



INSTITUT
NATIONAL
des SCIENCES
APPLIQUÉES



Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2008 – 16



Nom des étudiants

Alexia GONIN

Claire MAUTALEN

Alexandre MOREL

Natacha MURAIL

Hélène SALLES

Marion TORRE

Enseignant-responsable du projet

Jean-Noël LE TOULOUZAN



**BILAN CARBONE : ETUDES
DE CAS AVEC SIMULATEUR
ADEME**



À TAILLE
HUMAINE
À L'ECHELLE
DU MONDE

Date de remise du rapport : **20/06/08**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2008 –16**

Intitulé du projet : ***Bilan Carbone : études de cas avec simulateur ADEME***

Type de projet : ***Simulation***

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

L'objectif premier de notre projet était de prendre connaissance du Bilan Carbone, les raisons de son existence et les domaines auxquels il s'applique. Au travers de plusieurs études de cas concernant différents secteurs, nous avons également pu nous sensibiliser à aux impacts humains et industriels que nos actions peuvent avoir sur la planète. Enfin, ce projet permet d'avoir une approche de notre futur métier d'ingénieur puisqu'il s'agit de prendre conscience de l'importance de l'organisation, de la communication et de la cohésion d'un groupe de travail.

Si existant, n° cahier de laboratoire associé : **A30231**

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	6
2.	Méthodologie / Organisation du travail	7
3.	Travail réalisé et résultats : études de cas	9
	Bilan Carbone des différents types de transport.....	10
	La voiture à hydrogène	12
	Le bateau solaire	15
	Bilan Carbone du siège social de la SMEDAR	22
4.	Conclusions et perspectives	26
5.	Bibliographie	27
6.	Annexes.....	28
	a. Contexte climatique, environnemental et bilan carbone.....	39
	b. Principe de la méthode du Bilan Carbone.....	34
	c. Suivis et résultats des Bilans Carbone personnels.....	40
	d. Quelques conseils et préconisations liées aux lieux	50

NOTATIONS, ACRONYMES

Le Bilan Carbone est copyright par l'ADEME.

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

GES : Gaz à Effet de Serre

BC : Bilan Carbone

SMEDAR : Syndicat Mixte d'Elimination des Déchets de l'Arrondissement de Rouen

TEC : Tonne Equivalent Carbone

1. INTRODUCTION : Contexte climatique, environnemental et principe de la méthode du Bilan Carbone

Il est assez fréquent de penser que les émissions de gaz à effet de serre n'ont que deux grandes causes : les transports et les industriels. Pourtant, toute activité humaine, quelle qu'elle soit, en engendre directement. Il faut en outre y rajouter des émissions "indirectes", liées aux produits ou services consommés et qui peuvent facilement être bien plus importantes que les émissions directes.

Ainsi, la méthode du Bilan Carbone a été créée par l'ADEME. L'esprit général de cette méthode est de prendre en compte tous les flux physiques qui concernent une activité (flux de personnes, d'objets, d'énergie) et de leur faire correspondre les émissions de gaz à effet de serre qu'ils engendrent.

Pour tenter de quantifier ces émissions selon leur impact, on prend en compte la durée de vie des GES dans l'atmosphère. Pour cela, on les aligne tous sur une référence : le carbone.

Tout au long de ce projet, nous avons donc essayé, à travers différentes études de cas, d'approcher la méthode Bilan Carbone.

Voir en annexe « Contexte climatique et environnemental » et « Principe de la méthode du Bilan Carbone ».

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Nous étions un groupe de cinq au départ, mais une sixième personne nous a rejointes au bout de trois séances.

Le Bilan Carbone est un sujet très vaste, qui a des domaines d'études très variés. Nous nous sommes donc répartis le travail en choisissant d'étudier différents cas.

Hélène s'est chargée de résumer ce qu'est le Bilan Carbone à partir du document Formation à la méthode Bilan Carbone et à son exploitation pédagogique réalisé par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). Elle l'a transmis à tous les membres du groupe ainsi qu'à notre tuteur afin que nous ayons tous une connaissance globale du Bilan Carbone.

Etant donné que nous avons fait nos recherches et travaux par petits groupes, il nous a paru évident et essentiel de communiquer par mail à l'ensemble du groupe nos résultats au fur et à mesure.

Alexandre a rejoint Natacha et Alexia pour réaliser le Bilan Carbone d'un bateau solaire. Ils ont ainsi pris contact avec les personnes susceptibles de leur fournir les informations nécessaires. Ils ont également découvert et utilisé le tableur Excel mis au point par M. Jancovici qui permet de calculer le Bilan Carbone en fonction de différents paramètres.

Tout au long cette étude de cas, ils ont utilisé le tableur FERMA. Ce tableur est prédéfini et a été fourni par Stéphane Marcotte. Il a été utilisé afin de calculer le Bilan Carbone de l'entreprise Ferma (Fermeture de Marseille), spécialisée dans la conception et la fabrication de fermeture pour l'habitat, qui était un exemple fourni en début de projet afin de comprendre le principe de l'étude.

Claire et Marion ont commencé par faire le Bilan Carbone du trajet Rouen-Toulouse avec différents moyens de locomotion, afin d'avoir une approche plus personnelle du Bilan Carbone et de se familiariser avec celui-ci. Ces études devaient les conduire à la réalisation du Bilan Carbone de l'INSA de Rouen une fois regroupé au Madrillet.

Cependant, elles se sont rendues compte que ce projet était déjà en cours de réalisation, aussi ont-elles abandonné. Le groupe a alors décidé de réaliser plusieurs études de cas.

Claire et Natacha sont entrées en contact avec Yori Fournier, STPI2, chargé du projet sur la voiture à hydrogène, afin de faire son Bilan Carbone. En parallèle, Alexia et Natacha ont pris contact avec Guillaume Lodier, EP5 en stage à la SMEDAR (Syndicat Mixte d'Elimination de Déchets de l'Arrondissement de Rouen) afin de réaliser le Bilan Carbone de son siège social. Elles ont de plus étudié les principes de la méthode du Bilan Carbone pour les collectivités et les entreprises.

Alexandre, Hélène et Marion ont entrepris de calculer le Bilan Carbone d'un étudiant sur une année. Pour cela ils ont noté tout ce qu'ils ont fait pendant 4 semaines.

Organigramme de l'organisation au sein du groupe



3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

Nous voulions réaliser au départ le Bilan Carbone du regroupement de l'INSA au Madrillet. Tout d'abord, nous avons fait une liste de toutes les informations que nous aurions à collecter. Ces informations concernaient le logement des étudiants, les transports utilisés par toutes les personnes se rendant à l'INSA, les bâtiments de l'INSA, le traitement des déchets et l'alimentation au Restaurant Universitaire (RU).

Nous avons envisagé de faire un sondage auprès des étudiants sur les transports qu'ils utiliseraient en vue du déménagement ainsi que l'endroit où ils compteraient habiter l'année prochaine. Nous nous sommes rapidement rendues compte que certaines informations seraient difficiles à obtenir soit pour cause de confidentialité (entreprises privées responsables de la construction des bâtiments) soit par manque de résultats au sondage. Enfin, au niveau de l'alimentation il aurait été difficile de contacter des personnes capables de nous fournir les informations nécessaires.

Nous avons pris contact avec Clément Alziari, CFI 4 qui possédait déjà certaines données puisqu'il avait travaillé sur le Bilan Carbone du site de Mont Saint Aignan. Il nous a informées qu'un groupe de MRIE 4 travaillait déjà sur ce projet depuis longtemps. Clément nous a également donné des informations supplémentaires par rapport au Bilan Carbone, sa réalisation et son utilisation. Nous sommes donc allées voir Stéphane Marcotte, enseignant à l'INSA. Il nous a confirmé que les MRIE 4 s'occupaient effectivement du Bilan Carbone du regroupement de l'INSA au Madrillet. Nous avons donc abandonné ce projet.

Cela nous a quand même permis de constater l'ampleur de la réalisation du Bilan Carbone ainsi que la difficulté à récolter toutes les informations nécessaires. Nous nous sommes également aperçues que l'aboutissement d'un projet est sans cesse redéfini et que la communication avec des personnes extérieures en relation avec le projet est primordiale.

Nous avons donc réalisé plusieurs études de cas pour visualiser différentes applications du Bilan Carbone plutôt que de nous focaliser sur une seule.

ETUDE DE CAS N°1 : BILAN CARBONE DE DIFFERENTS MODES DE TRANSPORT

Comme nous l'avons énoncé précédemment, nous n'avions pas vraiment d'idée précise de la définition et des applications du Bilan Carbone. Il nous a donc fallu nous familiariser avec ce concept et étudier un cas qui nous semblait parlant afin de pouvoir l'utiliser dans le cadre d'études de cas plus poussées.

Nous avons donc choisi de calculer le Bilan Carbone d'un trajet Rouen-Toulouse selon différents moyens de transport. Le calculateur de l'ADEME nous semblait encore trop complexe et peu approprié pour une telle étude de cas. Nous nous sommes donc basées sur le site internet <http://www.co2solidaire.org> et www.sncf.com.

Nous avons regroupé les informations collectées dans le tableau suivant :

VOITURE									AVION	TRAIN	BUS
DIESEL			GPL			ESSENCE					
<5 CV	6<X <10 CV	>11 CV	<5 CV	6<X <10 CV	>11 CV	<5 CV	6<X <10 CV	>11 CV			
0,12	0,14	0,21	0,13	0,15	0,23	0,13	0,15	0,18	0,171	0,005	0,03

Les chiffres de la dernière ligne sont exprimés en Tonnes Équivalent Carbone (TEC).

Les informations et les calculs délivrés par le site co2solidaire sont issus de sources formalisées par l'ADEME, elles sont donc fiables. Nous avons commencé par calculer le Bilan Carbone du trajet Rouen-Toulouse en voiture, soit 783 km et nous avons considéré que le trajet s'effectuait en milieu extra-urbain et sur l'autoroute. Nous avons également trouvé intéressant de changer certains paramètres comme le type de motorisation (GPL, essence ou diesel) ou encore le nombre de chevaux du véhicule afin de voir si ceux-ci avaient réellement une incidence au niveau du Bilan Carbone. Notre grande surprise a été de constater qu'une voiture à essence de plus de 11 chevaux émet moins de TEC qu'une voiture diesel de plus de 11 chevaux également. En effet pour un nombre de chevaux supérieur à 11, une voiture à essence consomme 0,18 TEC alors qu'une voiture diesel émet 0,21.

Nous avons ensuite calculé, toujours à l'aide de ce même site, le Bilan Carbone du trajet en avion. Étant donné qu'il n'existe pas de vol direct entre Rouen et Toulouse, nous avons considéré que l'on prenait le train pour aller jusqu'à Paris et que le trajet Paris-Toulouse se faisait en avion.

Le site co2solidaire ne permettait pas de calculer le Bilan Carbone d'un trajet en train alors nous avons récolté ces informations sur le site de la SNCF. Nous pensions que le Bilan Carbone du trajet en avion serait très élevé et nous avons été surprises de constater qu'il n'était que de 0,17 TEC, soit un peu plus faible que le Bilan Carbone du même trajet en voiture essence de plus de 11 chevaux.

Nous avons ainsi pu également évaluer le Bilan Carbone du trajet Rouen-Toulouse en train. Cependant, nous ne sommes pas certaines que ces données soient très fiables et qu'elles soient basées sur les informations fournies par l'ADEME, ce qui nous permet d'émettre un doute quant à leur exactitude. Il est forcé de constater que prendre le train pollue moins que prendre la voiture, mais ce résultat n'est pas surprenant puisqu'il s'agit de transport en commun. Toutefois, nous avons été surprises par le fait que le Bilan Carbone du trajet en avion ne soit pas si élevé que cela.

Le site que nous avons utilisé nous a permis, outre le fait d'avoir une approche parlante du Bilan Carbone, de nous sensibiliser à l'aspect environnemental. En effet, ce site nous rappelle les impacts que le comportement des particuliers et des entreprises peuvent avoir sur notre planète et propose de compenser les émissions de gaz à effet de serre relatives aux transports. Ainsi, en fonction du nombre de TEC émises, le particulier ou l'entreprise pourra verser une somme d'argent. Cette somme servira de don pour financer des projets de développement durable dans des pays en développement comme par exemple l'Afghanistan, l'Inde ou le Maroc. Une réduction d'impôt (60% pour les entreprises et 66% pour les particuliers) est mise en vigueur depuis le 1er Janvier 2005. Par exemple, pour un aller-retour Paris/New York, la compensation est normalement de 62€, mais elle se limite à 21,08€ suite à la réduction d'impôt.

