Zone réservée à l'instructeur ADEME				
Diffusion	Confidentialité	Stratégique/sensible	Valorisation à prévoir	Date de revue d'obsolescence
☐Interne	☐Oui Non	☐Oui	☐Oui	MM/AAAA
☐Externe	☐Date fin : MM/AAAA	☐Non	☐Non	
Nom du responsable UG			Validation de la qualification	

Bloc de texte à enlever avant la conversion en pdf, puis à replacer sur le word

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA CONSOMMATION EN FRANCE

A partir d'une approche EEMRIO

2.0 LCA consultants
CIRED
sMASh

EXPERTISES

Mars 2025

REMERCIEMENTS

PINEAU Anna
VICARD Fanny
RETHORE Olivier
TROMSON Clara
AUTRET Erwan
Rémy Doudard
Miguel Fernández Astudillo
TEIXEIRA Antoine
DEZOMBRE Julien
Mathieu Delpierre
Denise Almeida
SPIESSER Emily
Pierre GALIO
Rafaelle DESPLATS (ADEME, Direction économie circulaire)

CITATION DE CE RAPPORT

ASTUDILLO Miguel F., DELPIERRE Mathieu, ALMEIDA Denise, DOUDARD Remy, NADAUD Franck, Rafaëlle DESPLAT, Fanny VICARD. 2024. Analyse des impacts environnementaux de la consommation en France à partir d'une approche EEMRIO. XX pages.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Cet ouvrage est disponible en ligne https://librairie.ademe.fr/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro du marché : 2021MA000372

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : 2.-0 LCA consultants
Coordination technique - ADEME : DESPLATS Rafaelle
Direction Économie circulaire / Service Consommation Responsable

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

SOMMAIRE

Contents

SOMMAIRE **4**
RÉSUMÉ **7**
ABSTRACT **8**
LEXIQUE **9**
1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE **12**
2 METHODOLOGIE GLOBALE **15**
2.1 Couplage IO/ACV 15
2.2 L'enquête Budget des Familles et les classifications de la consommation des ménages ... 17
2.3 Méthodologie d'allocation des impacts aux dépenses 22
2.4 Outil informatique 25
2.4.1 EXIOBASE v3.8/BONSAI 26
2.4.2 Package Brightway 29
2.4.3 Catégories d'impacts environnementaux sélectionnées pour l'étude 30
2.4.4 Correspondance entre EXIOBASE et COICOP 33
3 PANORAMA DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA CONSOMMATION FRANÇAISE **35**
3.1 Indicateurs « endpoint » 35
3.2 Indicateurs « midpoint » : impact sur le changement climatique 38
3.2.1 Résultat total - France 38
3.2.2 Résultat par pays d'origine 39
3.2.3 Résultat par poste de consommation 42
3.3 Indicateurs « midpoint » : impact en particules fines 43
3.3.1 Résultat total - France 43
3.3.2 Résultat par pays d'origine 44
3.3.3 Résultat par poste de consommation 45
3.4 Indicateurs « midpoint » : impact en usage des terres 46
3.4.1 Résultat total - France 46
3.4.2 Résultat par pays d'origine 47
3.4.3 Résultat par postes de consommation 50
3.5 Indicateurs « midpoint » : impact sur la rareté des ressources crustales 51
3.5.1 Résultat total - France 51
3.5.2 Résultat par pays d'origine 51
3.5.3 Résultat par poste de consommation 53
3.6 Analyse « hotspot » 54
4 PANORAMA DES DEPENSES DES MENAGES **57**
5 CHANGEMENT CLIMATIQUE – ANALYSES DETAILLEES **61**

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

5.1 Analyses de contribution (ACV) 61
5.1.1 Les ménages français 66
5.1.2 L'État français 79
5.1.3 Les ISBLSM français 83
5.2 Facteurs socio-économiques 86
6 RARETE DES RESSOURCES CRUSTALES – ANALYSES DETAILLEES 89
6.1 Analyses de contribution (ACV) 89
6.1.1 Les ménages français 93
6.1.2 L'État français 101
6.1.3 Les ISBLSM français 105
6.2 Facteurs socio-économiques 109
7 COMPARAISON « IMPACT SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE » VS « RARETE DES RESSOURCES CRUSTALES » 112
7.1 Analyses de contribution (ACV) 112
7.2 Facteurs socio-économiques 113
8 DISCUSSIONS FINALES ET CONCLUSIONS 117
8.1 Limites des analyses et perspectives 117
8.2 Enseignements 121
8.3 Conclusion 123
9 ANNEXES 125
9.1 Annexe I – Pays et régions dans EXIOBASE 3.8 125
9.2 Annexe II – Extension environnementale d'EXIOBASE v3.8 130
9.3 Annexe III – Inventaire caractérisé de la rareté de ressources crustales selon les flux consommés 136
9.4 Annexe IV – Comparaison des résultats en IMPACT World+ et ReCiPe 138
9.4.1 Impact sur le changement climatique 138
9.4.2 Usage des ressources minérales 141
9.5 Annexe V : empreinte matière minérales 145
9.6 Annexe VI : Graphiques supplémentaires à caractère illustratif 147
9.6.1 Décomposition des impacts de la consommation française par vecteur de demande finale et par catégorie de produits 147
9.6.2 Analyses complémentaires, hors transport/alimentation/logement, à partir de la nomenclature EXIOBASE 148
9.6.3 Graphiques complémentaires 156
9.7 Annexes VII : Tableaux d'analyse de contribution 162
9.7.1 Analyses supplémentaires pour la demande française en services immobiliers 162
9.7.2 Analyses supplémentaires de la demande française en services d'hôtellerie et de restauration 164
9.7.3 Analyses supplémentaires de la demande française en production de meubles et autres produits manufacturés 165
9.7.4 Analyses supplémentaires de la demande française en production de vêtements et de fourrures 167

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.7.5 Analyses supplémentaires de la demande française en services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale 168
9.7.6 Analyses supplémentaires de la demande française en services éducatifs 170
9.7.7 Analyses supplémentaires de la demande française en services de santé et de travaux sociaux 172
9.7.8 Analyses supplémentaires de la demande française en services récréatifs, culturels et sportifs 173
9.7.9 Analyses supplémentaires de la demande française en travaux de construction176
9.7.10 Analyses supplémentaires de la demande française en production de métaux précieux 178
9.7.11 Analyses supplémentaires de la demande française en services de production de produits chimiques non classifiés.....179
9.8 Décomposition des activités "de base" d'EXIOBASE 179
9.8.1 Activité "A_FURN": "meubles et autres bien manufacturés".....180
9.8.2 Activité « A_CHEM », « les produits chimiques non-classés 180
9.8.3 Activité « A_CONS », « les travaux de construction ».....181
9.8.4 Activité « A_PREO », « les minerais et concentrés de métaux précieux » 183
10 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 188
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES 191
SIGLES ET ACRONYMES 198

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

RÉSUMÉ

L'étude vise à évaluer les impacts environnementaux de la consommation française en 2016, en mettant l'accent sur la consommation responsable, un enjeu stratégique pour l'ADEME et sur des secteurs moins étudiés jusqu'alors (c.à.d. hors transport, logement et nourriture). La consommation responsable, intégrée au sein de diverses politiques françaises, cherche à réduire les impacts environnementaux tout en sensibilisant les citoyens. L'étude s'appuie sur une méthodologie EE-MRIO (Extended Multi-Regional Input-Output) basée sur EXIOBASE 3.8, couplée à des méthodes d'impact de cycle de vie (ReCiPe et IMPACT World+), et utilise les données de l'enquête Budget des Familles (BDF) pour intégrer des déterminants socio-économiques.

L'analyse se concentre sur quatre indicateurs environnementaux : changement climatique, particules fines, usage des terres et rareté des ressources crustales. Pour le changement climatique, les résultats montrent que la consommation française génère 607 Mt CO_2-éq, dont 53 % sont importés, principalement de Chine et d'Asie. Les principaux contributeurs sont les transports (30,1 %), le logement (13,2 %) et l'alimentation (11,8 %). Concernant la rareté des ressources crustales, l'impact est estimé à 43,6 Gt Si-éq, avec 99,6 % des impacts localisés hors de France, notamment en Afrique et en Asie. Les postes majeurs sont les soins personnels et biens divers (24,5 %), les transports (21,1 %) et l'ameublement (13,9 %).

L'étude met en lumière des leviers d'action pour réduire ces impacts. Pour le changement climatique, il est recommandé de décarboner les transports et le chauffage domestique, de réduire la consommation de viande, et de promouvoir des procédés chimiques moins carbonés. Pour la rareté des ressources crustales, les efforts devraient se concentrer sur la réduction de l'utilisation des métaux précieux en électronique ou procédés chimiques et le recyclage. Les activités de construction, identifiées comme un contributeur clé, nécessitent une attention particulière pour réduire leur impact.

L'analyse révèle également des disparités entre les postes de consommation selon les indicateurs. Par exemple, l'ameublement contribue davantage à la rareté des ressources crustales (19,5 %) qu'au changement climatique (6,5 %). Ces résultats soulignent l'importance d'une approche multi-critères pour éviter le « carbon tunnel », qui se focalise uniquement sur les émissions de CO_2 et de savoir dans quel impact il y a le plus de marge de manœuvre ou d'intérêt.

Enfin, l'étude propose des perspectives d'amélioration, notamment l'intégration de flux environnementaux manquants (biomasse, consommation d'eau), la désagrégation de certaines activités dans EXIOBASE, et une meilleure correspondance entre les nomenclatures EXIOBASE et COICOP. Elle recommande également d'explorer des scénarios prospectifs pour évaluer les impacts futurs de la consommation française.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

ABSTRACT

The study aims to assess the environmental impacts of French consumption in 2016, with a focus on responsible consumption, a strategic priority for ADEME, and on sectors that have been less studied so far (i.e., excluding transport, housing, and food). Responsible consumption, integrated into various French policies, seeks to reduce environmental impacts while raising citizen awareness. The study relies on an EE-MRIO (Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output) methodology based on EXIOBASE 3.8, coupled with life cycle impact methodologies ReCiPe and IMPACT World+), and uses data from the “Budget des Familles” (BDF) survey to incorporate socio-economic factors.

The analysis focuses on four environmental indicators: climate change, fine particulate matter, land use, and crustal resource scarcity. For climate change, the results show that French consumption generates 607 Mt CO_2-eq, 53% of which is imported, mainly from China and Asia. The main contributors are transport (30.1%), housing (13.2%), and food (11.8%). Regarding crustal resource scarcity, the impact is estimated at 43.6 Gt Si-eq, with 99.6% of the impacts occurring outside France, notably in Africa and Asia. The major contributors are personal care and miscellaneous goods (24.5%), transport (21.1%), and furniture (13.9%).

The study highlights action levers to reduce these impacts. For climate change, it is recommended to decarbonise transport and domestic heating, reduce meat consumption, and promote less carbon-intensive chemical processes. For crustal resource scarcity, efforts should focus on reducing the use of precious metals in electronics or chemical processes and on recycling. Construction activities, identified as a key contributor, require particular attention to mitigate their impact.

The analysis also reveals disparities between consumption categories depending on the indicators. For instance, house furniture contributes more to crustal resource scarcity (19.5%) than to climate change (6.5%). These results underline the importance of a multi-criteria approach to avoid the "carbon tunnel," which focuses solely on CO_2 emissions, and to identify the impact with the most room for maneuver or interest in reducing impacts.

Finally, the study suggests paths for improvement, including the integration of missing environmental flows (biomass, water consumption), the disaggregation of some activities in EXIOBASE, and better alignment between the EXIOBASE and COICOP nomenclatures. It also recommends exploring prospective scenarios to evaluate the future impacts of French consumption.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Lexique

ACV : Analyse du cycle de vie. Méthode scientifique, définies entres autres par la norme ISO 14040/44, visant à répertorier l'ensemble des flux de matière ou d'énergie – entrant ou sortant – d'un produit ou d'un service, tout au long de son cycle de vie, et d'en modéliser et étudier son impact environnemental. LCA en anglais, pour « Life Cycle Assessment ».

BDF : Budget des familles. Document analytique de référence établi par l'INSEE.

Changement climatique (impact du) : L'ISO 14050 définit l'impact du changement climatique comme « l'effet sur les systèmes naturels ou humains résultant de l'exposition au changement climatique ». Dans le cadre de ce rapport, le changement climatique est associé à la catégorie d'impact environnemental nommé en anglais GWP (Global Warming Potential, littéralement, « potentiel de réchauffement global »). Il est parfois associé au terme d'« empreinte carbone », puisqu'un résultat du changement climatique possède comme unité le kg-CO_2-éq.

COICOP (Classification des fonctions de consommation des ménages) : classification mise au point par la division statistique des Nations unies pour classer et analyser, en fonction de leur affectation, les dépenses de consommation individuelles des ménages, des institutions à but non lucratif au service des ménages et des administrations publiques (Eurostat, 2024).

Consommation : dans le cadre de ce rapport, la consommation désigne l'ensemble des biens et services consommés par la demande finale des Français (que ce soit les ménages, l'État ou les ISBLSM). Le spectre concerné de la consommation est large, allant de la viande achetée aux km de transport en voiture, en passant par les services d'entretien du foyer.

ECOICOP : European Classification of Individual Consumption by Purpose (version ajustée de la COICOP pour l'Union Européenne). Cf. définition COICOP.

EE-MRIO : « Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output ». Cadre analytique consistant à évaluer et analyser les impacts environnementaux associés aux tableaux dits « Entrée-Sortie ». Ces derniers sont définis par des instituts de statistiques ou d'économie.

