend ça voilà la surface nécessaire pour le produire. Et avec une étudiante on avait regardé et c'est vrai que les biocarburants sont très désavantagés par l'empreinte écologique. »

11. Est-ce que vous avez participé au calcul de l'empreinte écologique du Grand Lyon ?

« C'est Aurélien Boutaud, le coauteur, qui était initiateur de la demande, à l'époque il faisait sa thèse au Grand Lyon, sur l'indicateur du développement durable, et l'évaluation du développement durable et il était tombé sur cet indicateur. Il avait conseillé au Grand Lyon de faire le calcul mais c'est le bureau d'étude « l'empreinte écologique SARL » qui a fait le calcul. Le Grand Lyon avait fait un comité de pilotage assez élargi ou j'avais participé mais il y avait aussi des associations comme les « robins des villes » qui venaient pour regarder un peu la méthode donc il y avait une démarche assez participative pour le premier calcul. »

12. Combien de temps cela vous a pris ?

« Au Grand Lyon ça a surtout servi d'outil de sensibilisation, on l'a surtout utilisé dans les écoles, dans les foires. Dès que le Grand Lyon communique ou fait des petites expos, il y a des petits calculateurs. Ils ont formé des gens pour expliquer donc c'est utilisé comme outil de sensibilisation mais ce n'est pas utilisé comme outil de pilotage. Pour l'instant je ne connais pas d'expérience où ça a été utilisé comme outil de pilotage de politique publique. Je ne dis pas que ce n'est pas possible, mais il faudrait en faire l'expérience. Mais pour l'instant c'est surtout utilisé comme outil de communication et de sensibilisation.

C'était une étude autour de 20 000 euros. Il y a eu plusieurs phases. D'abord, le calcul du Grand Lyon qui a duré à peu près un an. Et après c'étaient des phases où ils ont demandé à Laurent qui a fait le calcul de faire des calculateurs donc il y en a certains qui sont en ligne. Des calculateurs individuels sur lesquels un Grand Lyonnais peut venir et se connecter et dire, voilà, moi je consomme tant de fois de viandes par jour ou par semaine, je parcours tant de kilomètres par an en voiture. Il y a des outils qui ont été faits pour les jeunes, des calculateurs pour différents publics donc ça, ça a pris pas mal de temps après. Mais le calcul initial il a dû durer autour d'un an. Ce qu'il avait fait d'intéressant, c'est que pour les grandes villes, elles sont un peu différentes de la moyenne mais le message en gros qu'on soit à 5,2 ou 5,5 hectares le message c'est le même. Par contre ce qui était intéressant c'est qu'il avait fait l'empreinte écologique d'une étudiante végétarienne, d'une mamie, d'un cadre dynamique qui permettait de voir des différences plus importantes en fonction des modes de vies. »

13. Avez-vous trouvé des difficultés à récolter toutes les données ?

« Il faut avoir accès à plein de données statistiques sur les kilométrages qui sont fait dans les villes, sur les données de consommations diverses de biens et services, d'alimentations. Donc ça prend beaucoup de temps. »

14. L’empreinte écologique du Grand Lyon est il un bon exemple pour la France ? Si oui pourquoi ?

« Je me rappelle plus du résultat si elle était plutôt faible ou plutôt en dessous par rapport... »

Elle était légèrement en dessous...

« Donc, après il faut voir l’effet du « vélo’v », à l’époque c’était les débuts je crois. Il y a deux choses en termes d’utilisation de l’empreinte écologique, le Grand Lyon est assez innovant car c’est l’une des premières grandes agglomérations qui l’a fait, c’est assez courageux de leur part. L’empreinte écologique ça commence à bouger maintenant, on a été audité par le conseil économique et social qui a reçu une commande du premier ministre pour étudier l’empreinte écologique dans les politiques publiques, le SOES qui est l’IFEN à la nouvelle mode a fait une étude là-dessus. Les politiques publiques commencent à se demander : est-ce que c’est intéressant ou pas d’utiliser l’empreinte écologique ? Au moment où le Grand Lyon l’avait fait, il y avait une réticence très forte de toutes les instances statistiques françaises, et de l’ADEME par rapport à cet indicateur. Et donc par exemple, l’étude du Grand Lyon est auto financée, ils n’ont pas eu de financement annexe pour faire ça. Donc là il avait été innovant pour oser faire ça car en même temps cela montre que le mode de vie du Grand Lyon n’est pas durable mais au même titre que le mode de vie de n’importe quel français. Mais répondre à la question de but en blanc c’est un peu compliqué car il y a des choses positives et des choses négatives, c’est plus complexe que ça. La thèse d’Aurélien, je crois, « penser le changement ou changer le pansage » c’est sur l’évaluation des politiques publiques locales en matière de développement durable et avec l’application du Grand Lyon, donc là-dessus il détaille beaucoup le cas du Grand Lyon avec ces avancées mais aussi toutes ces limites.