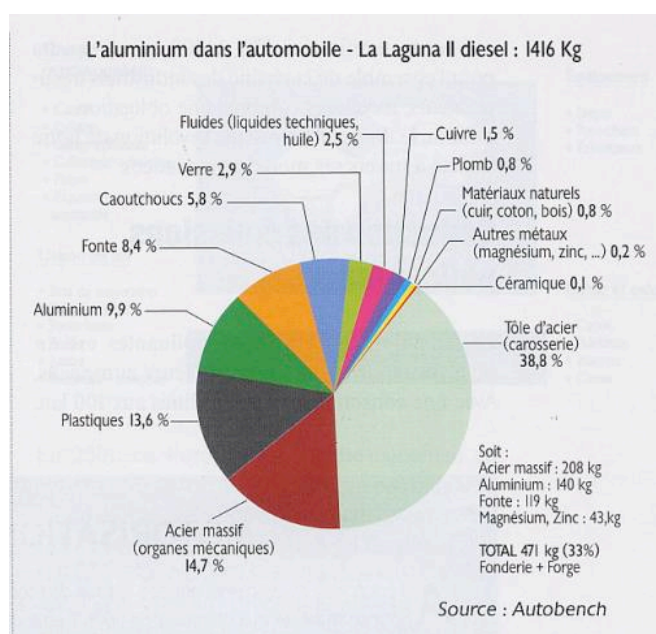
Cette étude de cas nous a paru proche de nous et a donc été une bonne première approche du Bilan Carbone, de la manière de le calculer mais aussi des enjeux environnementaux.

ETUDE DE CAS N°2 : LA VOITURE A HYDROGENE

Nous avons été contactés par l'équipe chargée de la voiture à hydrogène. Celle-ci nous a demandé de calculer le Bilan Carbone d'une Laguna fonctionnant au gazole, puis, celui de la même Laguna fonctionnant cette fois-ci à l'hydrogène selon un moteur à explosion $H_2 + O_2$. Nous avons accepté leur demande à condition qu'ils nous fournissent certaines informations telles que les différents matériaux qui constituent chaque pièce et le poids de chaque pièce. Nous avons également précisé que nous étions prêtes à calculer le Bilan Carbone du véhicule en fonctionnement s'ils nous donnaient l'énergie consommée, le type et le nombre de kilos de combustible utilisés. Enfin, nous avons informé l'équipe que nous pouvions aussi calculer le Bilan Carbone de la destruction à partir des données concernant la destruction de chaque pièce et le moyen de destruction utilisé (recyclage, incinération ou mise en décharge).

La fabrication :

Laurianne Henry nous a transmis le diagramme suivant afin de nous donner une idée des matériaux qui composent la Laguna :



Nous avons ainsi pu calculer le poids de chaque élément afin de les reporter dans le calculateur de Bilan Carbone créé par Jean Marc Jancovici.

Un premier problème s'est imposé. En effet, il existe plusieurs catégories de matériaux correspondant à un seul matériau. Par exemple dans le cas de l'aluminium, on avait la possibilité de choisir entre aluminium neuf, aluminium recyclé à N% et l'aluminium recyclé à 100%. Nous n'avons pas le temps de demander à l'équipe voiture à hydrogène de nous transmettre ces données alors nous avons décidé de calculer le Bilan Carbone d'une Laguna uniquement construite à partir de pièces neuves et de le comparer avec celui d'une Laguna construite avec des matériaux entièrement recyclés. Cela ne posait pas de problème avec l'équipe concernée, puisque c'était le changement de type de consommation

(gazole/hydrogène) qui les intéressait et non le fait d'utiliser des pièces recyclées. Cependant, la comparaison nous a paru très intéressante et nous étions curieuses de savoir si la différence de résultat du Bilan Carbone était conséquente et significative.

Après avoir rentré les données dans le tableur de l'ADEME nous avons obtenu le résultat suivant : **le Bilan Carbone de la fabrication d'une Laguna ne comportant que des pièces neuves s'élève à 1,666 TEC alors que celui d'une Laguna à base de produits recyclés est de 0,6963 TEC.**

La différence est donc d'environ une TEC et réduit l'émission de gaz à effet de serre de plus de moitié moins, ce qui n'est pas négligeable.

La consommation:

Une Laguna consomme 7,2 litres de gazole aux 100 kms et parcourt environ 200.000 kms dans une vie. Nous avons décidé de calculer le Bilan Carbone de la consommation d'une vie de la voiture et de ne pas se limiter au simple plein de gazole. En une vie, la voiture consomme donc 2000 fois 7,2 litres, soit 14 400 litres de gazole. Sachant que 5 litres de gazole pèsent 4,425 kg, 14 000 litres de gazole pèsent donc 12 744kg.

Une vidange se fait tous les 30 000 kilomètres environ, c'est à dire 6 ou 7 fois au cours de la vie de la voiture. A chaque vidange, on « rajoute » 1,5 litres d'huile, soit 10,5 litres au cours d'une vie et un litre d'huile pèse 0,850 kg. Au cours de la vie de la voiture, on rajoute donc 8,925 kg d'huile.

Le Bilan Carbone de la consommation de la Laguna s'élève donc à 12,127 TEC.

Nous avons cherché dans le manuel de l'ADEME la valeur correspondant à l'hydrogène en TEC. Le manuel nous a indiqué que l'hydrogène a un facteur d'émission de CO2 nul, nous avons donc seulement tenu compte des vidanges pour calculer le Bilan Carbone de la consommation de la voiture à hydrogène. Le résultat que nous avons obtenu est de 0,00729 TEC, la différence est considérable.

La destruction:

Laurianne Henry nous a informé que l'acier, le verre, les métaux lourds, les pneus et les huiles sont recyclés et que les matériaux plastiques sont incinérés. Nous avons calculé le Bilan Carbone de la destruction à partir des données précédentes et obtenu le résultat suivant : 0,0039 TEC.

Nous pouvons donc résumer les diverses simulations dans le tableau suivant :

	Laguna à partir de pièces neuves	Laguna à partir de pièces recyclées	Voiture à hydrogène à partir de pièces neuves	Voiture à hydrogène à partir de pièces recyclées
Fabrication	1,666 TEC	0,6963 TEC	1,666 TEC	0,6963 TEC
Consommation	12,127 TEC	12,127 TEC	0,00729 TEC	0,0079 TEC
Destruction	0,0039 TEC	0,0039 TEC	0,0039 TEC	0,0039 TEC
Total	13,7969	12,8272 TEC	1,67719 TEC	0,7081 TEC

En étudiant le tableau, on remarque évidemment la différence de Bilan Carbone entre une voiture consommant du gazole et une voiture à hydrogène (près de 12 TEC). Ecologiquement parlant, il serait donc beaucoup plus avantageux d'utiliser une voiture à hydrogène. C'est au tour de la science à présent de trouver les moyens de mettre en place ce concept. La différence entre une voiture à partir de pièces recyclées et une voiture qui ne l'est pas, est certes moins considérable, mais il faut tout de même en tenir compte. En effet, si l'on construit toutes les voitures avec des pièces recyclées, la TEC d'écart sera amplement multipliée et la différence sera significative.

Nous tenons tout de même à préciser que nous n'avons pas pris en compte le Bilan Carbone de la production d'hydrogène dans nos calculs. En effet, le calculateur ne nous permettait pas d'établir le Bilan Carbone de la fabrication de l'hydrogène et nous n'avons pas réussi à trouver cette donnée directement sur Internet. Si nous avions tenu compte de cette donnée, le Bilan Carbone de la voiture à hydrogène serait sûrement plus élevé.

Cette étude de cas nous a donc permis de considérer plusieurs simulations et de se rendre compte des différences, plus ou moins sensibles, lorsqu'on change certains paramètres. Aussi, ce travail a été intéressant puisque nous avons travaillé avec une autre équipe, ce que nous serons certainement amenés à faire lorsque nous serons ingénieurs. Nous nous étions déjà rendues compte que l'on pouvait coupler certaines matières scientifiques au sein d'un même projet, comme ce fut le cas par exemple avec le projet de mathématiques du 3ème semestre mais nous n'avions pas encore couplé nos connaissances avec celles d'une autre équipe. Il a vraiment été enrichissant de communiquer ainsi avec d'autres groupes et de se rendre compte que l'on pouvait être utiles à d'autres projets et pas seulement au notre.

ETUDE DE CAS N°3 : LE BATEAU SOLAIRE

L'étude consiste à étudier le détail des différents composants qui constituent le bateau, et leur poids. C'est sur cette base qu'il sera possible de réaliser le Bilan Carbone des matériaux entrants. Le Bilan Carbone des matériaux sortants est bien plus difficile à réaliser, puisque en plus du poids de chacun des matériaux qui composent le bateau, il faut savoir de quelle façon ceux-ci sont détruits. L'étude montre néanmoins qu'il n'est pas nécessaire de s'attarder sur ces dernières données.

Le détail du poids :

Nous avons été contraints de faire beaucoup d'hypothèses et un grand nombre d'estimations, puisqu'un détail complet de tout ce qui compose un objet aussi conséquent aurait été trop long à réaliser. Un grand nombre d'informations sont directement disponibles au sein de l'INSA puisque des élèves ont déjà fabriqué ce bateau solaire. A partir d'informations relativement générales sur le bateau, nous avons conduit l'étude suivante.

- Le poids de la coque est estimé à 770Kg. Nous avons estimé que celle-ci est constituée à 90% de polyesters et à 10% d'aluminium.
- Le poids du moteur, avec son support est estimé entre 30 et 50 Kg. Essentiellement composé de métal.
- La batterie a un poids total de 350 Kg. C'est une batterie de type Nickel Cadmium. Pour la simulation on comptera 350 Kg de Nickel.
- L'ensemble des panneaux solaires (20 panneaux) pèse 110 Kg.
- L'équipage que l'on estime au nombre de 5 personnes pesant chacune 80Kg.

On aboutit ainsi à un poids total de 1650 Kg. Grâce à cette décomposition approximative, on peut déjà effectuer le bilan des matériaux entrants. On prend donc en compte les batteries, la coque, le moteur, et quant aux panneaux solaires c'est un peu plus compliqué (voir ci-dessous).

Le bilan des matériaux:

Bilan entrant :

Le tableau qui suit présente les différents matériaux de composition du bateau, leur quantité, et les Kg équivalent carbone qui leur sont associés pour leur production.

Matériaux entrants	Kg équivalent carbone par Kg	Quantité sur le bateau (Kg)	Equivalent en carbone (Kg)
Aluminium	2.89	77	223
Polyesters	0.5	693	347
Nickel	2.5	350	875
Autres métaux courants	1	50	50

Ainsi on trouve un bilan de 1495.53 Kg équivalent carbone pour les matériaux entrants simplement.

Bilan sortant :

Grâce au logiciel fourni par L'ADEME, on apprend que peu importe la façon dont on détruit le nickel et l'aluminium (incinérés, mis en décharge ou recyclés), la production de TEC est toujours de 4 TEC. On peut donc se dire que c'est une étude encore en cours, ou bien que la destruction produit bel et bien moins de carbone que la construction.

Cependant d'après ces données, il devient inutile de s'intéresser à la fin de vie du bateau. Ces chiffres, on le verra dans la simulation qui suit sont négligeables devant ceux des matériaux entrants.

On rappelle qu'on a pu voir précédemment que le BC des matériaux sortants aurait été de l'ordre de 4.8 Kg équivalent carbone (1200 Kg de Bateau que multiplie 0.004 Kg équivalent carbone par Kg). Ce dernier chiffre est négligeable devant le bilan total.

Bilan des panneaux :

Il est important de comprendre que le bateau solaire, comme son nom l'indique, ne fonctionne qu'à l'aide de l'énergie solaire. Son émission de gaz à effet de serre lors de son fonctionnement est donc uniquement dû aux panneaux solaires. Pour pouvoir calculer cette émission, il nous faut donc trouver les chiffres relatifs à la production de panneaux solaires, ainsi que les chiffres relatifs à leur fonctionnement. C'est ici que tout se complique. Après maintes recherches sur le Bilan Carbone des panneaux solaires, il se trouve que tous les chiffres sont différents, et qu'il est difficile de les authentifier. Il est difficile de savoir si ces chiffres prennent en compte la construction, la destruction ou le fonctionnement :

- Par contact mail on a trouvé la valeur suivante : 15g équivalent carbone par kW.h. C'est un chiffre qui prendrait en compte le cycle de vie complet d'un panneau solaire. (1)
- Sur le site de Jean-Marc Jancovici on trouve une fourchette : entre 60 et 150 g de CO₂ par kW.h. Ces chiffres prennent également en compte le cycle de vie entier d'un panneau solaire.

Sachant que l'on trouve un rapport d'environ 4 entre les grammes équivalent carbone, et les grammes de CO₂. On peut estimer que ces deux données tombent à peu près en accord, on peut donc calculer le Bilan Carbone du panneau solaire en le faisant dépendre de cette dernière information.

Ce chiffre étant donné en g/kW.h, il a fallu fixer une estimation du nombre de kW.h utilisés lors du fonctionnement du bateau solaire. On a estimé qu'il était utilisé pour une durée de 20 jours par ans, sachant qu'il consomme 8 kW.h par jour, cela fait une consommation annuelle de 160kW.h.

On sait qu'une cellule photovoltaïque produit entre 15 et 40g équivalent carbone par kW.h. Soit une production annuelle entre 2.4 et 6.4 kg équivalent carbone. En estimant qu'on utilise le bateau pendant 20 ans, cela fait un bilan pour les panneaux solaires entre 48 et 128 kg équivalent carbone.

Soit finalement le bilan carbone du cycle de vie des panneaux solaires, est entre 48 et 128 kg.

Bilan final :

Les données ainsi recueillies, le calcul a pu être achevé, afin de donner un ordre d'idée du Bilan Carbone du bateau solaire. Pour avoir un calcul plus significatif, on calcule finalement deux fois le bilan, en utilisant les deux valeurs trouvées précédemment sur le bilan des panneaux solaires, pour obtenir une fourchette.