Empreinte : Dans ce rapport, l'empreinte se réfère à l'impact environnemental (changement climatique, pollution atmosphérique, usage des terres...) dû à un procédé (consommation de biens/services, production, etc.). À ne pas confondre avec le concept de consommation ou d'inventaire (voir leurs définitions respectives). À titre d'exemple, une empreinte en changement climatique sera exprimée en kg CO_2 ou kg CH_4, etc.

Empreinte directe : Définition liée à l'empreinte (cf. sa définition respective). Une empreinte directe est la part de l'empreinte provenant de l'utilisation directe d'un bien ou d'un service. À titre d'exemple, l'utilisation d'une voiture génère des gaz à effet de serre. Il s'agit d'une empreinte directe, due à la consommation de carburant liée à l'utilisation de la voiture.

Empreinte indirecte : Définition liée à l'empreinte (cf. sa définition respective). Une empreinte indirecte est la part indirecte ou induite de l'empreinte due à la consommation d'un bien/service. À titre d'exemple, l'utilisation d'une voiture requiert en amont des matières premières et de l'énergie pour construire cette voiture – avec leurs impacts environnementaux associés –, même si l'utilisatrice/utilisateur de la voiture ne consomme pas directement de l'acier ou du verre pendant la conduite.

Empreinte importée : Définition liée à l'empreinte (cf. sa définition respective). Une empreinte importée est la part de l'empreinte qui a lieu à l'étranger (c.à.d. hors de la France dans le cadre de cette étude). À titre d'exemple, l'utilisation d'une voiture requiert de l'acier pour sa construction et ce matériau a pu être produit en Chine. L'empreinte importée correspond aux émissions associées à la production de l'acier pour satisfaire une demande *française*.

Empreinte carbone : Dans ce rapport, l'empreinte carbone est entendue à une échelle macro (pays). Elle représente la quantité de gaz à effet de serre (GES) induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, des administrations publiques et des organismes à but non lucratif et les investissements), que les biens ou services consommés soient produits sur le territoire national ou importés

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

(INSEE). Les gaz à effet de serre sont comptabilisés en équivalent dioxyde de carbone[1] (CO_2 éq). L'empreinte carbone peut aussi être appelée « empreinte climatique » par abus de langage.
A noter également que les modalités de construction d'une « empreinte carbone » à une échelle macro n'étant pas normées, l'empreinte carbone peut donc potentiellement revêtir des périmètres et hypothèses de calcul très diverses en fonction des auteurs.

Empreinte matière : l'empreinte matière (ou RMC, « Raw Material Consumption ») désigne l'inventaire des matières premières consommées pour répondre à la demande finale d'un pays et de ses habitants (INSEE). Elle correspond à l'ensemble des matières premières mobilisées (biomasse, minerais métalliques et non-métalliques, matières fossiles), pour satisfaire la consommation finale d'un pays, y compris les flux indirects (matières premières utilisées lors de la production à l'étranger, lors du transport, etc.). L'empreinte matières est simplement additive, elle ne tient pas compte des impacts environnementaux, très différents, générés par la production de chacune des matières qui la compose.

EXIOBASE : tableau multirégional détaillé des ressources et des emplois et des entrées-sorties. Il a été développé en harmonisant et en détaillant les tableaux des ressources et des emplois pour un grand nombre de pays, en estimant les émissions et les extractions de ressources par industrie.

Flux élémentaire : un flux d'énergie ou de matière entrant le système modélisé sans voir subi une transformation antérieure (par exemple de l'oxygène provenant de l'air ou de l'eau d'un aquifère) ou quittant le système modélisé sans subir de transformation postérieure (par exemple des émissions de méthane).

HIO : Hybrid Input Output (cf. definition EE-MRIO)

Indicateurs environnementaux du type « midpoint » : le terme « midpoint » exprime que l'impact est quantifié dans une étape intermédiaire du chemin d'impact, sans parvenir à quantifier les impacts sur les domaines de protection (par exemple, la santé humaine, la qualité des écosystèmes) (Jolliet at al. 2004)

Indicateurs environnementaux du type « endpoint » : le terme *endpoint* exprime que l'impact est quantifié au but du chemin d'impact, c-a-d les dommages causés à l'un des trois domaines de protection (à savoir la santé humaine, la qualité des écosystèmes et la rareté des ressources).

Inventaire : Dans ce rapport, l'inventaire désigne une liste de flux (de matières ou éléments) consommés ou émis. Par exemple, l'inventaire matières désigne l'ensemble des matières premières consommées par la production française. De manière plus spécifique : produire une voiture sur le territoire français requiert une certaine quantité d'acier, d'aluminium, etc. Il est aussi possible d'analyser des inventaires des émissions GES (en kg de dioxyde de carbone, de méthane, etc.), ou d'autres impacts environnementaux et même des inventaires dits caractérisés, en tenant compte des facteurs de caractérisation (où tous les flux GES sont harmonisés en kg CO_2-éq). N.B. : comme le présent rapport analyse la demande finale française, seuls les flux répondant à la demande française sont considérés (y compris les imports). Les exports ne sont donc pas considérés pour éviter un effet « double-comptage » des émissions (« double-counting » en anglais).

IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

ISBLSM : Institut Sans But Lucratif au Service des Ménages (NPSH en anglais sur EXIOBASE pour « Non-profit institutions serving households »)

Niveau de vie : Le niveau[2] de vie est égal au revenu disponible du ménage divisé par le nombre d'unités de consommation (UC). Le niveau de vie est donc le même pour tous les individus d'un même ménage. Le niveau de vie correspond à ce qu'Eurostat nomme « revenu disponible équivalent ». Les unités de consommation sont généralement calculées selon l'échelle d'équivalence dite de l'OCDE modifiée qui attribue 1 UC au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans ou plus et 0,3 UC aux enfants de moins de 14 ans.

[1] Par exemple : 1 kg de méthane fossile (CH_4) est équivalent à environ 29.8 kg-CO_2 (IPCC AR6, table 7.15, p.1017).

[2] https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1890

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

PDF : dans le cadre de la méthode d'évaluation d'impact IMPACT World+, PDF est l'acronyme de « Potentiallly Disappeared Fraction ». PDF est une unité utilisée pour quantifier une fraction d'espèces vivantes pouvant disparaître dans une certaine région (ce qui fait qu'on lit souvent « PDF.m^2) dû à un impact environnemental (changement climatique, acidification, eutrophisation, etc.).

Poste de consommation : terme pour désigner la répartition des dépenses de l'ensemble des ménages, structurée autour de postes de dépenses (alimentation, logement, transport, bien d'équipements du logement, habillement, santé, loisirs et culture, etc.)

Vecteurs de la demande intérieure finale : dans la comptabilité nationale, la demande intérieure finale est composée de la consommation finale des ménages, la consommation finale des Institutions Sans But Lucratif au Service des Ménages (ISBLSM), la consommation finale de l'administration publique (ou Etat), la formation brute de capital (FBC) fixe et des exportations. Dans la version d'EXIOBASE utilisée pour ce rapport, la formation brute de capital est endogénéisée et est considérée comme une entrée/input aux industries. Dans ce rapport, la FBC ne fait donc pas partie des vecteurs de la demande finale mais est considérée par ailleurs.,

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

1 Contexte et objectifs de l'étude

En France, un des enjeux du développement durable est de promouvoir la consommation responsable par tous les acteurs, c'est-à-dire une consommation de biens et de services avec un impact environnemental réduit. L'impact environnemental peut évidemment prendre diverses formes (réchauffement climatique, acidification, eutrophisation, émissions de particules fines, effets cancérigènes ou toxiques, etc.).

La consommation responsable est devenue un axe stratégique de l'ADEME depuis son intégration dans le contrat d'objectifs et de performance de l'agence (COP) 2009-2012 de l'ADEME. Les textes législatifs et stratégiques en France l'inscrivent comme une priorité d'action pour accompagner les citoyens à mieux consommer. Par exemple, dans la Stratégie nationale bas carbone (SNBC), la consommation responsable est un axe stratégique de sensibilisation à la transition bas carbone (MTEC, 2018). Plus récemment, la Loi anti-gaspillage pour une économie circulaire (AGEC) contient des mesures autour de l'accompagnement des citoyens dans les nouvelles pratiques de consommation plus responsables (MTE, 2020).

Une partie des attentes de l'ADEME sur la consommation responsable s'inscrit dans le programme de travail de la Direction Économie Circulaire (DEC). Ces besoins sont notamment liés :

- Aux futurs travaux de prospective de la DEC.
- Et à des besoins de connaissances transverses et actualisées autour de la consommation française.

Les analyses environnementales attendues dans cette étude viseront donc à servir ces deux axes de réflexion.

Pour appréhender les impacts environnementaux de la consommation à une échelle macro, avec la possibilité d'avoir également des impacts socio-économique (comme la production intérieure brute, création d'emploi, par exemple), les études existantes dans la littérature s'appuient en pratique sur des méthodes d'évaluation dites « Top-down » ou Entrée-sorties (IO) étendues à l'environnement (EE-IO en anglais). Afin de disposer d'une vision complète et actualisée de la littérature scientifique en la matière, l'ADEME a fait réaliser un état de l'art des analyses EE-IO appliquées à l'Economie circulaire (de Saxcé et al. 2023). Plus de 50 études ont été recensées sur la consommation des ménages (Ivanova et al. 2016, 2017, NTNU Environmental Footprint Explorer, Ottelin et al. 2019), dont quelques-unes sur la consommation française (Beylot et al. 2016 et 2018, ADEME et al. 2019 etc.). Cependant, ces études sur la consommation ne sont pas actualisées et ne couvrent pas tous les secteurs et impacts potentiellement pertinents pour la mise en place d'une stratégie de consommation responsable en France.

Dans ce contexte, **l'objectif majeur de cette étude est de fournir un panorama le plus actualisé possible des impacts environnementaux de la consommation française, et d'ensuite les relier avec des critères socio-économiques**. Ainsi, les impacts environnementaux reliés à la consommation française pourront être plus finement rapportées à des groupes socio-économiques (par exemple : classe de niveau de vie ou catégorie socio-professionnelle). Plus globalement, les trois objectifs de l'étude sont listés ci-dessous :

1. Disposer de connaissances actualisées et d'éléments de langage partagés autour de la consommation en France, ses impacts environnementaux et les enjeux associés. Éclairer la DEC sur les secteurs stratégiques et orientations prioritaires pour faciliter son discours au-delà des orientations prioritaires.
2. Éclairer le « point zéro » des futurs travaux de prospective qui seront pilotés au sein de la DEC dans le prolongement de Transition(s) 2050. La DEC ambitionne d'investir plus précisément la consommation des biens et services hors postes alimentation, mobilité et logement. L'exercice sera enrichi d'une prise en compte des réalités et dynamiques sociales sous-jacentes et d'une articulation avec les évolutions du système productif associé.
3. Constituer un premier socle d'outillage pour poursuivre à plus long terme d'éventuels travaux complémentaires d'évaluation :
    - Évaluer des interventions et/ou instruments de politiques publiques relatifs à la consommation responsable ;
    - Initier un suivi des impacts avec des indicateurs associés ;
    - Contribuer à l'évaluation de scénarios de prospective sur les biens et services.

De manière globale, les éléments méthodologiques clés retenus consistent en une approche EE-MRIO basée sur EXIOBASE 3.8 (version hybride), couplée à des facteurs de caractérisation d'impacts environnementaux (ReCiPe/IMPACT Word+/méthode crustale) et avec l'enquête Budget de famille

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

(BDF) pour l'analyse des déterminants socio-économiques. Les prochaines sections rentrent plus dans le détail de chaque composant.

Pour ce fait, l'étude est organisée en quatre phases, à savoir :

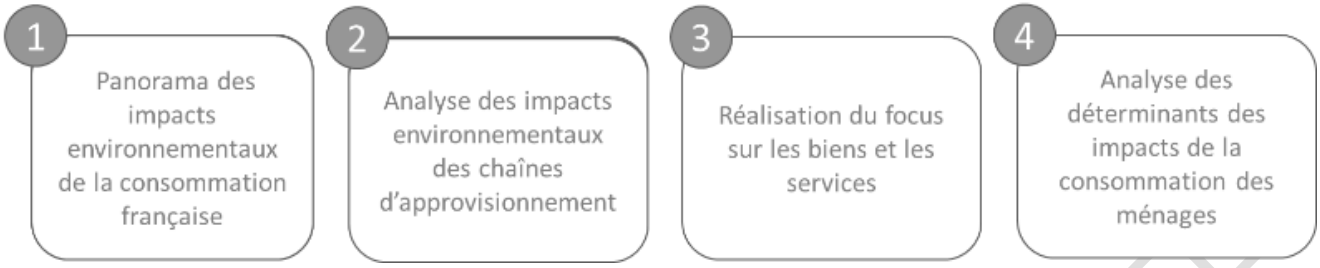


Figure 1 : Phases de l'étude

La **première phase** consiste en la réalisation d'un panorama des impacts environnementaux de la consommation française pour l'année 2016, présentés :

- De façon globale pour quatre indicateurs d'impact environnemental du type « midpoint » et deux indicateurs du type « endpoint » (voir Lexique)
- Par pays d'origine d'impact. La part dite « territoriale » (i.e. impact sur le territoire français) est distinguée de la part imputable aux importations en spécifiant les différents pays/régions d'origine.
- Par vecteur de demande finale (voir Lexique) (ménages, État, institutions sans but lucratif au service des ménages).
- Par poste de consommation (voir Lexique).

