

Université Libre de Bruxelles
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
Faculté des Sciences
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

**L'ÉTUDE DES INÉGALITÉS INTRA NATIONALES EN MATIÈRE D'ÉMISSIONS DE CO₂
LE CAS DU GUATEMALA**

Mémoire de Fin d'Etudes présenté par
AELVOET, Chloé
En vue de l'obtention du grade académique de
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement
Finalité Gestion de l'Environnement ENVI5G-M

Année Académique : 2016-2017

Directeur : Prof. Edwin Zaccai

Je tiens à remercier Edwin Zaccai et Bruno Kestemont pour leurs conseils avisés

Merci à Glen Peters de m'avoir fourni les informations nécessaires

Je remercie également Jamila Khadmi et Keneth Ubeda

de leur aide précieuse tout au long de ce travail

RÉSUMÉ

De nos jours, les émissions de CO₂ sont fortement concentrées au sein de grands émetteurs qui se retrouvent sur tout le globe. Ces dernières années, l'inégalité est un thème préoccupant en environnement. En effet, mis à part ses effets sociaux et économiques, on distingue ses conséquences sur les impacts environnementaux.

Lorsqu'on analyse les différences de contributions d'émissions entre pays, seules les émissions nationales moyennes par habitant sont représentées, sans distinction des disparités à l'intérieur des pays. On en conclut que la prise en compte de la moyenne d'émissions d'un pays, alors qu'il y a hétérogénéité du mode de vie au sein de sa population, n'est pas représentative des émissions de tous ses habitants. Par conséquent, il convient de s'intéresser aux émissions des individus au sein des populations plutôt que sur les pays fortement émetteurs.

Il existe une série de facteurs qui expliquent les différences d'émissions de carbone des individus. Ceux-ci présentent une influence plus ou moins importante. Le facteur analysé dans ce travail, et pour lequel une analyse détaillée a été réalisée, sont les revenus des individus. En effet, selon la plupart des auteurs sur le sujet, ce dernier est un des facteurs principaux des différences d'émissions de carbone au sein des populations.

Une étude effectuée par l'Unicef en 2012 sur l'inégalité des revenus dans la plupart des pays du Monde montre que, d'après la comparaison de ces pays, l'Amérique latine et les Caraïbes détiennent les plus hauts niveaux d'inégalité de revenus. C'est pourquoi, le cas du Guatemala a été analysé au cours de cette étude. Les émissions de carbone, pour un échantillon d'habitants, ont été quantifiées en fonction des différentes classes économiques.

La comptabilisation des émissions de carbone s'inscrit dans la diversité méthodologique des comptabilités environnementales. Le choix de la méthodologie dépendra souvent de l'objet de l'étude et de la disponibilité des données et des ressources.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
INTRODUCTION	1
1. DÉFINITION DES ÉMISSIONS DE CO ₂ ET DE L'EMPREINTE CARBONE	3
1.1. Emissions de CO ₂	3
1.2. Empreinte carbone	3
2. INÉGALITÉS DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRA POPULATIONS	5
2.1. Inégalités mondiales	5
2.2. Différences entre pays	6
2.2.1. Emissions globales	6
2.2.2. Empreinte carbone des ménages	7
2.2.3. Emissions de carbone des individus par pays	10
2.2.4. Les différences de richesses : facteur d'influence	10
2.3. Différences à l'intérieur des pays	11
3. INÉGALITÉS DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRA PAYS	13
3.1. Facteurs influençant les différences d'émissions à l'intérieur des pays	13
3.2. Lien entre inégalités de revenu et d'émissions intra-pays	17
3.3. Etudes d'empreinte carbone des ménages selon leur revenu	19
3.3.1. Pays riches	19
3.3.2. Pays émergents	19
4. LES INÉGALITÉS DE REVENUS	21
4.1. Mesure	21
4.2. Inégalité de revenu mondial	22
4.3. Inégalités entre populations	23
4.4. Lien entre inégalités de revenu et émissions	24
4.5. Conclusions	25
5. MÉTHODOLOGIES	27
5.1. Comptabilisation de l'empreinte carbone	27
5.1.1. Approche top down	27
5.1.2. Approche bottom up	32
5.1.3. Conclusion	32
5.2. Empreinte carbone des habitants	33
5.3. Emissions carbone en fonction des revenus, un cas de méthodologie	34
6. LE CAS DU GUATEMALA	37
6.1. Contexte général	37

6.2.	Emissions nationales per capita	38
6.3.	Inégalités de richesses et revenus.....	39
6.4.	Contributions INDC, UNFCCC	40
7.	MATÉRIEL ET MÉTHODE	41
7.1.	Indicateur	41
7.2.	Données.....	41
7.3.	Méthode.....	42
7.4.	Calculs.....	44
7.4.1.	Facteurs d'émission monétaires.....	44
7.4.2.	Emissions de CO ₂ des différentes activités de consommation par catégorie	45
7.4.3.	Les revenus.....	47
8.	RÉSULTATS.....	51
8.1.	Emissions globales.....	51
8.2.	Emissions par catégories.....	54
8.3.	Emissions par sous-catégories.....	56
8.4.	Emissions indirectes	59
8.4.1.	Services.....	59
8.4.2.	Alimentation.....	61
8.4.3.	Biens manufacturés.....	62
8.5.	Emissions directes	64
8.5.1.	Energie du logement	64
8.5.2.	Transport	66
9.	DISCUSSION	67
9.1.	Comparaison des résultats avec la littérature.....	67
9.2.	Limites du travail	70
10.	CONCLUSIONS	73
11.	BIBLIOGRAPHIE.....	75
12.	ANNEXE	81

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1.	Emissions de CO ₂ des pays les plus émetteurs.....	6
Graphique 2.	Emissions de CO ₂ moyennes per capita par pays.....	10
Graphique 3.	Evolution des émissions de CO ₂ du Guatemala.....	38
Graphique 4.	Evolution du PIB/capita du Guatemala et des émissions de CO ₂ du Guatemala, de l'Amérique latine & Caraïbes et du Monde.....	39
Graphique 5.	Total d'émissions CO ₂ /personne par classe de revenu	53
Graphique 6.	Total d'émissions CO ₂ /an par décile.....	54
Graphique 7.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ de toutes les catégories par décile	56
Graphique 8.	Émissions CO ₂ des sous catégories/an par décile.....	57
Graphique 9.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ des sous catégories par décile	58
Graphique 10.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ de la catégorie : Services.....	60
Graphique 11.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ de la catégorie : Alimentation.....	61
Graphique 12.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ de la catégorie : Biens manufacturés.	63
Graphique 13.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ de la catégorie : Energie du logement	64
Graphique 14.	Taux de contributions aux émissions de CO ₂ de la catégorie : Energie du logement	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Répartition des émissions de CO ₂ des ménages anglais	9
Figure 2. Revenu mondial distribué par centiles de population en 2007 en dollars internationaux, PPA constants de 2005	22
Figure 3. Pourcentage des émissions par habitant dans la population mondiale	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Empreinte carbone moyenne des ménages dans plusieurs pays	8
Tableau 2.	Résumé des facteurs influençant les différences d'émissions des individus	16
Tableau 3.	Valeur estimée des Indices de Gini Mondiaux, 1820-2002	23
Tableau 4.	Parts des contributions d'émissions nationales du Guatemala	42
Tableau 5.	Catégories d'émissions de CO ₂	46
Tableau 6.	Total d'émissions CO ₂ par classe de revenu	52
Tableau 7.	Moyenne d'émissions de Kg CO ₂ /an par catégorie	54
Tableau 8.	Taux de contribution des catégories d'émissions de CO ₂	55
Tableau 9.	Moyenne par catégorie des émissions indirectes en Kg CO ₂ /an	59
Tableau 10.	Emissions des services	60
Tableau 11.	Emissions de l'alimentation	62
Tableau 12.	Emissions des biens manufacturés	62
Tableau 13.	Emissions directes /personne	64
Tableau 14.	Emissions de l'énergie du logement	65

INTRODUCTION

Ces dernières années, la lutte contre le changement climatique se renforce autour du globe entier. En effet, la nouvelle géographie des émetteurs appelle à des actions internationales incluant de plus en plus les pays émergents car ceux-ci contribuent de manière croissante aux émissions de gaz à effet de serre mondiales.

Dans le cadre des Conférences des parties (COP) et des négociations entre les pays sur les responsabilités et contributions d'émissions, ce sont les émissions nationales moyennes qui sont utilisées et ce, sans distinction des disparités à l'intérieur des populations. Pourtant, les individus dont les modes de vie sont distincts n'ont pas la même consommation d'énergie et donc d'émissions de carbone. C'est pourquoi, lorsqu'on analyse des pays très inégaux et dont les habitants ont des modes de vie peu homogènes, comme dans la plupart des pays d'Amérique latine, la moyenne d'émissions du pays ne sera pas du tout représentative des différentes classes socio-économiques.

De plus, depuis l'ouverture du marché international, beaucoup de pays ont vu une délocalisation de la production des biens et services consommés par ses habitants. C'est pourquoi, les émissions de carbone basées sur une approche nationale et prenant en compte la production de biens et services sur le territoire, ne représentent pas toujours les émissions réellement engendrées par les habitants de ce même territoire.

L'Agenda 21 attire l'attention sur l'importance de l'évaluation de la relation entre la production et la consommation. Il insiste également sur les différences entre les ménages au niveau de la demande des ressources naturelles selon leur type de consommation.

Ce travail tente donc de rediriger le regard national des émissions vers une approche des individus. Les calculs d'émissions seront alors basés sur les contributions individuelles et non sur les émissions nationales. Le modèle développé alloue les émissions associées aux biens et services au territoire où la consommation a lieu, plutôt que le pays dans lequel se déroule le processus de production.

Pour ce faire, les différentes méthodologies existantes pour calculer les émissions des individus d'une population seront développées.

Cette étude présentera également les divers facteurs responsables des différences d'émissions au sein des nations et déterminera le comportement des émissions de carbone des individus au sein d'une population en analysant le facteur 'revenu'.

Une analyse sera donc effectuée sur le comportement et la relation entre les émissions de CO₂ et les revenus des individus du Guatemala, celui-ci étant un des pays les plus inégalitaires du point de vue de la distribution des richesses. De plus, à ce jour, aucune analyse détaillée n'a été réalisée dans ce pays alors qu'un grand nombre d'informations existe sur la consommation et les dépenses des individus.

Les émissions quantifiées sont celles générées sur le territoire national ou à l'extérieur par la production de biens et services consommés par les habitants. En effet, cette approche est plus précise et représentative de la population analysée.

Afin de déterminer le comportement des émissions de carbone générées par les individus selon leur classe économique respective, une analyse s'effectuera sur la contribution des émissions réparties selon les catégories de consommation suivantes : l'énergie du logement, l'alimentation, la mobilité, les biens manufacturés et les services.

Les émissions associées à la consommation par les gouvernements, les capitaux et les secteurs des transports internationaux ne seront pas analysées au cours de ce travail.

1. DÉFINITION DES ÉMISSIONS DE CO₂ ET DE L'EMPREINTE CARBONE

1.1. Emissions de CO₂

Les émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère sont en partie naturelles mais aussi anthropiques. La croissance des taux de concentration du CO₂ atmosphérique avant l'ère industrielle provenait de la libération de carbone dans l'atmosphère due à la déforestation et à d'autres activités de changement d'occupation des terres.

Vers 1920 et ce jusqu'à aujourd'hui, les émissions provenant des combustibles fossiles sont devenues la principale source d'émissions anthropiques dans l'atmosphère. Pendant la période 2005-2014, 91% des émissions totales ont été causées par des combustibles fossiles et par l'Industrie, 9% par des changements d'affectation des terres (Le Quéré et al., 2015)

Les émissions anthropiques peuvent être divisées en deux catégories.

D'une part, on observe les émissions directes dues à la combustion de carburant provenant du transport, du système de chauffage ou encore de la production d'électricité.

D'autre part, les émissions indirectes qui proviennent de la fabrication des biens et services consommés par les individus, comme le CO₂ incorporé dans les voitures, émis lors de leur fabrication (Gondran & Boutaud, 2011).

1.2. Empreinte carbone

L'empreinte carbone est définie par Wiedmann et Minx comme l'ensemble des émissions de dioxyde de carbone induites par l'utilisation de l'énergie des activités individuelles (Wiedmann & Minx, 2007). Elle est donc limitée au CO₂ et exclue les autres gaz à effet de serre mais celle-ci présente l'avantage d'être claire définie et précise.

Elle permet d'estimer la pression anthropique exercée sur le climat à différentes échelles : individuelle, d'un ménage, d'une entreprise, d'un pays.

L'objectif principal de la prise en compte de l'empreinte carbone comme indicateur est d'imputer au consommateur final, et non au producteur, l'intégralité des émissions de carbone liées à la production et à l'acheminement d'un bien ou d'un service donné.

L'empreinte carbone des individus au sein d'un ménage tient compte des émissions directes et indirectes générées par la consommation de biens et services (Wiedmann & Minx, 2007).

Pour déterminer l’empreinte carbone des ménages britanniques, Druckman et Jackson comptabilisent les émissions de CO₂ de la consommation directe d’énergie des foyers (électricité, gaz, etc.), du transport personnel et de l’énergie utilisée en amont dans la production de biens et de services achetés par les ménages britanniques (Druckman & Jackson, 2009).

Une étude sur l’empreinte carbone des individus dans 73 pays et 14 régions du monde, réalisée par Hertwich et Peters confirme que globalement, les émissions indirectes dans la chaîne d’approvisionnement des biens et services sont plus importants que les émissions directes du ménage (Hertwich & Peters, 2009).

En Angleterre, par exemple, les émissions directes représentent seulement 15% de l’empreinte carbone d’un britannique contre 85% pour la part des émissions indirectes (Dawkins, Roelich, & Owen, 2010).

L’empreinte carbone des individus quantifie donc les émissions de CO₂ générées par leur consommation. Celle-ci est comptabilisée selon plusieurs catégories classifiées par le COICOP de la manière suivante : chauffage et électricité du logement, alimentation, vêtements et chaussures, services, communication, transport et biens manufacturés.

Au niveau mondial, la part des émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation des ménages est de 72%, tandis que 10% des émissions sont imputées à la consommation publique et 18% aux investissements en capital (Hertwich & Peters, 2009).

Une approche individuelle des émissions paraît donc justifiée et nécessaire afin de déterminer les différences de contributions d’impacts sur le climat.

2. INÉGALITÉS DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRA POPULATIONS

2.1. Inégalités mondiales

De nos jours, les émissions de CO₂ sont fortement concentrées. En effet, 45% des émissions mondiales sont causées par 10 % des individus les plus émetteurs alors que les 50 % les moins émetteurs sont responsables de 13 % des émissions.

Actuellement, ces grands émetteurs se retrouvent sur tout le globe. Alors qu'un cinquième de ceux-ci vient de l'Union européenne, un tiers vient des pays émergents (Chancel & Piketty, 2015).

Ces dernières années, l'inégalité est un thème préoccupant en économie. En effet, mis à part ses effets sociaux et économiques, on commence à distinguer ses conséquences sur les impacts environnementaux. Dans son ouvrage, Eloi Laurent explique que les inégalités pourraient être la cause des dégradations environnementales et seraient donc une des principales causes des défis à relever en matière d'environnement (Laurent, 2011).

Chancel et Piketty montrent dans leur étude qu'au cours des dernières années, les individus de classes moyennes et aisées des pays les moins riches ont accru leurs émissions plus rapidement que tous les autres groupes sociaux à l'échelle mondiale (40% de taux de croissance contre 10% dans les pays industrialisés). Ils démontrent que les inégalités d'émissions de CO₂ mondiales proviennent de plus en plus des inégalités socio-économiques présentes au sein des pays. Elles représentent aujourd'hui la moitié de cette inégalité.

Par conséquent, il convient de s'intéresser à une approche sur les émissions des individus à l'intérieur des pays plutôt que sur les pays fortement émetteurs.

Etant donné les importantes inégalités au sein des pays, on note une défaillance du principe de justice distributive actuel appliqué aux pays participant à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). En effet, ce sont les émissions territoriales de chaque pays qui sont prises en compte dans les négociations des gouvernements lors des Conventions des Parties (COP). Ces émissions totales nationales sont donc réparties au travers de la population de manière homogénéisée. Mais une question se pose alors : « Si la

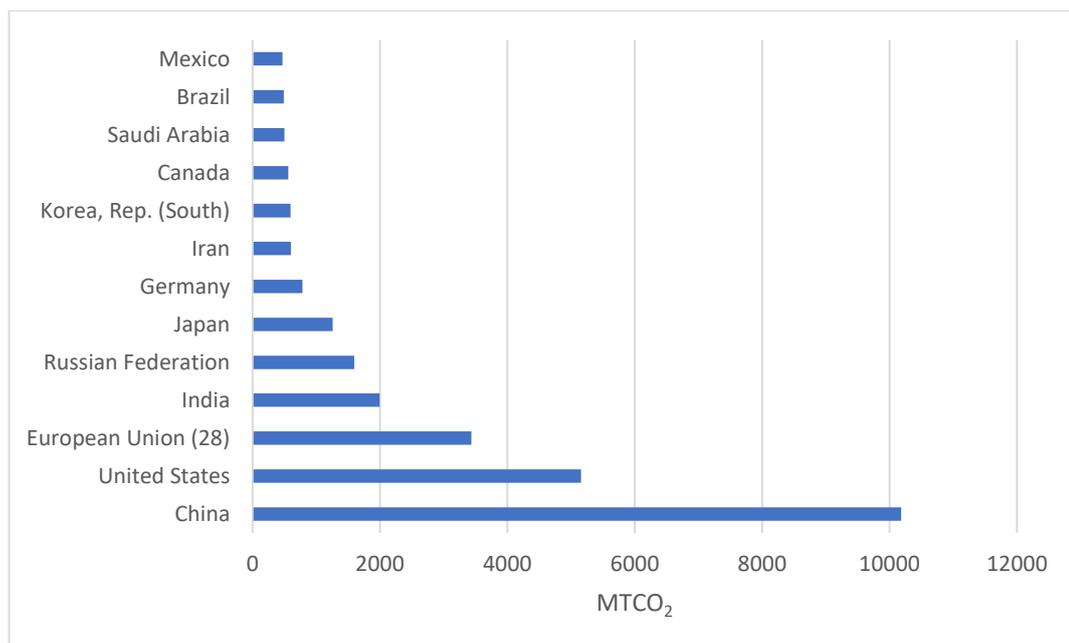
population d'une nation présente des caractéristiques socio-économiques hétérogènes, à qui les accords sont-ils favorables ? »

2.2. Différences entre pays

2.2.1. Emissions globales

Afin de comptabiliser les émissions de carbone d'un grand nombre de pays, l'Institut Mondial des Ressources (WRI) intègre les données provenant de différentes sources telles que l'Agence Internationale de l'Energie¹, l'Agence de Protection Environnementale Américaine², la Banque Mondiale³, le Centre d'Analyse et d'Information sur le Dioxyde de Carbone⁴.

Graphique 1. Emissions de CO₂ des pays les plus émetteurs



Source : élaboration propre à partir des données de WRI, CAIT 2013

¹ International Energy Agency (IEA). 2013. CO₂ Emissions from Fuel Combustion (2013 edition). Paris, France: OECD/IEA.

² U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2012. "Global Non-CO₂ GHG Emissions: 1990-2030." Washington, DC: EPA.

³ World Bank. 2014. World Development Indicators 2014. Washington, DC.

⁴ Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC): Boden, T.A., G. Marland, and R. J. Andres. 2013. "Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions."

On observe des différences d'émissions très marquées entre pays. En effet, des 35 000 MtCO₂ d'émissions totales de la planète, la Chine est responsable de près de 30% de celles-ci, les Etats-Unis de 15%, l'Union Européenne des 28 de 10%, l'Inde de 6%, la Russie de près de 5%, le Japon de 4%, le Brésil de 1.4% et le Mexique de 1.3% alors que l'ensemble des 117 pays les moins pollués ne contribuent qu'à 2.6% des émissions mondiales.

La Banque Mondiale rapporte en 2013 que dans les années 1980, les pays les moins riches d'Asie orientale émettaient seulement 1.27 tonnes de CO₂ par personne contre 5.75 tonnes par individu dans les pays européens. Cependant, en 2009, il y eut un changement conséquent dans la disparité d'émission de CO₂. En effet, les émissions de carbone par personne en Asie orientale atteignirent 4.59 tonnes d'émissions de CO₂ par personne tandis qu'en Europe, celles-ci augmentèrent à 7.22 tonnes. Ceci traduit une hausse des émissions moyennes par personne en Asie orientale de 260 % alors qu'en Europe, celle-ci ne fut que de 25 %.