Soit finalement un bilan total pour le bateau solaire qui se situe entre 1550 et 1630 kg équivalent carbone.

ETUDE DE CAS N°4 : BILAN CARBONE PERSONNEL

Le but de cette étude de cas était d'appréhender le Bilan Carbone d'un étudiant. Nous avons été trois, deux filles et un garçon, à rassembler pendant 27 jours toutes les informations concernant nos consommations.

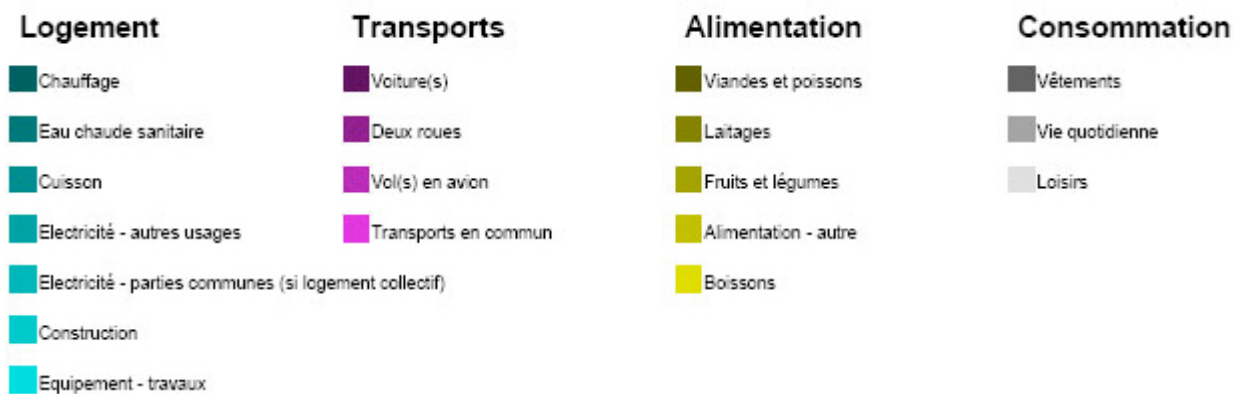
Nous avons donc du noter tout ce que nous avons mangé, les distances que nous avons parcourues et avec quels moyens de transport, et enfin nous avons recherché les données concernant notre consommation en électricité et gaz.

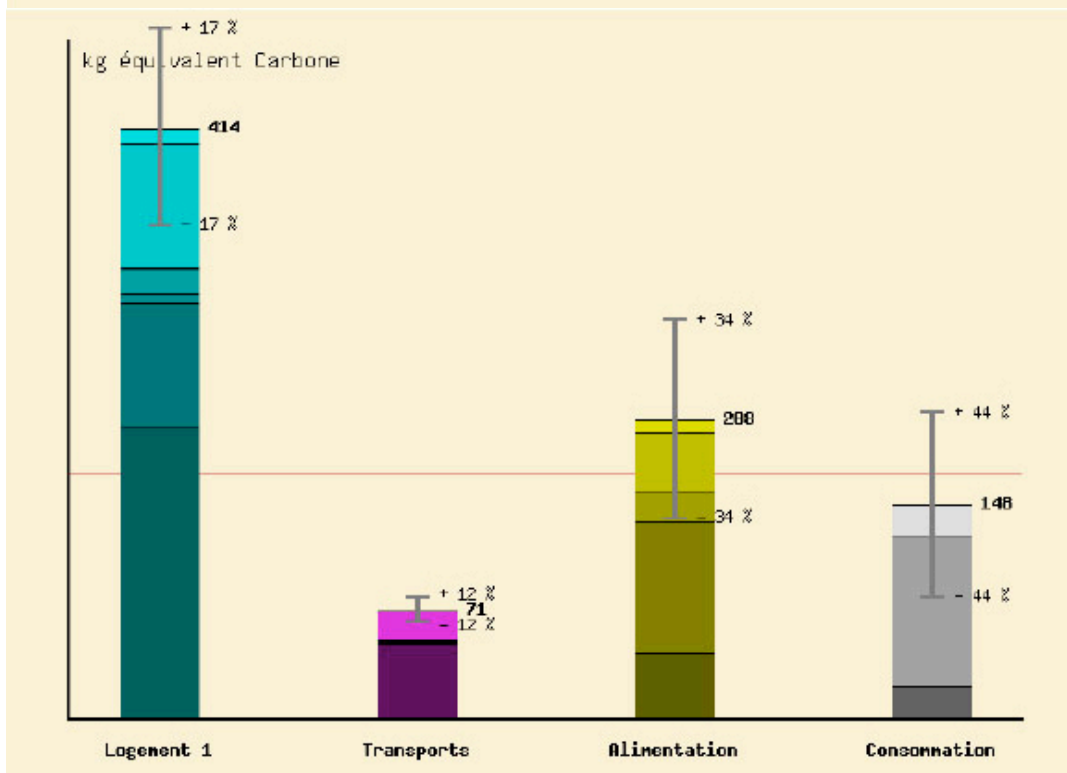
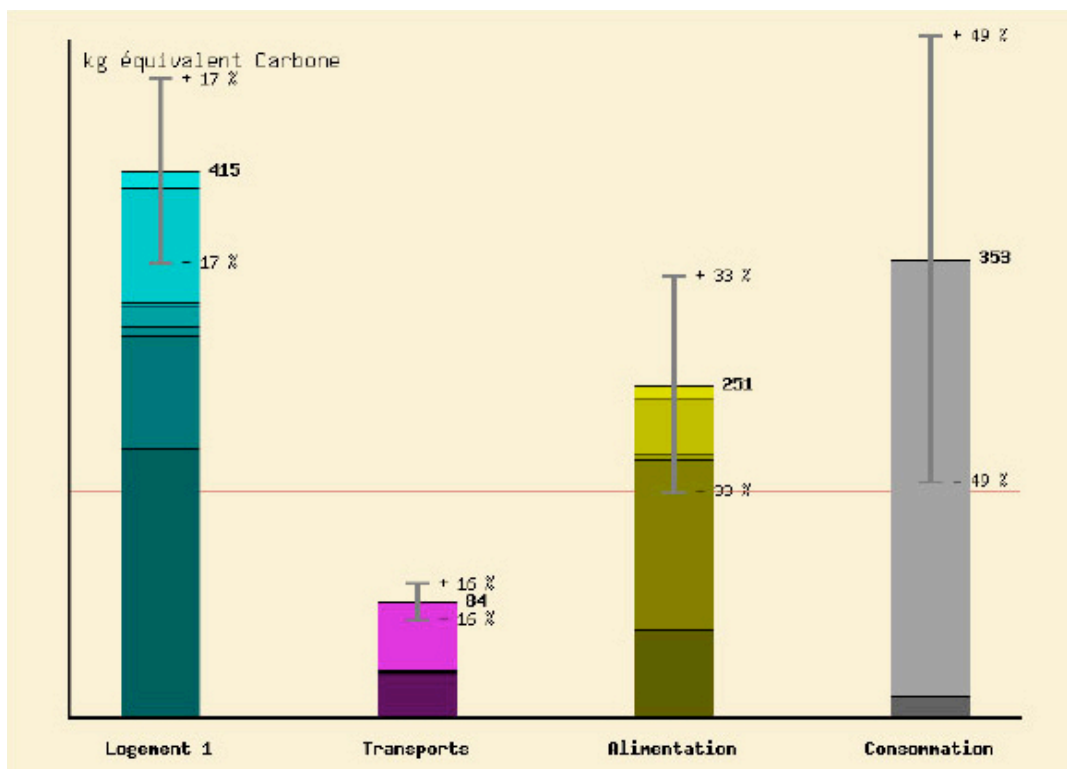
Ces données, bien qu'aussi précises que possibles, restent toutefois soumises à des erreurs d'approximation, la durée d'échantillonnage étant relativement courte (27 jours). De plus, les données concernant les consommations en électricité et gaz datent de 1995.

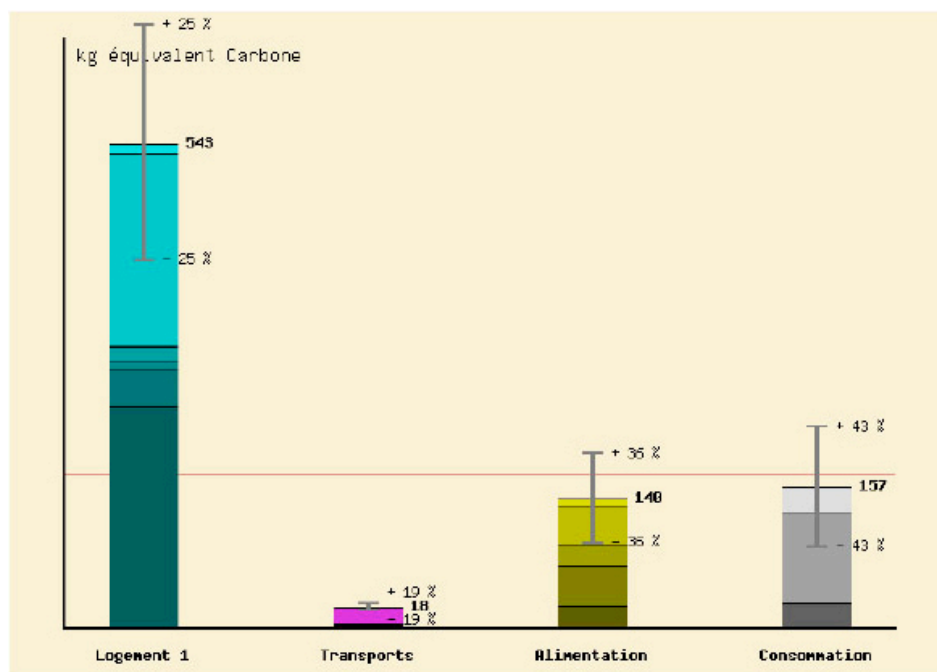
Pour réaliser nos différents bilans, nous avons utilisé un calculateur en ligne, www.bilancarbonatepersonnel.org. Ce site a été créé en partenariat avec l'ADEME, la société Manicore et l'association Avenir Climatique, ces deux dernières ayant été fondées par Jean-Marc Jancovici. Nous disposions déjà d'un tableur Excel pouvant calculer un Bilan Carbone, mais son utilisation est plus adaptée aux professionnels, alors que ce calculateur en ligne est destiné à réaliser un Bilan Carbone individuel.

Les résultats de ce Bilan Carbone restent donc approximatifs, car même le simulateur ne donne que des fourchettes, et non des résultats précis. Cependant, ils permettent d'apporter des premières valeurs concernant les consommations d'un étudiant. Ils mettent également en évidence les points à améliorer : la comparaison entre les bilans illustre la nature des comportements entre les différents individus.

Voici les 3 histogrammes regroupant les résultats (voir le suivi et les résultats détaillés en annexe) :







Les résultats sont classés en quatre catégories : logement, transports, alimentation et consommation (vêtements, électroniques, loisirs...). A partir de ces catégories, on peut donc comparer les différents BC.

Logements

On remarque tout d'abord que les résultats au niveau du logement sont très similaires. Cela est dû au fait que les trois personnes concernées habitent dans la même résidence universitaire. C'est-à-dire que les données nécessaires au bilan ont été collectées via l'organisme gérant la résidence. Nous avons calculé la consommation en énergie (gaz naturel et électricité) en divisant la consommation totale par le nombre de logements ; nous en avons considéré 420 et trouvons ainsi un résultat moyen. De plus, les seules données trouvées datent de 1995, donc peuvent être légèrement dépassées. Ceci montre bien que le chiffre en tant que tel n'est pas intéressant (incertitude...) et que c'est la comparaison entre les différents bilans qui est intéressante.

Etant donné que l'on vit en résidence, notre marge d'action pour réduire le BC est limitée. Par exemple, on ne peut pas utiliser des ampoules basse consommation ni changer notre mode de chauffage, nos plaques électriques...

Transports

Dans les résultats, on remarque que les trois histogrammes concernant les transports sont en-dessous du seuil maximum recommandé. Les différences observées sont dues principalement à l'utilisation de la voiture. Cependant, cette utilisation reste ponctuelle, puisque nous n'en avons pas besoin quotidiennement pour faire le trajet domicile-travail (qui est effectué à pied ou à vélo).

De plus, les transports en commun sont privilégiés pour les déplacements urbains. Etant étudiants, nous utilisons principalement le train pour les grands trajets et ne prenons que très rarement l'avion (voire jamais).

Notre BC pour les transports est donc déjà très bas et il faut donc continuer à privilégier les transports en commun et les déplacements à pied ou en vélo et le train pour les longues distances.

Alimentation

Deux personnes sur trois dépassent le seuil recommandé dans cette catégorie. On remarque que ces deux personnes ont une consommation plus importante de laitages qui explique en grande partie ce résultat.

Il est intéressant, pour réduire ce Bilan Carbone, de privilégier les fruits et légumes de saison mais éviter les fruits exotiques et tropicaux (coût en carbone d'importation).