La **deuxième phase** de l'étude vise à étudier la chaine d'approvisionnement, en présentant la contribution des activités de production pour répondre à la demande finale française selon deux approches complémentaires :

- Avec une décomposition par produit de la demande finale selon les catégories de la classification des fonctions de consommation des ménages (Classification of Individual Consumption by Purpose - COICOP).
- Avec une décomposition des chaines d'approvisionnement selon les activités décrites dans EXIOBASE.

La **troisième phase** de l'étude fait un focus sur les biens et services consommés en France, hors alimentation, logement et mobilité. Sont détaillées pour ces biens et services, la consommation par postes de consommation (alimentation, logement, transport, logement, habillement, santé, etc.) et produits (quand cela est possible), en restant sur une vision « consommation d'un français moyen ». Comme dans la phase précédente, deux approches sont également utilisées dans cette phase pour décomposer les impacts environnementaux de la demande finale (selon les produits de la classification COICOP et selon les activités d'EXIOBASE)

Pour finir, comme la transition « juste » se situe à l'interface entre les questions de consommation, d'inclusion sociale et de transition écologique, et nécessite de sortir des analyses du « français moyen », la **quatrième phase** de l'étude modélise plus finement les réalités sociales sous-jacentes, permettant :

- D'offrir un cadre de lecture et une vision éclairée des déterminants socio-économiques des impacts environnementaux générés par la consommation des ménages,
- D'identifier les principaux leviers d'action pour réduire les impacts environnementaux générés par la consommation des ménages et de les prioriser .

Dans le cadre de l'étude, le rapport est structuré comme suit :

- **Chapitre 2 : Méthodologie globale :** Ce chapitre présente les bases méthodologiques sur lesquelles les analyses sont fondées. Il comprend :
    - La description du couplage entre l'analyse entrée-sortie et le calcul des impacts environnementaux sur le cycle de vie (cf. section 2.1).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

- La description de l'enquête « Budget des familles » ainsi que le lien entre l'approche des dépenses des ménages et les impacts environnementaux liés au cycle de vie des produits consommés (sections 2.2 et 2.3), particulièrement pertinente pour les analyses de la Phase IV (cf. sections 5.2 et 6.2).
- La présentation du fonctionnement de l'outil informatique, avec des précisions concernant les choix des bases de données, des méthodes d'analyse du cycle de vie, les packages Python utilisés, ainsi que des principales hypothèses retenues pour les analyses (cf. section 2.4).

- **Chapitre 3 : Panorama des impacts environnementaux de la consommation française** : Ce chapitre présente les résultats des phases I et II, organisés par catégorie d'impact environnemental :
  - Dommages sur la santé humaine, qualité des écosystèmes et disponibilité des ressources ;
  - Impact sur le changement climatique ;
  - Émissions de particules fines ;
  - Usage des terres (agricoles) ;
  - Rareté des ressources crustales.

  Les résultats sont présentés pour la consommation française dans son ensemble (année 2016) puis détaillés par vecteur de demande et par origine géographique.
- **Chapitre 4 : Panorama des dépenses des ménages :** Ce chapitre analyse les résultats de l'enquête Budget des Familles en mettant en lumière les dynamiques des postes de consommation et les facteurs socio-économiques pris en compte dans l'étude.
- **Chapitre 5 : Changement climatique – analyses détaillées :** Ce chapitre présente les résultats des phases III et IV relatifs à l'impact de la consommation française sur le changement climatique. La section 5.1 propose une analyse détaillée des contributions de la chaîne d'approvisionnement par vecteur de demande finale, pour les trois postes de consommation les plus importants après l'alimentation, le transport et le logement. La section 5.2 analyse les facteurs socio-économiques influençant l'ensemble des postes de consommation des ménages français.
- **Chapitre 6 : Rareté des ressources crustales – analyses détaillées :** Ce chapitre présente les résultats des phases III et IV concernant la contribution de la consommation française à la rareté des ressources crustales. La section 6.1 présente, de manière analogue à la section précédente, les résultats pour les trois postes de consommation les plus importants sur la rareté des ressources crustales. La section 6.2 présente les résultats de l'analyse des facteurs socio-économiques.
- **Chapitre 7 : Comparaison « impact sur le changement climatique » vs « rareté des ressources crustales » :** Ce chapitre propose une étude comparative de la corrélation entre les facteurs socio-économiques influençant ces deux catégories d'impacts.
- **Chapitre 8 : Discussions finales et conclusions :** Ce dernier chapitre présente les discussions finales, ainsi que les limites et les perspectives de la présente étude.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

2 Méthodologie globale

2.1 Couplage IO/ACV

La méthode d'évaluation de l'impact sur l'environnement mobilisée dans cette étude est basée sur l'analyse entrées-sorties (IOA, « *input-output analysis* » en anglais), en utilisant des méthodes d'évaluation de l'impact sur l'environnement dérivées de l'analyse du cycle de vie (ACV ou LCA en anglais, voir lexique).

L'IOA est une méthode qui examine les interconnexions et les interdépendances des secteurs au sein d'une économie, en montrant comment les produits d'un secteur (output) sont des intrants pour d'autres secteurs (input). Il s'agit d'une méthode bien établie et largement étudiée, Miller et Blair (2009) et Suh (2009) étant largement reconnus comme des références méthodologiques dans la littérature. Cette méthode repose sur l'équilibre entre l'offre et la demande, l'offre étant constituée de la production intérieure et des importations, et la demande étant constituée de la demande intermédiaire des entreprises et de la demande finale (consommation de produits finis et de services, investissements et exportations).

Globalement, les éléments de l'offre et de la demande sont décrits dans des tableaux entrées-sorties multirégionaux (MRIO), comme le montre la Figure 2 ci-dessous. Le tableau « Z » représente la matrice de transactions, ou technologique (en équivalent pour l'ACV), avec toutes les interactions entre les activités économiques, au sein d'un pays et également d'un pays à l'autre. Les colonnes de la matrice représentent les entrées (inputs) nécessaires pour produire la quantité totale de sorties (outputs) de chaque activité. Par exemple, comme montre la Figure 2, l'activité de culture de fruits et légumes en France demande, parmi d'autres, 2 mille tonnes de produits en plastique fabriqués en Allemagne (DE), et 14 mille tonnes de produits en plastique fabriqués en France.

Le tableau « y » représente les vecteurs de la demande intérieure finale (voir lexique) : la consommation finale des ménages, de l'État et des institutions sans but lucratif au service des ménages (ISBLSM), et la formation brute de capital (FBC) (= FBC Fixe plus le changement d'inventaire). Les colonnes représentent les demandes des vecteurs de demande finale par rapport à chaque activité (en lignes). Par exemple, la demande des ménages français pour les produits en plastique fabriqués en Allemagne est de 5 000 tonnes. Les colonnes et les lignes marquées « FR » représentent les interactions des activités françaises avec les autres pays (hors carrés vert et jaune) et les interactions entre les activités domestiques françaises (carrés vert et jaune).

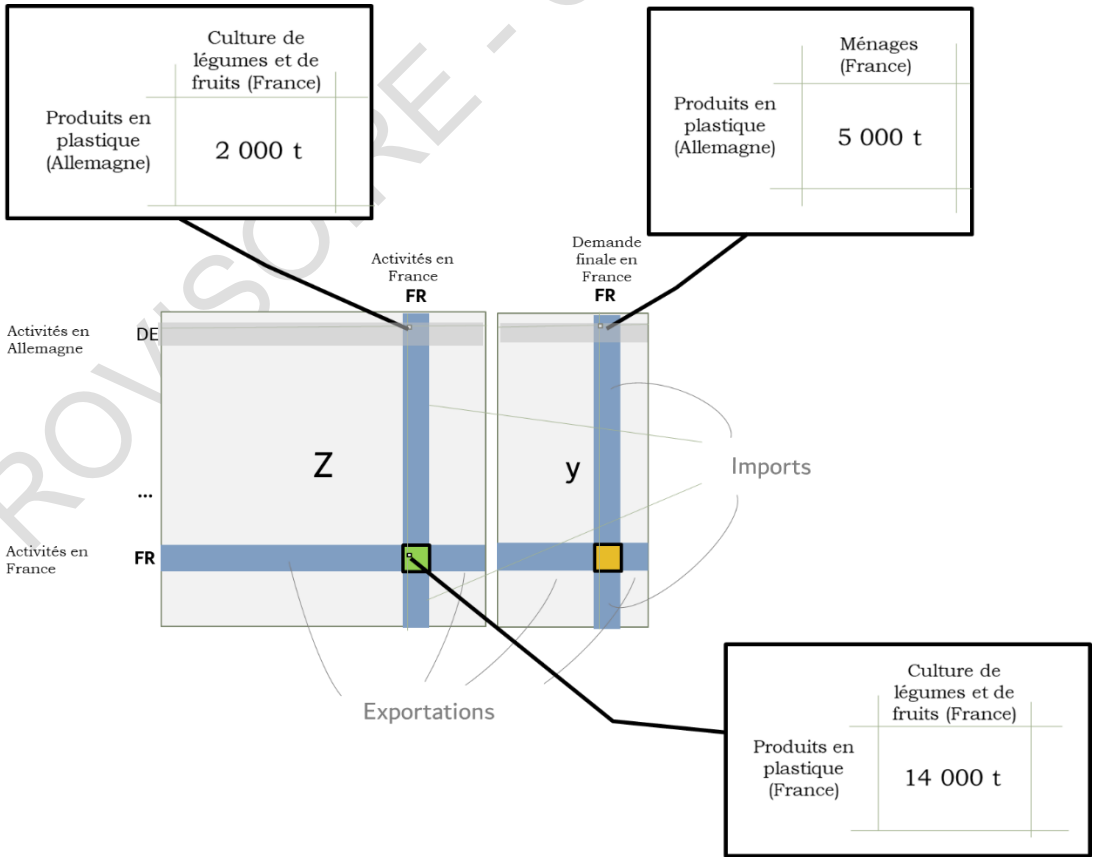


Figure 2 : Tableau d'entrées-sorties (matrice des transactions et de demande finale) (note : valeurs illustratives)

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

L'évaluation environnementale est basée sur les extensions environnementales des tableaux entrées-sorties, représentées dans la Figure 3 par le tableau « B ». Cette matrice correspond à la matrice de la biosphère (ou intervention) dans le cadre méthodologique de l'ACV. Les lignes de cette matrice correspondent aux différents flux élémentaires de chaque activité en termes d'émissions au sol, à l'air, à l'eau, à l'extraction de ressources, de consommation d'eau, etc. Par exemple, la consommation d'eau liée à la culture de fruits, noix et légumes en France est de 32 Mm^3.

Le tableau « D », également dans la Figure 3, représente les éléments de la valeur ajoutée, composée des dépenses associées aux activités et produits en termes de salaires, cotisations sociales des employeurs, impôts sur les produits achetés, impôts sur la production et excédent d'exploitation, également nécessaires à l'équilibre entre l'offre et la demande. Par exemple, l'activité de « culture de légumes, fruits et de noix » en France dépense 60 millions d'euros en rémunération des employés. Dans le cadre de cette étude, le tableau « D » n'est pas utilisé dans les calculs, bien qu'il pourrait l'être dans le cadre, par exemple, d'une étude d'ACV sociale ou d'évaluation des impacts socio-économiques.

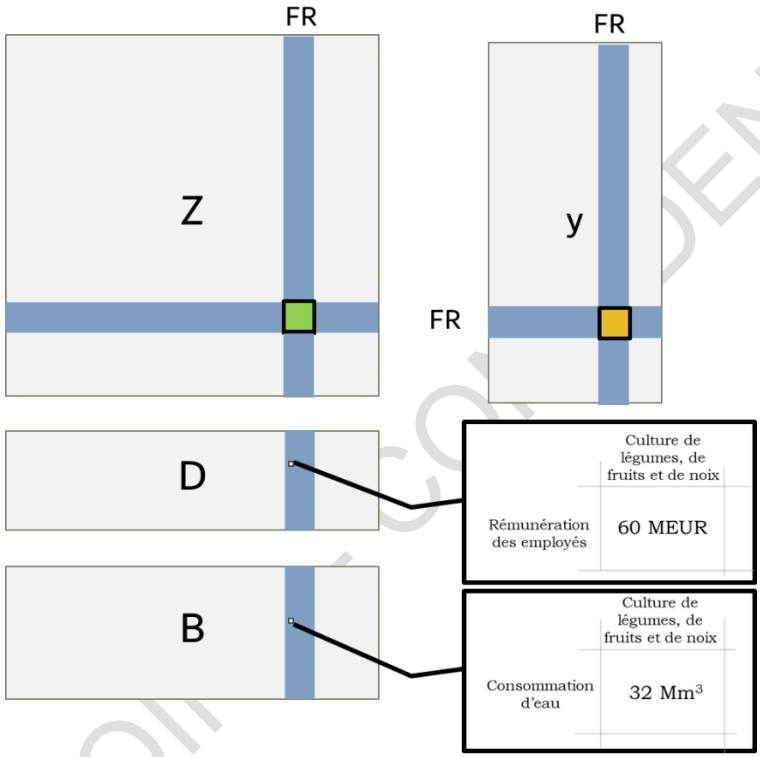


Figure 3 : Tableau d'entrées-sorties avec extensions environnementales

Les principes de calcul des impacts environnementaux suivent ensuite l'approche classique de l'analyse entrées-sorties (pour plus d'informations, voir Miller et Blair (2009) - chapitre 2 - ou Heijungs et al. (2022)).