Plusieurs études déclarent que l'inégalité des émissions entre les pays les plus riches et les plus pauvres a été un des plus grands défis gênant le processus de création des accords internationaux pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Clarke-Sather et al, 2011). D'une part, les pays riches craignent que la restriction de leurs émissions perturbe leur économie. D'autre part, les pays moins avancés soutiennent que leur croissance ne devrait être limitée par aucune politique de réduction climatique, puisque leurs niveaux historiques d'émissions de carbone ont été inférieurs (Duro & Padilla, 2006).

Duro et Padilla analysent l'intensité d'énergie et le revenu par habitant pour déterminer l'influence de ceux-ci sur les émissions de CO₂ par personne. Ils constatent que l'inégalité d'émissions de CO₂ est principalement liée à la différence des niveaux de revenu par habitant (Duro & Padilla, 2006).

Il ressort de l'analyse de Hertwich et Peters que l'empreinte carbone par unité de dépense est plus faible dans les pays riches que dans les pays pauvres (Hertwich & Peters, 2009).

2.2.2. Empreinte carbone des ménages

Des études, ayant été réalisées sur les émissions de carbone des ménages, nous fournissent diverses estimations d'empreinte carbone nationale moyenne dans plusieurs pays.

Tableau 1. Empreinte carbone moyenne des ménages dans plusieurs pays

Pays	Empreinte carbone ménage Tonnes/an	Emissions composées de	Auteurs	Année de l'étude	Résultats
Angleterre	19.1	Directes et indirectes	Druckman et Jackson	2009	Emissions 64% plus élevées du segment le plus pollueur
Angleterre	20.2	Directes et indirectes	Kerkhof et al.	2009	
Angleterre	20.7	Directes et indirectes + biens importés	SEI et al.	2001	
Canada	19.5	Directes et indirectes	Brown, Southworth, & Sarzynski	2009	Résultats inférieurs à certains pays plus chauds
Etats-Unis	48	Directes et indirectes	Jones & Kammen	2011	
Norvège	13.6	Directes et indirectes	Kerkhof et al.	2009	
Pays-Bas	19	Directes et indirectes	Kerkhof et al.	2009	
Suède	12.2	Directes et indirectes	Kerkhof et al.	2009	

Source : élaboration propre sur base des études suivantes

En Angleterre, une empreinte carbone des ménage moyenne a été calculée par Druckman et Jackson et estimée à 19.1 tonnes/an. Ils démontrent dans leur calcul que les émissions CO₂ du segment le plus pollueur sont 64% plus élevées que le segment le moins pollueur (Druckman & Jackson, 2009).

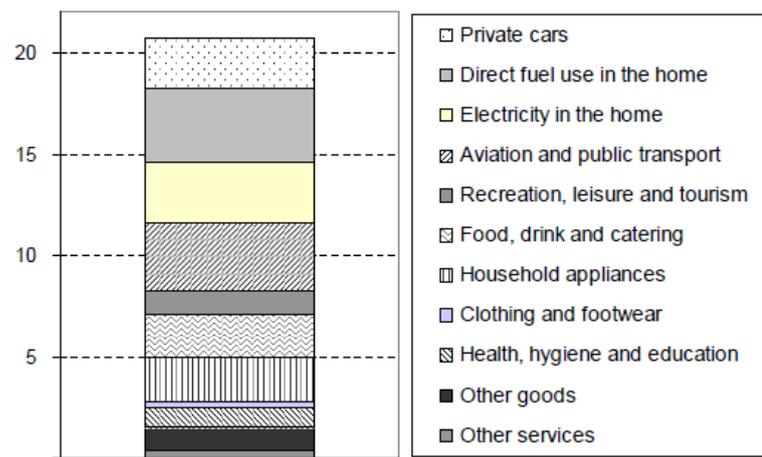
Aux États-Unis, celle-ci a été estimée à 48 tonnes/an. Ici les émissions indirectes des ménages comprennent le service de soins de santé (Jones & Kammen, 2011).

Kerkhof et ses collaborateurs ont réalisé une étude des émissions directes et indirectes des ménages de plusieurs pays et présentent les résultats suivants : 12.2 tonnes/an en Suède, 13.6 en Norvège, 19 aux Pays-Bas, et 20.2 en Angleterre.

Brown, Southworth, et Sarzynski ont réalisé une étude pour calculer les émissions directes et indirectes des ménages canadiens et les estiment à 19.5 tonnes/an. On observe que même dans des pays à plus basses températures (plus de chauffage), l’empreinte carbone de ses habitants varie et peut parfois être inférieure à des pays à plus hautes températures (Brown, Southworth & Sarzynski, 2009).

L’empreinte carbone des ménages du Royaume-Uni a été quantifiée. Les émissions directes et indirectes générées par les activités des habitants sur le territoire national ainsi que les émissions des biens importés ont été prises en compte (SEI, 2006). Dans leur rapport, ils concluent que l’empreinte carbone moyenne d’un ménage anglais était de 20.7 tonnes de CO₂ en 2001, répartis de la manière suivante :

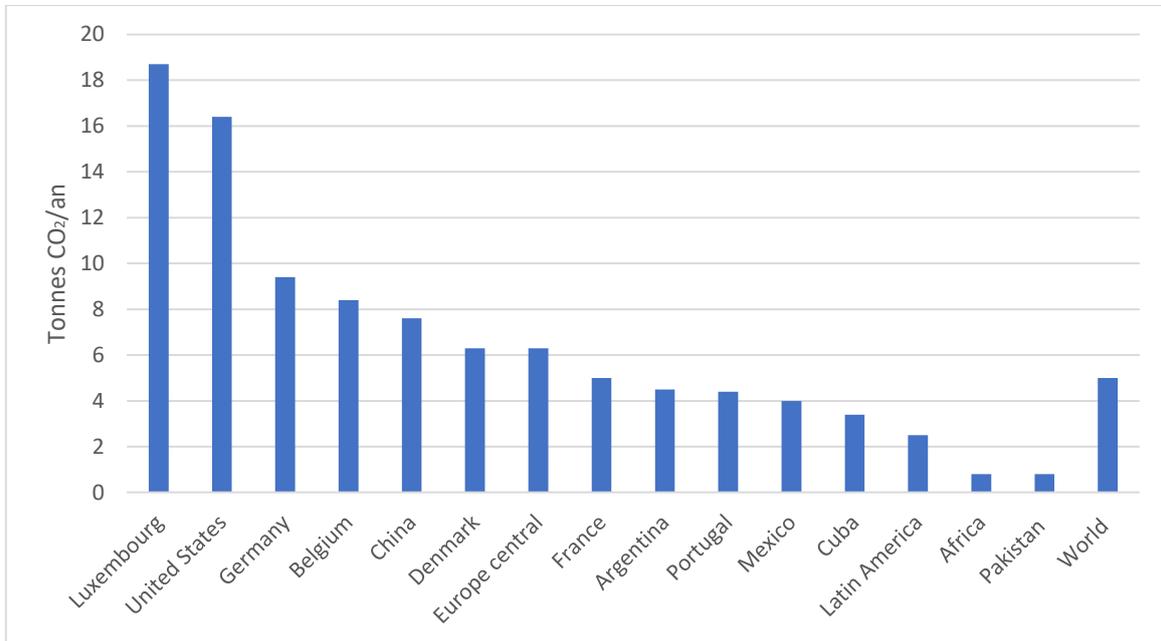
Figure 1. Répartition des émissions de CO₂ des ménages anglais



Source : SEI, 2006

2.2.3. Emissions de carbone des individus par pays

Graphique 2. Emissions de CO₂ moyennes per capita par pays



Source : élaboration propre à partir des données de la Banque mondiale, 2013

On constate que les émissions de carbone moyennes mondiales par personne s'élèvent à 5 tonnes CO₂/an. Les Luxembourgeois et les habitants des Etats-Unis ont les émissions les plus élevées par habitant (respectivement 18.7 et 16.4 tonnes) alors que pour les Africains celles-ci sont les plus faibles (0.8 tonnes).

2.2.4. Les différences de richesses : facteur d'influence

Les différences de développement et de situation économique entre les pays engendrent des disparités de dégradation environnementale (Oxfam, 2015).

Les effets de l'inégalité des revenus sont très significatifs car elle influence les émissions de carbone par habitant en fonction du développement économique du pays et du niveau de PIB par habitant. Afin d'expliquer le rôle que joue l'inégalité des revenus sur les émissions il faut savoir que dans les pays les plus pauvres, une inégalité plus élevée réduit l'accès à l'énergie et à l'utilisation des biens manufacturés, tandis que dans les pays riches, elle l'augmente. Ceci confirme que les classes pauvres dans les pays les plus pauvres sont largement en dehors de

l'économie du carbone alors que dans les pays riches, des revenus plus élevés mènent à une propension marginale d'émissions croissante (Ravallion, Heil, & Jalan, 2000).

Une analyse effectuée par Grunewald et ses collaborateurs, sur 138 pays entre 1960 et 2008, montre que dans les pays égaux (d'un point de vue économique), au plus l'inégalité est élevée, au plus les émissions nationales diminuent, mais les émissions augmentent dans les pays inégaux (Grunewald et al., 2012).

Dans leur étude, Jorgenson et ses collaborateurs démontrent que la relation entre les émissions de carbone et les inégalités de revenus entre les ménages varie avec le temps et la situation macroéconomique des pays (Jorgenson, Schor, Knight, & Huang, 2016).

2.3. Différences à l'intérieur des pays

Une des limites de l'analyse des différences de contributions d'émissions entre pays est que seules les émissions nationales moyennes per capita sont représentées, sans distinction des disparités à l'intérieur des pays où il est évident que les individus ayant des modes de vie distincts n'ont pas la même consommation d'énergie et donc d'émissions. On en conclut que la prise en compte de la moyenne d'émissions d'un pays alors qu'il y a hétérogénéité du mode de vie au sein de sa population n'est pas représentative des émissions de ses habitants.

C'est pourquoi, les différences d'émissions entre des individus d'Europe de l'Ouest seront beaucoup moins prononcées qu'en Amérique latine, où il existe une forte inégalité entre les habitants. Par conséquent, il est plus pertinent de parler de responsabilités des individus les plus pollueurs plutôt que de se focaliser sur les pays.

Une analyse plus détaillée de ces différences au sein des nations est présentée dans le chapitre suivant.

3. INÉGALITÉS DES ÉMISSIONS DE CARBONE INTRA PAYS

Piketty et Chancel parlent d'inégalités entre individus et non entre pays afin de construire des stratégies pour contrer le changement climatique. Dans leur étude, ils arrivent à la conclusion que les inégalités d'émissions CO₂ (et de revenus) à l'intérieur des pays ont augmentées au cours de ces dernières années (Chancel & Piketty, 2015).

Afin d'estimer la distribution des émissions de carbone à l'intérieur des pays et de déterminer les facteurs de différenciation de ces émissions au sein des individus, plusieurs études ont été réalisées.

3.1. Facteurs influençant les différences d'émissions à l'intérieur des pays

Les émissions de carbone des individus varient en fonction de plusieurs facteurs les caractérisant. Ces facteurs sont répartis en plusieurs catégories :

- Géographiques (localité urbain/rural du ménage, climat local, densité de population) ;
- Sociodémographiques (taille du ménage, éducation, statut social, âge, date de naissance) ;
- Techniques (efficacité énergétique des foyers).

À continuation, on observe les différents points de vue des auteurs à propos des facteurs jouant un rôle dans la différenciation des émissions entre individus d'une même nation.

Selon Sovacool et Brown, les facteurs les plus influents dans l'empreinte carbone des ménages sont les revenus par personne, la densité de population, les types de transport et l'offre de l'électricité (Sovacool & Brown, 2010).

Pour Jones et Kammen, le revenu et le nombre de personnes habitant sous le même toit sont les facteurs ayant le plus de poids dans l'empreinte carbone (Jones & Kammen, 2011).

Lebel et ses collaborateurs constatent que dans les centres urbains, les ménages ont de plus grandes émissions que dans les zones rurales. Ceci est dû aux revenus plus élevés et aux tailles de ménages réduites (Lebel et al, 2007).

Yan Wang et Minjun Shi ont mené une étude dont la finalité était de prédire l'évolution des émissions parallèlement au développement et à la croissance économique de la Chine. Ils ont démontré que les effets dus à la différence de revenu et de régions doivent être pris en compte

pour pouvoir attribuer les émissions de carbone à chaque habitant de la Chine. D'après leurs résultats, le logement et le transport sont les catégories responsables d'une plus grande part des émissions de CO₂ des ménages (Yan & Minjun, 2009).

Lenzen et ses collaborateurs remarquent que les niveaux de revenus et de dépenses sont les facteurs les plus importants de différenciation entre individus (et ménages) pour la consommation d'énergie et d'émissions de CO₂ (Lenzen et al., 2006).

Cavailhes et Hilal citent le climat local. Ils démontrent qu'en France, avec un changement de 1°C de moins, on observe une consommation supplémentaire d'énergie de 5% (Cavailhes & Hilal, 2012).

Ummel constate qu'à partir d'un certain seuil de densité urbaine, il existe une corrélation négative entre celle-ci et l'empreinte carbone des Américains (Ummel, 2014).

Wilson et ses collaborateurs considèrent que l'âge est un facteur déterminant des émissions. Ils expliquent que leur relation suit une fonction en forme de U inversé (Wilson, Tyedmers, & Spinney, 2013).

Selon Chancel, la date de naissance peut aussi avoir une influence sur les émissions car les individus de différentes générations auront des habitudes caractéristiques de leur époque (Chancel, 2014).

Dans leur étude, Irfany et Klasen observent les différences d'émissions au niveau des ménages indonésiens. Leurs résultats démontrent que l'inégalité des dépenses est la majeure responsable des inégalités d'émissions (bien plus que les différenciations telles que l'âge, la taille du ménage ou la situation géographique) (Irfany & Klasen, 2016).

Dans leur estimation de l'énergie utilisée par les ménages et les émissions de CO₂ associées, Druckman et Jackson, ont découvert que le niveau de revenu est le facteur prépondérant dans l'utilisation d'énergie et dans les émissions de CO₂. Ils constatent également que d'autres facteurs y contribuent. Tels que le type de logement, la composition du ménage et leur situation rurale/urbaine (Druckman & Jackson, 2008).

Levy et ses collaborateurs démontrent que les inégalités d'émissions proviennent des inégalités entre les groupes de différents revenus (Levy, 2009).

Il a été démontré, sur base de plusieurs études, que l'empreinte carbone est supérieure dans les ménages à hauts revenus, en comparaison aux ménages à bas revenus.

Par conséquent il existe une corrélation positive entre émissions et revenus des ménages, (Druckman & Jackson, 2009), (Kerkhof et al., 2009), (Weber & Matthews, 2008), (Sovacool & Brown, 2010).

Tableau 2. Résumé des facteurs influençant les différences d'émissions des individus

	Revenu (+)	Densité ménagère (-)	Type transport	Offre d'électricité (+)	Zone rurale Urbaine (-/+)	logement	Dépenses (+)	climat	Densité pop (-)	Age (+/-)
Sovacool & Brown (2010)	x	x	x	x						
Jones & Kammen (2011)	x	x								
Lebel et al. (2007)	x	x			x					
Yan Wang & Minjun Shi (2009)	x		x		x	x				
Lenzen et al (2006)	x						x			
Cavailles & Hilal (2012)								x		
Ummel (2014)									x	
Wilson et al. (2013)										x
Chancel (2014)	x									
Irfany & Klasen, 2016	x						x			
Druckman & Jackson, 2008	x	x			x	x				
Kerkhof et al. (2009)	x									
Weber & Matthews (2008)	x									
Levy et al. (2009)	x									
Chancel & Piketty (2015)	x									

On observe que ces auteurs définissent un grand nombre de facteurs ayant un rôle à jouer dans les différences d'émissions entre les individus. Néanmoins, le revenu semble être le facteur ayant la majeure influence sur l'importance de l'empreinte carbone individuelle.

Celui-ci constitue donc le meilleur proxy permettant d'établir une distribution des émissions individuelles de CO₂ (Piketty & Chancel, 2015). En effet, le revenu des individus influence le mode de vie de ceux-ci et joue un rôle déterminant dans leur consommation d'énergie et donc d'émissions de carbone.

3.2. Lien entre inégalités de revenu et d'émissions intra-pays

On trouve peu d'information détaillée concernant la consommation individuelle de ressources environnementales ainsi que sur la distribution de cette consommation entre les individus dans les données et enquêtes des Instituts Nationaux de Statistiques. Bien qu'on dispose d'informations sur la distribution des richesses et des revenus à l'intérieur des pays, il y a peu de données statistiques sur la distribution d'émissions ou de la pollution intra-pays.

Cependant, quelques études ont été menées afin de construire ces données manquantes. Notamment, sur la consommation d'énergie, les émissions de CO₂ et leur répartition en fonction des revenus (Lenzen et al., 2006 ; Weber & Matthews, 2008).

Selon James Boyce, lorsque les bénéficiaires de la dégradation de l'environnement sont plus puissants que ceux qui en supportent les coûts, cette dégradation sera plus importante. Alors que les plus riches dont les intérêts sont protégés bénéficient de la dégradation de l'environnement en tant que consommateurs et producteurs, les plus pauvres en bénéficient moins. De plus, ceux-ci sont plus vulnérables à ses conséquences néfastes. C'est pourquoi des niveaux plus élevés d'inégalités de revenus entraînent une augmentation des émissions de carbone (James Boyce, 2008).

Chakravarty et ses collaborateurs mettent l'accent sur les fortes différences en intensité de carbone à l'intérieur des pays. Ils démontrent que les émissions sont très concentrées au sommet de la répartition des revenus et de la richesse (Chakravarty, Chikkatur, Coninck, et al., 2009).

D'après Jorgenson et ses collaborateurs, les inégalités de revenus contribuent au changement climatique autant que les émissions de carbone. Il faudrait alors mettre en place des politiques

de réduction des inégalités économiques à des fins, non seulement sociales mais aussi environnementales (Jorgenson, 2015).

Catégories engendrant les plus grandes inégalités d'émissions

Les revenus et les dépenses sont plus fortement corrélés aux émissions individuelles indirectes qu'aux émissions directes (Herendeen & Tanaka, 1976). Ces dernières augmentent moins proportionnellement par rapport aux revenus car les besoins d'énergie de base (transport, électricité, chauffage, cuisine) atteignent une quantité limitée par individu. Par contre, il n'existe pas de limite aux biens et services consommés par individu (une seule personne ne peut conduire qu'une voiture à la fois mais peut en posséder plusieurs).

Lorsqu'on analyse les sources d'inégalité des émissions de carbone des individus, on observe que l'énergie pour le transport contribue principalement à l'inégalité globale des émissions. La réduction de l'intensité des émissions de ces sources permettrait donc de réduire considérablement l'inégalité des émissions (Irfany & Klasen, 2016).

Aujourd'hui, les individus dont le revenu est élevé ont pour logement de grandes maisons à forte consommation d'énergie résidentielle et de puissants véhicules motorisés pour leur transport. Il en résulte une consommation globale élevée (Jorgenson, Schor, Huang, & Fitzgerald, 2015).

L'étude de Hertwich et Peters montre qu'il existe, selon la croissance du revenu, un changement structurel dans les modes de consommation. Ils constatent entre autres que la part d'émissions engendrées par l'alimentation est plus importante chez les individus à faible revenu (Hertwich & Peters, 2009).

Selon Duarte et ses collaborateurs, la relation croissante entre les émissions directes de CO₂ des individus et les revenus de ceux-ci provient largement des dépenses de carburant pour les véhicules (Duarte, Mainar, & Sánchez-Chóliz, 2010).

3.3. Etudes d’empreinte carbone des ménages selon leur revenu

3.3.1. Pays riches

Jorgenson et ses collaborateurs effectuent une analyse de la relation entre les émissions de carbone et l’inégalité de revenus parmi les ménages des différents états des États-Unis entre 1997 et 2012. Leurs résultats démontrent une relation positive entre les émissions et l’inégalité des revenus mesurée avec l’indice Theil (Jorgenson et al., 2015).

Aux États-Unis et en France, on observe que le quintile le plus riche émet plus de 75% de ses émissions sous forme indirecte alors que les quintiles inférieurs en émettent 65% (Lenglart et al., 2010 ; Weber & Matthews, 2008).

Pattison et ses collaborateurs constatent que les comtés aux États-Unis dont le revenu familial moyen est le plus élevé ont des émissions de carbone, basées sur leur consommation, plus élevées, mais leurs émissions basées sur la production sont plus faibles que les comtés moins riches. Ils en concluent que les régions et les individus les plus riches parviennent à éviter une partie des émissions générées par leur consommation en transférant les activités industrielles à forte intensité de carbone dans les zones les plus pauvres (Pattison et al., 2014).