Consommation matérielle

La catégorie consommation représente les vêtements, le matériel informatique (ordinateur, télévision, matériel électronique...), les meubles, l'électroménager et les loisirs. Au niveau de l'électroménager et de l'ameublement, les appartements des résidences sont déjà meublés et équipés, et avec peu de matériel neuf.

De plus, l'électroménager se réduit la plupart du temps à un réfrigérateur, un four ou un four à micro-ondes et des plaques de cuisson. Concernant le matériel informatique, la consommation varie de manière importante entre les personnes. En effet, chacun possède au moins un ordinateur portable mais c'est la consommation de petit matériel (lecteurs mp3, téléphone, CD...) qui varie d'une personne à l'autre et fait la différence dans le bilan global. La consommation liée aux vêtements et aux loisirs est généralement assez basse.

Dans le domaine de la consommation, il faut donc jouer sur le matériel informatique pour baisser le BC. La différence se fait surtout sur le renouvellement de ce matériel : par exemple, si on change d'ordinateur tous les ans, l'impact sur le BC ne sera pas le même que si on le garde plusieurs années...

De plus, l'évolution constante des nouvelles technologies et la durée de vie relativement faible de certains appareils incite à un renouvellement fréquent. Enfin, dans notre société de consommation, les technologies de communication sont omniprésentes, c'est pourquoi il est quasiment inévitable que chacun possède un téléphone et un moyen d'accès à internet.

Globalement, on remarquera quand même que nos résultats (entre 800 et 1100 Kg équivalent carbone) restent bien en-dessous de la moyenne nationale, qui est de 2 200 Kg équivalent carbone. La moyenne mondiale est de 1100 Kg équivalent carbone, les pays les moins développés compensant pour la consommation des pays les plus développés.

Les données utilisées restent malgré tout approximatives. Le Bilan Carbone est avant un outil de comparaison et donne un ordre d'idée des points sur lesquels on peut agir pour le réduire.

ETUDE DE CAS N°5 : BILAN CARBONE DU SIEGE SOCIAL DE LA SMEDAR

Nous avons réalisé le Bilan Carbone du siège social de la SMEDAR, Syndicat Mixte d'Elimination des Déchets de l'Arrondissement de Rouen.

Nous avons pris contact avec le service communication de la SMEDAR qui nous a redirigées vers Guillaume Lodier, un stagiaire insaïen (EP5) qui travaille sur le Bilan Carbone de cette entreprise. Après un premier entretien avec lui, il nous a conseillé de nous recentrer sur la partie « énergie interne » (fioul et électricité) du siège social afin de pouvoir calculer une partie du Bilan Carbone de l'entreprise dans le peu de temps qu'il nous restait. Depuis peu, des prestataires ont été engagés afin d'effectuer le Bilan Carbone du groupe.

M. Lodier nous a fourni les données nécessaires au Bilan Carbone du Siège Social : facture mensuelle d'électricité (EDF) et factures de fourniture et de livraison de fioul domestique (DMS).

Après avoir analysé les différentes factures nous avons rassemblé les données dans les tableaux ci-dessous :

Mois	Consommation d'électricité (en kWh)
Janvier	22943
Février	18418
Mars	15089
Avril	12882
Mai	7838
Juin	8097
Juillet	8144
Août	7221
Septembre	7158
Octobre	10675
Novembre	16637
Décembre	16620
TOTAL	151 452

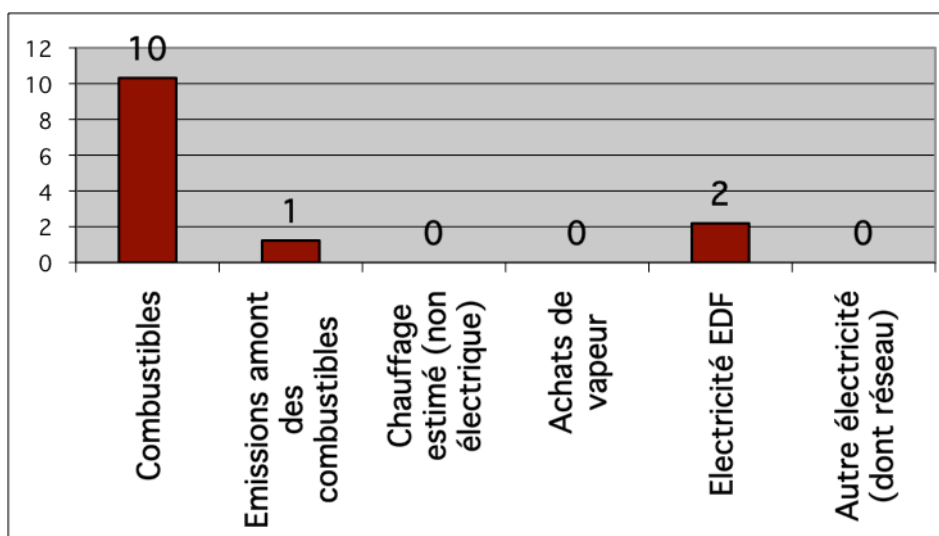
Consommation d'électricité durant l'année 2007

Date de livraison	Fioul (en Litres)
Décembre 2006	3814
Février 2007	3272
Avril 2007	3001
Septembre 2007	2050
TOTAL	12 137

Consommation de fioul pour l'année 2007

Nous avons effectué le Bilan Carbone à l'aide du tableur FERMA que nous avons déjà utilisés plusieurs fois.

Les informations ci-dessus concernant l'électricité et le fioul ont été saisies dans le tableau « énergie interne » du tableur.



Consommation d'énergie du siège social de la SMEDAR (en TEC)

Nous en sommes arrivées à la conclusion suivante : le siège social dégage 13 731 Kg équivalent carbone, soit 14 tonnes équivalent carbone, au niveau de l'énergie interne, pour une superficie de 1200 m².

Nous avons trouvé un exemple sur Internet concernant le Bilan Carbone du siège social de la Banque Populaire du Haut- Rhin à MULHOUSE (décembre 2002). En effet, cela permet de comparer deux consommations d'énergie de deux structures administratives.

Nous avons choisi d'utiliser les données de ce Bilan Carbone, concernant la consommation d'énergie du siège afin de comparer avec le cas de la SMEDAR. L'étude montre que, pour une superficie de 11 000 m² de bâtiments, la Banque consomme 129 TEC de combustibles ainsi que 15 TEC d'électricité.

	SMEDAR	Banque Populaire
Consommation de combustibles en TEC/m ²	0.00962	0.0117
Electricité en TEC/m ²	0.00182	0.00136
Consommation d'énergie en TEC/m ²	0.0114	0.0131

Comparaison d'une consommation d'énergie

Comme nous pouvons le voir dans le tableau ci-dessus, la SMEDAR a une consommation d'énergie par m² de même ordre de grandeur que celui d'une structure administrative, telle qu'une banque.

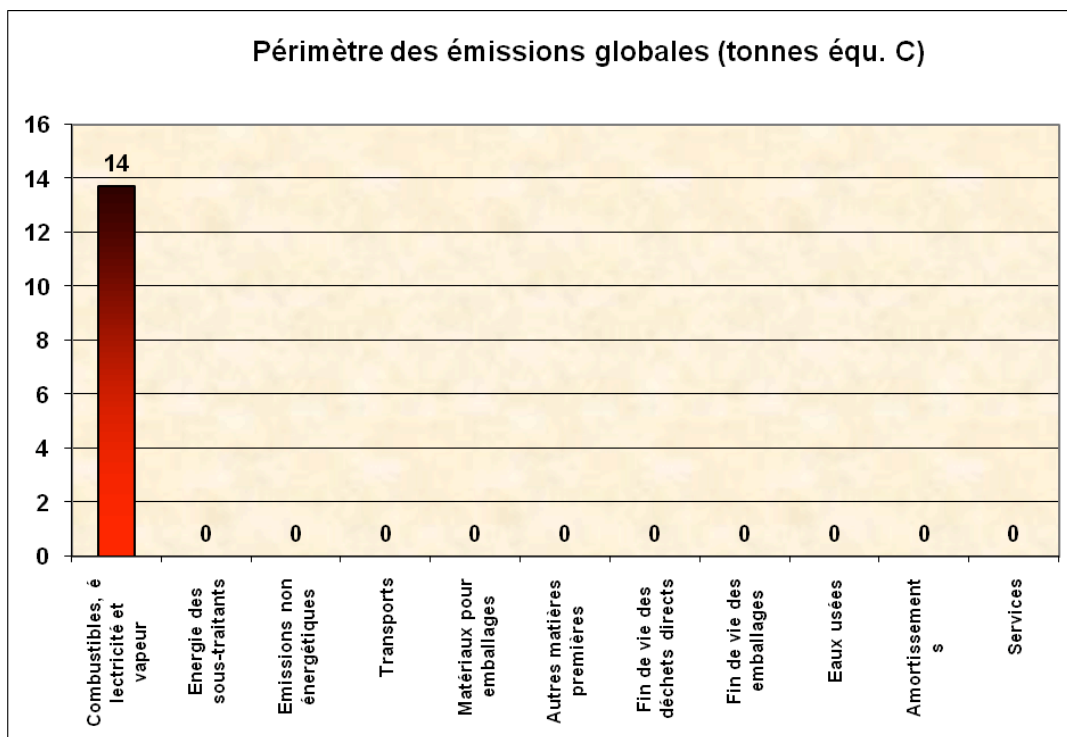
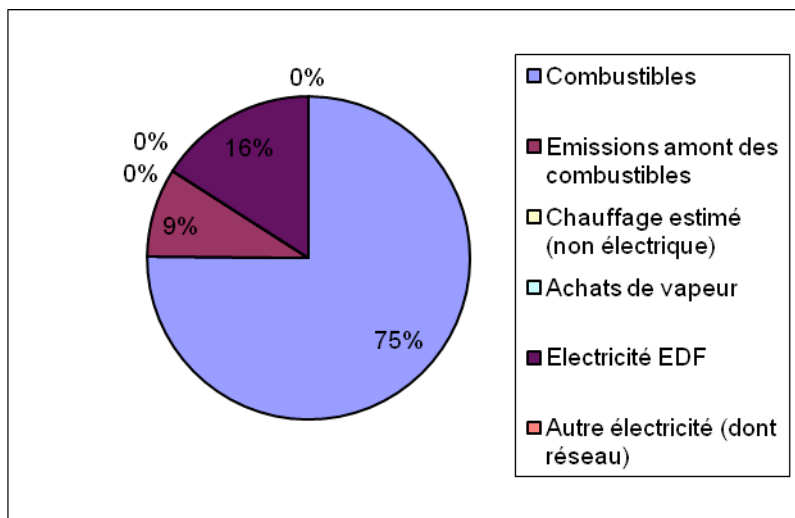
Pour réduire sa consommation et par la même occasion les coûts de ces dépenses énergétiques, il existe différents procédés qui ont souvent montré leur efficacité.

Il est possible, par exemple, de réduire sa consommation d'électricité en utilisant des ampoules basse consommation. Au niveau de l'énergie de chauffage, une meilleure isolation des locaux ainsi qu'une baisse de la température intérieure permettraient de diminuer sa consommation. De plus, dans le cas de grosses installations, l'utilisation du chauffage solaire est une bonne initiative.

Notre étude s'est limitée ici à l'énergie interne des locaux. Il serait toutefois possible de prendre en compte, par exemple, les déplacements effectués par les employés de l'entreprise. Cette démarche est difficile, dans notre cas, puisqu'elle nécessite d'effectuer un questionnaire au niveau du personnel, initiative que nous ne pouvons faire sans l'accord des responsables de la SMEDAR.

Enfin, la méthode du Bilan Carbone prend aussi en compte, par exemple, l'ensemble du matériel informatique et bureautique. Dans ce cas, augmenter la longévité du matériel est une démarche de qualité.

Finalement, cette étude nous a permis d’avoir un premier contact concret avec une structure administrative, ainsi que de comprendre la complexité d’un Bilan Carbone. Malgré sa portée restreinte, elle nous a permis de nous rendre compte qu’il suffit de quelques initiatives pour réduire sa consommation.



3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le Bilan Carbone est un outil de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre. Il a été développé par l'ADEME, à l'initiative de Jean-Marc Jancovici. Son but est de permettre, à partir de données facilement disponibles, une évaluation des émissions directes ou induites par une activité professionnelle, économique ou non.

Dans ce projet, nous avons effectué plusieurs Bilan Carbone. Ils nous ont permis d'avoir une première approche de cette étude, ainsi que de comprendre sa nécessité et son fonctionnement. Dans une comptabilité carbone, c'est le calcul des émissions induites ou indirectes qui constitue l'exercice le plus délicat.

Nous avons ainsi dû prendre en main un outil de calcul qui permet de situer et de comparer différents comportements, techniques, équipements, ou objets techniques en fonction de leur taux de pollution (rejet de carbone).

Ce projet nécessitant d'être à l'écoute des autres, et très réactifs, nous avons ainsi travaillé en collaboration avec d'autres groupes – projet. En effet, nous avons calculé le Bilan Carbone de la voiture à hydrogène et du bateau solaire. De plus, plusieurs personnes extérieures nous ont fourni des informations essentielles pour effectuer les calculs du Bilan Carbone de la SMEDAR.