Les impacts environnementaux sont ainsi calculés à l'aide de l'Inventaire du Cycle de Vie (ICV), qui fournit un bilan complet des flux (ressources énergétiques, matières premières) nécessaires pour fabriquer un produit, et des facteurs de caractérisation des méthodes d'évaluation d'impact environnemental (cf. Section 2.4.3). La matrice diagonale des facteurs de caractérisation ($\hat{C}$) est donc multipliée par l'Inventaire du Cycle de Vie (ICV), comme montre l'équation 1, afin d'obtenir des impacts environnementaux.

$$EICV = \hat{C}.ICV = \hat{C}.B.L.\hat{y} \qquad \textit{Equation 1}$$

Les indicateurs obtenus par cette méthode incluent non seulement les impacts qui se produisent à l'intérieur du pays étudié, mais aussi potentiellement ceux générés par des activités dans d'autres pays, en réponse à la demande du pays étudié (soit tout au long de la chaine d'approvisionnement.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

2.2 L'enquête Budget des Familles et les classifications de la consommation des ménages

L'enquête Budget des Familles (BDF) est une enquête quinquennale réalisée sur un échantillon de ménages représentatif de la population française en métropole et dans les 5 départements d'Outre-mer. Cette enquête existe depuis 1979.

L'enquête BDF vise à **mesurer la consommation des ménages et leurs revenus**. Ces deux variables clefs des arbitrages des ménages sont donc très détaillées dans l'enquête.

Un ménage au sens des enquêtes de l'INSEE désigne l'ensemble des personnes qui partagent de manière habituelle un même logement et qui ont un budget commun[3]. La personne de référence est le principal contributeur au budget commun du ménage. Lorsqu'il y a plusieurs contributeurs principaux aux ressources du ménage, la personne de référence est en priorité l'actif, le retraité, puis l'autre inactif ; à statut égal, la personne de référence est la personne la plus âgée.

L'étude des dépenses des ménages constitue l'objectif historique principal de l'enquête BDF. Le périmètre de collecte est composé de toutes les dépenses réalisées par les ménages, y compris celles qui ne relèvent pas de la comptabilité nationale : impôts et taxes, primes d'assurance, gros travaux du logement, transferts entre ménages, achats de biens d'occasion et remboursements de crédits.

En métropole, ce sont 12 081 ménages qui ont répondu à l'enquête en France métropolitaine pour l'édition 2017, soit 28 584 individus.

Focus : collecte des données et corrections statistiques

Deux principaux instruments de collecte des données sont utilisés :

1. Les carnets de compte dans lesquels les ménages reportent toutes les dépenses durant la période de collecte qui est d'une semaine depuis l'édition 2011 (contre deux semaines auparavant). Les personnes collent tickets de caisse ou inscrivent les dépenses dans les carnets.
2. Les questionnaires ménages remplis lors d'entretiens directs avec les enquêteurs de l'INSEE en face à face par la collecte assistée par ordinateur (CAPI).

Afin de prendre en compte la saisonnalité des dépenses, la collecte de l'enquête BDF est réalisée sur 12 mois répartie en six vagues de huit semaines. L'enquête 2017 s'est ainsi déroulée du 19 septembre 2016 au 16 septembre 2017.

La périodicité des achats par types de produits est très différenciée ce qui introduit une saisonnalité dont il convient de tenir compte. Les achats de biens durables sont en effet plus rares que les achats récurrents (entendus comme faits régulièrement chaque mois ou semaine). C'est pourquoi par exemple les achats de biens durables (voitures, meubles, etc.) sont notés par questionnaire sur les 12 derniers mois tandis que les achats de vêtements, plus réguliers, sont retracés sur les deux derniers mois.

L'effet saisonnier est donc corrigé au niveau de l'ensemble de l'échantillon de l'enquête. Cela implique que le calcul d'une dépense moyenne sur un poste budgétaire donné n'a de sens que s'il porte sur la totalité des vagues d'enquête[4].

Des corrections statistiques sont également réalisées pour les non-réponses totales ou partielles ainsi que les valeurs atypiques.

[3] Les personnes qui ont un budget commun font partie d'un même ménage dans le sens suivant : elles apportent des ressources servant à des dépenses faites pour la vie du ménage, ou elles bénéficient simplement de ces dépenses.

[4] Les valeurs définitives figurent dans la table C05 des dépenses COICOP 2016 au niveau 5.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

L'enquête enregistre les dépenses par montant courant selon une nomenclature détaillée qui comprend 6 niveaux compatibles avec les nomenclatures internationales[5] par fonctions COICOP[6] (*Classification Of Individual Consumption Of Purpose*). Le niveau 1 est composé de 13 postes, tandis que le niveau 6 est composé d'environ 900 postes.

La consommation des ménages est reconstituée, après les traitements, par postes selon la nomenclature COICOP en vigueur lors de l'enquête. Cette nomenclature spécifique à l'enquête BDF édition 2017 est adaptée de la nomenclature ECOICOP[7] 2016[8] harmonisée au niveau européen. Le site de l'INSEE permet de consulter cette nomenclature encore en vigueur avant l'adoption de COICOP 2018 qui devrait entrer en vigueur en 2026.

Les données de l'enquête BDF de 2017 sont donc regroupées dans les 248 postes du niveau 5 de la nomenclature ECOICOP 2016 (table C05).

Cependant, **la classification retenue dans le cadre de cette étude est la nomenclature COICOP 2018** qui entrera en service en 2026 d'après l'INSEE[9]. Cette nomenclature a été choisie pour plusieurs raisons. Tout d'abord, COICOP demeure la référence internationale en matière de classification des dépenses des ménages. Ensuite, l'Union Européenne est en train de mettre à jour la méthode de calcul des indices des prix à la consommation harmonisée, qui entrera en vigueur en 2026. De plus, cette mise à jour est déjà appliquée dans le système de comptabilité nationale depuis septembre 2024, montrant une convergence pour l'utilisation de cette classification actuellement.

Le

Tableau 1 illustre les similitudes et différences entre les nomenclatures ECOICOP 2016 et COICOP 2018 – niveau 1. La nouvelle nomenclature COICOP 2018 se compose de 13 postes.

Plusieurs points en commun sont observés entre ECOICOP et COICOP 2018, notamment sur les catégories 1 à 7, 10 et 11. Les points les plus importants de divergence entre les deux versions sont listées ci-dessous :

- Catégorie 08 de COICOP 2018 (Information and communication) : correspondance mixte avec les catégories 08 et 09 d'ECOICOP (Communication et Loisirs & Culture, respectivement).
- Catégorie 12 de COICOP 2018 (Assurance et services financiers) vs catégorie 12 d'ECOICOP (Bien et services divers). COICOP 2018 regroupe les services financiers (banque et assurance) dans une catégorie spécifique qui forme la division 12 du niveau 1
- Catégorie 13 de COICOP 2018 (Soins personnels, protection sociale et biens et services divers) et pas de catégorie 13 dans ECOICOP.

Il faut mentionner qu'un tableau de conversion entre les deux classifications (seulement niveau 4) est mis à disposition par Eurostat ici.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

[5] L'idée de classer les dépenses des ménages à l'échelle internationale a été soulevée pour la première fois en 1923 lors de la première Conférence internationale des statisticiens du travail de l'Organisation internationale du travail (OIT). Cette idée a évolué au fil du temps, avec des versions successives, dont celle de 1968 qui introduit la « Classification des biens et services des ménages », divisée en huit divisions principales. En 1999, la Commission statistique des Nations Unies a adopté une version visant être la référence internationale à ce propos, appelée « Classification de la Consommation Individuelle Selon l'Usage » (en anglais, Classification of Individual Consumption by Purpose – COICOP), qui classe les dépenses des ménages en 14 divisions. Cette version a été révisée en 2015, sur la base des recommandations d'experts, et publiée en 2018, avec 13 divisions.

[6] Les systèmes de comptes nationaux admettent une marge de variabilité afin d'adapter les nomenclatures aux différents contextes nationaux. La nomenclature française de l'enquête BDF est compatible avec la déclinaison européenne ECOCOIP. Cette compatibilité autorise la comparaison aux comptes nationaux qui utilisent cette même nomenclature et pour les indices de prix. La nomenclature évolue en fonction de l'évolution des biens et services consommés par les ménages.

[7] https://www.insee.fr/fr/information/2402696

[8] En 2016, le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne ont adopté le Règlement relatif aux indices des prix à la consommation harmonisée et à l'indice des prix des logements, qui présente dans l'annexe 1 une version plus détaillée de la COICOP 1999, aussi connue comme ECOICOP (Union Européenne, 2016). Cette version a ajouté un niveau de sous-classe (5 chiffres) à la COICOP 1999, sans modifier la structure à 4 chiffres, mais avec 12 catégories seulement. Cette version correspond à la classification utilisée par l'INSEE dans l'enquête « Budget de Famille » la plus récente (INSEE, 2018).

[9] Ce qui signifie que les dépenses de la prochaine enquête BDF seront disponibles dans cette nouvelle nomenclature.

Tableau 1: Nomenclatures ECOICOP et COICOP 2018 au niveau 1

ECOICOP 2016		**COICOP 2018**		**Agrégation / renommage dans le cadre de cette étude**
1	ALIMENTS ET BOISSONS NON ALCOOLISÉES	**1**	ALIMENTS ET BOISSONS NON ALCOOLISÉES	Alimentation_boissons_tabac
2	BOISSONS ALCOOLISÉES, TABAC ET NARCOTIQUES	**2**	BOISSONS ALCOOLISÉES, TABAC ET NARCOTIQUES	
3	VÊTEMENTS ET CHAUSSURES	**3**	VÊTEMENTS ET CHAUSSURES	Habillement
4	LOGEMENT, EAU, ÉLE	**4**	LOGEMENT, EAU, ÉLECTRICITÉ, GAZ ET AUTRES COMBUSTIBLES	Logement

PROVISOIRE ENTIEL

	CTRICITÉ, GAZ ET AUTRES COMBUS-TIBLES			
5	AMÉNA-GE-MENT, ÉQUI-PE-MENT MÉ-NA-GER ET EN-TRE-TIEN COURANT DU LO-GE-MENT	**5**	AMÉNAGEMENT, ÉQUIPEMENT MÉNAGER ET ENTRETIEN COURANT DU LOGEMENT	Equipements_maison
7	TRANSPORT	**7**	TRANSPORT	Transports
6	SANTÉ	**6**	SANTÉ	Loisirs_communications_santé_éducation
8	COMMUNICATION	**8**	INFORMATION ET COMMUNICATION	
9	LOISIRS ET CULTURE	**9**	LOISIRS, SPORT ET CULTURE	
10	ED-U-CA-TION	**10**	SERVICES D'EDUCATION	
11	RESTAURANTS ET	**11**	RESTAURANTS ET SERVICES D'ACCOMMODATION	Restauration_h

PROVISOIRE

	HO-TELS			ôtels
12	BIENS ET SERVICES DI-VERS	**12**	ASSURANCES ET SERVICES FINANCIERS	Prêt_crédits_assurances
		13	SOINS PERSONNELS, PROTECTION SOCIALE ET AUTRES BIENS ET SERVICES	Bijouterie_soins_effets_personnels

Afin d'assurer la meilleure compatibilité des données de dépenses issues de l'enquête BDF avec les données d'impact issues de la modélisation EEMRIO, un travail de mise en correspondance a été réalisé au niveau 5. Les ajustements réalisés et l'allocation des dépenses à ce niveau sont disponibles en annexe. Cette étape fondamentale permet de contrôler la cohérence des périmètres d'impacts et de dépenses. Elle peut se révéler complexe car elle renvoie à la difficulté de mettre en cohérence les secteurs d'activité économique de la modélisation EEMRIO avec les nomenclatures de dépense de consommation des ménages de BDF. Par exemple, les activités de services immobiliers du EEMRIO ont été associées à la catégorie 13 de la classification COICOP 2018. Mais cette activité de services immobiliers fait appel aux travaux de construction, qui sont eux associés à la catégorie 4 de COICOP 2018. Afin de faciliter les analyses dans le cadre de cette étude, ont été agrégés comme indiqué dans le Tableau 2.

A chaque ménage est associé un vecteur de caractéristiques socio-économiques considérées dans la présente étude (voir le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), sur lequel on peut faire des opérations d'agrégations ou de moyennes selon les modalités d'intérêt (exemple : dépense moyennes par ménage selon les déciles de niveau de vie). On peut également décrire et étudier les dépenses des ménages selon d'autres caractéristiques socio-économiques structurantes, par exemple la catégorie socioprofessionnelle de la personne de référence, son âge, la composition du ménage (Accardo et al., 2009). Des critères spatiaux peuvent également être considérés (Ivanova et al. 2017) (CLIP, 2013). Les huit facteurs socio-économiques considérés dans cette étude sont décrits par l'enquête BDF selon les modalités décrites dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

PROVISOIRE - CONFIDE

Tableau 3 : Modalités des facteurs socio-économiques étudiés

Facteur	Modalités
Décile de niveau de vie	décile 1 ; … ; décile 10
Type de ménage	personne seule ; famille monoparentale ; ménages complexes ; couple sans enfants ; couple avec enfants
Catégorie socioprofessionnelle	inactif non retraité ; retraité ; inconnue ; employé ; ouvrier ; agriculteur ; profession intermédiaire ; cadre
Nombre de personnes	une ; deux ; trois ; quatre ; cinq ; six et plus
Taille de l'unité urbaine[10]	rural ; 2k - 5k hab. ; 5k - 10k ; 10k - 20k ; 20k-50k ; 50k - 100k ; 100k - 200k ; 200k - 2M ; ville de Paris
Zone d'étude et d'aménagement du territoire	nord ; bassin parisien ; ouest ; méditerranée ; sud-ouest ; est ; centre-est ; région parisienne
Age de la personne de référence	< 25 ; 25 - 35 ; 36 - 45 ; 46 - 55 ; 56 - 65 ; 66-75 ; 76-85 ; > 85
Nombre d'automobiles	aucune auto ; une auto ; deux autos ; trois autos ou plus

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

2.3 Méthodologie d'allocation des impacts aux dépenses

Deux indicateurs d'impact environnemental issues de la modélisation EEMRIO ont été considérés : les impacts sur le changement climatique et ceux sur la rareté des ressources crustales.