Dans la province d’Alberta du Canada, l’empreinte carbone des ménages dont le revenu se situe dans le plus haut quintile de revenus est 2.2 fois plus élevée que le quintile le plus bas. Le revenu est donc une des variables de corrélation positive de la taille de l’empreinte carbone du ménage (Kennedy, Krahn, & Krogman, 2014).

Miehe et ses collaborateurs, dans leur étude, analysent les impacts des différents critères de différenciation des émissions carbone des individus des ménages allemands, tels que leur localisation et leur revenu. D’après leurs calculs, ils observent que ceux dont le revenu est le plus élevé émettent 4.25 fois plus de CO₂ que le groupe le plus pauvre (Miehe, Scheumann, Jones, Kammen, & Finkbeiner, 2016).

3.3.2. Pays émergents

D’après une analyse effectuée en Chine, les émissions indirectes représentent les deux tiers du total des émissions pour le premier décile (le plus pauvre) et les quatre cinquième pour le dernier décile (le plus riche) (Golley & Meng, 2012).

Il ressort d'une enquête réalisée en 2009, sur les différences d'émissions auprès des ménages indonésiens, que le quintile le plus riche contribuait à environ 48 % d'émissions totales, le quatrième quintile à 21 %, le troisième quintile à 15 %, le deuxième quintile à 10 % et le quintile le plus pauvre à environ 6 %. Autrement dit, les individus des ménages les plus riches émettent plus de 7 fois la quantité émise par le premier et le deuxième quintile (Irfany & Klasen, 2016). Les auteurs ayant mené cette étude constatèrent également que, jusqu'au groupe de revenus intermédiaires, lorsque les dépenses individuelles augmentent, les inégalités d'émissions diminuent mais au-delà de celui-ci, l'augmentation des dépenses renforce les inégalités d'émissions (le groupe le plus riche a le plus d'inégalité d'émissions à l'intérieur du groupe).

4. LES INÉGALITÉS DE REVENUS

4.1. Mesure

Au sein de cette étude, l'inégalité est définie comme la dispersion de la distribution du revenu ou de la consommation de la population. Il convient de mentionner que l'écart entre les riches et les pauvres n'est pas le même selon la prise en compte des revenus ou des patrimoines (richesses), dans la mesure où le patrimoine peut être une source de revenus. Le revenu d'une personne est un flux de valeur reçu pendant une période qui peut être dépensé sans diminuer la valeur du patrimoine possédé. La valeur du patrimoine d'une personne est la valeur du stock d'actifs réels ou monétaires qu'elle possède.

L'inégalité d'une distribution de revenus peut être examinée en transformant les données en courbe de Lorenz (Sen, 1973). Il s'agit d'une courbe donnant le pourcentage du revenu ou de dépense total pour tout pourcentage cumulé des individus.

La méthode la plus utilisée pour mesurer et représenter l'inégalité du revenu à travers les différents pays est celle de l'indice de Gini. Ce dernier se base sur la courbe de Lorenz où 0 représente l'égalité parfaite (toute la population a le même revenu) et 1 représente l'inégalité parfaite (une seule personne possède l'intégralité du revenu).

L'utilisation de différentes méthodologies et la lacune de données engendre une controverse lorsqu'on compare les résultats entre plusieurs pays. En effet, le calcul du coefficient GINI se base sur des enquêtes nationales de ménages dont la méthodologie varie fortement d'un pays à l'autre.

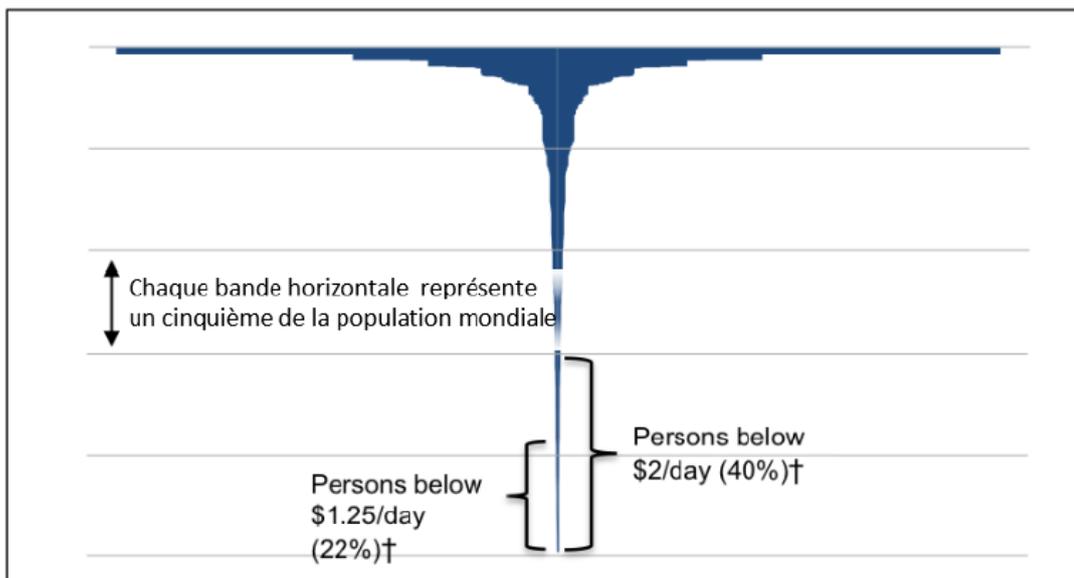
Actuellement, le SWIID constitue une des meilleures bases de données sur l'inégalité. Dans sa tentative de standardiser les estimations d'indice Gini à partir des principales sources sur l'inégalité, le SWIID a inclus l'UNU-WIDER, le PovcalNet de la Banque Mondiale, la Base de données socio-économiques pour l'Amérique latine et les Caraïbes, les données du World Income Distribution (Répartition Mondiale des Revenus) de Branko Milanovic et le document du BIT Statistiques du Revenu et des Dépenses des Ménages, ainsi qu'une multitude de services nationaux de statistiques (Solt, 2012).

4.2. Inégalité de revenu mondial

Avec la libéralisation de l'économie mondiale, les inégalités mondiales de revenu se sont amplifiées (Atkinson, Piketty, & Saez, 2011).

Afin de déterminer les disparités de revenu à l'échelle mondiale, on utilise les taux de change du marché, où toutes les estimations du revenu national sont comparées en dollars américains. Ensuite on intègre les données disponibles de tous les individus depuis le quintile le plus pauvre jusqu'au quintile le plus riche. En analysant les données de la figure suivante, on se rend compte du degré extrême de l'inégalité. En effet, la représentation de la répartition mondiale du revenu ressemble à une "coupe de champagne", dans laquelle on observe une forte concentration des revenus au sommet qui se réduisent considérablement dans la partie inférieure. On constate que les 61 millions d'individus les plus riches (1 % de la population mondiale) avaient la même quantité de revenu que les 3,5 milliards de personnes les plus pauvres (56%) en 2007 (Ortiz & Cummins, 2012). En outre, les 20 % les plus riches disposaient de 83 % du revenu mondial total alors que les 20 % les plus pauvres se partageaient seulement 1%.

Figure 2. Revenu mondial distribué par centiles de population en 2007 en dollars internationaux, PPA constants de 2005



Source : Ortiz & Cummins, 2012

Lorsqu'on observe l'évolution de l'inégalité de revenu mondiale à l'aide de l'indice GINI, on remarque que celle-ci s'est constamment accrue depuis 1820 (Milanovic, 2009).

Tableau 3. Valeur estimée des Indices de Gini Mondiaux, 1820-2002

Année	Indice de Gini
1820	43.0
1850	53.2
1870	56.0
1913	61.0
1929	61.6
1950	64.0
1960	63.5
1980	65.7
2002	70.7

Source : Milanovic (2009)

4.3. Inégalités entre populations

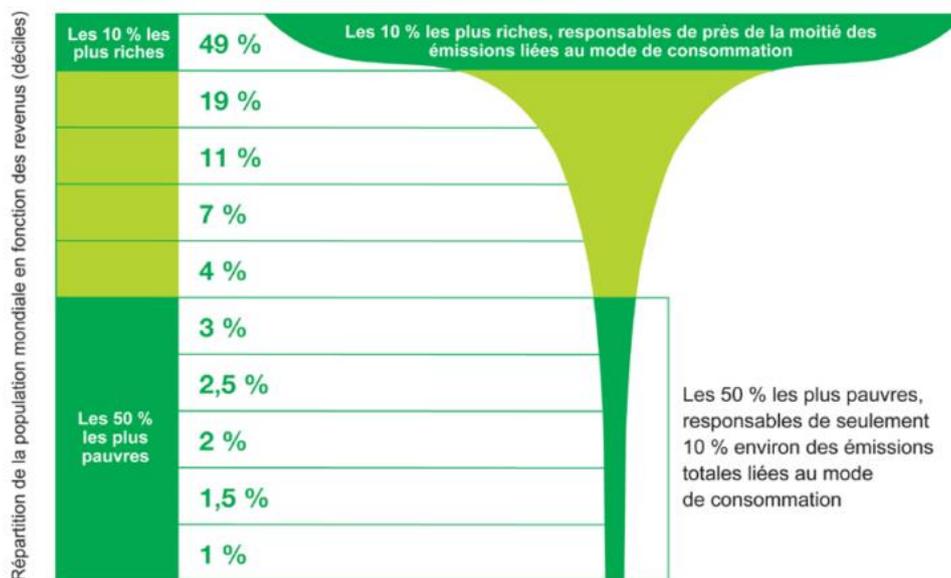
Une étude sur l'évolution de l'inégalité des revenus dans 141 pays a été effectuée par l'Unicef en 2012. Celle-ci se reposait sur la Base de Données Normalisée sur l'Inégalité des Revenus dans le Monde (SWIID) afin de comparer ces pays en utilisant les indices de Gini. D'après leurs résultats, l'Amérique latine et les Caraïbes détiennent les plus hauts niveaux d'inégalité de revenus. À l'autre extrémité, l'Europe de l'Est suivie de l'Asie centrale sont les pays les plus égalitaires par rapport au revenu (Ortiz & Cummins, 2012) .

Contrairement aux inégalités mondiales, les inégalités intra-pays ont globalement diminué entre 1820 et les années 1970 pour ensuite croître à un rythme constant. Ceci est dû à la fin des grandes réformes sociales dans les pays riches et au renforcement de l'intégration au commerce mondial des pays les moins avancés.

4.4. Lien entre inégalités de revenu et émissions

En mesurant l'ampleur des inégalités mondiales d'émissions entre les individus pauvres et riches de plusieurs pays présentant des modes de consommation très divers, il ressort que seulement 10 % des émissions de CO₂ mondiales sont causées par 50 % des habitants les plus pauvres (approximativement 3.5 milliards de personnes). Alors que 10 % des individus les plus riches sont responsables de 50 % des émissions totales (Oxfam, 2015).

Figure 3. Pourcentage des émissions par habitant dans la population mondiale



Source : Oxfam,2015

Dans les pays émergents dont l'économie est en forte croissance, cette dernière reste très inégalitaire et les émissions de CO₂ entre leurs habitants sont très inégales, même si la répartition des revenus et des émissions des individus varie en fonction des pays.

D'autre part, dans les pays développés, les ménages les plus riches ont des émissions plus importantes en raison de niveaux de consommation plus élevés (Dozzi, Lennert, & Wallenborn, 2008).

4.5. Conclusions

Une étude approfondie de la distribution des revenus et de la structure de l'inégalité des revenus est fondamentale pour la prise de décisions de politique où les pouvoirs publics pourront alors élaborer et mettre en œuvre des politiques favorables à la réduction des émissions de carbone des populations.

5. MÉTHODOLOGIES

5.1. Comptabilisation de l'empreinte carbone

La comptabilisation des émissions de carbone s'inscrit dans la diversité méthodologique des comptabilités environnementales.

Il existe deux grandes familles d'approche méthodologique afin de réaliser le calcul d'empreinte carbone :

- Top down (composée). Cette approche macro-économique consiste à rapporter les émissions nationales de carbone aux habitants sur base de leurs parts d'activité économique et par zones géographiques. Elle se base sur une analyse environnementale d'entrées-sorties des activités économiques de plusieurs secteurs ou sur une analyse de cycle de vie des produits.
- Bottom up (par composantes, ascendante). Cette approche micro-économique consiste à agréger les émissions des individus d'un territoire, définies à travers les flux de biens, matériaux et énergie consommés. Celle-ci est donc basée sur l'analyse de processus et entrées/sorties des flux.

L'important de ces deux approches est de tenir compte du cycle de vie entier des impacts (Wiedmann & Minx, 2007).

5.1.1. Approche top down

Dans les années 2000, l'Institut de l'Environnement de Stockholm en partenariat avec le Centre de l'Analyse Intégrée de la Durabilité de l'Université de Sydney (Integrated Sustainability Analysis) ainsi que le Global Footprint Network (GFN) ont développé la méthode top down (ou composée) qui aujourd'hui est favorisée à l'échelle des territoires, produits ou organisations (Wiedmann, Wood, Barrett, Lenzen, & Clay, 2008), (Stechbart & Wilson, 2010).

La méthode composée se base sur la matrice de calcul des comptes nationaux d'empreinte carbone du pays étudié. L'empreinte nationale est ensuite redistribuée aux localités selon leur consommation finale. Par exemple, si, sur un territoire donné, les ménages consomment dix fois moins d'électricité que le pays entier, l'empreinte carbone des consommations électriques

des ménages sera égale au dixième de l’empreinte nationale liée à l’électricité (Gondran & Boutaud, 2011).

L’empreinte est composée de plusieurs catégories de consommation : l’alimentation, le logement, la mobilité, les biens et les services. Celles-ci sont à leur tour détaillées et déclinées en plusieurs dizaines de produits de consommation. Sont pris en compte les produits de consommations dont l’impact est direct ou indirect, ce dernier est calculé par le GFN sur base des analyses de cycle de vie réalisées sur des centaines de produits.

Il existe deux familles d’outils afin d’élaborer ces matrices selon les différentes catégories de consommation au niveau national : la méthode composée par ACV et, par tableau entrées-sorties.

a) La méthode composée par ACV

Cette approche consiste à déterminer les coefficients des catégories de l’empreinte carbone à partir des statistiques de consommations de produits sur un territoire et d’analyses de cycle de vie (ACV) de ces produits.

Certaines sources de statistiques fournissent les données de consommation finale exprimées en unités physiques par habitant (tonnes de produits agricoles, GWh d’électricité, gaz et autres énergies, km de déplacements, etc.) tandis que d’autres fournissent les données de consommation selon les dépenses en unités monétaires par habitant. En effet, certaines données de consommation finale, comme l’alimentation et les biens de consommation, ne peuvent être estimées que par leur valeur monétaire sur base d’enquêtes de consommation des ménages déterminant la consommation finale de chaque catégorie ou sous-catégorie de biens ou services. Celles-ci sont alors utilisées pour en déduire les consommations physiques.

Pour les données de consommation en unités physiques, l’empreinte carbone nationale obtenue pour chaque catégorie (ou sous-catégorie) sera ensuite réaffectée à chaque territoire en fonction de la consommation finale propre à ce territoire. Par exemple, si la consommation de gaz par habitant d’un secteur est supérieure de 5% à la moyenne nationale, l’empreinte par habitant de ce secteur sera de 5% supérieure à celle du pays.

Pour les données de consommation en valeur monétaire, on distribue alors l’empreinte nationale de chaque catégorie de consommation en fonction de la part monétaire que représente la consommation de ces catégories à l’échelle locale. Par exemple, si la

consommation en valeur monétaire par habitant de la sous-catégorie « viande » est dans une région donnée de 5% supérieure à la moyenne nationale, on en déduit que sa consommation physique et son empreinte carbone associée est de 5% supérieure à celle de la nation.

Cette estimation est incorrecte en cas de différences dans le coût de la vie et donc des produits entre plusieurs régions.

Les points positifs de cette approche sont qu'elle est flexible, qu'elle permet d'utiliser des études et données spécifiques au territoire étudié et que sa méthodologie est relativement facile à appréhender.

Cependant, la collecte des données peut s'avérer fastidieuse de par l'hétérogénéité des sources de données. C'est pourquoi, cette approche peut difficilement être mise en œuvre de façon systématique et reproductible d'un pays à l'autre. Toutefois, ces dernières années, les données de consommation finale exprimées en flux monétaires tendent à s'homogénéiser notamment grâce à la classification internationale de consommation des ménages élaborée par la division statistique des Nations Unies, COICOP (Classification of Individual Consumption According to Purpose). Cette classification permet de classer les catégories de consommations (telles que le logement, l'électricité, le gaz et autres combustibles, les vêtements) qui intègrent l'empreinte carbone en fonction des dépenses de consommation individuelles des ménages.

Le calcul d'empreinte territoriale peut ainsi être réalisé sur base de données monétaires car celles-ci donnent une indication de la répartition de la consommation entre territoires.

Limites et faiblesses

Les problèmes posés par cette méthode sont qu'elle utilise les mêmes ACV pour les différents pays et suppose donc que les modes de production de ceux-ci ont le même impact, sans différence d'intensité ou d'efficacité énergétique (et donc d'émissions de carbone). De plus, les données d'inventaires de cycle de vie sont difficiles à analyser et souvent confidentielles. Parallèlement, différents produits et sous-produits peuvent se chevaucher, menant à des doubles comptages.

Enfin, une autre limite de cette méthodologie par ACV est inhérente à l'utilisation de données monétaires comme proxy pour les flux physiques.

b) La méthode composée par tableau entrées sorties

L'économiste Wassily Leontief, auteur de travaux sur l'analyse interindustrielle a développé cette méthode de tableaux entrées-sorties dans les années 1930, dans l'objectif de représenter dans la comptabilité nationale, les échanges de biens et services à l'intérieur d'une économie et d'identifier les interdépendances entre les différents secteurs d'activité. Le principe consistait donc à inventorier les achats effectués par chaque secteur d'activité auprès de chaque autre secteur.

Aujourd'hui, les analyses entrées-sorties sont utilisées pour suivre les impacts environnementaux directs et indirects des activités industrielles tout au long de la chaîne de production pour répartir l'impact (empreinte) des biens entre ses différentes activités de production, ou catégories de consommation finale.

L'approche entrées-sorties environnementale (Input-output analysis) s'est développée, ces dernières années, notamment par Hertwich et Peters pour le calcul d'empreinte carbone des pays par l'Institut de l'Environnement de Stockholm (Hertwich & Peters, 2009).

A la fin des années 2000, cette méthode de calcul d'empreinte carbone à l'échelle régionale a été adoptée par des acteurs publics en Grande- Bretagne, dans le cadre du programme de recherche intitulé Ressources and Energy Analysis Programme (REAP) piloté par le Stockholm Environment Institute (SEI) dont l'approche macroéconomique associe deux bases de données distinctes : celles relatives aux échanges monétaires entre secteurs et celles relatives à l'impact environnemental des différents secteurs industriels.

Contrairement à l'approche microéconomique de l'ACV des produits, cette approche macroéconomique consiste à déterminer la manière dont sont répartis les impacts environnementaux liés aux chaînes de production complexes des produits transformés et ainsi retracer précisément les échanges entre secteurs économiques au sein d'une nation et avec d'autres pays. Pour estimer l'empreinte carbone des produits transformés, cette méthode prend en compte l'empreinte indirecte (ou incorporée) des produits et services catégorisés et regroupés selon différentes nomenclatures, dont la nomenclature COICOP des consommations individuelles (Gondran & Boutaud, 2011). Le principe de calcul des émissions indirectes consiste à réaffecter les émissions des industries aux consommations finales des produits et services fournis en bout de chaîne (Dawkins et al., 2010).

Parallèlement, les analyses multirégionales d'entrées-sorties (MRIO) se développent de plus en plus, afin de représenter les aspects mondiaux de nos modes de consommation en

inventoriant les échanges internationaux. En effet, cette méthode analyse les échanges entre secteurs ainsi que les échanges d'un territoire donné avec les secteurs industriels des régions du monde et permet donc d'analyser les conséquences environnementales des échanges internationaux. Par exemple, les émissions liées à la production de biens échangés sur le marché international ont été estimées à 22 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales en 2001 (Hertwich & Peters, 2010). Ces tableaux internationaux facilitent la visualisation des interdépendances entre secteurs domestiques et étrangers et permettent d'intégrer les différences de technologies de production, d'utilisation des ressources et d'intensités de pollution selon les pays. Thomas Wiedmann constate que cette méthodologie est adéquate et fiable pour comptabiliser les impacts environnementaux liés à la consommation (Wiedmann, 2009).