À travers le Bilan Carbone de la SMEDAR, nous avons entr'aperçu la complexité d'un Bilan Carbone appliqué à une collectivité ou une entreprise. En effet, de nombreuses données sont nécessaires et doivent être collectées. Le Bilan Carbone permet de prendre conscience des enjeux environnementaux. Grâce à cette méthode, les industries peuvent mettre en œuvre des actions afin d'inclure des objectifs d'atténuation et de réduction dans les démarches de management environnemental.

La démarche du Bilan Carbone personnel est différente de celle appliquée à l'entreprise. Il s'agit en effet de mesurer l'impact de chacun sur l'environnement, mais aussi d'identifier les domaines améliorables.

Le Bilan Carbone est donc un instrument de mesure, associé à une démarche de réduction des émissions directes et induites de gaz à effet de serre. Cette démarche est à l'heure actuelle un réel enjeu, puisque les stocks d'hydrocarbures et les surfaces forestières à défricher deviennent de plus en plus limités.

Sur le plan de la démarche scientifique, c'est un projet qui apporte beaucoup, car il développe l'esprit critique ainsi que l'esprit d'analyse. En effet, on manipule une notion qui est très approximative, et qui nécessite une recherche d'informations énorme. Il faut donc être capable de prendre du recul par rapport aux résultats de nos recherches, et également être capable de faire les bonnes approximations, ce qui bien sûr est impossible sans un bon esprit d'analyse. Il faut ainsi apprendre à cerner ce que l'on étudie, faire apparaître des premiers résultats grossiers, puis étoffer et affiner par la suite.

Ce projet reflète donc bien la démarche de l'ingénieur.

4. BIBLIOGRAPHIE

Guide méthodologique – version 5.0 – Objectifs et principes de comptabilisation – Janvier 2007 - ADEME

Guide des facteurs d'émissions – version 5.0 – Calcule des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées – Janvier 2007- ADEME

http://www.nrel.gov/pv/thin_film/docs/lce2006.pdf (1)

<http://www.bilancarbonatepersonnel.org> [valide au 07/05/2008]

<http://www.co2solidaire.org> [valide au 10/03/2008]

<http://www.sncf.com> [valide au 10/03/2008]

<http://www.manicore.com> [valide au 19/05/2008]

<http://www.ademe.fr> [valide au 03/03/2008]

http://fr.wikipedia.org/wiki/Bilan_carbone [valide au 09/06/2008]

<http://www.eco2initiative.com/bilancarbonate.html> [valide au 28/04/2008]

<http://www.smedar.fr/> [valide au 26/05/2008]

<http://www.outilssolaires.com/pv/index-bateaux.htm> [valide au 28/04/2008]

www.enpc.fr/fr/formations/ecole_virt/cours/carassus0607/conferences/5-Ann2-bilan-carbone.pdf [valide au 26/05/2008]

5. ANNEXES (NON OBLIGATOIRE)

- a. Contexte climatique, environnemental et introduction à la méthode du Bilan Carbone**
- b. Principe de la méthode du Bilan Carbone**
- c. Suivis et résultats des Bilan Carbone personnels**
- d. Quelques conseils et préconisations liées aux lieux**

Annexe a - Contexte climatique, environnemental et bilan carbone

I Effet de serre, changement climatique et global

Histoire

L'effet de serre est étudié depuis seulement deux siècles, avec la découverte en 1824 par Joseph Fourier du rôle de l'atmosphère sur la température au sol. Ensuite viendront des travaux sur les causes de l'effet de serre ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ – 1838), et des tentatives de modélisation des effets de l'augmentation des gaz à effet de serre sur la température (sans ordinateurs au commencement). Tous les travaux et études scientifiques vont au fil du temps être entendus par l'opinion publique et conduiront ainsi à une prise de conscience globale, qui conduira à la signature en 1992, au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro la « Convention Climat » dont résulte le protocole de Kyoto (entre autres).

L'effet de Serre : fonctionnement

Pour comprendre l'enjeu de l'étude des gaz à effet de serre, il est bien sûr indispensable de comprendre ce qu'est l'effet de serre. Voici donc le processus naturel de l'effet de serre

- De l'énergie arrive dans l'atmosphère terrestre ; c'est le rayonnement solaire
- Environ la moitié du rayonnement est renvoyé par l'atmosphère, les pôles et le sol (rayonnement infrarouge de l'atmosphère vers l'espace et le sol)
- Le sol absorbe le reste et le restitue : en réchauffant l'air par le bas, en faisant évaporer l'eau ou en émettant un rayonnement infrarouge
- Ce mécanisme augmente la température au sol d'environ 30°C ($\pm 15^\circ\text{C}$ de température moyenne)
- Le système arrive ainsi à un équilibre global mais...
- Par l'action de l'homme, on observe une augmentation des GES (Gaz à Effet de Serre) donc plus d'infrarouges sont retenus ce qui provoque un chauffage du sol, une intensification du cycle de l'eau et l'émission d'infrarouges supplémentaires dans l'atmosphère
- Les nuages ont également une action : les cumulus refroidissent et cirrus réchauffent (cela inclus les traînées d'avion)

L'effet de serre est donc naturel et utile au développement de la vie, mais les conséquences d'un réchauffement de la planète consécutif à l'augmentation des GES sont mal connues. Pour comparaison, l'atmosphère terrestre contient 0,03% de CO_2 pour une température moyenne de 30°C ; l'atmosphère de Vénus contient 96% de CO_2 pour une température moyenne de 420°C ... Il faut également noter que l'eau est la principale cause naturelle de l'effet de serre.

Mais qu'est-ce qu'un gaz à effet de serre (GES) ? C'est un gaz présent dans la basse atmosphère (troposphère) et qui intercepte le rayonnement terrestre (infrarouges). A chaque GES est attaché la notion (essentielle !) de « forçage radiatif », qui définit quel supplément d'énergie (en watts par m^2) est renvoyé vers le sol par une quantité donnée de gaz dans l'air.

Voici les principaux GES :

- Vapeur d'eau (évaporation)
- CO_2 (combustion pétrole, charbon, gaz)
- CH_4 (méthane, gaz naturel – décomposition ou pyrolyse de matière organique)
- N_2O (protoxyde d'azote – engrais, industrie chimique)
- Hydrocarbures fluorés (gaz réfrigérants, procédés industriels divers)

- Ozone (O₃)

Attention, le trou de la couche d'ozone et le changement climatique n'ont cependant rien à voir !

Emission de GES

6 à 7 milliards de tonnes de CO₂ sont émises par l'activité humaine chaque année, dont la majorité due à l'utilisation d'énergies fossiles. Ces émissions ont été multipliées par 4 en 50 ans ! De plus, on remarque que les émissions de CO₂ sont fortement liées à la croissance économique on ne peut donc pas avoir de croissance infinie...

Le carbone suit naturellement un cycle :

- Il existe 4 principaux lieux de stockage : l'atmosphère (750 milliard de tonnes), la biosphère (2360 milliards de tonnes), l'hydrosphère (océans – 38 000 milliards de tonnes) et la lithosphère (avec les énergies fossiles – 65 500 000 milliards de tonnes)
- Il existe des flux naturels : atmosphère -> biosphère, biosphère -> atmosphère, atmosphère -> océans, océans -> atmosphère, biosphère -> océans et lithosphère -> atmosphère.
- Il existe aussi des flux dus à l'activité humaine (anthropiques) : biosphère -> atmosphère et lithosphère -> atmosphère qui font au total des émissions annuelles de 3 à 3,5 milliards de tonnes.

Pour tenter de mesurer l'impact des émissions anthropiques sur le réchauffement global, on fait des carottes glaciaires au Groenland et en Antarctique, qui permettent de faire l'analyse isotopique des bulles d'air emprisonnées dans les glaces (reconstitution des climats anciens). On a donc observé une nette augmentation de la concentration de CO₂ de l'atmosphère depuis 1800 et qui s'accélère depuis la 2^è moitié du 20^è siècle. Le mieux que la nature ait su faire est une augmentation de 80 ppm (parties par million) en 10 000 ans. L'Homme a contribué à le faire en 200 ans. En prolongeant le rythme de progression observé depuis 15 ans, la teneur en CO₂ de l'atmosphère atteindrait le seuil des 450 ppm en 2040. Au-delà de ce seuil, les changements climatiques pourraient prendre une ampleur et une vitesse d'évolution de moins en moins contrôlable par l'Homme.

La majorité des émissions de CO₂ d'origine humaine proviennent de la combustion des énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon). La plupart sont liées à la production d'électricité dont 40% est faite à partir de charbon (USA, Chine et même un peu en France) ; aux transports avec le pétrole et au chauffage au gaz ou au pétrole (fioul). La déforestation déséquilibre également les émissions de CO₂.

Les émissions de méthane d'origine humaine viennent à 30% des énergies fossiles et à 70% de l'agriculture : élevage de bovins, rizières (marécage artificiel, très producteur de méthane), décharges (putréfaction des déchets alimentaires) et brûlis.

Les émissions de N₂O (gaz hilarant – protoxyde d'azote) d'origine humaine : 2/3 sont dues à l'agriculture, 1/4 à l'industrie chimique.

Quel climat demain ?

Pour le savoir, il faut modéliser, et pour cela il faut déterminer notre comportement futur : notre nombre, notre utilisation des énergies fossiles... On ne peut donc faire que des hypothèses. Un modèle tend à représenter la réalité à l'aide d'équations mathématiques : pour les modèles climatiques, on « découpe » la surface du globe en « boîtes » de quelques centaines de kilomètres de côté et quelques centaines de mètres d'épaisseur. Ces modèles connaissent une amélioration continue : ils étaient centrés sur l'analyse de l'atmosphère dans les années 1970 alors que les modèles actuels tiennent compte des sols, océans et glaces, aérosols, cycle du carbone, végétation et de la chimie de l'atmosphère.

Après avoir fait un modèle, il faut le tester avec des données existantes, donc avec les climats passés (pour voir si le modèle est viable). Ensuite, il faut faire différents modèles en fonction d'hypothèses de développement économique et géographique. On a donc, entre les scénarios les plus optimistes et les plus pessimistes :

- Des émissions de carbone variant de 1 à 4
- Des émissions de méthane et NO₂ allant de 1 à 2
- Des émissions de SO₂ allant de 1 à 3

Pour les modélisateurs, aucun scénario utilisé pour les simulations n'est considéré comme plus probable qu'un autre. Il faut donc tous les prendre en compte pour faire les prévisions.

Il faut ensuite convertir les émissions en concentration de GES dans l'atmosphère. On estime que, selon les scénarios envisagés, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère aura au minimum doublé en 2100 (Des années 1990 à aujourd'hui, on a observé une accélération importante dans l'accroissement de cette concentration). On prévoit donc une hausse des températures globales de 1,4°C à 5,8°C en 2100 (sachant que le dernier rapport, prenant en compte de nouveaux effets amplificateurs, devrait remonter encore cette fourchette). Si on regarde les climats passés (depuis l'arrivée de l'homme), on observe des températures en général largement inférieures à celles de 1990 ; avec des pointes à 2°C au-dessus à quelques occasions. Cependant, ces changements climatiques sont différents de ceux observés aujourd'hui ou dans un futur proche : en effet, une hausse de 5°C a, jusqu'ici, été observée sur 400 générations ! Or, dans certains scénarios, on retrouve cette évolution en seulement 2 ou 3 générations. De plus, on peut voir qu'une hausse de 5°C (soit à peu près ce qui a été observé depuis la dernière ère glaciaire) a un impact énorme sur la planète : voir l'évolution des glaciers depuis cette ère glaciaire (glaciers recouvrant l'Europe et Amérique du nord, niveau des océans 120m plus bas : l'Angleterre n'est pas une île...).

L'augmentation de la température n'évoluera pas pareil partout : elle sera plus rapide au niveau des continents que des océans, au nord qu'au sud (plus de continents au nord), dans les endroits humides que les endroits secs et aux pôles qu'aux tropiques.

Les impacts du changement climatique

Il est difficile de prévoir les impacts : on peut avoir des « mauvaises surprises » et, comme le système climatique n'est pas linéaire, il possède des seuils qu'il est difficile de prévoir. On peut quand même faire une liste des principaux impacts possibles :

- Sur l'écosystème (faune et flore), qui est directement lié aux conditions climatiques (température, précipitations...)
- Sur le niveau des océans : on devrait observer une fonte des glaces (pôles plus sensibles au réchauffement que le reste de la planète) et une dilatation thermique provoquant des inondations, une salinisation, avec d'importants dégâts (comme par exemple à la Nouvelle Orléans), une modification des courants marins (la modification du Gulf Stream en Europe pourrait entraîner une modification du climat européen, qui serait d'ailleurs probablement un refroidissement)
- Sur les phénomènes extrêmes : ouragans, cyclones (plus violents surtout), épisodes pluvieux intenses, canicules...
- Sur la santé humaine, en relation avec la température (propagation du paludisme...)

De plus on peut prévoir un « emballement » de la machine climatique : sous l'effet d'une hausse de la température, des « puits » de GES peuvent devenir des sources, notamment

les continents ou les océans (pas de renouvellement des eaux de surfaces qui dissolvent le CO₂...). Par exemple, on s'est aperçu que plus de carbone a été « déstocké » en 2003, année de canicule. Or nous connaissons, dans le futur, plus d'années chaudes, à cause des GES provoquant un réchauffement global...