15. Est-ce que pour toi c’est une bonne chose que les politiciens se servent de l’empreinte écologique ?

« Je ne sais pas du tout, c’est ma grosse interrogation en ce moment. Depuis l’apparition de ce bouquin on est pas mal sollicité là-dessus. Aurélien est très favorable à l’utilisation de l’empreinte, il est plus sur les fondements théoriques du développement durable qui ont amené à la conception de cet indicateur. Moi je suis plus sur la méthode de calcul, donc c’est vrai que si on regarde dans la méthode de calcul il y a des limites qui sont assez importantes. Avec un outil il faut faire attention à comment on l’utilise. Si c’est bien utilisé je pense que c’est très intéressant parce que face au résultat, on ne peut pas ne pas agir face à ces enjeux là. Je pense qu’une fois que les gens se sont pris ça en face, ils se disent oui il faut faire quelque chose. Par contre n’utiliser que ça c’est dangereux car il y a encore de sérieuses limites méthodologiques qui ne sont pas prises en compte. Il y a encore beaucoup de choses qui ne sont pas prises en compte et qui doivent être prises en compte. Donc ça ne doit pas être le seul indicateur, loin de là, par contre je pense que ça doit être un des indicateurs qui doit être utilisé pour éveiller les consciences. »

16. Est-il vrai que dans le cas de Marseille, prendre en compte l’eau, ça pourrait changer le résultat ?

« Oui mais en même temps ce n'est pas parce que ça ne prend pas en compte la consommation d'eau que le résultat n'est pas pertinent non plus. Ca n'empêche pas de faire une étude à côté sur les consommations d'eau. Les consommations d'eau c'est relativement facile à comprendre car on regarde les mètres cubes qui sont consommés, on peut faire des ratios par habitants. A la limite on n'a pas besoins d'empreinte écologique pour ça. Alors que l'intérêt dans l'empreinte écologique s'est de rendre plus compréhensibles des données qui sont plus complexes. Par exemple, lorsqu'on achète une baguette combien de surface de champs de blé ont été nécessaires pour produire la baguette, et bien ça ce n'est pas évident parce que combien il y avait de farines dans la baguette... et bien ça dépend de pas mal de facteurs, combien il y a de blé pour faire cette farine, quel blé, quelle surface est utilisée pour fabriquer ce blé. Tout ça c'est des facteurs qui paraissent tout bêtes car on les utilise tous les jours mais en même temps ils ne sont pas du tout suivis à l'heure actuelle. Alors que la consommation en eau c'est relativement mieux suivi dans la plupart des villes. C'est vrai que l'empreinte écologique face à l'eau ce n'est pas le bon indicateur. Si l'enjeu sur lequel agir c'est l'eau c'est vrai que ce n'est pas ça qu'il faut utiliser. Mais ça veut pas dire qu'il ne faut pas l'utiliser parce qu'il y a d'autres enjeux comme le transport, les consommations de biens et services. Ce qui est bien aussi, c'est qu'il affecte au consommateur et non au producteur les impacts des biens produits et du coup si dans une ville on va beaucoup consommer mais pas beaucoup produire on va avoir l'impression que c'est une ville très propre alors que l'empreinte écologique ne sera pas si bonne que ça. Alors que par exemple, à St Etienne il a un réseau assez producteur mais en même temps c'est une ville plutôt pauvre donc si on faisait l'empreinte écologique on serait plus en dessous de la moyenne. Donc ça pourrait être intéressant aussi de voir que des villes qui, a priori, ne sont pas très performantes en terme de développement durable, (parce que St Etienne c'est plutôt la catastrophe) et bien du fait d'autres facteurs ils ne sont pas si mauvais que ça sur certains points. Donc pour aller vers le développement durable il ne faut pas forcément tendre vers une grande ville hyper riche comme pourrait tendre Lyon, justement qui donne une bonne image en développant les pistes cyclables mais qui en même temps consomme beaucoup, ou le bilan empreinte écologique n'est pas si brillant que ça.

Ce qui pourrait être intéressant de faire à Marseille, mais le problème c'est qu'on n'a pas accès aux données suffisamment précises. Mais ce qui pourrait être intéressant c'est de faire en fonction des différents quartiers. Il y a sûrement des quartiers plus pauvres avec une empreinte plus faible et d'autres quartiers plus riches qui se pensent plus développement durable que les autres quartiers. Ca permet de relativiser aussi certaines choses. En caricaturant, il y aurait un quartier avec que des maisons individuelles avec des panneaux solaires sur leur toit mais en même temps deux grosses voitures et à côté des immeubles tout sales avec peu d'entretien des espaces verts et peu de voitures et donc peu de déplacements et bien eux ils auraient une empreinte écologique plus faible. C'est ce qu'on avait fait à St Etienne sur des quartiers, donc on s'est aperçu que ce ne sont pas les plus riches qui sont les plus écolos. On avait rencontré un mec qui se disait très écolo et il avait l'empreinte écologique la pire. Il utilisait sa voiture tous les jours, tous les weekends il allait à sa maison secondaire et il avait une grande maison avec beaucoup de mètres carrés par personne. C'est des résultats qui dérangent car c'est des facteurs qui sont considérés comme facteur de progrès et de confort, du coup ça dérange et c'est pour ça que c'est intéressant aussi. »

17. D'où le graphique qui compare l'IDH avec l'empreinte écologique qui montre que ou on a une bonne empreinte ou on a un bon IDH...

« A l'heure actuelle on n'est jamais tout bon des deux cotés mais est ce qu'on ne peut pas l'être...on ne sait pas. On voit pour des IDH presque communs, comme les Etats Unis qui ont une empreinte qui est presque deux fois plus que celle de la France pourtant ils n'ont pas un niveau de bonheur et de confort qui est deux fois supérieur au notre donc il y a des choix qui peuvent réduire l'empreinte. Il y a une différence entre le niveau de vie et le mode de vie, on peut garder le même niveau de vie mais en ayant un mode de vie qui permet de réduire notre empreinte. Mais après comment le faire ça... »