L'analyse entrées-sorties multirégionale est associée à des méthodes de calcul complexes et est souvent limitée à un nombre restreint de secteurs (Huppes et al., 2006 ; Turner et al., 2007). De plus, elle requiert d'encore plus de données que la méthode conventionnelle (EIO). C'est pourquoi, il est difficile de réunir un ensemble de données fiables (Peters, Manshanden, & Tukker, 2007).

Actuellement, la base de données GTAP (Global Trade Analysis Project) est l'une des plus complètes pour établir des modèles MRIO. Celle-ci comprend des données de produits fournies par un réseau mondial de données statistiques nationales ainsi que par la base de données COMTRADE de l'ONU.

Limites et faiblesses

Tout d'abord, il est difficile d'obtenir les matrices nationales déterminant les impacts environnementaux des différentes catégories de produits.

De plus, l'agrégation par secteur d'activité est assez large et peut ainsi introduire des erreurs sur les impacts d'un type de produits spécifique.

En outre, les données disponibles datent de 3 à 5 ans. Il est difficile de se procurer des données actualisées.

Enfin, la plupart des tableaux entrées-sorties ne sont disponibles qu'en unités monétaires, ce qui mène à effectuer des hypothèses de proportionnalité entre flux physiques et monétaires.

5.1.2. Approche bottom up

Cette méthode micro, s'inspire de la précédente mais avec une approche ascendante, basée sur une analyse plus précise des flux entrants et sortants et des données plus locales.

Le développement de cette approche par composantes s'est effectué à la fin des années 1990 sous l'impulsion de bureaux d'études britanniques (Gondran & Boutaud, 2011). Le principe consiste à estimer l'empreinte carbone de chaque type de biens ou de services consommés par des individus. L'empreinte carbone de la population/ménage/individu résultera alors de la somme de l'ensemble des empreintes des biens consommés par ces derniers. Il est donc nécessaire de connaître l'empreinte carbone des produits et services consommés à partir de leur analyse de cycle de vie (ACV) ainsi que les flux de matière et d'énergie qui entrent et sortent d'un territoire/ménage permettant de déduire la consommation des individus.

Cette approche a l'avantage d'être détaillée mais présente certaines faiblesses :

- Il est difficile de comptabiliser de manière exhaustive tous les biens et services consommés ;
- Certains doubles comptages sont inévitables car les périmètres des analyses de cycle de vie de certains produit et service se chevauchent ;
- On ne connaît pas exactement les émissions de carbone liées à la fabrication de chaque bien, ce qui engendre des calculs approximatifs. En effet, un même produit fabriqué par des entreprises différentes peut avoir une empreinte carbone très variable selon le processus de fabrication.

5.1.3. Conclusion

Le choix de la méthodologie dépendra souvent de l'objet de l'étude et de la disponibilité des données et des ressources. Afin de réaliser une analyse détaillée et fiable, la meilleure option est d'utiliser une approche hybride intégrant et combinant les forces des deux méthodologies précédentes (Heijungs & Suh, 2006).

5.2. Empreinte carbone des habitants

Chancel et Piketty attribuent une grande part des émissions de CO₂ nationales aux ménages. Ils estiment que 65 % des émissions mondiales sont liés à la consommation des individus, l'autre part serait donc généré par les gouvernements et les investissements. Il est donc important de convertir les émissions nationales liées à la production aux émissions provoquées par la consommation des individus (Chancel & Piketty, 2015).

Pour calculer l'empreinte carbone des individus, une approche hybride entre une analyse multirégionale d'entrées-sorties et une analyse de cycle de vie peut être développée (Miehe et al., 2016). Ces derniers ont utilisé une telle approche afin de calculer l'empreinte carbone des ménages allemands.

Lenzen, Bin et Dowlatabadi, Park et Heo présentent et décrivent une méthodologie permettant de réaliser une estimation des émissions de CO₂ des ménages basée sur une analyse entrées-sorties et donc une approche s'intéressant au mode de vie des consommateurs (Lenzen, 1998 ; Bin & Dowlatabadi, 2005, Park & Heo, 2007).

Se basant sur l'analyse entrées-sorties de Lenzen, Yan Wang et Minjun Shi ont calculé et dressé un inventaire des coefficients d'émissions de CO₂ en Chine (Yan & Minjun, 2009). Ensuite, ils ont réalisé une estimation du carbone émis par les ménages ruraux et urbains en se basant sur des données statistiques de dépenses des ménages chinois.

Wiedenhofer calcule l'empreinte carbone de la consommation des foyers chinois comme la somme des émissions indirectes, des émissions internationales en amont (grâce à une analyse MRIO) et des émissions de l'usage direct des ménages (Wiedenhofer et al., 2016).

En France, le Bilan Carbone® a été développé en 2004 par l'Ademe. Il s'agit d'une méthode permettant d'évaluer l'empreinte carbone d'un ensemble de personnes. Les émissions d'un ménage ne sont généralement pas mesurées physiquement, mais estimées à l'aide de données statistiques en multipliant les données d'activités de consommation par les facteurs d'émission exprimant l'intensité des émissions de carbone associées à ces flux physiques (Ademe, 2014).

Pour réaliser un bilan carbone, de nombreuses conventions méthodologiques doivent être précisées comme la définition du périmètre d'analyse, l'inventaire et la collecte de données des activités, les règles d'allocation des émissions de GES ainsi que le calcul de facteurs d'émission.

5.3. Emissions carbone en fonction des revenus, un cas de méthodologie

Il existe plusieurs études qui ont été réalisées dans l'objectif d'analyser les émissions de carbone en fonction des revenus de la population.

Dans leur étude, Chakravarty et ses collaborateurs ont construit un modèle de distribution mondial des émissions individuelles de CO₂ en supposant que celles-ci sont liées aux revenus (Chakravarty, Chikkatur, Coninck, et al., 2009).

Les valeurs d'élasticité des émissions par rapport aux dépenses de consommation proviennent de diverses études qui prennent en compte l'utilisation directe d'énergie des ménages et l'énergie incorporée dans les biens et services consommés par les ménages. Cette approche, développée par Robert Herendeen dans les années 1970, combine les enquêtes sur les revenus et les dépenses de consommation des ménages avec les statistiques sur les émissions et les données des tableaux entrées-sorties. Les dépenses des ménages des différentes catégories de consommation sont converties en émissions de CO₂ (Chakravarty, Chikkatur, Coninck, et al., 2009).

De la même manière, une étude réalisée par Oxfam établit une relation élastique entre les revenus et les émissions d'une multitude de pays. Pour ce faire, ils utilisent deux types de données : le total et la distribution des revenus à l'intérieur de chaque pays ainsi que les estimations d'émissions de CO₂ générées par la consommation des ménages. Les parts du total national des émissions sont alors distribuées selon les différents revenus (Oxfam, 2015).

Les données sur la répartition du revenu national proviennent d'une analyse de Branko Milanovic basée sur des enquêtes auprès des ménages. Celle-ci fournit des estimations des revenus annuels per capita en centiles pour 118 pays en 2008. La population pour chaque centile est également donnée. La population totale de ces 118 pays est de 6 142 millions. Cet ensemble de données représente l'information la plus récente publiquement disponible sur les distributions de revenus.

Les émissions de CO₂ associées à la consommation des foyers sont estimées grâce à un modèle commercial d'entrées-sorties multirégionales (MRIO) couvrant 121 pays pour l'année 2007, établi par Glen Peters du Centre du Climat International et de la Recherche Environnementale (CICERO) basé à Oslo. Cette analyse utilise un modèle multirégional d'entrée-sortie (MRIO) établi sur le modèle commercial du Global Trade Analysis Project (GTAP).

Il est important de souligner que ce modèle représente les émissions générées par la consommation de biens et services des ménages du territoire et non les émissions associées à la production nationale. Le modèle commercial GTAP alloue les émissions associées aux biens et services au territoire où la consommation a lieu, plutôt que le pays dans lequel se déroule le processus de production. Les estimations des émissions basées sur la consommation sont préférées aux comptes nationaux des émissions car cette analyse porte sur le comportement des individus plutôt que des pays. Cette distribution des émissions implique donc que toutes les émissions peuvent être attribuées aux particuliers à partir de leur consommation individuelle. De même, les émissions associées à la consommation par les gouvernements, les capitaux et les secteurs des transports internationaux sont exclues. Selon leurs estimations, la part des émissions générées par la consommation des individus représente 64 % des émissions totales du pays en moyenne mais ce chiffre varie pour chaque pays (70% pour le Guatemala).

Certaines faiblesses sont associées à leur étude. Notamment, le fait que les données de revenus de Branko Milanovic datent de 2008 alors que les données de répartition des émissions en fonction des revenus de Glen Peters datent de 2007. L'autre faiblesse est la sous-représentativité de l'extrémité supérieure des déciles de revenus dans les enquêtes des ménages. On peut mentionner également le fait que les données utilisées proviennent d'une combinaison d'enquêtes de dépenses et de revenus en fonction du pays analysé et sont traitées de façon interchangeable. Le vrai facteur des émissions devrait, par conséquent, être la consommation plutôt que les revenus des ménages.

Dans leur étude sur les émissions de CO₂ des ménages anglais, Druckman et Jackson se basent sur une analyse quasi multirégionale d'entrées-sorties et prennent en compte les émissions générées par l'énergie utilisée pour la production des biens et services des ménages divisés en 7 groupes selon leurs caractéristiques socio-économiques. Leur méthodologie de calcul d'empreinte carbone se base sur le modèle d'Analyse de Ressources Locales qui effectue une estimation des dépenses, de l'utilisation des ressources et des émissions de ménages dans des régions avec des caractéristiques socio-économiques homogènes (Druckman & Jackson, 2009).

6. LE CAS DU GUATEMALA

Afin de d'appuyer et de compléter les observations effectuées par les divers auteurs cités précédemment par rapport au comportement des émissions de CO₂ des habitants en fonction de leurs revenus, ce travail se porte sur la quantification et l'analyse des émissions de carbone au sein des différentes classes économiques de la population du Guatemala pour rendre compte de la situation d'inégalité dans ce pays d'Amérique centrale plein de contrastes au niveau social, économique, géographique et ethnique.

6.1. Contexte général

Le Guatemala s'étend sur une surface de 108 889 km² et était peuplé par 16,3 millions d'habitants en 2015 selon la Banque mondiale⁵, ce qui en fait le pays le plus peuplé d'Amérique centrale. Administrativement, le pays est constitué de huit régions regroupant vingt-deux départements divisés en municipalités, elles-mêmes subdivisées en plusieurs communautés.

Ce pays ayant longtemps été le centre de l'Empire maya, détient la proportion d'Indiens la plus élevée de la région (43% de la population en 2000). Ces populations indiennes sont celles qui se retrouvent socialement, économiquement et politiquement exclues, notamment à cause des barrières géographiques, de la langue, du manque d'éducation et d'opportunités économiques. En dépit d'une forte croissance de sa population et d'une capitale regroupant près d'un cinquième des habitants du pays, le Guatemala reste faiblement urbanisé.

Le PIB du Guatemala s'élève à US\$ 3903 par habitant en 2015 (Banque Mondiale) ce qui traduit un niveau de pauvreté élevé par rapport à son pays voisin le Mexique (US\$ 9143). Les estimations de l'année 2014 montrent que 54% des familles guatémaltèques vivaient en dessous du seuil de pauvreté et avaient donc des revenus insuffisants pour acheter un panier de biens et services primaires. En effet, 24% de la population guatémaltèque vit avec moins de US\$3 par jour et 9% avec moins de US\$2.

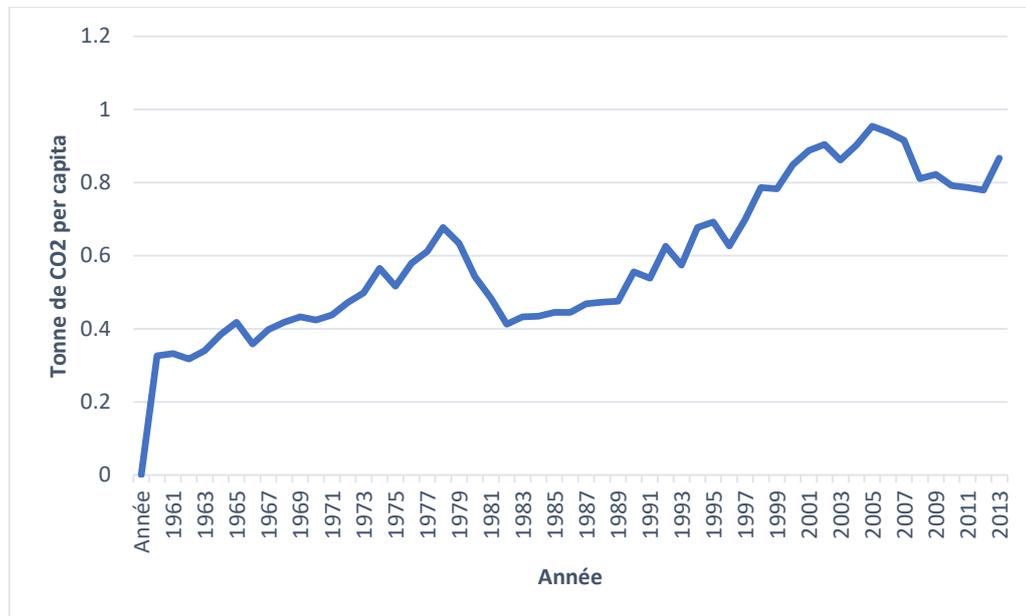
⁵ Banque mondiale : <http://datos.bancomundial.org/pais/guatemala>

En 2015, 85% du PIB national comprenait les dépenses de consommation des ménages (Banque mondiale) alors que les dépenses générales de consommation finale de l'Etat ne représentaient que 10 % du PIB.

6.2. Emissions nationales per capita

Selon les données de la Banque mondiale, les émissions de CO₂ furent de 0.87 tonnes par habitant en 2013.

Graphique 3. Evolution des émissions de CO₂ du Guatemala

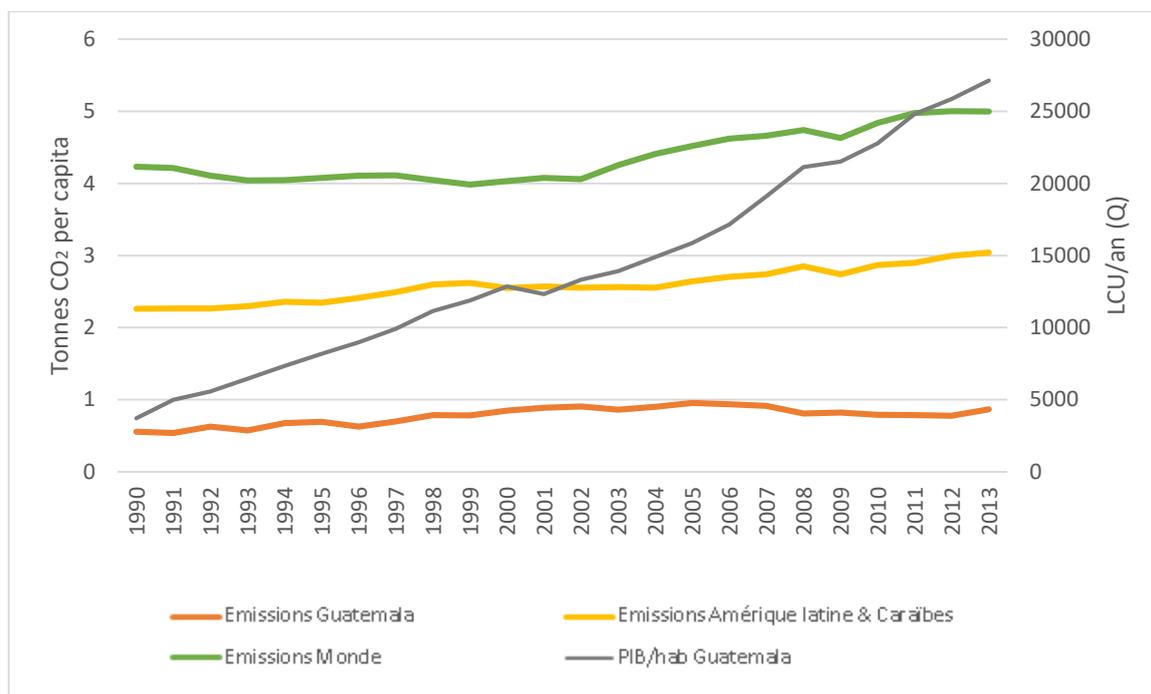


Source : élaboration propre à partir des données de la Banque Mondiale

Lorsqu'on compare les niveaux d'émissions actuels, on remarque une évolution de 166 % depuis 1960 et de 56 % depuis 1990.

Une guerre civile ayant débuté en 1960 s'affermi et commença à se généraliser partout dans le pays en 1980 avec les assauts de l'armée sur les villages soupçonnés de soutenir la guérilla. Celle-ci prit fin en 1996 avec la signature des accords de paix. Cette situation explique la nette diminution observée des émissions à partir des années 1980.

Graphique 4. Evolution du PIB/capita du Guatemala et des émissions de CO₂ du Guatemala, de l'Amérique latine & Caraïbes et du Monde



Source : élaboration propre sur base des données de la Banque Mondiale

La Banque mondiale montre donc une faible croissance des émissions et un très bas niveau d'émissions par habitant du Guatemala par rapport à la moyenne des pays d'Amérique latine et mondiale. Toutefois, le PIB par habitant du Guatemala a fortement augmenté depuis 1990 (de plus de 600 %).

Selon le ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles (MARN) du Guatemala, les émissions de CO₂ s'élevèrent à 2.48 tonnes par habitant en 2013. Il conclut que le Guatemala contribue à moins de 0.1 % des émissions mondiales (MARN, 2015).

6.3. Inégalités de richesses et revenus

Selon la Banque mondiale, le Guatemala présente un indice GINI de 48.66 en 2014, ce qui le plaça en 6^{ème} position des pays les plus inégaux selon ce coefficient.

Malgré une croissance annuelle moyenne du PIB de 4 % ces dernières années, les conditions de vie de la plupart des Guatémaltèques n'ont que très peu évoluées. On observe à partir des

données de la Banque mondiale que les 20 % les plus riches détenaient en 2014, 54 % des richesses du pays, alors que les 20% les plus pauvres (surtout représentés par les populations rurales et indigènes) devaient se contenter de 4,4 %. Ceux-ci restent donc souvent exclus du partage des richesses.

Largement surreprésentées dans cette dernière catégorie, les populations rurales et indigènes restent souvent exclues du partage des richesses.

6.4. Contributions INDC, UNFCCC

Lors de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, le Guatemala a présenté ses contributions (INDC) qui s'incorporaient dans le Plan National de Développement, dont le but principal était de réduire ses émissions.

Entre 1998 et 2010, les variations climatiques ont occasionné des pertes économiques dans le secteur agricole de l'ordre de US\$ 1,85 mil millions. Selon les données de l'IPCC et la stratégie internationale pour la réduction de désastres, la vulnérabilité environnementale du pays se manifeste majoritairement dans les hauts niveaux de pauvreté et les groupes les plus touchés sont les indigènes, les agriculteurs de subsistance et les pêcheurs.

Comme on a pu le constater, le Guatemala reste très inégalitaire et est marqué par une pauvreté endémique. C'est pourquoi, le choix de ce pays et ses caractéristiques permettra d'apporter un éclairage sur la corrélation entre les émissions de carbone des individus et les inégalités de revenus.

7. MATÉRIEL ET MÉTHODE

7.1. Indicateur

Les émissions de carbone des ménages sont le résultat de la pression que ceux-ci exercent sur l'environnement de par leur consommation et leurs dépenses dans plusieurs secteurs.

L'indicateur d'empreinte carbone a été utilisé afin de déterminer la répartition des émissions de CO₂ sur base d'un échantillon de ménages de différentes classes socio-économiques de la population guatémaltèque.

Certains facteurs peuvent affecter la quantification de l'empreinte carbone comme les limites suivantes :

- La disponibilité des données ;
- La différence entre les mesures d'entrées et les méthodes de quantification des émissions.

Cependant, lors de la quantification de l'empreinte carbone, le plus important n'est pas tellement la précision des émissions mais plutôt d'établir une mesure empirique approximative et une tendance sociétale comme l'explique Wackernagel (Wackernagel, 2009).

C'est pourquoi, dans cette étude, l'empreinte carbone est utilisée pour l'analyse de l'origine des contributions des émissions comme un outil de conscientisation, comme le mentionnent Wilson et Grant, plutôt qu'une mesure exacte et précise des émissions des individus (Wilson & Grant, 2009).