Il faut également se rendre compte que, si (par exemple) les émissions de CO₂ commencent à décroître dans 100 ans, la baisse et même la stabilisation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère ne se fera qu'au bout de quelques siècles, à cause de la « durée de vie » du carbone dans l'atmosphère... Et les températures suivraient le même schéma, tandis que les océans mettraient encore plus de temps à amortir le choc et continueraient de gagner du terrain...

A ce réchauffement dû aux GES, nous devons ajouter le réchauffement « naturel » dû aux cycles de Milankovic : excentricité de la rotation de la Terre autour du soleil, obliquité de la Terre et précessions de la Terre, qui sont des cycles naturels.

II Les Gaz à Effet de Serre, mesure du Pouvoir de Réchauffement Global et équivalent carbone

Il est important de savoir que chaque GES n'a pas la même efficacité pour retenir le rayonnement infrarouge et donc le même impact sur l'environnement. C'est pourquoi il convient de les traiter tous séparément pour connaître leur impact réel sur l'environnement. Un total « brut » des émissions de gaz ne sert à rien. On se heurte alors à plusieurs difficultés : il faut connaître la durée de vie d'un GES dans l'atmosphère, l'effet d'un supplément de GES, la « concurrence » que peuvent se faire les différents GES et la détermination du PRG (Pouvoir de Réchauffement Global).

Durée de résidence (de vie) des GES

Cette durée de résidence varie beaucoup d'un GES à l'autre. Les GES sont majoritairement des espèces stables, et qui restent donc très longtemps (plusieurs décennies à plusieurs millénaires) dans l'air. L'eau, en revanche, a un cycle court et ne reste donc pas longtemps dans l'air et ne s'accumule pas.

Ainsi, la concentration de méthane commence à baisser au bout de 10 ans, celle de CO₂ au bout d'environ 100 ans, et certains halocarbures ne commencent pas à disparaître avant 1000 ans !

L'effet d'un supplément de GES

Le forçage radioactif est l'effet de serre additionnel causé par un GES, par rapport à la situation « naturelle ». Ce forçage est proportionnel à la concentration du gaz uniquement s'il est peu présent dans l'atmosphère. Sinon, sa règle d'évolution peut être complètement différente.

La concurrence des GES

Différents gaz peuvent absorber les mêmes infrarouges, c'est pourquoi la concentration des gaz « concurrents » déjà présents dans l'atmosphère est à prendre en compte lorsque l'on mesure l'effet d'un gaz à effet de serre.

Le Pouvoir de Réchauffement Global – unité de comparaison

Le Pouvoir de Réchauffement Global, ou PRG, est le rapport des effets cumulés entre le gaz considéré et l'effet cumulé du CO₂. Il représente la contribution à l'effet de serre de chaque gaz. En d'autres termes, il indique « combien de fois de plus » qu'un kg de CO₂ ce gaz « perturbe le climat » pendant une durée donnée. Il prend ainsi en compte les

infrarouges absorbés par ce gaz ainsi que sa durée de séjour dans l'atmosphère. A partir du PRG, on peut mesurer l'équivalent carbone, qui correspond au PRG à 100 ans ramené au seul poids du carbone dans le CO₂ (0,27kg dans 1kg de CO₂). C'est donc le PRG multiplié par 12/44. L'équivalent carbone se mesure en kg. L'équivalent carbone du CO₂ dégagé lors d'une combustion complète d'un composé carboné correspond donc exactement au poids de carbone dans le composé de départ. Ainsi, pour tout inventaire des émissions humaines, on utilisera l'équivalent carbone ou le PRG à 100 ans, on ne prendra pas en compte la vapeur d'eau, ni l'ozone, ni le CO₂ organique (sauf déforestation). Il faut cependant surligner le fait que, à cause d'incertitudes de nature physique, nous raisonnons toujours en ordres de grandeur et on aura donc des résultats en ordres de grandeur. On peut ainsi comparer le GES.

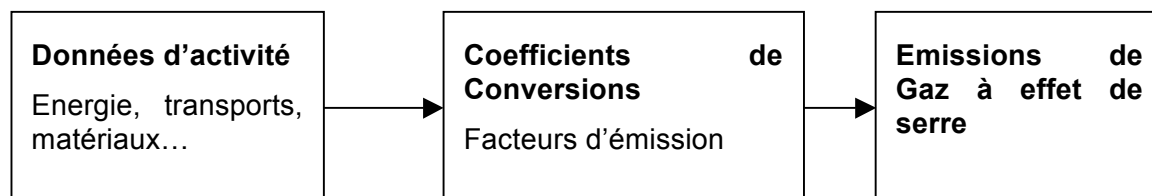
III Introduction au Bilan Carbone

Le Bilan Carbone est la première méthode française d'estimation des émissions humaines directes et indirectes de gaz à effet de serre. Cette méthode est transparente et permet de connaître à la fois les émissions en GES d'une activité mais également sa consommation et sa dépendance aux énergies fossiles. Les calculs sont effectués en équivalent carbone de 6 gaz et ils aboutissent à un ordre de grandeur et non à une mesure exacte. Ce Bilan Carbone a été lancé par l'ADEME en décembre 2003 pour les entreprises et le tertiaire et en novembre 2006 pour les collectivités et le territoire.

Un inventaire « élargi »

Sont prises en comptes deux types d'émissions : les émissions directes, issues d'une activité « juridiquement » propre à l'entreprise, et les émissions indirectes, c'est-à-dire liées à des activités des fournisseurs, clients, transport, déchets etc. On étudie spécifiquement les 6 gaz ou familles de gaz du protocole de Kyoto : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆.

De manière générale, ce Bilan se déroule comme suit :



Il s'agit bien d'un calcul et non d'une mesure précise. Les incertitudes liées à ce Bilan comprennent l'incertitude liée aux facteurs d'émission et celle liée aux données d'activité. Pour effectuer ce Bilan, on utilise un tableur réalisé par l'ADEME, qui est en fait un ensemble de multiplications élémentaires. On regroupe ensuite les résultats obtenus dans un histogramme qui, bien que plus ou moins précis, permet de cibler les problèmes et identifier les priorités d'action pour réduire les émissions de GES.

Annexe b - Principe de la méthode du bilan carbone

D'après le guide méthodologique – version 5.0 – objectifs et principes de comptabilisation pour les entreprises et collectivités

La version la plus récente de calcul du Bilan Carbone concernant les collectivités, se divise en deux modules :

- patrimoine et service (administratifs : commune, départements, arrondissements de villes, régions, pays, technique)
- territoire (ensemble des personnes et activités résidentes sur un territoire)

Ils ont les mêmes fonctionnalités et applications de base.

I - Objectifs et généralités sur la méthode

1.1 Principe général

La méthode BC permet d'évaluer 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 ou d'une organisation humaine.

L'un des points fondamentaux de la méthode consiste à mettre sur un pied d'égalité les émissions des GES qui prennent directement place au sein de l'entité (entreprises ou locaux) et avec les émissions qui prennent place à l'extérieur de cette entité.

On trouvera par exemple comme émissions qui prennent place à l'extérieur de l'entité :

- les émissions de production de l'électricité pour un fabricant de semi-conducteurs (car sans électricité la production de semi-conducteurs sous sa forme actuelle s'arrête),
- les émissions d'un camion affrété par une entreprise alors qu'il ne lui appartient pas, mais qu'il est nécessaire au transport des produits fabriqués vers les clients (sans ce transport l'activité n'est plus configurée de la même manière),
- les émissions de fonctionnement d'une voiture à essence ou à diesel vendue par un constructeur

L'une des conséquences de la prise en compte, par la méthode, des émissions directes et indirectes, est bien entendu une indifférence totale de la localisation des émissions de gaz à effet de serre analysées. Ce choix se justifie par les très longues durées 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).

Nous pouvons nous demander quel est le degré de responsabilité d'un fabricant ou d'une entreprise : faut-il se considérer comme « responsable » de toutes les émissions prises en compte dans le BC ?

En fait, le degré de responsabilité s'appréciera au cas par cas, en fonction des émissions considérées, du contexte d'ensemble et de ses propres critères.

1.2 Principe du facteur d'émission

La seule manière d'estimer les émissions de gaz est de les obtenir par le calcul à partir de données dites d'activité.

Exemple : nombre de camions qui roulent et distance parcourue, nombre de tonnes d'acier achetées, nombre de vaches qui ruminent, 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.

Il est important de noter qu'étant donné que l'essentiel de la démarche se base sur des facteurs d'émissions moyens, cette méthode fournit des ordres de grandeur. Pour enclencher puis évaluer l'action, il suffira de disposer d'une hiérarchie des émissions et d'ordres de grandeur pour ces dernières, une évaluation à 20% est suffisante.

1.3 Cibles ou applications

Jusqu'à la version 4, la méthode était centrée sur les entreprises industrielles et tertiaires. Elle était utilisable pour les entités publiques (préfectures, administrations centrales).

La version 5 et ses tableurs associés permettent d'appliquer la méthode à : des activités industrielles, privées ou publiques, des activités tertiaires quelle que soit sa forme juridique (administration publique, société à but lucratif, association, fondation...), à toutes les collectivités territoriales et toutes structures territoriales (Parc Naturel Régional...).

La méthode peut également s'appliquer à un projet (lotissement, zone d'activités d'une collectivité...). Elle permet de comparer une situation de départ à une situation d'arrivée pour évaluer le gain ou le surplus d'émissions.

1.4 Bénéfices résultant de la mise en œuvre

Le bénéfice est de disposer d'une radiographie de l'ensemble des émissions des GES, sur lequel il est possible de jouer pour faire baisser l'impact global sur le changement climatique.

Par conséquent, la méthode est un outil de management environnementale, participant d'une démarche volontaire et sans contraintes réelles de temps.

Les rapports du GIEC (Groupes d'Experts Intergouvernementales sur l'évolution du Climat) affirment que les émissions mondiales de CO₂ d'origine fossile doivent être divisées

par deux – d’ici 2050 – pour que ce gaz cesse de s’accumuler dans l’atmosphère. Dans une logique de développement durable où tout humain a droit au même potentiel d’émissions, cela suppose une réduction par quatre des émissions françaises – d’où le scénario « facteur 4 » annoncé par la France.

Un autre bénéfice est le recyclage. Il permet d’économiser de la matière première, de l’énergie et de réduire certaines émissions de GES.

Le recyclage est une valorisation. Par exemple, le recyclage de déchets peut servir à une production de chaleur et d’électricité.

1.5 Documents associés à la méthode

Le Bilan Carbone® n’est pas seulement un document méthodologique, mais aussi un ensemble de tableurs - avec les manuels d’utilisation associés qui permette la mise en œuvre de la méthode, ainsi qu’un guide des facteurs d’émission précisant l’origine de ces derniers.

Très concrètement, les documents constitutifs de la méthode Bilan Carbone® d’une entreprise ou d’une collectivité regroupent :

1. le document méthodologique qui décrit de façon détaillée la méthode,
2. le document intitulé « Guide des facteurs d’émission » qui contient, comme son nom l’indique, le calcul ou l’origine de l’ensemble des facteurs d’émission utilisés dans le tableur,
3. des tableurs maîtres qui permettent la mise en oeuvre de la méthode dans le cas des entreprises, des territoires et des collectivités. Ils permettent d’effectuer le calcul des émissions, la comparaison des émissions d’une année sur l’autre, et la gestion des objectifs de réduction. Des utilitaires associés aux tableurs, permettent de mieux mesurer la portée d’une dépendance aux combustibles fossiles,
4. un manuel d’utilisation par tableur (chaque manuel d’utilitaire est en annexe du manuel du tableur maître dont il dépend).

1.6 Données prises en compte dans le tableur

On prend en compte dans le tableur l’utilisation :

- l’énergie utilisée au sein de l’entité (combustible, fossile, ...), l’électricité et la vapeur achetés y compris le chauffage,
- les émissions des procédés industriels ou agricoles (autres que résultantes de l’énergie),
- les énergies des procédés pour les sous traitants (personne qui reproduit chez elle une partie de ce qui se passe sur le site audité dans des conditions à peu près identiques).

De plus, il est important de s’intéresser aux émissions du fret :

- émissions découlant des transports dits internes,

- émissions des transports des produits qui quittent le site et expédiés chez les clients,
- émissions découlant des transports des achats,
- émissions des transports des personnes : déplacement domicile-travail, déplacement des salariés dans le cadre du travail, déplacement des visiteurs.

Enfin, on prend en compte tout ce qui se rapporte aux matériaux entrants, aux services tertiaires (publicité, services de télécoms), aux déchets directs et eaux usées, aux déchets banals (emballages des achats, de fabrication, alimentaires, déchets verts).

Les eaux usées : elles peuvent émettre du méthane quand elles sont rejetées dans l'environnement sans épuration et qu'elles contiennent une charge organique. La méthode se base sur la charge organique des eaux usées en matière organique.

En ce qui concerne les emballages des produits vendus ou distribués, on tient compte des émissions qui sont liées à la production des plastiques, papiers, métaux, qui sont nécessaires à la réalisation de l'emballage, puis aux émissions liées à la fin de vie de ces emballages.