Afin de réaliser l'allocation des impacts issues de la modélisation EEMRIO aux dépenses des ménages de BDF, les dépenses des ménages ont été agrégées au niveau 1.

Les produits du modèle EEMRIO ont également été agrégés selon les 13 postes du niveau 1 de la nomenclature COICOP 2018 afin de disposer d'une ventilation des deux indicateurs d'impacts selon les 13 postes de référence (Tableau 4). La mise en correspondance entre les catégories COICOP et les activités de la modélisation EEMRIO est explicitée en section 2.4.4

Tableau 4 : Impact sur le changement climatique et la rareté des ressources crustales fournis par le modèle EEMRIO selon les 13 postes de consommation de la nomenclature COICOP 2018

Poste	01 - Produits alimentaires et boissons non alcoolisées	…	13 - Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses
Impact sur le changement climatique (Mt CO_2eq)	72	…	32
Impact sur la rareté des ressources crustales (Mt Si-eq)	1443	…	6089

[10] L'unité urbaine correspond à une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants.La catégorie "rural" comprend ainsi les communes sans zone de bâti continu de 2000 habitants mais qui peuvent être banlieues de villes isolées. Elle couvre au plan national 22% des ménages. Elle se distingue ainsi de la variable "rural" mentionnée dans (Pottier et al. 2022) qui a été déterminée à partir d'une variable différente ("tissu urbain") non disponible dans l'enquête Budget des Familles. Cette variable couvre, elle, environ 5% des ménages.

L'allocation des impacts environnementaux issus de la modélisation EEMRIO s'effectue **au prorata du produit du poids démographique[11] et des dépenses de chaque ménage**. Cette méthode dite « top-down » permet de conserver une cohérence[12] des totaux des impacts sur les dépenses BDF.

$$E_i^a = \frac{d_i^a w_a}{\sum_a w_a d_i^a} E_i \qquad \textit{Equation 2}$$

E_i^a : *empreinte du poste i du ménage a*

i : *poste de consommation parmi les* 13 *postes de l'enquête BDF*

a : 1 *ménage sur les* 12081 *ménages de l'enquêteBDF* d_i^a : *dépense du ménage a pour le poste i*

w_a : *poids démographique du ménage a*

E_i : *empreinte nationale totale du poste i*

Focus : passage de l'échantillon à l'échelle nationale avec les poids démographiques

Dans l'enquête BDF, chaque ménage se voit attribuer un poids démographique, à partir de la base de sondage du recensement de la population tournant. Ce poids "ménage" exprime le nombre de ménages au plan national qu'un ménage enquêté représente. Par exemple, un ménage qui se voit attribuer un poids de 1443 représente 1443 ménages en fonction des croisements de catégorie qui ont servi de base de sondage pour le recensement (localité, catégorie de ménage, CSP). C'est à l'aide de cette pondération que nous calculons tous les indicateurs au plan national du présent rapport. Les ménages[13] enquêtés dans BDF 2017 sont tirés dans l'échantillon maître issu d'Octopusse[14], le recensement de la population de 2015.

Dans tous les traitements de ce document, les résultats statistiques présentés sont calculés avec les poids ménages de l'enquête BDF non modifiés.

Le Tableau 5 illustre la méthode de calcul avec l'exemple de l'allocation de l'impact sur le changement climatique pour les produits alimentaires et boissons non alcoolisées. L'impact du poste « alimentation » du ménage « a » (1 sur les 12081) est égal à l'impact total du poste « alimentation » au plan national ventilé selon le produit du poids démographique du ménage « a » par sa dépense en alimentation divisé par le produit du total des poids démographiques des ménages (nombre de ménages au plan national) et de la dépense d'alimentation des ménages.

Soit, dit autrement, l'impact du ménage *a* sur le poste alimentation est égal au produit de l'impact national total du poste alimentation que multiplie le poids relatif du ménage « a » dans la dépense nationale en alimentation.

[11] Voir encadré ci-après pour définition.

[12] Autrement dit, on obtient grâce à cette méthode des empreintes « apparentes » par typologie de ménages. C'est la raison pour laquelle il n'est pas pertinent d'analyser l'empreinte à l'échelle d'un ménage. L'analyse doit être réalisée sur le plan « statistique », c'est-à-dire sur un échantillon « suffisant » de ménages (que nous fixons à 100 environ). Des données empiriques d'empreinte basée sur des sondages auraient permis d'avoir des données beaucoup plus précises, cependant une telle méthode est onéreuse et complexe à mettre en œuvre.

[13] L'INSEE a de plus ajouté un échantillon de familles monoparentales issu des bases de la Caisse nationale d'allocations familiales (CNAF).

[14] https://www.insee.fr/fr/statistiques/1303381

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 5 : Application numérique de l'allocation de l'impact sur le changement climatique de l'alimentation à chaque ménage de l'enquête

Données BDF						Donnée issue de la modélisation EEMRIO	Résultat du calcul
Ménage	**Code**	**Division**	**Poids démographique** w_a	**Dépense (euros)** d_i^a	**Somme des dépenses d'alimentation par ménage pondérée par les poids démographiques par ménage (milliards d'euros)** $\sum_a w_a\, d_i^a$	**Impact sur le changement climatique totale de l'alimentation (Mt C02eq)** E_i	**Impact sur le changement climatique du poste alimentation par ménage (t CO2eq)** E_i^a
1	1	Alimentation	1443	6416	126,553	72	5267
…	…	…	…	…			…
12081	1	Alimentation	1407	3713			2972

Focus : effets de dilatation ou de contraction des profils de dépense pour chaque poste

Une telle affectation des impacts selon les dépenses et le poids démographique des ménages va ainsi créer des effets de dilatation ou de contraction de l'importance de chaque poste de consommation que l'on peut observer avec le profil de dépenses. Par exemple si l'impact sur le changement climatique des services est faible par rapport à l'impact sur le changement climatique de tous les autres postes de consommation, la part de l'impact sur le changement climatique liée aux services sera dans l'impact sur le changement climatique total plus faible que la part des dépenses liée aux services dans les dépenses totales.

Cet effet est illustré dans les sections dédiées à l'analyse des impacts des ménages.

Focus : l'effet qualité (non-corrigé dans cette étude) et ses défis

La difficulté majeure du dépassement de l'hypothèse de linéarité stricte entre dépenses et impacts repose sur la complexité des dispositifs de mesures susceptibles de le permettre. En effet, le premier obstacle est celui des limites des enquêtes de budget des ménages. L'observation des prix et des quantités est par construction fragile et très imparfaite. La reconstruction des dépenses sur l'ensemble de la nomenclature nécessite un travail considérable.

C'est la principale raison pour laquelle l'effet qualité n'est pas ou très peu corrigé dans les études existantes (Pottier, 2022). Dépasser l'hypothèse de linéarité stricte entre les dépenses et l'impact sur le changement climatique suppose de restreindre considérablement le champ d'étude à un groupe de produits.

Une telle étude a été réalisée au sujet de l'impact des huiles de cuisson des ménages français à partir des données de BDF 2017 (André, 2024).

Les auteurs partent du constat que cette question n'est traitée nulle part en raison de la complexité de sa mise en œuvre. Ils montrent que même avec cette étude approfondie sur les huiles de cuisson, on arrive très difficilement à corriger l'effet qualité de manière précise ne serait-ce que sur un poste précis. Cette étude montre toute la difficulté de la prise en compte de l'effet qualité qui devra faire l'objet d'un arbitrage entre coût et efficacité notamment par une hiérarchisation des postes les plus importants à étudier.

Supposer une attribution strictement proportionnelle sur toutes les gammes et les qualités de produits est cependant simplification nécessaire afin de pouvoir mener des analyses au premier ordre. De plus, on se concentre dans le cadre de cette étude sur les différences de profils moyens liés à la distribution des impacts en changement climatique et rareté de ressources crustales. En outre, nous fournissons de premiers éléments d'analyse sur les relations entre impact sur le changement climatique et impact sur la rareté de ressources crustales.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

2.4 Outil informatique

Sur cette base méthodologique, un outil a été développé pour permettre à l'ADEME de calculer les impacts environnementaux de la consommation française. L'outil repose sur un package python, disponible sur GitHub, nommé 'ademe_fr_cons', dans ce lien.

La Figure 4 illustre le fonctionnement de cet outil. Le dépôt GitHub est composé de deux principaux dossiers : « data » et « scripts ». Le dossier « data » stocke plusieurs données, dont la table de correspondance entre les activités COICOP 2018, les données EEMRIO utilisées dans le cadre du projet (BONSAI/ EXIOBASE) ainsi que la méthode de caractérisation des impacts environnementaux employée dans ce projet (issue de Brigtway). Ces socles de données sont présentés dans les sections 2.4.1 et 2.4.2. Le dossier « scripts » correspond au cœur de l'outil, où le modèle de calcul des impacts est développé. Il est composé de fichiers Python simples (.py) et de fichiers .ipynb (« interactive python notebooks »), qui sont des documents interactifs qui combinent du texte, du code, des visualisations et des sorties de code. Ils sont largement utilisés en science des données pour plusieurs raisons : interactivité, intégration des graphiques et documentation.

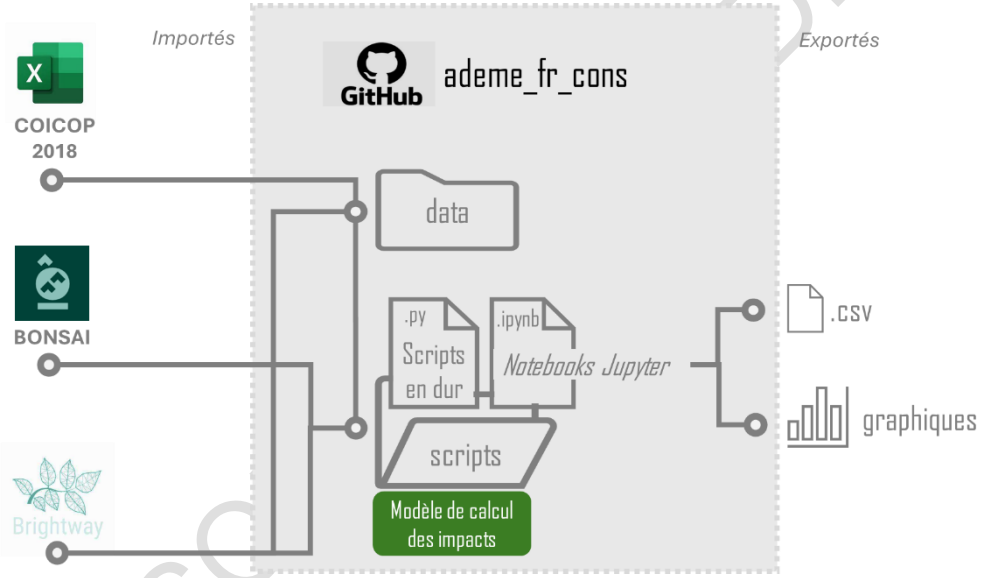


Figure 4 : Représentation globale de l'outil fourni

L'outil importe des méthodes de calcul d'impacts ACV et des modules d'interprétation depuis le package Brightway (Mutel, 2017) (voir section 2.4.2). La base de données EEMRIO utilisée pour cette étude, EXIOBASE, est importée par le script « import_db.py », qui utilise BONSAI (voir section 2.4.1).

Les tutoriels et les calculs reproduisant les résultats du rapport sont fournis au format ipynb, afin de faciliter le processus d'apprentissage. Ces notebooks génèrent les graphiques présentés dans ce rapport, ainsi que des tables au format « .csv » ou « .xlsx » pour des analyses plus détaillées, au besoin de l'ADEME.

Les sections suivantes précisent chaque partie de l'outil développé dans le cadre de ce projet.

PROVISOIRE DEFINITIF

2.4.1 EXIOBASE v3.8/BONSAI

Le socle de données du modèle EEMRIO utilisé dans cette étude est « EXIOBASE v3.8[15] » version hybride (HIO), maintenu par la plateforme BONSAI (*Big Open Network for Sustainability Assessment Information*), créée par le projet '*Getting the data right*'[16]. L'objectif de ce dernier est de produire des informations fiables et impartiales sur les impacts environnementaux des produits. BONSAI est une association à but non lucratif, dont l'objectif est de faire en sorte que toutes les données, tous les logiciels et tous les algorithmes utilisés pour produire les « impacts de produits » soient maintenus en tant que source ouverte et mise à jour.

La base de données EXIOBASE v3.8 développée dans BONSAI fournit un cadre EEMRIO statique, multirégional et multicritères (Weidema et al., 2017). Il s'agit d'une version en unités hybrides, c'est-à-dire que les flux sont comptabilisés en fonction de l'unité des transactions présentes dans les tableaux de comptabilité ressources-emploi (*supply and use* tables, en anglais) (par exemple, en termes d'énergie pour les flux énergétiques, en termes monétaires pour les services, etc.).

L'année la plus récente disponible sur EXIOBASE v3.8/BONSAI est 2016, qui est donc prise comme année de référence de l'étude[17]. EXIOBASE couvre l'ensemble de l'économie mondiale, divisée en 45 pays et 5 régions du monde (pour des questions de simplification ou de disponibilité de données, certains pays sont regroupés en régions couvrant plusieurs pays, voir annexes pour plus de détails).