7.2. Données

Données sur les émissions de CO₂

Les données nécessaires à la quantification des émissions de CO₂ des Guatémaltèques proviennent d'enquêtes de dépenses et consommation des ménages réalisées par l'Institut National de Statistiques du Guatemala : l'Enquête Nationale de Conditions de Vie (ENCOVI2014), effectuée en 2014. Cette enquête, dont l'objectif principal est de comprendre et d'évaluer les conditions de vie de la population, contient un grand nombre d'informations relatives aux caractéristiques démographiques et à la consommation des ménages (leur

composition, âge, origine, dépenses de consommation par catégorie en monnaie locale, etc.) L'ENCOVI adopte une méthodologie basée sur la collecte d'informations qualitatives et quantitatives sur base de l'entretien avec 54 822 individus répartis en 11 536 ménages des 22 départements du Guatemala. Les données provenant des enquêtes sont fournies par l'INE à l'aide du logiciel d'analyse statistique SPSS®.

Les valeurs utilisées dans cette analyse représentent les émissions provenant de la consommation plutôt que de la production puisque les émissions associées aux biens et services sont allouées au territoire où la consommation a lieu et à ses habitants, plutôt qu'au pays dans lequel se déroule le processus de production. Les estimations des émissions basées sur la consommation des ménages, représentant 70 % des émissions du pays, sont préférées aux comptes nationaux des émissions.

Tableau 4. Parts des contributions d'émissions nationales du Guatemala

Ménages	Etat	Capital	Transport international
70%	2.5%	25%	2.5%

Source : Glen Peters, MRIO, 2007.

Données sur les revenus

Pour les besoins de cette étude, les données de l'Enquête Nationale d'Emploi et Revenu effectuée en 2014 (ENEI2014) ont également été utilisées. Cette enquête contient les informations socio-économiques des ménages précédents permettant d'observer les inégalités de revenus au sein de la population guatémaltèque.

7.3. Méthode

Les émissions de CO₂ sont basées sur l'agrégation des différentes catégories de consommation des ménages. Il est important de définir le calcul des émissions associées aux individus ; celles-ci comptabilisent toutes les émissions provoquées par leur consommation qu'elles aient été

générées à l'intérieur du pays analysé ou à l'étranger (Angela Druckman & Jackson, 2009). L'empreinte des secteurs économiques de production est ainsi réaffectée aux catégories finales de produits consommés par les individus des ménages. Contrairement aux méthodologies top-down, l'approche bottom-up de la présente étude permet d'estimer des impacts réels individuels de ménages en les incorporant à des données socio-démographiques.

Afin de quantifier les émissions de CO₂ des individus, à partir des données de dépenses disponibles, il est nécessaire de se baser sur des facteurs d'émissions selon les dépenses au niveau national pour les différentes catégories de consommation. Des estimations d'émissions de CO₂ associées à la consommation des foyers ont été établies et fournies par Glen Peters pour l'année 2013 à partir d'un modèle commercial d'entrées-sorties multirégionales (MRIO) couvrant 121 pays dont le Guatemala.

Les analyses d'entrées-sorties multirégionales permettent d'obtenir les données d'émissions indirectes de CO₂ de chaque secteur de production (Peters et al., 2011). Il existe plusieurs bases de données qui fournissent des estimations d'entrées-sorties environnementales comme par exemple GTAP (Andrew et Peters, 2013), Exiobase (Wood et al., 2014) ou EORA (Lenzen et al., 2012).

Le calcul de l'empreinte carbone complète des ménages prend en compte les émissions de CO₂ directes comme le chauffage, l'électricité et le transport ainsi que les émissions indirectes qui proviennent des divers secteurs de production de biens et services consommés par les ménages comme les vêtements ou encore les appareils électroniques (Padgett et al., 2008).

La quantification des émissions directes de CO₂ provient d'un calcul simple. En effet, il suffit de multiplier la quantité d'énergie consommée par le facteur d'émissions correspondant au type d'énergie alors que pour les émissions indirectes, il n'existe pas encore, à ce jour, de méthodologie reconnue et exacte permettant de les calculer. Il n'est alors possible de réaliser qu'une estimation de ces dernières à partir de facteurs d'émissions de CO₂ des dépenses de consommation propres au pays.

Dans cette étude, les limites de l'enquête et de ses résultats et réponses ne permettent pas de réaliser le calcul d'une empreinte totale mais partielle. Celle-ci est donc sous représentative de l'empreinte réelle. Cependant un grand nombre d'informations a été récolté et l'empreinte estimée à travers les calculs se rapproche fortement de l'empreinte réelle.

En effet, les données d'entrées disponibles pour le calcul d'empreinte des ménages sont les suivantes : leur consommation d'énergie du logement, leurs dépenses en alimentation pour chaque produit alimentaire consommé, leurs dépenses en transports selon le type de transport, leurs dépenses en biens et en services.

Le facteur d'influence principal de l'empreinte carbone partielle individuelle analysé dans cette étude est celui des revenus des individus, tout comme l'ont démontré les recherches effectuées par Sovacool et Brown (2010), Jones et Kammen (2011), Lebel et al. (2007), Lenzen et al. (2006), Chancel (2014), Irfany et Klasen, (2016), Druckman et Jackson, (2008), Kerkhof et al. (2009), Weber et Matthews (2008), Levy et al. (2009).

Les recherches d'autres auteurs comme Lebel et ses collaborateurs, Yan Wang et Minjun Shi, Druckman et Jackson ont montré l'importance du lieu d'habitat. En effet, les habitants des zones rurales ont tendance à émettre moins de CO₂ que ceux des zones urbaines (Lebel et al., 2007 ; Yan Wang & Minjun Shi, 2009 ; Druckman & Jackson, 2008). Cependant, ce facteur n'a pas été analysé au cours de la présente étude.

7.4. Calculs

Lorsque la nature des biens ou des services ne peut pas se mesurer via une quantité physique ou lorsque les quantités physiques ne sont pas disponibles, il est possible d'estimer les émissions à partir de montants financiers, sur lesquels il faut ensuite appliquer des facteurs d'émission monétaires.

7.4.1. Facteurs d'émission monétaires

La plupart des données disponibles des enquêtes de consommation des ménages sont fournies en monnaie locale, le quetzal (Q). Afin de convertir ces données de dépense en émissions de CO₂, des facteurs de conversion sont utilisés. Ceux-ci ont été fournis par Glen Peters pour l'année 2013 à partir d'un modèle commercial d'entrées-sorties multirégionales (MRIO) basé sur les données du GTAP. Ces facteurs d'émission fournissent la quantité d'émissions de CO₂ de la chaîne d'approvisionnement entière d'une série de produits et services par unité de

dépense en USD du Guatemala. Les facteurs monétaires d'émission en kg CO₂/USD du Guatemala sont détaillés en Annexe.

En analysant ces facteurs d'émissions du Guatemala et après les avoir comparés avec ceux d'autres pays, on remarque certaines différences significatives. Par exemple, le facteur pour le transport en commun est de 3.37 kg CO₂/ USD pour le Guatemala alors que celui-ci est beaucoup plus faible dans son pays voisin le Mexique (1.03 kg CO₂/ USD). Ceci résulte, entre autres, de l'infrastructure vétuste des moyens de transport en commun (bus) et de l'absence de métro au Guatemala.

7.4.2. Emissions de CO₂ des différentes activités de consommation par catégorie

1) Energie du logement

Cette catégorie comprend les postes suivants : le gaz naturel, le charbon, le kérosène et l'électricité. Ce dernier concerne les émissions liées à la production d'électricité pour sa consommation, qu'elles soient pour l'éclairage, le chauffage ou pour un autre usage spécifique de l'électricité. L'électricité générée peut provenir des combustibles fossiles, des centrales nucléaires, des centrales hydroélectriques, etc. Par conséquent, les émissions varient suivant les pays et les années selon le mix énergétique.

2) Transport

Ce poste rassemble les émissions de déplacements en : voiture particulière, moto, taxi, transport en commun (bus) et avion (à l'intérieur du pays).

3) Biens manufacturés

Cette catégorie regroupe les émissions de fabrication d'un grand nombre de produits manufacturés tels que l'habillement, les électroménagers, les appareils électroniques, les véhicules, etc.

4) Services

Ce poste regroupe les émissions de prestations de services employés tels que les services de santé, de communication, de loisir, commerciaux et la restauration.

5) Alimentation

Cette catégorie regroupe les émissions provenant de la production d'un grand nombre d'aliments consommés.

Tableau 5. Catégories d'émissions de CO₂

	Poste d'émissions
Emissions directes	Consommation d'énergie pour le logement
	Transport
Emissions indirectes	Consommation de biens manufacturés
	Consommation de services
	Alimentation

Source : élaboration propre

7.4.3. Les revenus

Pour la plupart des salariés, le revenu provient de leur salaire net. Cependant, ce dernier ne représente pas toujours l'unique source de revenus. En effet, une partie des actifs vendent des prestations comme les médecins ou les commerçants. De plus, certains ménages disposent de biens dont ils reçoivent une rémunération, comme les loyers perçus par les propriétaires qui louent des biens immobiliers ou les intérêts reçus par les détenteurs d'actions, etc. Enfin, les retraités perçoivent des revenus issus du système d'assurances sociales.

Au travers des enquêtes réalisées auprès des ménages, une série d'informations a été prélevée sur les différentes sources de revenus monétaires mensuels de ceux-ci. Ceux-ci prennent en compte le salaire net, les bonus annuels, les revenus de commerce propre, les ventes, la location de biens immobiliers, la pension de retraite et la perception d'argent provenant de l'étranger. Pour chaque ménage, cette série de revenus a été intégrée afin de déterminer les revenus dont les personnes disposent pour acheter des biens et services.

Lorsqu'on analyse les revenus du ménage, il existe plusieurs façons de les considérer : par ménage complet, par personne ou par unités de consommation modifiées (UCM).

Si on tient compte des revenus de l'ensemble du ménage, on fait l'hypothèse que le bien-être d'un individu au sein d'un ménage dépend de son propre revenu, mais aussi de celui des autres membres du foyer et que donc tous les membres du ménage possèdent un revenu égal et occupent une même place dans la distribution des revenus. En réalité, cela n'est pas nécessairement le cas, mais c'est l'hypothèse la moins arbitraire à effectuer à partir des données disponibles. De plus, l'analyse des émissions de CO₂ en fonction du budget familial est difficile à réaliser car celles-ci se verront influencées par la taille du ménage.

Si on divise simplement les revenus du ménage par le nombre d'individus qui le compose, on obtient les revenus par personne. La plupart des publications comparant les émissions de CO₂ repose sur cette méthode. Cependant, cette manière de considérer le revenu consiste à ignorer toute économie d'échelle et à raisonner en dépense par tête. En effet, au sein d'un grand ménage, chaque personne aura alors une empreinte carbone moindre.

Afin de pouvoir comparer les revenus des unités de ménage de tailles, compositions et âges différents, le nombre de personnes du ménage est ramené et pondéré à un nombre d'unités de consommation. Le revenu du ménage a donc été ajusté en fonction de sa taille en revenu

équivalent individu. En effet, les besoins d'un ménage augmentent avec chaque membre supplémentaire, mais pas de manière proportionnelle en raison des économies d'échelle réalisées sur la consommation grâce au partage de biens à usage collectif. Par exemple, les besoins en électricité d'un ménage de 4 personnes, ne seront pas quatre fois supérieurs aux besoins d'un ménage composé d'une seule personne. Le logement est la fonction de consommation pour laquelle ces économies d'échelle sont les plus importantes. Viennent ensuite l'automobile et l'équipement ménager. En utilisant une échelle d'équivalence, chaque ménage se voit attribuer une valeur en fonction de ses besoins. Cette conversion en unités de consommation modifiée (UCM), certes artificielle, permet de lier et comparer les émissions de CO₂ et les différents niveaux de revenus. Ce système de pondération distribuant les revenus au sein des ménages est basé sur un système de parts appelées "unités de consommation". Il existe plusieurs échelles utilisées par les statisticiens attribuant les parts de consommation aux individus au sein des ménages. Parmi les échelles proposées, deux se sont successivement imposées. Avant la fin des années 1980, l'échelle d'"Oxford" était couramment utilisée dans les travaux économiques concernant les niveaux de vie, les inégalités de revenu et de consommation. Celle-ci attribuait une part à la personne seule, 0,7 UC par adulte supplémentaire et 0,5 UC par enfant. Ces dernières années, elle s'est vue supplantée par l'échelle dite OCDE "modifiée

Avec l'échelle "OCDE modifiée", les unités de consommation sont calculées de la façon suivante : 1 part pour le premier adulte du ménage, 0,5 part pour les autres personnes de 14 ans ou plus et 0,3 part pour les enfants de moins de 14 ans. Cette échelle rend mieux compte des économies d'échelle réalisées aujourd'hui par les ménages que l'échelle d'Oxford utilisée habituellement par les statisticiens, où l'adulte supplémentaire compte pour 0,7 et l'enfant pour 0,5 (Accardo, 2007). Cette échelle d'équivalence est utilisée couramment par Eurostat.

Ces échelles permettent de disposer d'un outil commun qui assure la comparabilité dans le temps et dans l'espace des analyses de la distribution des niveaux de vie. Mais, il convient de garder à l'esprit qu'elles correspondent mal à la grande variété des pratiques de consommation et des économies d'échelle associées.

Pour les besoins de cette recherche, les revenus des individus des ménages ont été pondérés grâce aux coefficients de l'échelle OCDE modifiée.

Pour analyser les différences d'émissions selon le revenu, un système de tranches est utilisé. Les ménages transformés en unités de consommation sont classés en fonction de leurs revenus

et les tranches sont comparées entre elles. L'échantillon de la population est classé en tranches rangées par ordre croissant.

Pour cette analyse, l'échantillon a été découpé en tranches de 10 %, appelées "déciles". Le premier décile des revenus (D1) est donc le niveau de revenu pour lequel 10 % de la population gagne moins et donc logiquement, 90 % gagne plus. Le rapport inter décile est un indicateur fortement utilisé pour mesurer les inégalités entre les différentes tranches de revenu. Il permet de rapporter le niveau d'une tranche sur une autre.

8. RÉSULTATS

Ci-après sont présentés les résultats principaux des estimations d'émissions de CO₂ des individus du Guatemala ayant participé aux enquêtes ENEI et ENCOVI. Ceux-ci ont été regroupés par classes de revenu. Les émissions ont été comptabilisées par unité de consommation (OCDE modifiée). Les classes de revenus sont définies par les déciles de la population échantillon.

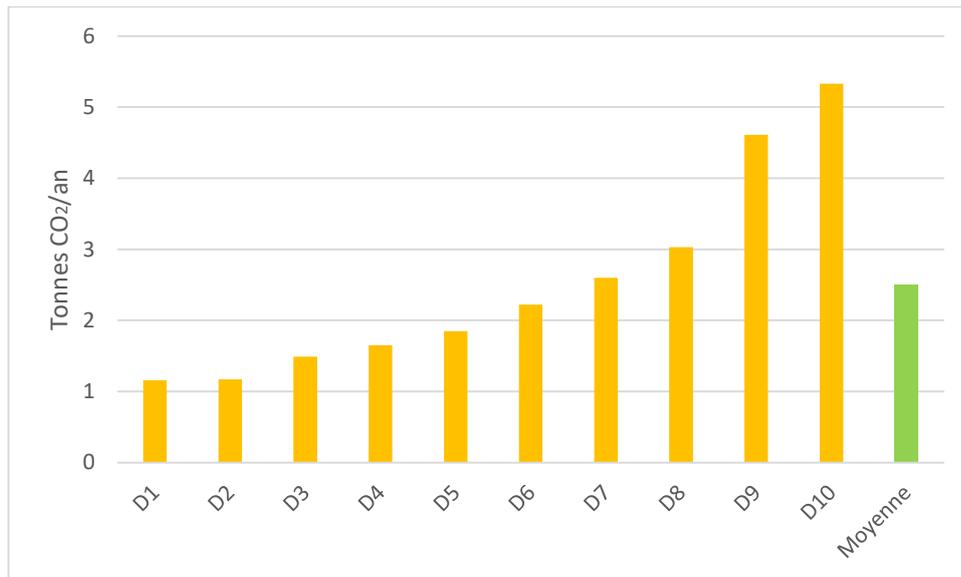
8.1. Emissions globales

Une estimation des émissions totales de CO₂ annuelles des individus a été réalisée afin de déterminer une empreinte carbone des habitants du Guatemala selon leur classe de revenus.

Tableau 6. Total d'émissions CO₂ par classe de revenu

Revenu USD/an	Tonnes d'Emissions CO ₂ /an (moyenne)	Kg CO ₂ /USD	Taux d'augmentation des émissions moyennes par rapport aux plus pauvres
0-480	1.16	10.37	-
481-768	1.17	3.10	1 %
769-1080	1.49	2.65	28 %
1081-1416	1.65	2.16	42 %
1417-1860	1.85	1.87	59 %
1861-2316	2.22	1.74	91 %
2317-3012	2.60	1.60	124 %
3013-4152	3.03	1.40	161 %
4 153-4 824	4.61	1.22	297 %
4 825-21 499	5.33	0.77	359 %

Graphique 5. Total d'émissions CO₂/personne par classe de revenu



On observe que le décile le plus riche présente des émissions presque 5 fois supérieures au décile le plus pauvre bien que les revenus de ce dernier sont bien plus que 5 fois inférieurs aux plus riches. En effet, en observant les émissions par unité de revenu de chaque classe économique, on note que le coefficient de Kg CO₂/USD n'est pas constant et que celui-ci diminue fortement lorsque les revenus augmentent. On en conclut que les plus riches engendrent moins d'émissions par unité de revenu.

Les émissions des revenus inférieurs est 2 fois plus petite que l'empreinte moyenne par habitant (2.5 tonnes) et l'empreinte des revenus les plus élevés est deux fois plus grande que l'empreinte moyenne.

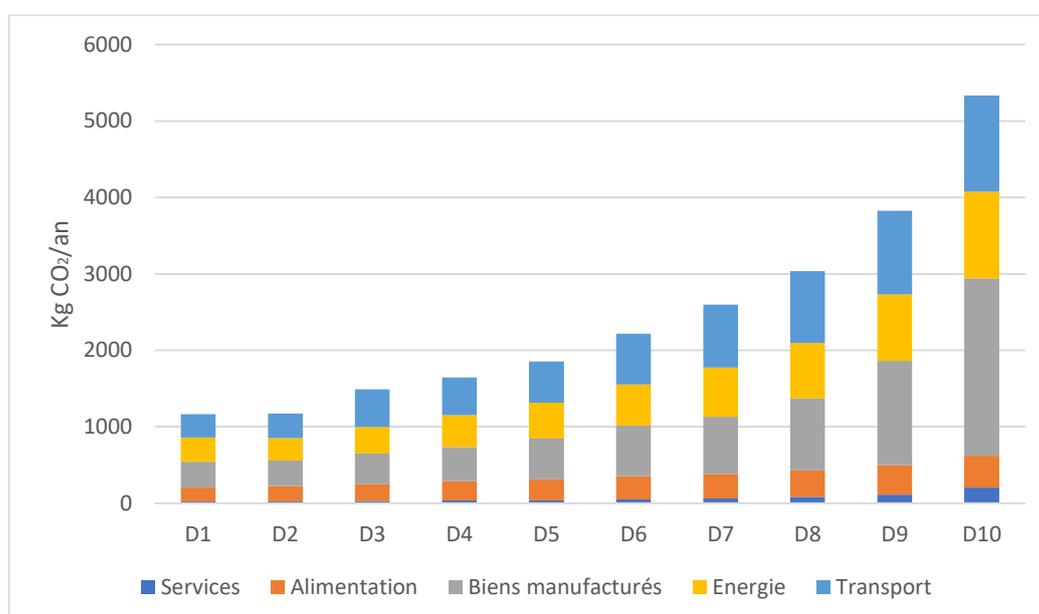
Lorsqu'on analyse les extrêmes des classes économiques, on observe que le centile le plus pauvre émet annuellement près d'1 tonne de CO₂ alors que le centile le plus riche en émet plus de 7. On en conclut que 1 % des plus pauvres émet 7 fois moins que le pourcent le plus riche.