II - Principes et limites de la comptabilisation Bilan Carbone

2.1 Principes à travers quelques exemples

- Dans le cas du CO₂ d'origine organique, le BC ne prend pas en compte les émissions de CO₂ organiques provenant de la combustion de la biomasse (bois, déchets...)
- Le Bilan Carbone se basant sur des flux et non sur une localisation particulière des émissions, une exclusion géographique stricte n'a pas de justification particulière et donc toutes les émissions qui sont « nécessaires » à une activité seront prises en compte quel que soit le lieu d'émission.
- Chaque gaz à effet de serre possède un pouvoir de réchauffement global différent, qui quantifie son « impact sur le climat au bout d'un certain temps » ainsi par exemple, le dioxyde de carbone d'origine fossile, a une durée de résidence dans l'atmosphère de l'ordre du siècle, alors que le méthane (CH₄), a une durée de l'ordre de la décennie. De plus, pour faciliter la comparaison des émissions entre les gaz, chaque gaz est converti en tonnes équivalent carbone.

2.2 Limites

Malgré les nombreux avantages (rapidité et commodité d'emploi), il existe plusieurs inconvénients :

- Approximation et variation des facteurs d'émissions (distance par exemple domicile-travail).
- Variation de certains facteurs d'émissions avec le temps.
- Utilisation du BC, principalement par les pays industrialisés où il n'y a pas de déforestation (pas de prise en compte d'émissions de CO₂ organiques : combustion de la biomasse, bois, déchets).

De plus, les déchets radioactifs libérés par les centrales nucléaires ne sont pas des polluants pris en compte par le BC.

Enfin, les facteurs d'émission mis au point pour cette méthode, sont prioritairement adaptés aux situations rencontrées en Europe.

Ailleurs dans le monde, la situation peut être suffisamment différente pour que les facteurs d'émission cessent d'être adaptés. Par exemple, si nous comparons l'Europe à l'Amérique du Nord, seront notablement différentes :

- la manière de produire l'électricité (les émissions par kWh sont deux fois plus élevées aux USA que pour la moyenne européenne).
- les motorisations des véhicules sont généralement plus importantes aux Etats-Unis qu'en Europe (une voiture particulière américaine est plus consommatrice de carburant qu'une voiture française, et cela est également valable pour les camions), et les distances domicile-travail sont souvent plus élevées.
- les productions agricoles - et les modes de production agricole - sont également assez différents en Europe et aux USA, de telle sorte que les facteurs d'émission pour les produits issus de l'agriculture ne seront pas nécessairement valables.

Par contre, les facteurs d'émission contenus dans le tableur sont applicables aux pays d'Asie dont le tissu industriel et l'aménagement de l'espace sont comparables à ce qui s'observe en Europe, ce qui va concerner par exemple le Japon, la Corée du Sud, Taiwan, Singapour, etc. Lorsque nous souhaitons effectuer le Bilan Carbone d'un ensemble de sites dont certains sont situés à l'étranger, il est nécessaire qu'un conseil externe intervienne afin de vérifier que les facteurs d'émission standard restent applicables.

e. III - Quelques exemples

3.1 Quelques ordres de grandeur

Pour avoir un ordre d'idées, 2 tonnes d'équivalent carbone, soit quasiment l'émission annuelle moyenne d'un Français, peuvent résulter de :

- L'achat de 87.300 kWh d'électricité en France (12.600 en Grande Bretagne).

- La combustion de 2.700 litres d'essence.
- 15.000 km en voiture moyen/haut de gamme en cycle urbain réel.
- 30.000 km en avion (soit 2 allers retour Paris New York),
- 870.000 km en train en France (87.000 km en Grande Bretagne)
- la production de 250 kg de bœuf,
- la production de 700 kg d'aluminium neuf en Europe (moins aux USA),
- 2 ans de fuites du système d'air conditionné dans un immeuble de bureaux de taille moyenne.

3.2 Une préfecture de région

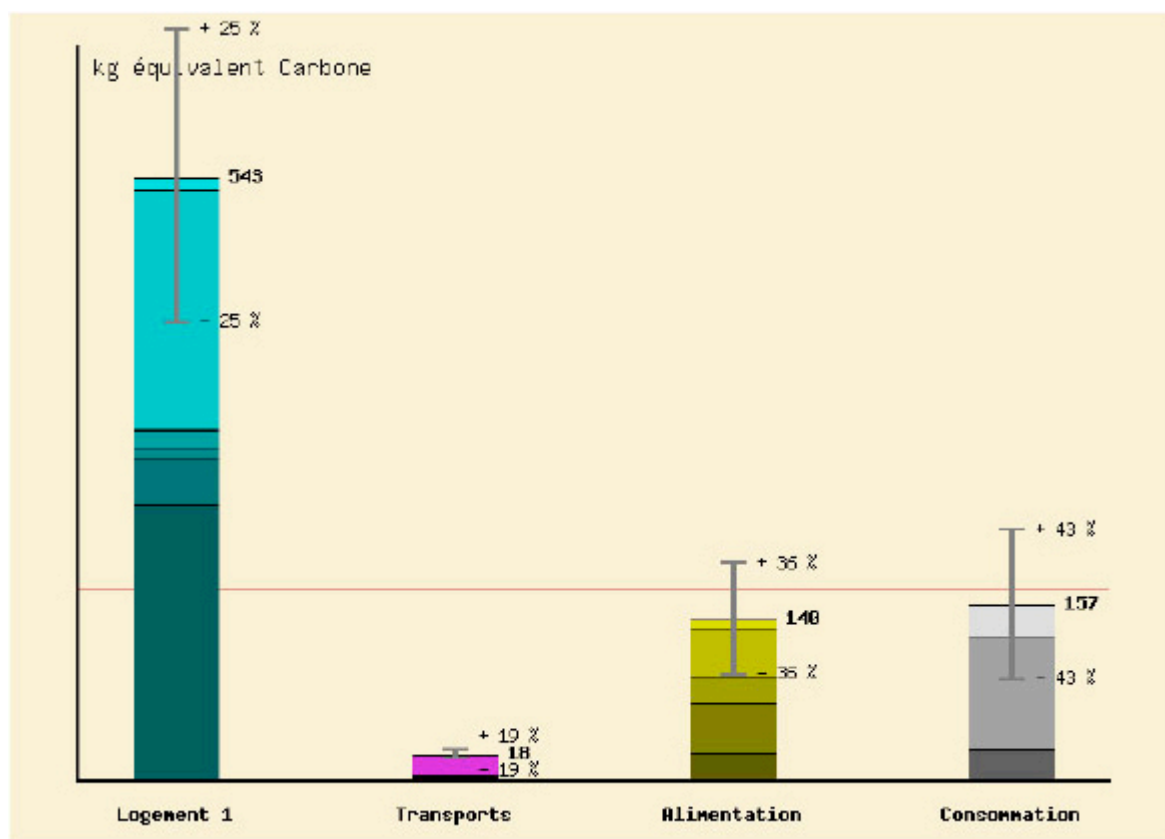
Enfin, la méthode étant parfaitement applicable à une entité publique, nous donnons pour finir l'exemple d'une préfecture de région. Nous prendrons en compte dans son Bilan carbone :

- les combustibles utilisés pour le chauffage (fioul ou gaz, éventuellement charbon),
- les fuites du système de climatisation (s'il y en a un),
- les émissions liées à la production de l'électricité achetée,
- les déplacements pour venir au travail des salariés,
- les déplacements des salariés pour les nécessités du service, y compris les voyages du préfet à l'étranger,
- les déplacements des « usagers de l'administration » jusqu'au local de réception du public,
- les émissions liées à la fabrication et à la fin de vie des consommables, notamment les papiers,
- les émissions liées à la fabrication de l'informatique et de la bureautique utilisées,
- les émissions engendrées par la construction des bâtiments de la préfecture, et éventuellement des accès routiers si ils ont été réalisés uniquement pour cela,
- les émissions liées aux envois postaux chez les administrés...

Le Bilan Carbone est une méthode complexe et assez générale qui permet de comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre. Ce travail est long et fastidieux car il nécessite la recherche et l'exploitation de nombreuses données. L'entreprise fait le plus souvent appelle à des prestataires spécialisés dans ce domaine. L'objectif est de proposer des solutions pour diminuer les émissions.

Annexe c – Suivis et résultats des Bilan Carbone personnels

Bilan carbone n°1 – Marion TORRE



	Emissions en kg equ. C	Incertitude en %
Logement 1	Consommation d'énergie : émissions par type d'énergie	
Electricité	22,1	30
Gaz naturel	294,1	5
	Consommation d'énergie : émissions par type d'usage	
Chauffage	252,1	5
Eau chaude sanitaire	42,0	5
Cuisson des aliments	5,9	30
Electricité hors chauffage, eau chaude sanitaire,	15,2	30

	cuisson des aliments, et électricité des parties communes		
	Electricité des parties communes	1,1	30
	Consommation d'énergie : total des émissions	316,2	7
	Gros électroménager	9,0	50
	Meubles	0,0	0
	Fournitures travaux	0,0	0
	Total équipement et travaux du logement	9,0	50
	Construction	218,2	50
	Total logement 1	543,4	25
Transports	Total voiture(s)	0,0	0
	Total deux-roues	0,0	0
	Total vol(s) en avion	0,0	0
	Train	15,2	20
	Transports en commun de proximité à propulsion non électrique	2,1	12
	Transports en commun de proximité à propulsion électrique	0,2	20
	Total transports en commun hors vols en avion	17,5	19
	Total transports	17,5	19
Alimentation	Viande rouge	8,6	30
	Viande de porc	7,5	30
	Volaille	6,9	30
	Poisson	16,2	30
	Total viande et poisson	22,9	30

	Fromage et beurre	13,2	30
	Laitages	17,8	30
	Lait	13,3	30
	Total produits laitiers	44,3	30
	Fruits et légumes de saison	3,4	30
	Fruits et légumes hors saison	10,5	30
	Fruits et légumes tropicaux	9,7	30
	Total fruits et légumes	23,7	30
	Eau en bouteille	0,0	0
	Alcool	6,8	30
	Total boissons	6,8	30
	Autres denrées alimentaires	42,8	50
	Total alimentation	140,4	36
Consommation	Chaussures	2,8	40
	Vêtements hors chaussures	23,3	20
	Total vêtements (y compris chaussures)	26,1	22
	Télévisions ordinateurs écrans plats	66,6	50
	Petit informatique	0,0	0
	Petits consommables	36,0	50
	Assurance - mutuelle	6,8	50
	Téléphonie	0,5	50
	Employés de maison	0,0	0
	Animaux de compagnie	0,0	0
	Déchets	-8,7	50

Total vie quotidienne	101,2	50
Sports d'hiver	30,0	40
Locations de logements de vacances	0,0	0
Bateaux, camping-cars, caravanes	0,0	0
Total Loisirs	30,0	40
Total Consommation	157,3	43

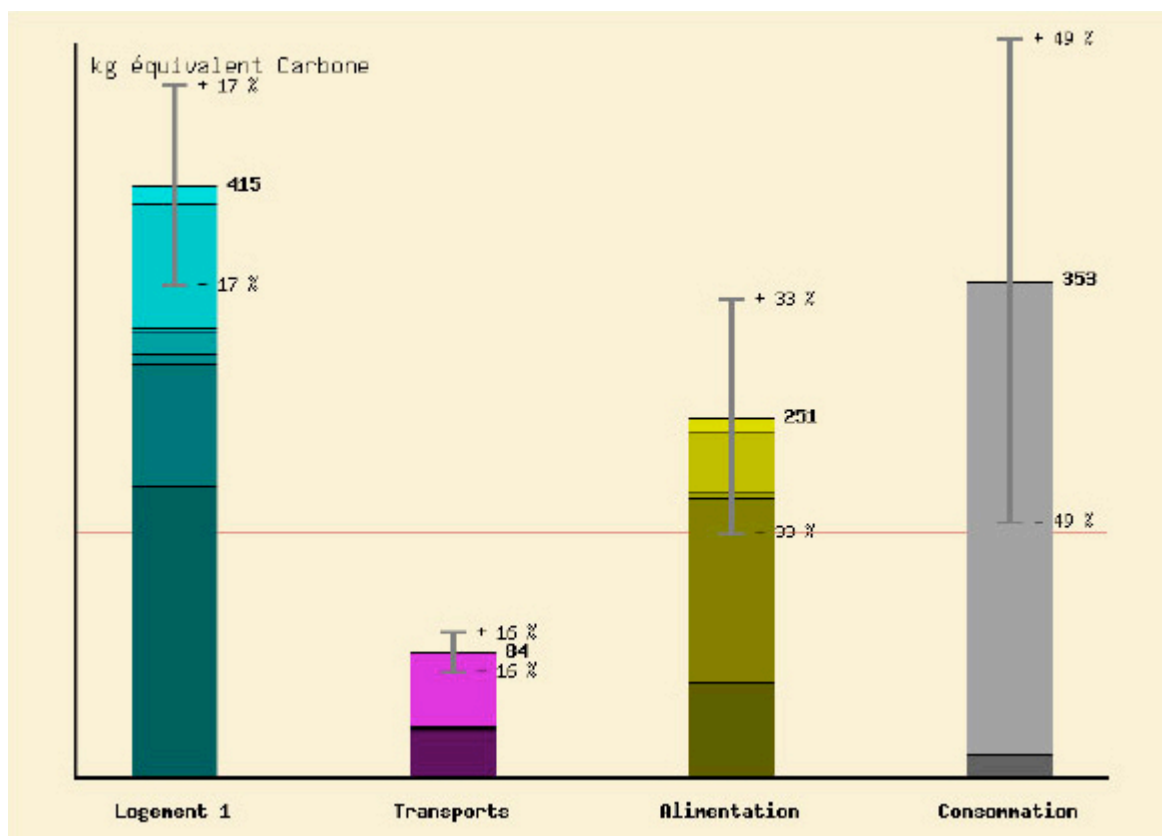
Suivi :