La base de données EXIOBASE v3.8 comprend environ 700 produits (~ 300 d'alimentation, ~100 de traitement de déchets + eau, ~ 70 d'énergie, 40 de transports, etc.), en unité physique (e.g. énergie, matière) ou monétaire (e.g. biens d'équipements, services).

Un certain nombre d'avantages d'EXIOBASE v3.8 peuvent être mentionnés par rapport à la version précédente d'EXIOBASE (v3.3), qui fournissait des données hybrides et monétaires pour 2011, et aux versions monétaires d'EXIOBASE 3, qui fournissent des séries de données monétaires « étirées » jusqu'en 2022. Ces dernières sont en effet essentiellement basées sur des données 2007/2011, « étirées » (= redimensionnées) pour les années ultérieures pour s'adapter aux totaux des lignes et des colonnes des données des comptes nationaux pour les années ultérieures.

La nouvelle version (EXIOBASE/BONSAI v3.8, ci-après EXIOBASE v3.8) cherche à fournir des flux physiques beaucoup plus proches des flux réels, et donc plus proches des impacts réels, que les modèles monétaires purs .Pour ce faire, la couverture des données et le niveau de désagrégation sont beaucoup plus élevés dans la version 3.8. Les flux physiques d'EXIOBASE sont basés entres autres sur les données d'EUROSTAT, FAOSTAT, COMTRADE, BACI, IEA, USGS, base de données de l'ONU. Ce faisant, un spectre plus large de produits est pris en compte et développé.

Un autre avantage concerne l'endogénéisation du capital. Dans EXIOBASE v3.8, les résultats peuvent être présentés avec et sans le vecteur de demande finale « biens d'équipement/investissements en infrastructures » (*capital goods*). L'endogénéisation consiste ici à distribuer la formation de capital à travers les activités de production d'un produit ou service d'EXIOBASE v3.8. Cette endogénéisation cherche à suivre une logique similaire à celle existant dans les ACV où, par exemple, une proportion d'un bâtiment d'usine nucléaire est allouée à chaque kWh généré, ou une portion du bâtiment industriel est allouée à la production d'une voiture.

2.4.1.1 Logique de modélisation

Les tableaux entrées-sorties multirégionaux (MRIO) hybrides présentent les interactions physiques entre les différentes activités, à la fois au sein d'un même pays et entre pays. Les secteurs d'activité du pays A fabriquent un certain nombre de produits, à partir de flux (de matières, d'énergie, monétaires) approvisionnés

---

[15] Initialement, la version d'EXIOBASE hybride utilisée pour ce projet s'appelait v4, mais cette version a récemment été renommée v3.8, et correspond à la version la plus récente de la base de données hybride. A noter que la version 3.8.2 actuellement disponible sur la plateforme zenodo (ici) correspond à la base de données monétaire et n'est pas la même base de données que celle utilisée pour ce projet (v3.8 hybride), qui n'est pas encore disponible publiquement.

[16] Description du projet de recherche disponible au : https://www.en.plan.aau.dk/research/the-danish-centre-for-environmental-assessment/getting-the-data-right

[17] Cette année correspond bien aux données sur le budget des ménages français actuellement disponibles pour 2017 au plus tard (voir section 2.2).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

soit au sein du pays A, soit importés d'un ou plusieurs pays. Au sein d'EXIOBASE v3.8, nous pouvons donc faire des analyses de flux à partir de l'origine des flux (flux importés ou produits/consommés au niveau du pays A). Dans EXIOBASE v3.8, pour les activités multifonctionnelles (c.à.d. une activité qui produit deux ou plusieurs produits), l'approche conséquentielle est considérée pour répartir les flux associés à cette activité en fonction du produit principal et de ses co-produits (pour plus d'informations sur les approches possibles voir *Weidema and Schimidt (2010)*).

Trois types de données sont présentées dans les tables d'EXIOBASE v3.8 : activités (A_), produits (C_) et marchés (M_). Dans la version utilisée pour réaliser l'étude, plus de 440 activités de production sont décrites, pour environ 700 produits et marchés, pour 43 pays et 5 régions[18]. La liste complète des pays et régions est disponible dans l'annexe I. La Figure 5 illustre la logique de modélisation avec l'exemple de la chaine d'approvisionnement du fromage. Les « activités » sont représentées par des cercles, les « produits » sont représentés par des rectangles avec les coins arrondis, les « marchés » sont représentés par des rectangles, et la demande finale par des losanges. A noter que les éléments de la figure sont présentés à titre indicatif et ne sont donc pas exhaustifs en termes d'entrées ou de sorties de chaque process.

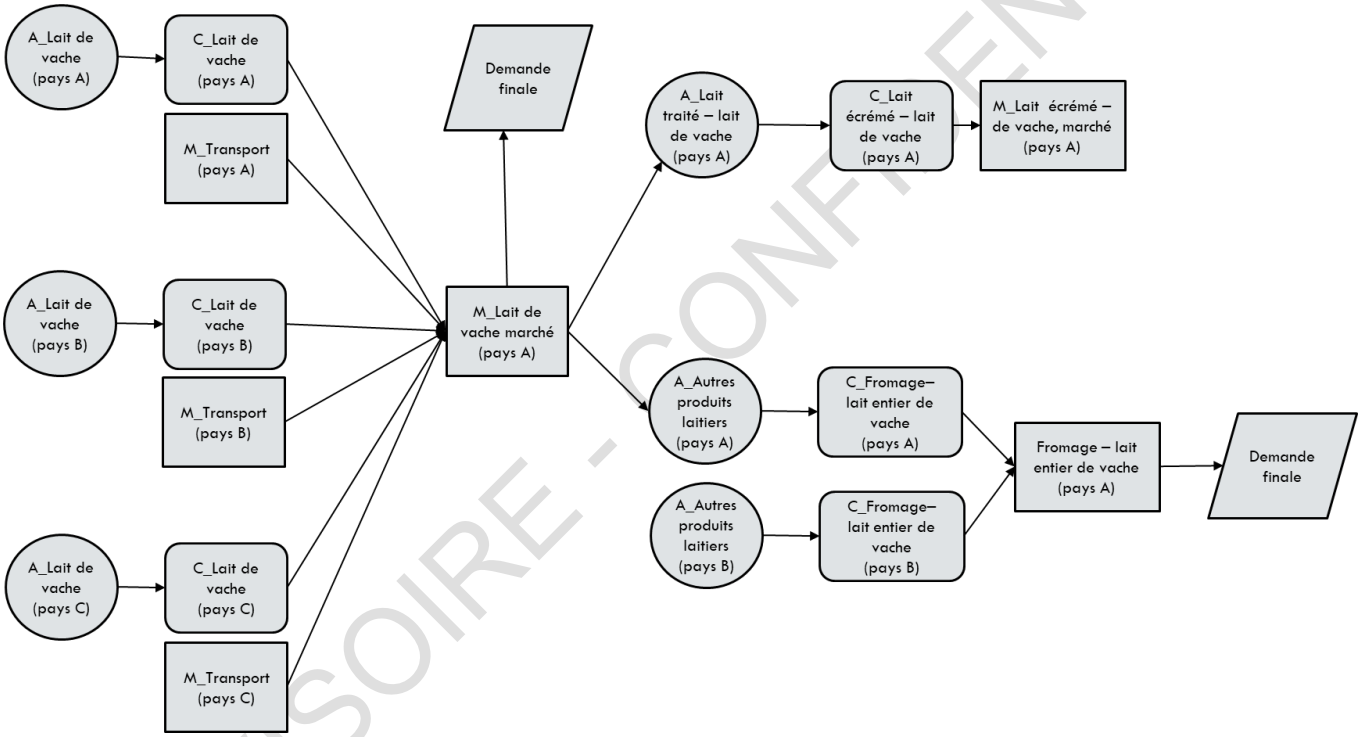


Figure 5 : Exemple de modélisation de la chaine d'approvisionnement du fromage au lait de vache | source : Merciai (2023)

Dans l'exemple de la Figure 5, l'activité de production de lait de vache dans chaque pays (A_Lait de vache – pays A, B et C) est directement liée à la disponibilité du produit « lait de vache » de chaque pays (respectivement C_Lait - C_ pour « Commodity » - de vache des pays A, B et C). Ensuite, chacun des pays commercialise une certaine quantité de lait de vache sur le marché du pays A (M_Lait de vache, marché – pays A). Ce lait est destiné soit à la consommation finale du pays A, soit à la fabrication de produits laitiers par les secteurs d'activités du pays A. À noter que la donnée au niveau « marché » comprend également les transports entre les sites de production et les points de distribution. En haut de la figure, vers le centre, on retrouve l'activité de transformation du lait pour produire du lait de vache écrémé, et en bas, l'activité de production d'autres produits laitiers (le produit « beurre » par exemple). Parallèlement, on observe que le pays B produit également des produits laitiers, dont du fromage à base de lait entier, à partir de lait de vache importé depuis le pays A. Le fromage à base de lait entier disponible sur le marché du pays A est la combinaison, sur

[18] Les cinq régions regroupent les pays non détaillés dans la base de données en les regroupant par zone géographique. Par exemple, la région « reste de l'Europe » comprend des pays comme la Serbie et la Bosnie-Herzégovine, qui ne sont pas détaillés en tant que pays dans EXIOBASE et sont donc regroupés avec d'autres pays dans le même cas appartenant à la région Europe.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

la base des échanges commerciaux, entre les fromages produits par le pays A et ceux importés (donnée marché). Les fromages sont ensuite consommés par la demande finale, des ménages par exemple.

Il est important de noter que les processus de combustion sont comptabilisés comme un élément séparé des autres activités dans cette version d'EXIOBASE (Ce point est de nouveau mentionné dans la section 2.4.1.2).

2.4.1.2 EXIOBASE 3.8 versus autres EEMRIO

Les données du type « marché » (M_) introduites dans cette nouvelle version d'EXIOBASE sont modélisées pour représenter d'une façon modulaire un produit ou service marginal disponible sur le marché. La Figure 6 illustre la différence de modélisation de la chaine d'approvisionnement de blé consommé pour la production de pain et par les fermes laitières au Pays-Bas, dans les tables input-output génériques (à gauche : « common IOTs ») et dans la table utilisée par ce projet (à droite - BONSAI IO). Dans cette dernière, la donnée « marché » se positionne de façon intermédiaire pour représenter la composition des fournisseurs différents de blé pour mettre à disposition une unité de blé sur le marché hollandais.

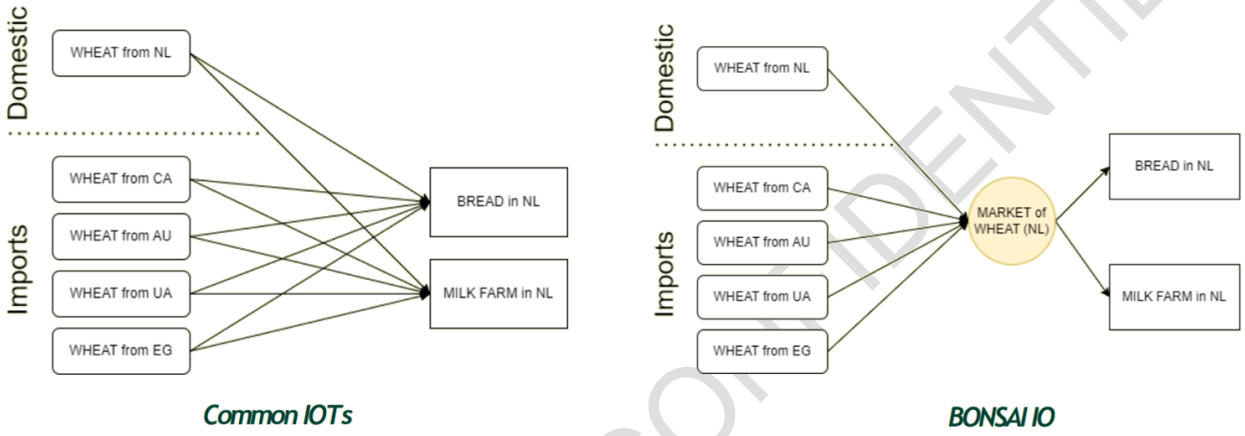


Figure 6 : Données du type « marché », niveau produit | source : Merciai (2024)

Une autre nouveauté introduite dans la base de données utilisée pour ce projet est la séparation des procédés de combustion, afin de faciliter la traçabilité des émissions provenant de ces combustions. La Figure 7 illustre, à titre d'exemple, les deux manières de modéliser la chaleur nécessaire pour cuire le pain. À gauche, dans la méthode la plus courante, les combustibles sont considérés comme des entrées pour le produit « pain », ce qui inclut un processus d'émission de CO_2. À droite, dans la base actuelle, EXIOBASE 3.8 (ou BONSAI IO), la production de pain fait appel à la combustion des combustibles, qui sont eux-mêmes reliés à chaque marché spécifique de combustible. Ainsi, les émissions sont comptabilisées individuellement pour chaque combustion, et non pas globalement pour l'ensemble.