8.2. Emissions par catégories

Tableau 7. Moyenne d'émissions de Kg CO₂/an par catégorie

Revenus USD/an	Energie du logement	Transport (mobilité)	Biens manufacturés	Services	Alimentation	Total
0-480	318.72	304.68	339	25.8	176.64	1164.72
481-768	292.08	320.28	333.96	23.04	201.84	1171.2
769-1080	348.36	492	401.76	27.48	221.76	1491.36
1081-1416	414.96	494.52	447.72	36.36	252	1645.68
1417-1860	469.2	537.12	533.52	37.8	275.16	1852.8
1861-2316	539.28	663.24	659.28	49.92	306.24	2217.96
2317-3012	642.48	823.08	748.2	64.32	320.64	2598.6
3013-4152	725.52	939.12	940.2	83.04	346.56	3034.32
4153-4824	868.32	1094.88	1368.36	114.6	380.64	3826.68
4825-21 499	1138.2	1256.28	2317.2	205.44	415.8	5332.92

Graphique 6. Total d'émissions CO₂/an par décile



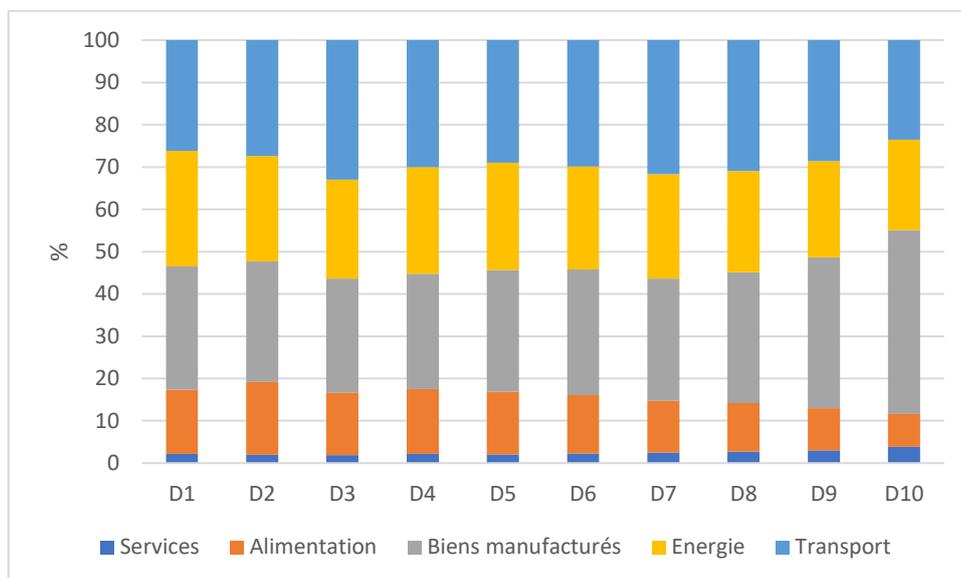
On constate qu'au travers de toutes les catégories d'émissions analysées, celles-ci augmentent presque toujours avec le revenu des individus. En effet, plus les individus auront des revenus

élevés, au plus ils auront tendance à émettre de plus grandes quantités de CO₂. On note que le deuxième décile ne se comporte pas comme prévu puisqu'il émet légèrement moins dans certaines catégories (pour l'énergie du logement, les biens manufacturés et les services) que le premier décile.

Tableau 8. Taux de contribution des catégories d'émissions de CO₂

Revenus USD/an	Energie du logement (%)	Transport (%)	Biens manufacturés (%)	Services (%)	Alimentation (%)
0-480	27.36	26.16	29.11	2.22	15.17
481-768	24.94	27.35	28.51	1.97	17.23
769-1080	23.36	32.99	26.94	1.84	14.87
1081-1416	25.22	30.05	27.21	2.21	15.31
1417-1860	25.32	28.99	28.80	2.04	14.85
1861-2316	24.31	29.90	29.72	2.25	13.81
2317-3012	24.72	31.67	28.79	2.48	12.34
3013-4152	23.91	30.95	30.99	2.74	11.42
4153-4824	22.69	28.61	35.76	2.99	9.95
4825-21 499	21.34	23.56	43.45	3.85	7.80

Graphique 7. Taux de contributions aux émissions de CO₂ de toutes les catégories par décile



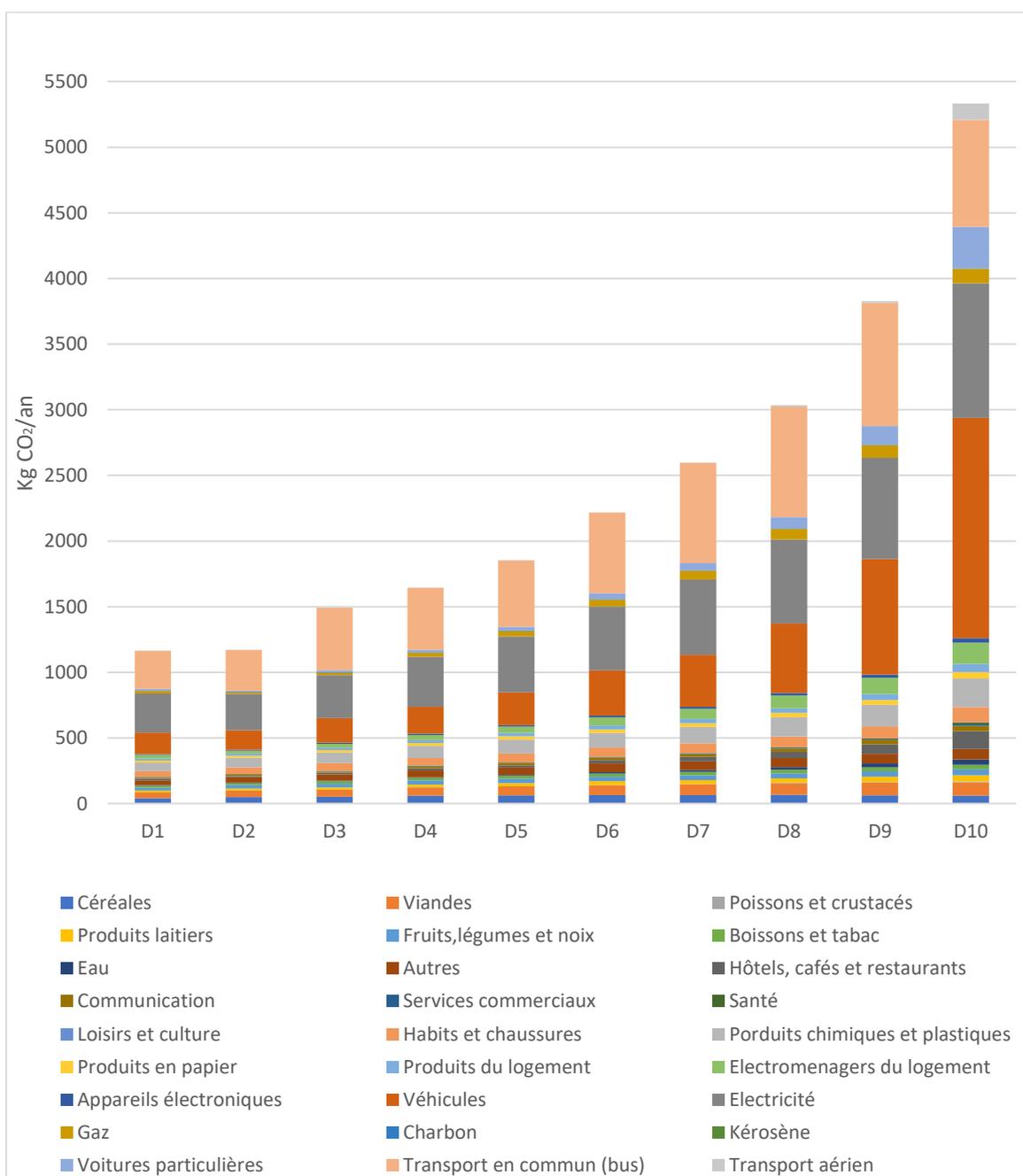
On remarque que la catégorie des services est celle qui émet le moins de CO₂. En effet, selon les déciles de revenus, celle-ci ne contribue qu'entre 2 à 4 % des émissions totales des ménages. L'alimentation contribue entre 8 à 17 % des émissions. Suivie par l'énergie du logement de 21 à 27%, le transport de 24 à 33 % et les biens manufacturés de 27 à 44%.

La part des émissions des catégories d'énergie du logement et du transport reste plus ou moins constante entre les différentes classes de revenu. On constate une augmentation de la part des émissions générées par les biens manufacturés chez les 30 % les plus riches et une diminution de la part d'alimentation à partir du cinquième décile.

8.3. Emissions par sous-catégories

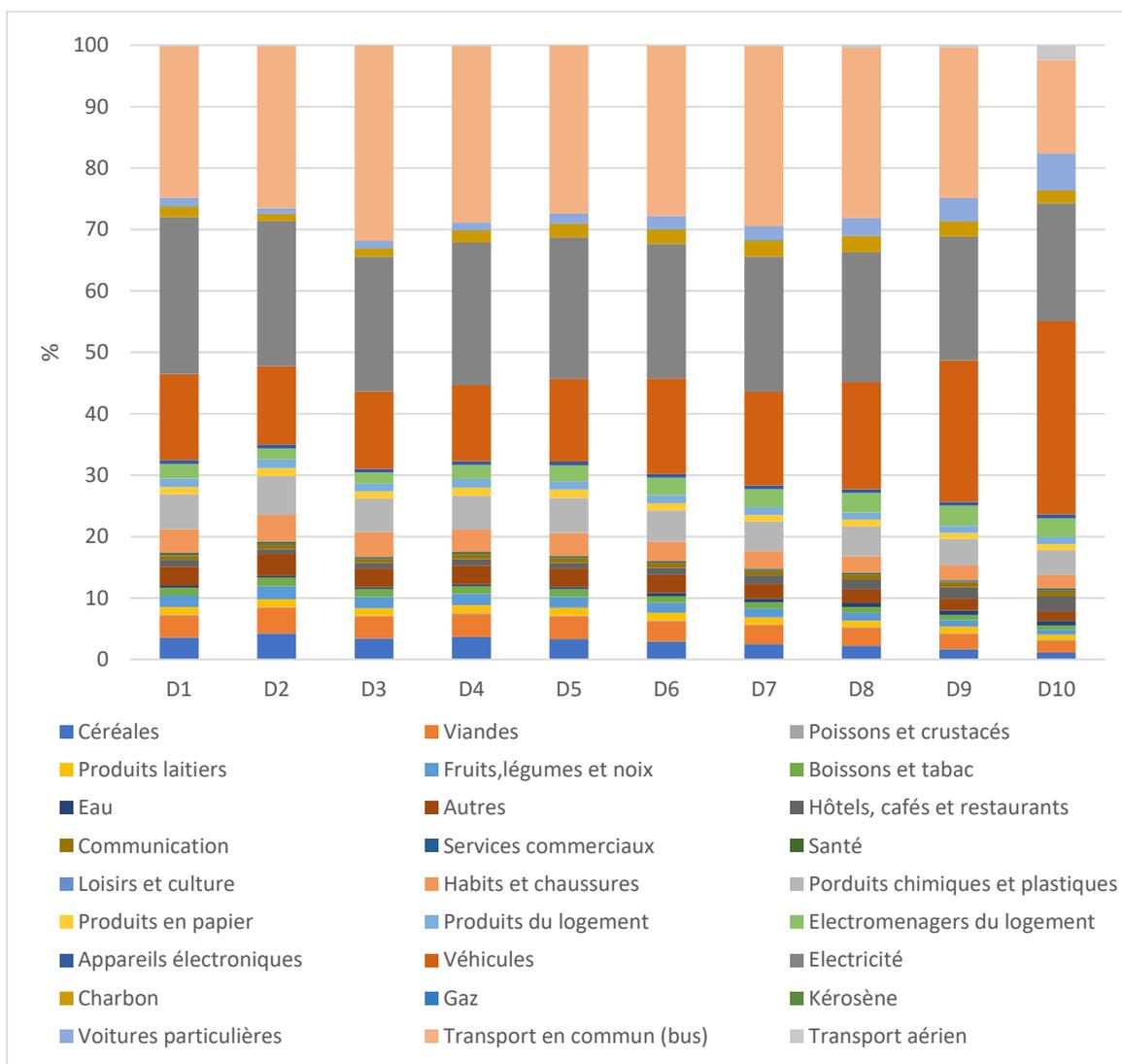
Ci-après, sont présentées les émissions intégrées par sous-catégorie des différentes classes de revenu.

Graphique 8. Émissions CO₂ des sous catégories/an par décile



À partir de l'analyse du graphe ci-dessus, on observe que les sous catégories qui contribuent le plus à l'empreinte carbone estimée des individus sont celles qui concernent l'utilisation des transports en commun (bus), l'achat de véhicules et l'électricité. Au contraire, les soins de santé, les appareils électroniques, les fruits et légumes et le service de communication contribuent très peu au total de leurs émissions.

Graphique 9. Taux de contributions aux émissions de CO₂ des sous catégories par décile



En analysant le graphique ci-dessus, on peut comparer la part de contribution aux émissions de chaque sous-catégorie par décile. Il en ressort que, la part des émissions associées à l'achat de véhicules augmente fortement chez les 20 % d'individus les plus riches, contrairement aux 80% les plus pauvres pour lesquels la part d'émissions provoquées par l'achat de véhicules reste plus ou moins constante (autour de 13%). En effet, les 10 % les plus riches émettent 32 % du total de leurs émissions par l'achat de véhicules. On constate également que les 20 % les plus riches diminuent leur part d'émissions associées à l'utilisation d'électricité à 19 % par rapport aux déciles les plus pauvres qui eux émettent 25 % du total de leurs émissions en électricité. De plus, la part des émissions liées aux transports en commun décroît considérablement (de 25 à 15 %) chez les 10 % les plus riches.

8.4. Emissions indirectes

Lorsqu'on observe le comportement des émissions indirectes en fonction des classes de revenu, on remarque que la part des émissions indirectes est légèrement moins importante (entre 44 et 49 %) que celle des émissions directes par rapport au total et ce, pour les classes de revenu jusqu'au décile 9. En effet, pour le dernier décile, la part des émissions indirectes est de 55 %. Le dixième plus riche de la population échantillon du Guatemala consacre donc la plus grande part aux émissions indirectes.

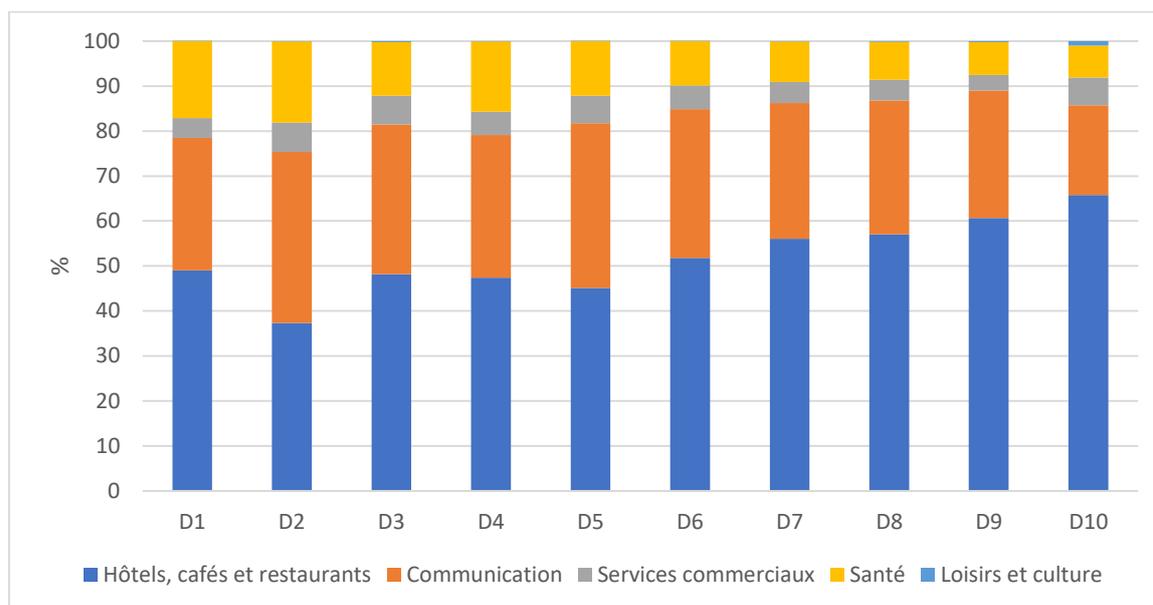
Tableau 9. Moyenne par catégorie des émissions indirectes en Kg CO₂/an

Revenus USD/an	Alimentation		Biens manufacturés		Services		Total émissions indirectes	
	Kg CO ₂	% du total	Kg CO ₂	% du total	Kg CO ₂	% du total	Kg CO ₂	% du total
0-480	176.64	15.17	339	29.11	25.8	2.22	541.44	46.5
481-768	201.84	17.23	333.96	28.51	23.04	1.97	558.84	47.71
769-1080	221.76	14.87	401.76	26.94	27.48	1.84	651	43.65
1081-1416	252	15.31	447.72	27.21	36.36	2.21	736.08	44.73
1417-1860	275.16	14.85	533.52	28.80	37.8	2.04	846.48	45.69
1861-2316	306.24	13.81	659.28	29.72	49.92	2.25	1015.44	45.78
2317-3012	320.64	12.34	748.2	28.79	64.32	2.48	1133.16	43.61
3013-4152	346.56	11.42	940.2	30.99	83.04	2.74	1369.8	45.15
4153-4824	380.64	9.95	1368.36	35.76	114.6	2.99	1863.6	48.7
4825-21 499	415.8	7.80	2317.2	43.45	205.44	3.85	2938.44	55.1

8.4.1. Services

On remarque que la catégorie des services est celle qui émet le moins de CO₂ des catégories d'émissions indirectes. En effet, selon les déciles de revenus, celle-ci ne contribue qu'entre 2 à 4 % des émissions totales des ménages. Cette catégorie comprend les services de santé, communication, loisirs et culture, commerciaux et de restauration.

Graphique 10. Taux de contributions aux émissions de CO₂ de la catégorie : Services



Le service responsable de la plus grande part d'émissions de CO₂ dans cette catégorie est celui de la restauration. En effet, ce dernier contribue de 37 à 66 % au total des émissions des services selon le décile de revenu. La communication, avec une part de 20 à 38%, se situe en deuxième position. Alors que le service de loisirs et culture est le moins émetteur avec une part de 0 à 1 % des émissions totales des services.

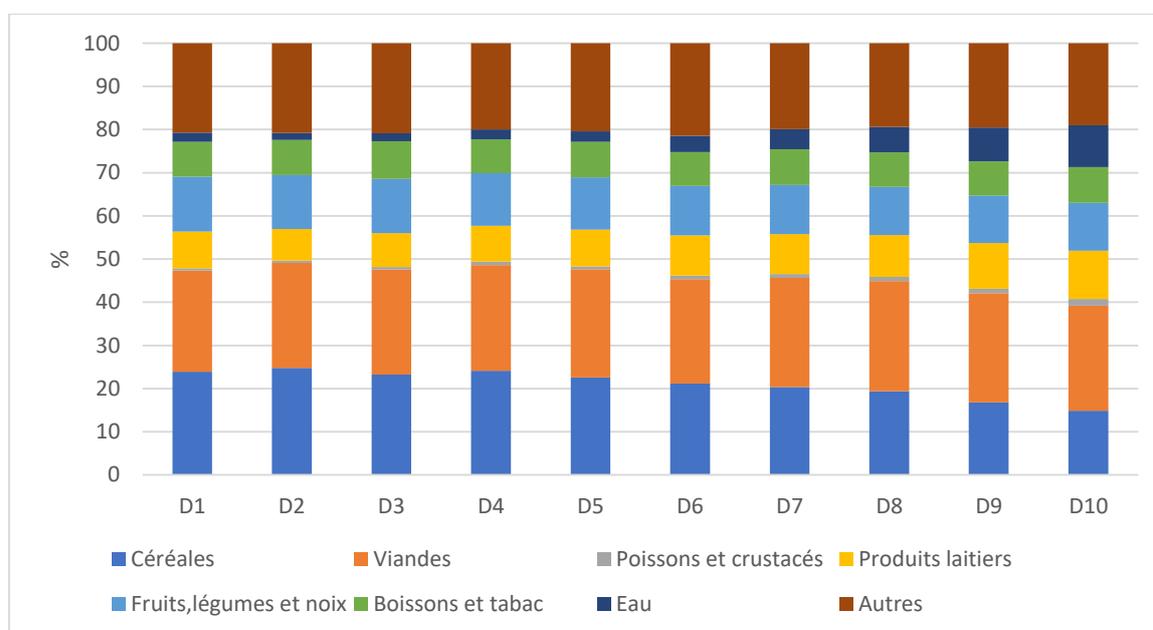
Tableau 10. Emissions des services

Revenus USD/an	Services Kg CO ₂	Services (%)
0-480	25.8	2.22
481-768	23.04	1.97
769-1080	27.48	1.84
1081-1416	36.36	2.21
1417-1860	37.8	2.04
1861-2316	49.92	2.25
2317-3012	64.32	2.48
3013-4152	83.04	2.74
4153-4824	114.6	2.99
4825-21 499	205.44	3.85

8.4.2. Alimentation

L'alimentation contribue entre 8 à 17 % des émissions.