fruits de saison		0
fruits pas de saison	fraises	0.5
	framboises	0.150
	kiwis	0.300
	pommes	2
	poires	1
	ananas	0.300
	melon	0.200
légumes de saison	tomates	2
	betteraves	0.225
	carottes	0.625
	choux	0.350
	oignons	0.100
légumes pas de saison	salades	0.550
	courgettes	0.750
	haricots	0.300
	brocolis	1
viande rouge		0.100
volaille		1
jambon		0.510
poisson		0.200
crevettes		0.700
fromage		0.200
beurre		0.200
yaourts		3.125
lait		3.5L
œufs		
sucre		
féculents	pâtes	0.700
	riz	0.420
	pdt	0.800
	petits pois	0.500
céréales	muesli	0.800
	quinoa	0.300

	blé	0.400
	pain	1.5
alcool		0.850
jus de pamplemousse		3.5L

transports	train	580km
	voiture	12,2km
	bus	3,90km
	tramway	4,80km
	métro	4,83km

Bilan carbone n°2 – Hélène SALLES

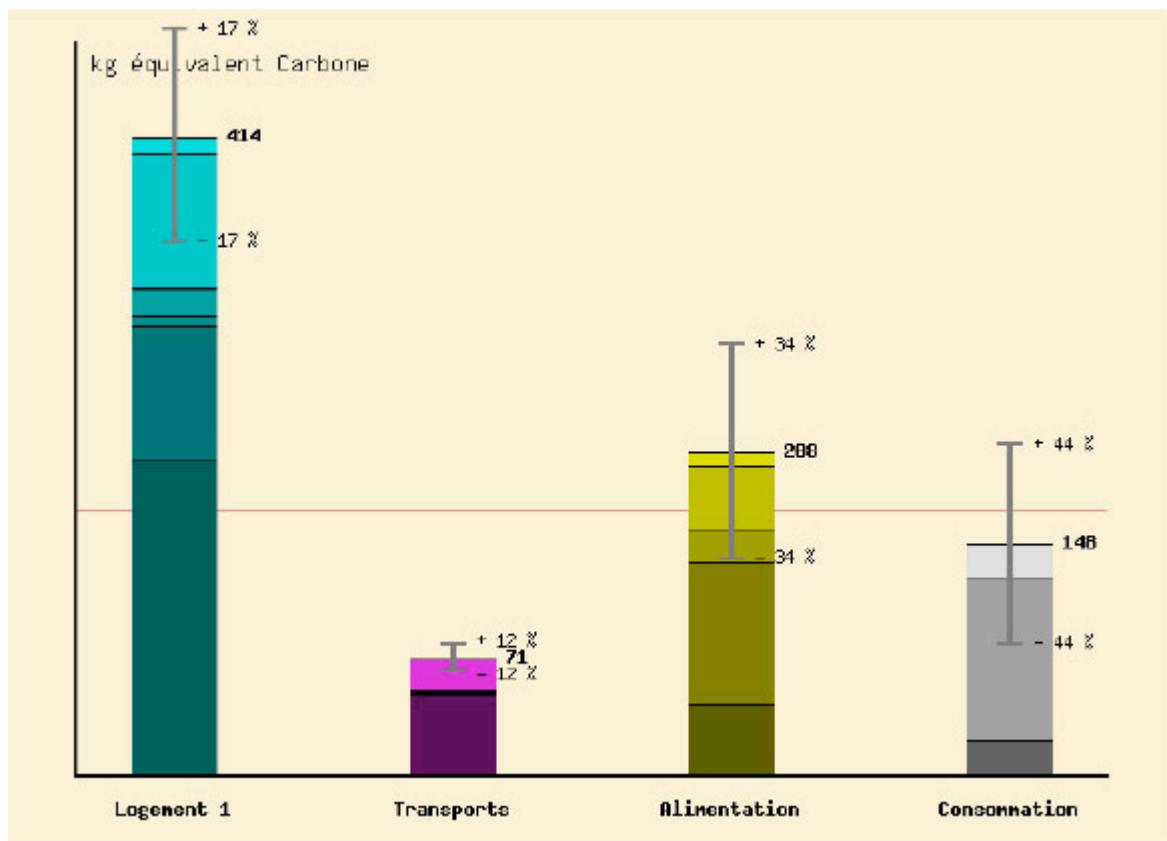


Logement 1	Consommation d'énergie : émissions par type d'énergie		
	Electricité	22,1	30
	Gaz naturel	294,1	5
	Consommation d'énergie : émissions par type d'usage		
	Chauffage	207,6	5
	Eau chaude sanitaire	86,4	5
	Cuisson des aliments	5,9	30
	Electricité hors chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson des aliments, et électricité des parties communes	15,2	30
	Electricité des parties communes	1,1	30
	Consommation d'énergie : total des émissions	316,2	7
	Gros électroménager	9,0	50
	Meubles	3,0	50
	Fournitures travaux	0,0	0
	Total équipement et travaux du logement	12,0	50
	Construction	87,3	50
Total logement 1	415,5	17	
Transports	Voiture 1	5,2	10
	Voiture 2	27,5	10
	Total voiture(s)	32,7	10
	Total deux-roues	0,0	0
	Total vol(s) en avion	0,0	0
	Train	50,5	20
	Transports en commun de proximité à propulsion non électrique	1,1	12
	Transports en commun de proximité à propulsion électrique	0,0	0
	Total transports en commun hors vols en avion	51,5	20
	Total transports	84,2	16
Alimentation	Viande rouge	38,5	30
	Viande de porc	20,3	30
	Volaille	6,9	30
	Poisson	0,0	0
	Total viande et poisson	65,7	30
	Fromage et beurre	33,1	30
	Laitages	23,9	30
	Lait	75,8	30
	Total produits laitiers	132,8	30
	Fruits et légumes de saison	2,1	30
	Fruits et légumes hors saison	0,0	0
	Fruits et légumes tropicaux	1,3	30
	Total fruits et légumes	3,4	30
	Eau en bouteille	0,0	0
	Alcool	8,0	30
Total boissons	8,0	30	
Autres denrées alimentaires	41,4	50	
Total alimentation	251,3	33	
Consommation	Chaussures	2,0	40
	Vêtements hors chaussures	12,7	20
	Total vêtements (y compris chaussures)	14,7	23
	Télévisions ordinateurs écrans plats	200,0	50
	Petit informatique	80,0	50
	Petits consommables	60,0	50
	Assurance - mutuelle	6,6	50
	Téléphonie	0,3	50
	Employés de maison	0,0	0
	Animaux de compagnie	0,0	0
	Déchets	-8,7	50
	Total vie quotidienne	338,2	50
	Sports d'hiver	0,0	0
	Locations de logements de vacances	0,0	0
	Bateaux, camping-cars, caravanes	0,0	0
Total Loisirs	0,0	0	
Total Consommation	352,9	49	

Suivi :

jus de fruit	3 L	3 kg
viennoiseries		0,8 kg
riz	x 1	0,06 kg
haricots verts	x 5	0,25 kg
carottes	x 1	0,375 kg
pdt	x 10	3,275 kg
pâtes	x 14	1,4 kg
haricots blanc	x 0,5	0,25 kg
jambon	x 12	0,54 kg
porc		0,5 kg
steak	x 3	0,45 kg
saucisses	x 2	0,11 kg
merguez	x 2	0,11 kg
poulet	x3 portions	0,48 kg
croque fromage	x 4	0,4 kg
escalope veau	x 1	0,12 kg
bacon lardons	x 12	0,35 kg
saucisse strasbourg	x 2	0,1 kg
sauce tomate	x 8	0,4 kg
laitages	x 27	3,375 kg
glace	x 1 bac	0,25 kg
crème	2 pots	0,6 kg
pain	x 12 baguettes	
gruyère		1kg
lait	20 L	
chocolat		100g
farine		300g
sucre		120g

Bilan carbone n°3 – Alexandre MOREL



		Emissions en kg equ. C	Incertitude en %
Logement 1	Consommation d'énergie : émissions par type d'énergie		
	Electricité	22,1	30
	Gaz naturel	294,1	5
	Consommation d'énergie : émissions par type d'usage		
	Chauffage	207,6	5
	Eau chaude sanitaire	86,4	5
	Cuisson des aliments	5,9	30
	Electricité hors chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson des aliments, et électricité des parties communes	15,2	30
	Electricité des parties communes	1,1	30
	Consommation d'énergie : total des émissions	316,2	7
	Gros électroménager	9,0	50
	Meubles	1,2	50
	Fournitures travaux	0,0	0
	Total équipement et travaux du logement	10,2	50
Construction	87,3	50	
Total logement 1	413,7	17	
Transports	Voiture 1	51,2	10
	Total voiture(s)	51,2	10
	Total deux-roues	0,0	0
	Total vol(s) en avion	0,0	0
	Train	11,4	20
	Transports en commun de proximité à propulsion non électrique	8,5	12
	Transports en commun de proximité à propulsion électrique	0,3	20
Total transports en commun hors vols en avion	20,1	16	
Total transports	71,3	12	
Alimentation	Viande rouge	29,9	30
	Viande de porc	11,0	30
	Volaille	4,3	30
	Poisson	11,0	30
	Total viande et poisson	45,2	30
	Fromage et beurre	24,8	30
	Laitages	7,1	30
	Lait	60,6	30
	Total produits laitiers	92,6	30
	Fruits et légumes de saison	7,1	30
	Fruits et légumes hors saison	3,7	30
	Fruits et légumes tropicaux	9,7	30
	Total fruits et légumes	20,6	30
	Eau en bouteille	0,0	0
	Alcool	8,0	30
Total boissons	8,0	30	
Autres denrées alimentaires	41,5	50	
Total alimentation	207,9	34	
	Chaussures	1,3	40
	Vêtements hors chaussures	19,6	20
	Total vêtements (y compris chaussures)	20,9	21
	Télévisions ordinateurs écrans plats	80,0	50
	Petit informatique	10,0	50
	Petits consommables	18,0	50
	Assurance - mutuelle	5,8	50
Téléphonie	0,3	50	

Suivi :

Alimentation	Quantité	Poid(g)
artichaud	1	
aubergine	1	
Beurre	1	250
boudin	1	
carotte	4	640
Cereale		14000
chou fleur	2	
chou rouge	1	
Confiture	1	450
cordon bleu	1	120
Cote de porc	2	280
courgettes	2	
creme		500
dinde	2	240
endives	4	2000
Fromage	10	500
Haricots	2	400
Jambon	3	135
Kiwi	10	1000
Lait		16000
lapin	2	200
lentille	1	
mais	2	
oeuf	20	
Orange	15	1800
Pain		150
Patte	5	1000
petit pois	1	200
poire	2	320
poirreau	2	
Poisson	5	750
pomme de terre	14	10000
Pommes	10	1500
poulet	1	180
Riz	2	250
salade	5	
saucisse	1	110
semoule	2	150
steak	1	150
steak haché	2	200
thon	2	
tomates	2	750
yahourt	10	1250

Annexe c – Quelques conseils

Il serait conseillé, pour diminuer les émissions de dioxyde de carbone, de favoriser le covoiturage, les transports en commun ainsi que la marche à pied ou le vélo, pour se rendre à son travail. Mais aussi, optimiser les déplacements professionnels des employés de l'entreprise en favorisant le train ou la visioconférence et en limitant l'utilisation de l'avion.

De manière plus concrète, l'employeur devrait sensibiliser ses employés aux impacts des transports.

Dans le cas d'une industrie, optimiser, si possible, le taux de remplissage des camions et veiller, à la livraison, à ce que les moteurs soient éteints.

De plus, veiller au bon entretien des véhicules et former les livreurs à une conduite «douce» évitent les surconsommations.

Quelques préconisations liées aux locaux :

- Réduire les émissions liées à la consommation énergétique et non énergétique,
- Penser aux économies d'énergies dès la conception du bâtiment.

Pour les émissions non-énergétiques :

- Contrôler et éviter au maximum les fuites de gaz réfrigérants,
- Créer un partenariat avec le prestataire pour réduire les éventuelles sources de fuites.

Pour les émissions liées à la consommation de matières premières :

- Limiter la consommation de papier (recto-verso, brouillons,...),
- Sensibiliser le personnel aux « gestes verts ».

Réduire les émissions liées aux amortissements :

- Privilégier l'achat de mobilier à base de bois d'oeuvre (de préférence du bois issu de forêts gérées durablement),
- Acheter du matériel informatique évolutif qui permettrait de limiter les déchets électroniques.

Pour réduire les émissions liées aux déchets, il est conseillé d'étendre le tri à l'ensemble des déchets.