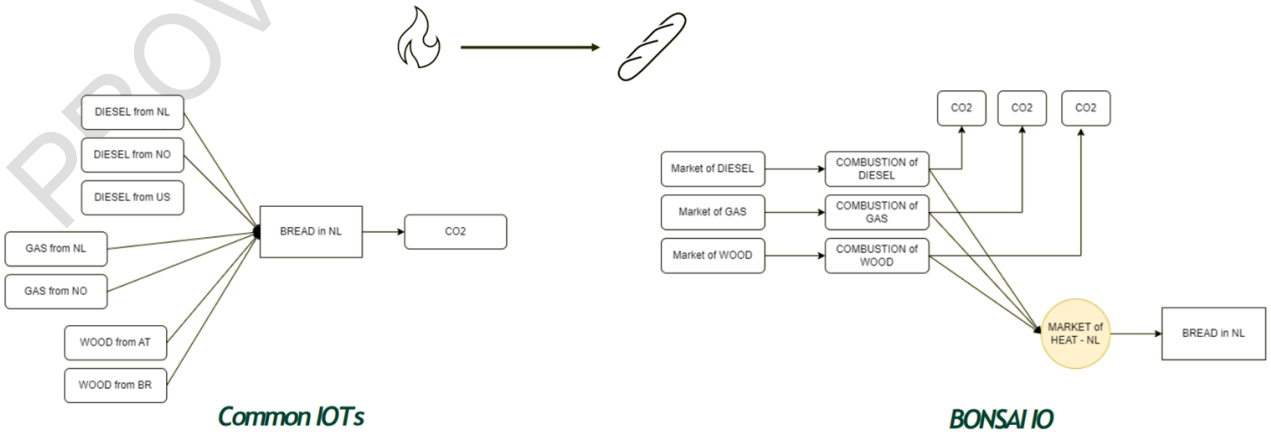


Figure 7 : Données du type « marché », niveau chaleur | source : Merciai (2024)

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

2.4.1.3 *Les vecteurs de demande finale considérés*

Dans la base de données EXIOBASE v3.8, quatre vecteurs de demande finale sont disponibles :

- La dépense de consommation finale des ménages, notée « F_HOUS|FR » dans EXIOBASE v3.8, correspond aux dépenses réalisées par les ménages résidents en France pour acquérir des biens et des services destinés à la satisfaction de leurs besoins.
- La dépense de consommation finale de l'État, notée « F_GOVE|FR » dans EXIOBASE v3.8, correspond aux dépenses des administrations publiques dont le bénéfice ultime revient aux ménages. Cette catégorie recouvre les dépenses pour les services non marchands (comme l'éducation, la santé, l'action sociale ou la défense) fournis par l'État, les collectivités et les organismes de sécurité sociale.
- La dépense de consommation finale des institutions sans but lucratif au service des ménages (ISBLSM, ou NPISH en anglais), notée « F_NPSH|FR » dans EXIOBASE v3.8, correspond aux dépenses réalisées par les ISBLSM pour réaliser les services inscrits dans leurs activités.

Le vecteur « changement des inventaires » (« I_CHIN ») est jugée comme négligeable (équivalent à 2,3% des impacts de la consommation des ménages).

Une catégorie de « formation de capital » ("I_GFCF|FR") existe mais est redistribuée dans les activités de production d'EXIOBASE v3.8 – la formation de capital est dite « endogénéisée ».

2.4.1.4 *Extensions environnementales disponibles*

Les extensions environnementales sont organisées par flux élémentaires. Voici une liste non-exhaustive des extensions environnementales proposées dans EXIOBASE v3.8 (pour la liste complète, voir l'Annexe 9.2) :

- Ressources naturelles : extraction de plus de 60 ressources minérales[19] par activité exprimées en masse (tonnes).
- Occupation des sols : terres arables et non arables en termes de surface par an (hectare.an).
- Transformation des sols : transformation des prairies en pâturages, intensification des terres cultivées, intensification des pâturages, transformation de forêt primaire en forêt gérée, transformation de forêts secondaires en cultures, transformation de forêt secondaire en forêt gérée pour production. Les données sont fournies en termes de surface par an, pondérée par la productivité (PW ha.year).
- Émissions dans l'air : dioxyde de carbone biogénique et fossile, monoxyde de dinitrogène, méthane biogénique, oxydes de nitrogène, dioxyde de sulfure, ammoniac, composés organiques volatiles sans méthane, monoxyde de carbone, plomb, cadmium, mercure, arsenic, chrome, cuivre, nickel, sélénium, zinc, diphényles polychores, dioxines, particules fines (<10µm et <2,5 µm), benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, hexachlorobenzène, TSP. Les données sont fournies en termes de masse (tonne).
- Émissions dans l'eau : Nitrogène et Phosphore (en termes de masse).
- Émissions dans le sol : Nitrogène et Phosphore (en termes de masse).

2.4.2 Package Brightway

Pour réaliser l'évaluation environnementale, le package d'ACV *open source* en langage python **Brightway** est utilisé. Brightway est conçu pour faciliter la réalisation d'une ACV, en particulier lors de la manipulation de différents jeux de données. Brightway est particulièrement intéressant pour les projets de recherche.

Il existe plusieurs avantages à utiliser ce package :

- Compatibilité avec plusieurs bases de données (Ecoinvent, EXIOBASE, Forwast, etc)
- Intégration de nombreux modules (Premise, Temporalis, lca-algebraic, etc)
- Rapidité de calcul

[19] Les ressources naturelles considérées dans les extensions environnementales d'Exiobase 4 se limitent aux ressources minérales et ne couvre pas les ressources biomasse et fossiles.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

- Modulable
- Grande communauté d'utilisateurs : possibilités de coupler les différentes méthodes et packages python développés par les chercheurs à l'heure actuelle (ACV dynamique, prospective, régionalisation, hybridation IO-ACV etc.).

Un travail de correspondance entre les flux élémentaires issus d'EXIOBASE et la liste de flux élémentaires disponibles dans la base de données d'ACV Ecoinvent est réalisé au sein du package Brightway. Les principales méthodes de caractérisation des impacts environnementaux à partir d'un ICV sont déjà implémentées dans le code de Brightway. Certaines de ces méthodes sont régionalisées, tandis que d'autres, comme IMPACT World+, ne le sont pas (encore)[20].

En ce qui concerne l'étape d'interprétation des résultats, Brightway met à disposition 2 façons possibles de réaliser des analyses de contribution d'ACV, variant uniquement dans leur manière de représenter et classifier les résultats/contributeurs (les chiffres absolus en émissions restent, au total, les mêmes).

- L'ACV de type **« standard » / «** traditionnelle » effectue les calculs (notamment de contribution) avec une **approche orientée « process »,** donc avec une optique de chainage de process. À titre d'exemple, une analyse de contribution d'une ACV de production de tomates va donner des résultats en « activité de production de tomates » (en soi, avec la valeur globale sans plus de désagrégation), en activité de combustion d'énergie, de carburant, de création de chaleur, etc. nécessaires pour produire des tomates.

- L'ACV de type **récursif** effectue les calculs (notamment de contribution) en considérant plutôt les inputs des différents procédés de production et par conséquent adopte une **approche orientée « produit »** / « consommateur ». Les calculs sont faits de manière récursive, pour remonter la chaîne en amont. À titre d'exemple, une ACV de type récursive pour la production de tomates va donner des résultats par type de « produit » nécessaires pour produire des tomates : « produit papier » ou « produits plastiques » nécessaires pour l'emballage, machinerie, fertilisant, etc.

Les deux approches se complémentent et sont donc utilisées pour analyser les résultats. Une explication plus détaillée peut être trouvée dans les tutoriels du GitHub partagé.

2.4.3 Catégories d'impacts environnementaux sélectionnées pour l'étude

Initialement, il était prévu de s'appuyer sur les recommandations du projet GLAM (*Global Guidance on Environmental Life Cycle Assessment Indicators*) pour choisir les catégories d'impact à utiliser dans le cadre de la présente étude. Le projet GLAM vise en effet à générer des recommandations relatives aux indicateurs environnementaux et facteurs de caractérisation utilisés dans les évaluations de l'impact du cycle de vie (EICV). Toutefois, les recommandations issues de la phase 3 du projet GLAM ayant été retardées (publication en octobre 2024), le choix des catégories d'impact pour la présente étude s'est donc basé sur les critères suivants : le niveau de complétude des flux représentés dans les extensions environnementales d'EXIOBASE v3.8, la fiabilité de la méthode d'évaluation EICV considérée et la disponibilité de celle-ci au niveau de l'outil Brightway. Au final, les deux méthodes suivantes ont donc été étudiées et testées : ReCiPe et IMPACT World+. Ces deux méthodes de caractérisation d'impact permettent de donner une vue d'ensemble des impacts environnementaux, à l'inverse d'une méthode comme USEtox qui se concentre sur les impacts sur la toxicité. Les deux méthodes offrent aussi l'avantage de proposer des catégories de type « endpoint » et midpoint » (contrairement à une méthode d'impact comme CML – uniquement midpoint). Les deux méthodes considèrent aussi un spectre géographique applicable globalement (contrairement à des méthodes qui peuvent être spécifiques à certains pays comme TRACI pour les USA ou LIME pour le Japon). Enfin, les deux méthodes étant aussi parmi les plus utilisés et étudiées, elles sont aussi parmi les harmonisées scientifiquement et les plus mises à jour.

Les catégories d'impact retenues pour les sections 3, 5 et 6 de cette étude sont présentées dans Tableau 6 ci-dessous.

[20] Brightway dispose de méthodes très avancées pour la régionalisation, mais les facteurs de caractérisation doivent être fournis dans un format conforme aux pratiques recommandées. Au moment de la rédaction du rapport, la version d'IMPACT World+ fournie par le CIRAIG n'était pas encore conforme aux standards attendus.

PRÉVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 6 : Catégories d'impact retenues pour les sections 3, 5, et 6

Catégorie d'impact	Nom de l'impact	Nom anglais + source	Méthode	Unité
Endpoint	Santé humaine	Human health (Huijbregts et al., 2017)	ReCiPe – endpoint	DALYs (disability adjusted life years)
Endpoint	Qualité des écosystèmes	Ecosystem quality (Huijbregts et al., 2017)	ReCiPe – endpoint	species.year
Endpoint	Disponibilité de ressources	Resource availability (Huijbregts et al., 2017)	ReCiPe – endpoint	Dollar
Endpoint	Santé humaine	Human health (Bulle et al., 2019)	IMPACT World+	DALYs (disability adjusted life years)
Endpoint	Qualité des écosystèmes	Ecosystem quality (Bulle et al., 2019)	IMPACT World+	PDF.m².an
Endpoint	Usage des ressources minérales (non retenu, mais cf. annexe 9.4.2)	Mineral resources use (Bulle et al., 2019)	IMPACT World+	kg deprived
Midpoint	Changement climatique	Global Warming Potential (Masson-Delmotte et al., 2021)	IPCC 2021 – GWP100	kg CO_2-éq
Midpoint	Particules fines	Particulate Matter (Huijbregts et al., 2017)	ReCiPe 2016 v1.03, midpoint (H) - particulate matter formation potential (PMFP)	kg $PM_{2,5}$-éq
Midpoint	Usage des terres	Land use (Huijbregts et al., 2017)	ReCiPe 2016 v1.03, midpoint (H) - agricultural land occupation (LOP)	ha*an
Midpoint	Rareté des ressources crustales	Crustal Scarcity Indicator 2020 (Arvidsson et al., 2020)	Crustal Scarcity Indicator 2020, crustal scarcity potential (CSP)	kg Si-éq

L'évaluation du niveau des dommages (niveau « endpoint ») est réalisée en fonction de la contribution de chaque indicateur « midpoint » à l'indicateur « endpoint », selon une pondération basée sur des critères de cause-effet documentés dans la littérature pour chaque indicateur (Huijbregts et al., 2017). Le but de ces indicateurs est de donner une vision plus complète et « palpable » aux utilisateurs, mais est aussi plus incertaine (dû aux facteurs d'agrégations et à la combinaison de plusieurs indicateurs de fiabilité variable).

La méthode ReCiPe propose trois indicateurs « endpoint » : dommages sur la santé humaine, dommages sur la qualité des écosystèmes et dommages sur la disponibilité de ressources. La méthode IMPACT World+ présente également trois catégories d'impact « endpoint », appelées aires de protection. Les deux premières sont la « santé humaine » et la « qualité des écosystèmes », comme dans la méthode ReCiPe. La troisième aire porte sur les « ressources et services écosystémiques », qui inclut les impacts potentiels sur la société humaine sans conséquence directe sur la santé humaine, en se concentrant spécifiquement sur la valeur

instrumentale des ressources et des écosystèmes. Contrairement aux précédentes, cette dernière aire n'a pas de lien avec les indicateurs « midpoint ». La méthodologie IMPACT World+ se concentre quant à elle pour la troisième aire sur la perte de valeur fonctionnelle d'une ressource et le coût potentiel de remplacement du même service (Bulle et al. 2019), mais aucun indicateur quantitatif n'existe encore ou ne fait consensus. Si la valeur et l'importance de cette aire de protection est reconnue et mise en avant, son évaluation quantitative reste encore débattue. L'indicateur *endpoint* « ressources et services écosystémiques » n'est donc pas directement comparable avec l'indicateur « endpoint » de ReCiPe sur la disponibilité de ressources naturelles, et il faudrait étudier la liste précise des facteurs de caractérisation qui ont été utilisés pour réaliser le calcul. Pour ces raisons, cette troisième catégorie d'impact proposée par IMPACT World+ n'a pas été retenue.

Les indicateurs « endpoint » retenus dans cette étude sont détaillés ci-après.

Pour les dommages sur la **santé humaine**, les deux méthodes (ReCiPe et IMPACT World +) utilisent comme unité la quantité d'années de vie corrigées du facteur invalidité « DALY » (en anglais, 'disability-adjusted life years'). Cet indicateur repose sur le concept des années de vie perdues et les années d'invalidité dues à une maladie et qui peuvent être associées à différents impacts environnementaux (maladie dû à des pollutions atmosphériques, sonores, exposition aux substances chimiques, etc.). Les deux méthodes se basent sur des études statistiques sur la santé, où des valeurs d'années de vie corrigées de l'incapacité ont été rapportées pour un large éventail de maladies, y compris divers types de cancer, de maladies à transmission vectorielle et de maladies non transmissibles (Huijbregts et al 2017). Bien que les indicateurs *midpoint* soient similaires dans ReCiPe et IMPACT World+, les modèles sous-jacents pour calculer les indicateurs *endpoint* sur la santé humaine sont différents. Par exemple, IMPACT World+ tient compte des impacts de la pêche, tandis que ReCiPe ne les prend pas en compte.