Graphique 11. Taux de contributions aux émissions de CO₂ de la catégorie : Alimentation



Le produit alimentaire ayant le plus d'impact dans cette catégorie est la viande. En effet, elle contribue de 23 à 26 % au total des émissions de l'alimentation en fonction du décile de revenu. Les céréales, avec une part de 15 à 25%, se situent en deuxième position. On observe que le poissons et les crustacés sont les moins émetteurs avec une part de 0 à 2 % des émissions totales de l'alimentation.

On note que la part de contribution aux émissions de chaque produit alimentaire reste relativement constante parmi les différentes classes de revenus des individus. Ceux-ci émettent donc plus ou moins la même part d'émissions pour les différents produits.

Tableau 11. Emissions de l'alimentation

Revenus USD/an	Alimentation Kg CO ₂	Alimentation (%)
0-480	176.64	15.17
481-768	201.84	17.23
769-1080	221.76	14.87
1081-1416	252	15.31
1417-1860	275.16	14.85
1861-2316	306.24	13.81
2317-3012	320.64	12.34
3013-4152	346.56	11.42
4153-4824	380.64	9.95
4825-21 499	415.8	7.80

8.4.3. Biens manufacturés**Tableau 12. Emissions des biens manufacturés**

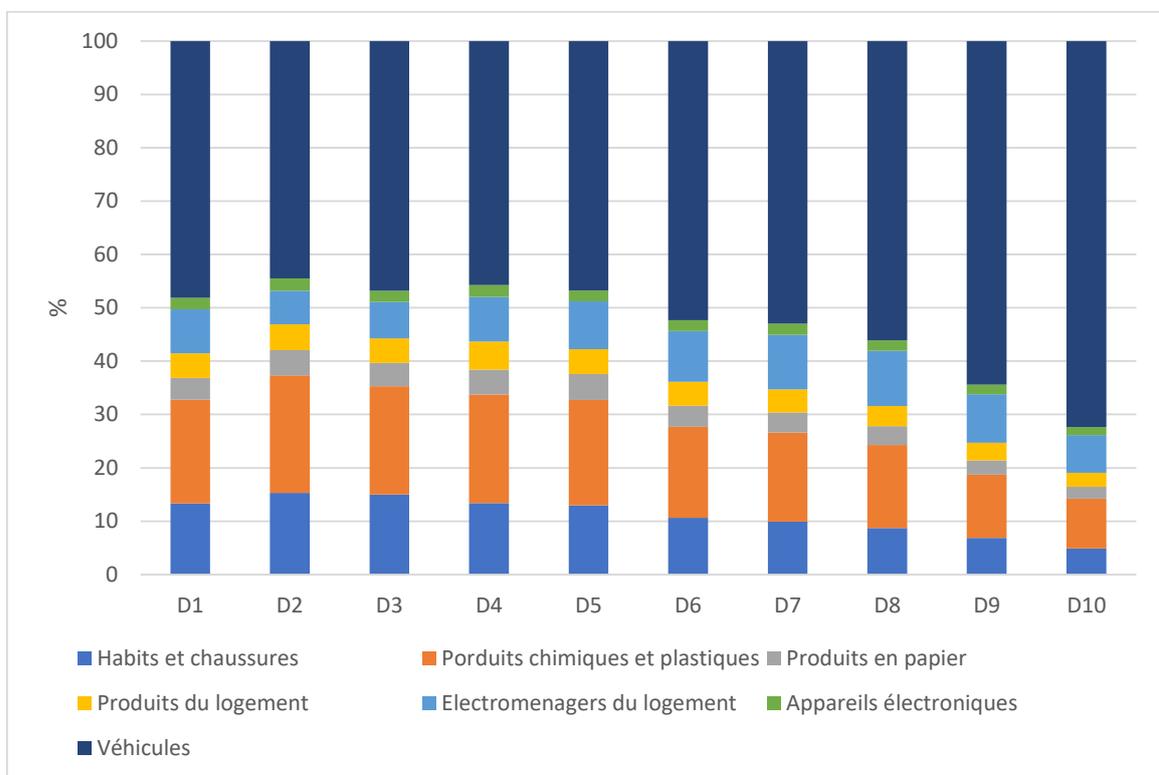
Revenus USD/an	Biens manufacturés Kg CO ₂	Biens manufacturés (%)
0-480	339	29.11
481-768	333.96	28.51
769-1080	401.76	26.94
1081-1416	447.72	27.21
1417-1860	533.52	28.80
1861-2316	659.28	29.72
2317-3012	748.2	28.79
3013-4152	940.2	30.99
4153-4824	1368.36	35.76
4825-21 499	2317.2	43.45

On remarque que la catégorie des biens manufacturés contribue entre 27 à 44% au total des émissions. Par conséquent, c'est celle qui émet le plus de CO₂. On constate que selon la classe

de revenu, la part des émissions de cette catégorie varie fortement. En effet, les individus les plus riches émettent une part plus importante de leurs émissions de par leur consommation de biens manufacturés.

Cette catégorie comprend les habits et chaussures, les produits chimiques et plastiques, les produits en papier, les produits du logement et les électroménagers, les appareils électroniques et les véhicules.

Graphique 12. Taux de contributions aux émissions de CO₂ de la catégorie : Biens manufacturés



Les véhicules ont le taux d'émissions de CO₂ le plus important dans cette catégorie. En effet, ils contribuent de 45 à 72 % au total des émissions des biens manufacturés. Les produits chimiques et plastiques, avec une part de 9 à 22%, sont en deuxième position. Les appareils électroniques sont les moins émetteurs de cette catégorie, avec des taux d'émissions entre 1 et 2 %.

8.5. Emissions directes

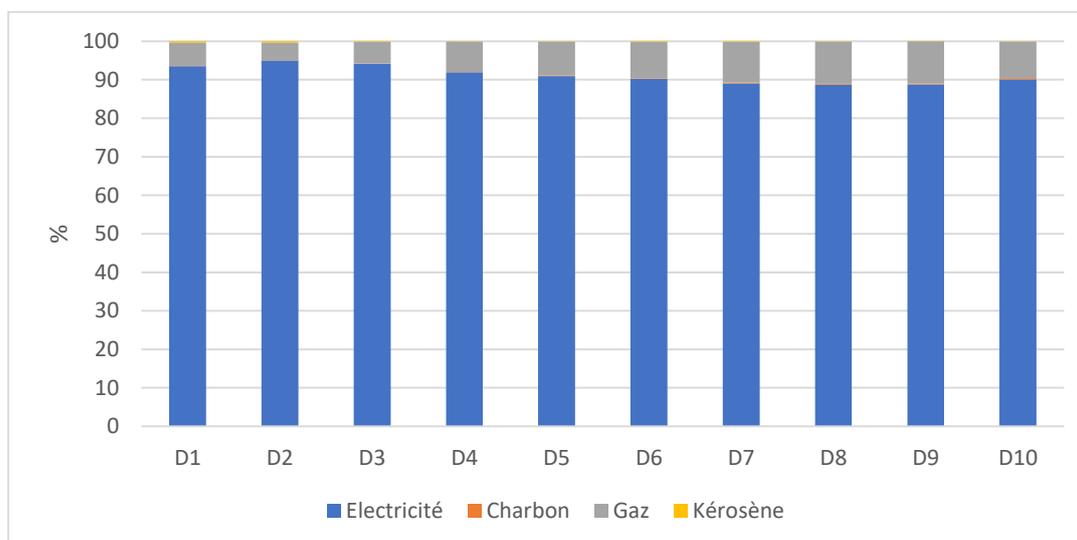
Tableau 13. Emissions directes /personne

Revenus USD/an	Energie du logement		Transport		Total émissions directes	
	Kg CO ₂	% du total	Kg CO ₂	% du total	Kg CO ₂	% du total
0-480	318.72	27.36	304.68	26.16	623.4	53.52
481-768	292.08	24.94	320.28	27.35	612.36	52.29
769-1080	348.36	23.36	492	32.99	840.36	56.35
1081-1416	414.96	25.22	494.52	30.05	909.48	55.27
1417-1860	469.2	25.32	537.12	28.99	1006.32	54.31
1861-2316	539.28	24.31	663.24	29.9	1202.52	54.21
2317-3012	642.48	24.72	823.08	31.67	1465.56	56.39
3013-4152	725.52	23.91	939.12	30.95	1664.64	54.86
4153-4824	868.32	22.69	1094.88	28.61	1963.2	51.3
4825-21 499	1138.2	21.34	1256.28	23.56	2394.48	44.9

8.5.1. Energie du logement

L'utilisation d'énergie dans le logement comme l'électricité, le gaz, le charbon et le kérosène, contribue entre 21 à 27% au total des émissions des individus.

Graphique 13. Taux de contributions aux émissions de CO₂ de la catégorie : Energie du logement



L'électricité représente de loin la forme d'énergie utilisée la plus émettrice de cette catégorie. En effet, celle-ci contribue de 89 à 95 % au total des émissions attribuées à l'énergie du logement. Le gaz, quant à lui, contribue de 5 à 11% au total des émissions. L'utilisation du charbon et du kérosène apparaît donc minime et non significative.

On note que les parts de contribution aux émissions de l'électricité et du gaz restent relativement constantes parmi les différentes classes sociales. Ce qui traduit que les diverses classes de revenus des individus émettent plus ou moins la même part d'émissions pour les différentes formes d'énergie.

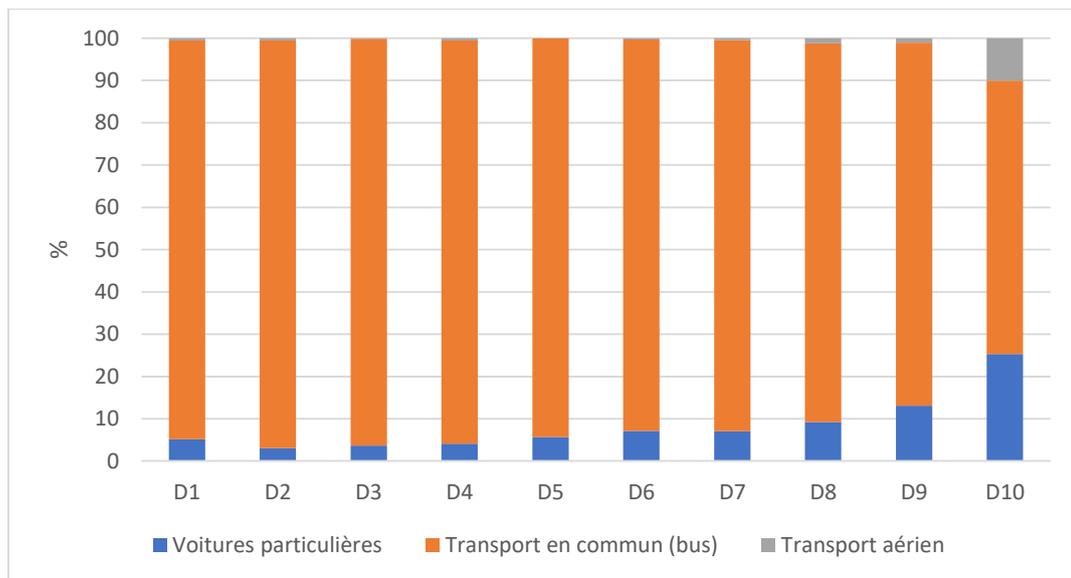
Tableau 14. Emissions de l'énergie du logement

Revenus USD/an	Energie du logement Kg CO ₂	Energie du logement (%)
0-480	318.72	27.36
481-768	292.08	24.94
769-1080	348.36	23.36
1081-1416	414.96	25.22
1417-1860	469.2	25.32
1861-2316	539.28	24.31
2317-3012	642.48	24.72
3013-4152	725.52	23.91
4153-4824	868.32	22.69
4825-21 499	1138.2	21.34

8.5.2. Transport

Le transport terrestre et aérien contribue entre 24 à 33 % des émissions totales.

Graphique 14. Taux de contributions aux émissions de CO₂ de la catégorie : Energie du logement



Les transports en commun (bus) sont de loin le mode de transport le plus émetteur de cette catégorie. En effet, leur utilisation contribue entre 66 à 95 % au total des émissions attribuées au transport. En effet, les facteurs monétaires d'émissions de CO₂ pour les transports en commun du Guatemala sont extrêmement élevés. De plus, l'utilisation de la voiture est assez restreinte pour les classes les plus pauvres. On remarque que le premier décile n'émet que 5% de ses émissions dues au transport de par l'utilisation de la voiture alors que pour le dernier décile, celles-ci augmentent à 25%. On note également que le transport aérien ne représente une part significative que pour les individus du dernier décile avec un taux de contribution aux émissions du transport de 10%.

9. DISCUSSION

9.1. Comparaison des résultats avec la littérature

Tout comme l'avaient suggéré de nombreux auteurs cités précédemment dans ce travail, les résultats de cette étude démontrent une relation directement proportionnelle entre les émissions de CO₂ et les revenus, et ce au sein de toutes les classes économiques analysées précédemment (Chancel & Piketty, 2015; Angela Druckman & Jackson, 2009; Irfany & Klasen, 2016; Kennedy et al., 2014; Sovacool & Brown, 2010; Weber & Matthews, 2008; Yan & Minjun, 2009). Le revenu est donc une variable de corrélation positive de la taille de l'empreinte carbone des individus au Guatemala.

Valeur des émissions CO₂ /personne

Les dernières données disponibles d'émissions de carbone des habitants du Guatemala provenant de la Banque mondiale datent de 2013. Celles-ci s'élèvent à une moyenne de 0.9 tonne CO₂/an per capita. Ces émissions, calculées par une approche top down s'éloignent de la moyenne calculée par l'approche individuelle de la présente étude (2.5 tonnes) mais se rapprochent fortement de la valeur estimée par l'approche bottom up du ministère de l'Environnement du Guatemala (2.5 tonnes). Ceci laisse à entendre que le Guatemala importe des biens et services plus émetteurs de CO₂ qu'il n'en produit et exporte.

Sommer et Kratena calculent l'empreinte carbone de la consommation des individus dans l'UE27 de cinq groupes de revenus de ménage. Par habitant, l'empreinte carbone moyenne s'élève à 15 tonnes CO₂/an. L'empreinte carbone des revenus inférieurs (6 tonnes) est 2,5 fois plus petite que l'empreinte moyenne par habitant alors que l'empreinte des revenus les plus élevés (29 tonnes) est près de deux fois plus grande que l'empreinte moyenne (Sommer & Kratena, 2017). Selon Hertwich et Peters, l'empreinte carbone moyenne des individus varie entre 1 tCO₂/an dans les pays africains et 30 tCO₂/an aux Etats-Unis (Hertwich & Peters, 2009).

Contribution des classes de revenu aux émissions-émissions CO₂/personne selon leur revenu

Selon une enquête réalisée auprès des ménages indonésiens, le quintile le plus riche contribue à environ 48 % des émissions totales et le quintile le plus pauvre à environ 6 % (Irfany & Klasen, 2016).

Dans la présente étude, on observe que le quintile le plus pauvre contribue à 9 % des émissions totales et le quintile le plus riche à environ 40 %.

Au Canada, l'empreinte carbone des ménages les plus riches est 2.2 fois plus élevée que les plus pauvres (Kennedy et al., 2014). En analysant les émissions carbone des individus des ménages allemands, on observe que ceux dont le revenu est le plus élevé émettent 4 fois plus de CO₂ que le groupe le plus pauvre (Miehe et al., 2016).

Dans cette étude, on constate que les 10 % des individus les plus riches émettent près de 5 fois la quantité émise par les 10 % les plus pauvres.

On remarque également, dans la présente étude, une corrélation négative entre les revenus et les émissions de carbone par unité de revenu. En effet, le décile le plus pauvre présente un facteur d'émissions par unité de revenu de 10.37 kg CO₂/USD alors que pour le décile le plus riche celui-ci est de 0.77 kg CO₂/USD. Cette observation confirme qu'après avoir satisfait les nécessités de base en alimentation, énergie du logement et transport, seule la consommation de biens manufacturés et services continuent à croître considérablement, contribuant à une augmentation des émissions totales, mais de manière moins prononcée par unité de revenu dans les classes plus riches.

Emissions indirectes vs directes

Les résultats de l'étude d'Hertwich et Peters dans 73 pays et 14 régions du monde montrent que globalement, les émissions indirectes sont plus importantes que les émissions directes des individus (Hertwich & Peters, 2009). En Angleterre, par exemple, les émissions directes représentent seulement 15 % de l'empreinte carbone d'un Britannique contre 85 % pour la part des émissions indirectes (Dawkins et al., 2010). Aux États-Unis et en France le quintile le plus riche émet plus de 75 % de ses émissions sous forme indirecte alors que les quintiles inférieurs en émettent 65 % (Weber & Matthews, 2008; Lenglar et al., 2010). En Chine, les

émissions indirectes représentent 66 % du total des émissions pour le décile le plus pauvre et 80 % pour le décile le plus riche (Golley & Meng, 2012).

Cependant, lorsqu'on observe le comportement des émissions indirectes en fonction des classes de revenu du Guatemala, on remarque que la part des émissions indirectes est moins importante (entre 44 et 49 %) que celle des émissions directes par rapport au total et ce, pour les classes de revenu jusqu'au décile 9. En effet, leur faible pouvoir d'achat ne leur permet pas de consacrer la même consommation de biens et services émetteurs de CO₂ que les classes plus riches.

Par contre, pour le dernier décile, la part des émissions indirectes devient plus importante (55 %). On observe que c'est surtout la catégorie de consommation des biens manufacturés qui explique ce résultat (les véhicules). Le dixième plus riche de la population échantillon du Guatemala est la classe économique qui consacre donc la moins grande part aux émissions directes. Effectivement, ces dernières diminuent proportionnellement par rapport aux revenus car les besoins d'énergie de base (le transport, l'électricité, la cuisine) atteignent une quantité limitée par individu. Par contre, il n'existe pas de limite aux biens et services consommés par individu.

Catégories contribuant le plus au total d'émissions

Selon l'analyse d'Hertwich et Peters l'énergie du logement et la mobilité sont les catégories d'émissions les plus importantes (Hertwich & Peters, 2009). De la même manière, l'étude réalisée en Chine par Yan Wang et Minjun Shi montrent que le logement et le transport sont les catégories ayant le plus d'impact dans les émissions de CO₂ des ménages (Yan & Minjun, 2009).

Les résultats de la présente étude confirment ce constat. On note que l'énergie du logement, le transport et les biens manufacturés contribuent à 85% du total des émissions des individus des ménages. Quand on observe le détail de ces catégories, on détermine que les véhicules, la consommation d'électricité et les transports en commun ont le plus d'impact dans celles-ci.

Hertwich et Peters montrent qu'il existe un changement structurel dans les modes de consommation avec un revenu croissant. Par exemple, la part d'émissions engendrées par l'alimentation est plus importante chez les individus à faible revenu (Hertwich & Peters, 2009).

En effet, lorsqu'on observe les résultats de cette étude, on note une augmentation du taux d'émissions provenant des biens manufacturés (de 29 à 43 %) et une diminution de l'alimentation (de 15 à 8 %) par rapport au total.

9.2. Limites du travail

Aujourd'hui, il existe un grand nombre de méthodologies permettant de quantifier les émissions de CO₂ des individus. Celles-ci reposent sur diverses conventions de calcul qui engendrent donc des grandes différences de résultats. Pour calculer les émissions de CO₂, de nombreuses conventions méthodologiques doivent être appliquées et précisées, comme par exemple le choix des bases de données des facteurs d'émission utilisés. Dans le cadre de ce travail, des facteurs d'émissions de CO₂ par unité de dépense ont été utilisés. Ceux-ci ont été calculés et fournis par Glen Peters, ce dernier s'étant basé sur les données GTAP 9.1. Ces facteurs d'émissions par unité monétaire peuvent présenter une faiblesse car un même produit de consommation peut être vendu à des prix différents selon son lieu d'achat. Cependant, au-delà des valeurs absolues des émissions, l'évolution de celles-ci au sein des différentes classes économiques est intéressant à analyser.

La méthodologie appliquée pour le calcul d'émissions dans cette étude a l'avantage d'être détaillée et de partir d'une base de données de la consommation des individus mais présente certaines faiblesses.

Tout d'abord, les enquêtes utilisées et ses résultats et réponses ne permettent pas de réaliser le calcul d'une empreinte complète car il est difficile de comptabiliser de manière exhaustive tous les biens et services consommés par les individus. L'empreinte calculée est donc sous représentative de l'empreinte réelle. Cependant, pour les besoins de ce travail, un grand nombre d'informations a été récolté et l'empreinte estimée se rapproche fortement de l'empreinte réelle.

De plus, les données disponibles des enquêtes de ménages ne différentient pas les divers types d'un même produit. Par exemple, les viandes ne sont pas répertoriées selon la mention bio ou non bio. En outre, un même produit fabriqué par des entreprises différentes peut avoir une empreinte carbone très variable selon le processus de fabrication. On ne connaît donc pas les émissions de carbone exactes liées à la fabrication de chaque bien, c'est pourquoi les calculs sont approximatifs.

Il convient également de mentionner que certains doubles comptages sont inévitables lors de la quantification des émissions car les périmètres d'analyses de cycle de vie de certains produits et service se chevauchent.

Au cours de cette étude, seul le facteur des revenus a été analysé pour rendre compte des différences d'émissions entre individus d'une nation alors que bien d'autres existent comme la taille des ménages ou le lieu d'habitat.

Le manque d'analyse de l'extrémité supérieure du décile de revenus le plus riche présente une autre faiblesse. En effet, une analyse plus détaillée par centile de revenu, amènerait plus de précision à cette étude.

10.CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude démontrent clairement une corrélation positive entre la taille des émissions de CO₂ et les revenus des individus. C'est pourquoi, la répartition des revenus au sein d'une nation, déterminera la répartition des émissions de carbone des individus. Donc dans la plupart des pays d'Amérique latine et des pays dont l'économie est en forte croissance qui détiennent de très hauts niveaux d'inégalité de revenus (Ortiz & Cummins, 2012), la contribution aux émissions des diverses classes économiques sera également répartie de manière fort différente.

Par exemple, dans la présente étude sur les habitants du Guatemala, on observe que les émissions du quintile le plus pauvre représentent 9 % des émissions totales et 40% pour le quintile le plus riche. Les émissions des habitants du Guatemala dont les revenus sont les plus élevés (10 % les plus riches) s'élève à 5.3 tonnes de CO₂/an. Cette empreinte correspond fortement et est même légèrement supérieure à l'empreinte moyenne des Français et à l'empreinte moyenne mondiale (5 tonnes selon la Banque mondiale).

Etant donné les importantes inégalités à l'intérieur des pays, on note une défaillance du principe de justice distributive actuel appliqué aux pays participant à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). En effet, ce sont les émissions territoriales de chaque pays qui sont prises en compte dans les négociations des gouvernements lors des Conventions des Parties (COP). Ces émissions totales nationales sont donc réparties au travers de la population de manière homogénéisée et ce, sans distinction des disparités intra pays. Il est donc nécessaire d'adapter ces responsabilités de contributions d'émissions de CO₂ aux individus et non aux pays.

Une étude approfondie de la distribution des revenus et de la différenciation des classes économiques est fondamentale pour la prise de décisions politiques où les pouvoirs publics pourront alors élaborer et mettre en œuvre des politiques favorables à la réduction des émissions de carbone en visant les majeurs responsables au sein des populations (comme par exemple une taxe carbone).

Au cours de ce travail, plusieurs méthodologies existantes, dans le but de quantifier l'empreinte carbone, ont été présentées comme la méthode composée (top-down) ou par composantes (bottom up). A ce jour, les calculs d'empreinte ne sont pas encore uniformisés de par la diversité des méthodologies utilisées, ce qui peut entraîner des résultats assez différents d'un calcul à l'autre. Dans le but de réaliser une analyse détaillée et robuste, il convient d'utiliser une approche combinant les forces des méthodologies top down et bottom up. Cependant, le choix de la méthodologie dépendra souvent de l'objet de l'étude et de la disponibilité des données et des ressources.

En effet, on remarque qu'au Guatemala, l'empreinte carbone moyenne des individus, calculée par la Banque mondiale pour l'année 2013 (0.9 tonnes CO₂/an) à l'aide d'une approche nationale des émissions est plus faible que celle calculée dans ce travail par une approche individuelle (2.5 tonnes CO₂/an). Ceci laisse à entendre que le Guatemala importe des biens et services plus émetteurs de CO₂ qu'il n'en produit et exporte.

Une approche individuelle et non nationale des émissions est donc préférable pour quantifier les émissions réelles des habitants d'un pays.

11. BIBLIOGRAPHIE

- Accardo, J. (2007). Du bon usage des échelles d'équivalence : L'impact du choix de la mesure. *Informations sociales*, 137, (1), 36-45.
- ADEME, ORSE, ABC (2014). Réalisation d'un bilan des émissions de Gaz à Effet de Serre – Guide sectoriel - secteur finance.
- Ananthapadmanabhan, G., Srinivas, K., Gopal, V. (2007). Hiding behind the poor. Greenpeace Report on climate injustice, Greenpeace India Society, Bangalore, 16.
- Andrew, R.M., Peters, G.P. (2013). A multi-region input–output table based on the global trade analysis project database (GTAP-MRIO). *Econ. Syst. Res.* 25, 99–121.
- Atkinson, A. B., Piketty, T., Saez, E. (2011). Top Incomes in the Long Run of History. *Journal of Economic Literature*, 49(1), 3–71.
- Bin S, Dowlatabadi H. (2005). Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO2 emission. *Energy Policy*, 33:197-208.
- Brown, M. A., Southworth, F., Sarzynski, A. (2009). The geography of metropolitan carbon footprints. *Policy and Society*, 27(4), 285-304.
- Cavailhes, J., Hilal, M., (2012). Les émissions directes de CO2 des ménages selon leur localisation. CGDD, SOeS, Le point sur n° 137.
- Chakravarty, S., Chikkatur, A., Coninck, H. De, Pacala, S., Socolow, R., Tavoni, M., Tavoni, M. (2009). Sharing global CO2 emission reductions among one billion high emitters. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(29), 11884–11888.
- Chakravarty, S., Chikkatur, A., de Coninck, H., Pacala, S., Socolow, R., Tavoni, M. (2009). Supporting Information for One Billion High Emitters: A New Approach for Sharing Global CO2 Emission Reductions. Princeton Environment Institute, Princeton, NJ, USA.
- Chancel, L., (2014). Are younger generations higher carbon emitters than their elders ? : Inequalities, generations and CO2e emissions in France and in the USA. *Ecol. Econ.* 100, 195–207.
- Chancel, L., Piketty, T. (2015). *Carbon and Inequality: from Kyoto to Paris*. Paris, France : Paris School of Economics.
- Clarke-Sather A, Qu J, Wang Q, Zeng J, Li Y (2011). Carbon inequality at the sub-national scale: A case study of provincial-level inequality in CO2 emissions in China 1997–2007. *Energy Policy* 39(9) :5420–5428
- Cox, P., Lopez, H., Newman, J. (2009). *Guatemala Poverty Assessment*.
- Dawkins, E., Roelich, K., Owen, A. (2010). *A Consumption Approach for Emissions Accounting - the REAP Tool and REAP Data for 2006*, Stockholm Environment Institute, Stockholm.

- Dozzi, J., Lennert, M., Wallenborn, G. (2008). Inégalités écologiques : Analyse spatiale des impacts générés et subis par les ménages belges. *Espace-Populations-Societes*, (1), 127–143.
- Druckman, A., Jackson, T. (2009). The carbon footprint of UK households 1990-2004 : A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input-output model. *Ecological Economics*, 68(7), 2066–2077.
- Druckman, A., Jackson, T., (2008). Household energy consumption in the UK:a highly geographically and socio-economically disaggregated model. *Energy Policy* 36 (8), 3177–3182.
- Duarte, R., Mainar, A., Sánchez-Chóliz, J. (2010). The impact of household consumption patterns on emissions in Spain. *Energy Economics*, 32(1), 176–185.
- Duro, J.A., Padilla, E. (2006). International inequalities in per capita CO2 emissions: a decomposition methodology by Kaya Factors. *Energy Economics* 28(2) :170–187
- Function, U. (2007). Management into the Development Strategies of Urbanizing Regions in Asia, 11(2), 61–81.
- Golley, J., Meng, X. (2012), Income inequality and carbon dioxide emissions: the case of Chinese urban households *Energy*, *Energy Economics*, vol. 34, no. 6, pp. 1864-1872.
- Gondran N., Boutaud A. (2011). Etude de faisabilité d'un calcul d'empreinte écologique à l'échelle des régions françaises.
- Grunewald, N., Klasen, S., Martínez-Zarzoso, I., Muris, C. (2012). Income Inequality and Carbon Emissions. Discussion Paper No. 92, Courant Research Centre, University of Göttingen, Göttingen, Germany.
- Heijungs, R., Suh, S. (2006). Reformulation of matrix-based LCI : From product balance to process balance. *Journal of Cleaner Production*, 14(1), 47–51.
- Herendeen, R., Tanaka, J. (1976). Energy cost of living. *Energy*, vol. 1, issue 2, pages 165-178.
- Hertvitch, E.G., Peters, G.P. (2010). Multiregional Input-Output Database. Juin 2010, OPEN EU: One Planet Economy Network.
- Hertwich, E. G., Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations : A global, trade-linked analysis. *Environmental Science and Technology*, 43(16), 6414–6420.
- Huppes, G., Koning, A.d., Suh, S., Heijungs, R., Oers, L.v., Nielsen, P., Guinée, J., (2006). Environmental impacts of consumption in the European Union : high-resolution input–output tables with detailed environmental extensions. *Journal of Industrial Ecology* 10 (3), 129
- Irfany, M. I., Klasen, S. (2016). Inequality in emissions: evidence from Indonesian household. *Environmental Economics and Policy Studies*, 18(4), 459–483.
- James, B. (2008). Is Inequality Bad for the Environment?. *Research in Social Problems and Public Policy* 15:267–88.
- Jones, C. M., Kammen, D. M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S. households and communities. *Environmental Science & Technology*, 45, 4088-4095.

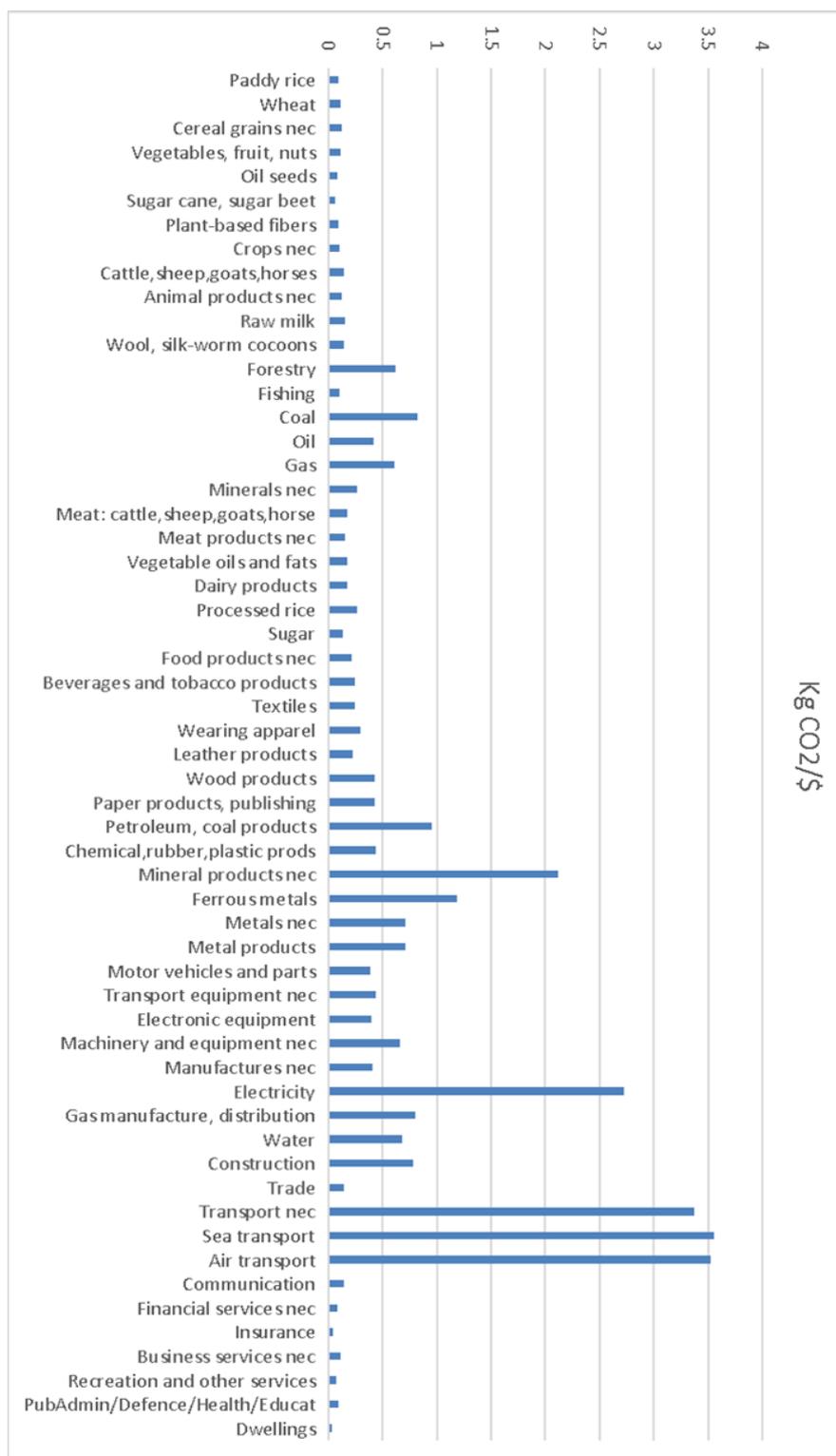
- Jorgenson, A. K. (2015). Inequality and the carbon intensity of human wellbeing. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 5, 277–282.
- Jorgenson, A. K., Schor, J. B., Huang, X., Fitzgerald, J. (2015). Income Inequality and Residential Carbon Emissions in the United States : A Preliminary Analysis. *Human Ecology Review*, 22(1), 93–106.
- Jorgenson, A. K., Schor, J. B., Knight, K. W., Huang, X. (2016). Domestic Inequality and Carbon Emissions in Comparative Perspective. *Sociological Forum*, 770–786.
- Kennedy, E. H., Krahn, H., Krogman, N. T. (2014). Egregious Emitters. *Environment and Behavior*, 46(5), 535–555.
- Kerkhof, A. C., Benders, R. M. J., Moll, H. C. (2009). Determinants of variation in household CO2 emissions between and within countries. *Energy Policy*, 37, 1509-1517.
- Laurent, E. (2011). *Social-Ecologie*. Flammarion, Paris.
- Le Quéré, C., Moriarty, R., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Zeng, N. (2015). Global Carbon Budget 2015. *Earth System Science Data*, 7(2), 349–396.
- Lebel, L., Garden, P., Banaticla, R. N., Lasco, R. D., Contreras, A., Mitra, A. P., Sari, A. (2007). Integrating carbon management into the development strategies of urbanizing regions in Asia. *Journal of Industrial Ecology*, 11, 61-81
- Lenglart, F., Lesieur, C., (2010). Les émissions de CO2 du circuit économique en France. Service de l'observation et des statistiques (SOeS), Commissariat général au développement durable, Paris.
- Lenzen M., (1998). Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input–output analysis. *Energy Policy*, 26: 495–506.
- Lenzen, M., Wier, M., Cohen, C., Hayami, H., Pachauri, S., Schaeffer, R., (2006). A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan. *Energy* 31, 181–207.
- Levy, A., Chowdhury, K., Livermore, J. (2009) International emission inequality: abatement on a per capita basis with rewards. Department of Economics, University of Wollongong Working Paper (2009) : 09–15, p 20.
- MARN (2015). INDC-UNFCCC, Gobierno de Guatemala Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala.
- Miehe, R., Scheumann, R., Jones, C. M., Kammen, D. M., Finkbeiner, M. (2016). Regional carbon footprints of households:a German case study. *Environment, Development and Sustainability*, 18(2), 577–591.
- Milanovic, B. (2009). Global Inequality and the Global Inequality Extraction Ratio : The Story of the Past Two Centuries. Policy Research Working Paper 5044. Washington D.C. : World Bank.
- Ortiz, I., Cummins, M. (2012). L'Inégalité mondiale : la répartition des revenus dans 141 pays, document de travail, août, Nations unies pour L'Enfance (UNICEF), New York.

- Oxfam (2015). Inégalités extrêmes et émissions de CO₂.
- Oxfam (2015). Technical briefing carbon emissions and income inequality.
- Padgett, J. P., Steinemann, A. C., Clarke, J. H., & Vandenberg, M. P. (2008). A comparison of carbon calculators. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, 106-115.
- Park, H., Heo E. (2007). The direct and indirect household energy requirements in the Republic of Korea from 1980 to 2000—An input–output analysis. *Energy Policy*, 3 : 2839-2851.
- Pattison, A., Habans, R., Clement, M. T. (2014). Ecological modernization or aristocratic conservation ? Exploring the impact of affluence on carbon emissions at the local level. *Society & Natural Resources*, 27(8), 850–866.
- Peters, G. P., Manshanden, W., Tukker, A. (2007). Technical report focusing on economic data sources for SUT / IO tables for EU25 and RoW. Report of the EXIOPOL Project.
- Peters, G.P., Andrew, R., Lennox, J., (2011). Constructing an environmentally-extended multi-regional input–output table using the GTAP database. *Econ. Syst. Res.* 23, 131–152.
- Ravallion, M., Heil, M., Jalan, J. (2000). Carbon emissions and income inequality. *Oxford Economic Papers*, 52(4), 651–669.
- SEI, WWF and CURE (2006). Counting Consumption -CO₂ emissions, material flows and Ecological Footprint of the UK by region and devolved country. Published by WWF-UK, Godalming, Surrey, UK, 2006.
- Sen, A. (1973). *On Economic Inequality*, Oxford : Clarendon Press.
- Solt, F. (2012). Standardizing the World Income Inequality. *Social Science Quarterly*, Version 4(2), 1–16.
- Sommer, M., Kratena, K. (2017). The Carbon Footprint of European Households and Income Distribution. *Ecological Economics*, 136, 62–72.
- Sovacool, B. K., Brown, M. A. (2010). Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment. *Energy Policy*, 38, 4856-4869.
- Stechbart, M., Wilson, J. (2010). Province of Ontario Ecological Footprint and Biocapacity Analysis, Global Footprint Network.
- Turner, K., Lenzen, M., Wiedmann, T., Barrett, J., (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 1 : a technical note on combining input–output and ecological footprint analysis. *Ecological Economics* 62 (1), 37.
- Ummel, K. (2014). Who pollutes ? A Household-Level Database of America’s Greenhouse Gas Footprint. Center for Global Development.
- Wackernagel, M. (2009). Methodological advancements in footprint analysis. *Ecological Economics*, 68(7), 1925–1927.
- Weber, C. L., Matthews, H. S. (2008). Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 68, 379–391.

- Wiedenhofer, D., Guan, D., Liu, Z., Meng, J., Zhang, N., Wei, Y.-M. (2016). Unequal household carbon footprints in China. *Nature Climate Change*.
- Wiedmann, T. (2009). A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics*, 69(2), 211–222.
- Wiedmann, T., Minx, J., (2007). A definition of carbon footprint. In: Pertsova, C.C. (Ed.), *Ecological Economics Research Trends*. Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA, pp. 1–11. Chapter 1.
- Wiedmann, T., Wood, R., Barrett, J., Lenzen, M., Clay, R. (2007). *The Ecological Footprint of Consumption in Victoria*; Stockholm Environment Institute (SEI) at the University of York: York, UK; and Centre for Integrated Sustainability Analysis (ISA) at the University of Sydney: Sydney, Australia.
- Wilson, J., & Grant, J. L. (2009). Calculating ecological footprints at the municipal level: What is a reasonable approach for Canada? *Local Environment*, 14, 963-979.
- Wilson, J., Tyedmers, P., Spinney, J. E. L. (2013). An exploration of the relationship between socioeconomic and well-being variables and household greenhouse gas emissions. *Journal of Industrial Ecology*, 17(6), 880–891.
- Wood, R., Stadler, K., Bulavskaya, T., Lutter, S., Giljum, S., de Koning, A., Kuenen, J., Schütz, H., Acosta- Fernández, J., Usubiaga, A., others, (2014). Global sustainability accounting—developing EXIOBASE for multi-regional footprint analysis. *Sustainability* 7, 138–163.
- Yan, W., Minjun, S. (2009). CO2 Emission Induced by Urban Household Consumption in China. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 7(3), 11–19.

12.ANNEXE

Facteurs monétaires d'émissions de CO₂ du Guatemala



Source : Glen Peters (GTAP9.1), 2013