Les dommages sur **la qualité des écosystèmes** sont évalués par la méthode ReCiPe sous le prisme du nombre de perte d'espèces par an associé aux impacts environnementaux. L'unité de l'indicateur est exprimée en nombre d'espèces par an. Pour la méthode IMPACT World+, le dommage sur la qualité des écosystèmes est similaire à ReCiPe, l'unité de l'indicateur est exprimée en termes de fraction potentielle de disparition des espèces « PDF » (en anglais, 'potentially disappearing fraction') par m² par an. Dans les deux méthodes, le changement climatique, l'usage des terres, l'écotoxicité de l'eau douce et l'acidification terrestre sont les indicateurs d'impact *midpoint* les plus importants. Toutefois, des catégories supplémentaires ont été introduites dans IMPACT World+, telles que les impacts à long terme de l'acidification et de l'eutrophisation marines. Dès lors, les scores totaux des deux méthodes ne peuvent pas être comparés, mais nous pouvons comparer la contribution relative des facteurs de stress environnementaux au score de qualité des écosystèmes.

Pour les dommages sur la **disponibilité de ressources**, la méthode ReCiPe se base sur la distribution géologique des ressources minérales et fossiles. Elle évalue comment l'utilisation de ces ressources provoque des changements dans les efforts d'extraction des ressources futures, à partir de l'évaluation de l'augmentation du coût marginal d'extraction qui résulte de la poursuite de l'extraction dans un monde fini (Huijbregts et al 2017).

Les catégories d'impact « midpoint » considérées dans cette étude sont les suivantes :

- Le **changement climatique** : largement utilisé et développé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), il **modélise le potentiel de réchauffement planétaire** (PRP), quantifié par l'augmentation du forçage radiatif infrarouge (IR) intégré d'un gaz à effet de serre (GES). Plusieurs échelles temporelles existent pour mesurer l'impact du forçage radiatif IR (GWP50 : sur 50 ans, GWP100 : sur 100 ans, etc.). Pour garder une perspective sur du long-terme, l'échelle GWP100 a été utilisée.

- Les **particules fines** : les potentiels de formation de matières particulaires (PMFP) sont exprimés en kg d'équivalents $PM_{2.5}$ (particules fines de diamètre inférieur à 2,5 micromètres) primaires. La variation de la concentration ambiante de $PM_{2.5}$ après l'émission d'un précurseur, tel que NH_3, NOx, SO_2 et les $PM_{2.5}$ primaires, a été prédite à l'aide des matrices de sensibilité émission-concentration du modèle source-récepteur global TM5-FASST (Huijbregts et al 2017).

- L'**usage des terres** : il **réfère à la perte relative des espèces causée par un type spécifique d'usage des terres**. La perte relative d'espèces a été déterminée en comparant les données de terrain sur la richesse des espèces locales dans des types spécifiques de zones de couvertures terrestres naturelles et artificielles (Huijbregts et al 2017). Elle est indiquée en m^2*an (en unités de Système International). Assez communément - comme dans le rapport ici –, il est indiqué en ha*an (1 ha = 10 000 m^2). À noter que les unités sont multipliées (hectare « fois » an et non hectare « par » an). La logique de ce critère est d'indiquer un impact cumulatif, et non un ratio annuel (comme on

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

dirait qu'un produit a un impact sur le changement climatique de XX kg CO_2-éq et non un impact de YY kg CO_2-éq/an). Ce critère vise à prendre en compte l'usage géographique/physique du terrain (i.e. les hectares ou la surface utilisés) mais aussi la durée temporelle de son utilisation, qui peuvent tout deux avoir un impact sur la biodiversité. À titre illustratif, un usage de 6 ha de terres sur 1 an ou un usage de 12 ha sur 6 mois ou un usage de 3 ha sur 2 ans aboutissent tous au même résultat de 6 ha.an. Certaines alternatives utilisent moins de terre mais sur une durée plus longue donc les gains et pertes se compensent (alors qu'une unité divisée par le temps favoriserait toujours l'alternative la plus long-terme, utilisant le plus de temps). Des facteurs de caractérisation existent pour convertir l'usage des terres en ha*an en unité de perte d'espèce (comme le PDF – Potentially Disappeared Fraction). Des modèles définissent les relations entre l'usage ou la dégradation d'habitat par les sociétés humaines, qui privent par conséquent les espèces animales d'habitat pour vivre, se nourrir, se reproduire et autres.

- La **rareté des ressources crustales :** exprimée en kg équivalent silice, c'est un indicateur qui cherche à **mesurer les risques des activités économiques sur une potentielle pénurie sur le long-terme de ressources minérales/métalliques**. L'indicateur cherche à répondre à la question : « à quel point une activité (e.g. fabrication d'un téléphone ou d'une chaise) peut générer des risques de pénurie de certaines ressources (or, aluminium…) à l'avenir ? ». Plusieurs facteurs sont pris en compte dans cette méthodologie, notamment le volume d'extraction (est-ce qu'une ressource est prélevée de manière massive en valeur absolue ?), par rapport à sa concentration crustale. À ce titre, une ressource abondante prélevée massivement aura un impact plus faible qu'une ressource plus rare mais aussi prélevée abondamment. Par exemple, une activité peut requérir de l'or en petite quantité, mais du fait de la rareté des ressources en or (par rapport à d'autres éléments comme l'aluminium), l'impact est élevé. Cette considération de la rareté des ressources et de leur possible pénurie à l'avenir rend le critère « rareté de ressources crustales » assez spécifique (Arvidsson et al., 2020). L'unité de référence utilisée est le Silice-équivalent et les facteurs de caractérisation sont basés sur les concentrations crustales des éléments minéraux/métalliques, ce qui est censé être corrélé aux métriques importantes pour les ressources (réserves, réserves de base, dépôts de minerai, etc.).

2.4.4 Correspondance entre EXIOBASE et COICOP

Dans l'outil, une table de correspondance entre les catégories COICOP et les activités de la base de données EXIOBASE a été définie. Pour établir cette correspondance, une étude approfondie de la classification des dépenses des ménages a été menée afin de déterminer la meilleure manière d'associer les activités de EXIOBASE (qui sont plus orientées vers les flux physiques demandés par les ménages) aux catégories de consommation standardisées de COICOP. Le Tableau 7 présente, à titre d'exemple, les correspondances effectuées pour la catégorie « 05 – Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement ». Cette catégorie, représentant une part importante des émissions de gaz à effet de serre (si on exclut les transports/logements et nourriture) et de la consommation de ressources des ménages (voir Section 5.1.1), est choisie pour illustrer le principe. La table de correspondance complète se trouve dans le dossier « data » de l'outil informatique/GitHub partagé.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 7 : Correspondance entre EXIOBASE et COICOP – exemple de la catégorie 05 « 05 – Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement »

Code COICOP	Description COICOP	Code EXIOBASE	Description EXIOBASE
05.1.1	Mobilier, l'ameublement et les tapis en vrac	C_FURN	Production of furniture
		C_Skin_goat	Peaux de chèvre
		C_Skin_she	Peaux de mouton
05.2.1	Textiles ménagers	C_TEXT	Textiles
05.3.1	Gros appareils électriques et autres appareils ménagers	C_ELMA	Production de machines et d'appareils électriques
05.4.0	Verrerie, vaisselle et ustensiles de ménage	C_CRMC	Produits céramiques
05.5.2	Outils non motorisés et accessoires divers (outils manuels ou de jardinage, échelles, lampes, chargeurs, etc.)	C_COPP	Produits en cuivre
		C_LZTP	Plomb, le zinc et l'étain et les produits qui en sont dérivés
		C_ONFM	Autres produits métalliques non ferreux
05.6.1	Biens ménagers non durables (produits ménagers, filtres, pesticides, couverts jetables, bougies, sacs poubelle, gants de jardinage, pinces à linge, etc.)	C_PARW	Cires de paraffine
		C_CHEM	Produits chimiques
		C_ALUM	Produits en aluminium
		C_PLAS	Produits en plastique
		C_TDRT	Services de commerce de détail, à l'exception des véhicules à moteur et des motocycles, services de réparation de biens personnels et domestiques
		C_PAPE	Produits en papier

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

3 Panorama des impacts environnementaux de la consommation française

Cette section dresse un panorama des impacts environnementaux de la consommation française pour l'année de référence 2016.

Une première analyse est réalisée pour fournir un panorama des impacts environnementaux de la consommation française avec :

- Des indicateurs « endpoint » (cf. Section 3.1)
- De manière plus détaillée et spécifique avec 4 indicateurs dits « midpoint ».
  - Impact sur le changement climatique (cf. Section 3.2)
  - Impact sur les particules fines (cf. Section 3.3)
  - Impact sur l'usage des terres (cf. Section 3.4)
  - Impact sur la rareté des ressources crustales (cf. Section 3.5)

  Pour chaque indicateur, après une présentation de l'impact global, les valeurs d'impact sont détaillées selon le pays d'origine et par catégorie de biens et services finaux.
- Une tentative d'analyse dite « hotspot », pour moduler les résultats d'impact sur le changement climatique, est décrite en Section 3.6

3.1 Indicateurs « endpoint »

Une analyse des impacts « end-point » des méthodes ReCiPe et IMPACT World + a été réalisée et est présentée dans cette section. **Les résultats au niveau dommage doivent être interprétés avec une grande prudence, tout comme leur communication**. Des catégories d'impact de nature très différentes sont présentées ici et la méthodologie « endpoint » vise à en combiner plusieurs d'entre elles, ce qui soulève naturellement des questions méthodologiques toujours actuelles.

Dommage sur la santé humaine

En ce qui concerne les dommages pour la santé humaine, la Figure 8 présente les impacts obtenus par la méthode ReCiPe (à gauche) et par la méthode IMPACT World+ (à droite). Les impacts sur la santé humaine de la consommation française en 2016 sont donc évalués à 1,23x10^6 et 5,03x10^6 DALYs selon respectivement la méthode ReCiPe et IW+.

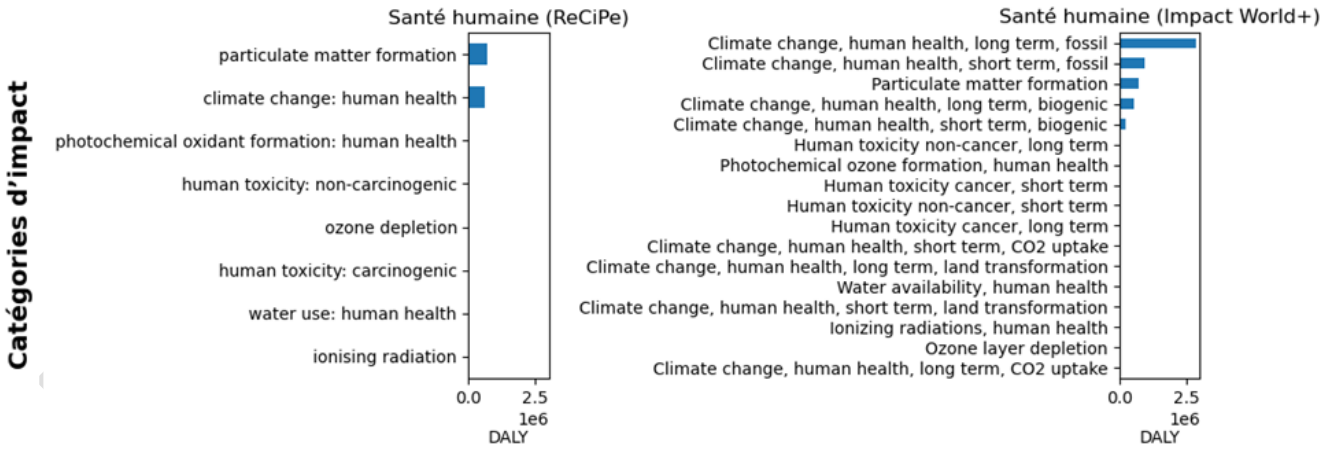


Figure 8 : Impacts end-point globaux de la consommation Française sur la santé humaine (DALY) (a) obtenus par la méthode ReCiPe (gauche) et (b) obtenus par la méthode Impact Word + (droite)

Deux indicateurs d'impacts ont des effets sur la santé humaine selon la méthode ReCiPe. Le changement climatique et les particules fines sont ceux qui ont l'impact le plus important sur la santé humaine, chacun contribuant dans une proportion très similaire, les autres catégories d'impact ayant des contributions inférieures à 1%. En ce qui concerne la méthode IMPACT World+, le changement climatique reste la catégorie d'impact la plus importante (à court et surtout à long terme), suivi de la formation de particules fines. Dans l'ensemble, cela est cohérent avec d'autres études, telles que la **"Charge Mondiale de la Morbidité"**, qui

RE-CONFIDENTIEL

considèrent les matières particulaires comme le principal facteur de risque environnemental. Si dans la Figure 8, les deux méthodes présentent le changement climatique et les particules fines comme les deux contributeurs majeurs, nous obersvons toutefois un écart assez important entre les deux méthodes dans les valeurs (surtout concernant le changement climatique). Au-delà de la précaution nécessaire pour comparer des résultats endpoint, plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence, dont trois indiqués ci-desous :

- La méthode IMPACT World+ prend en compte des effets long-terms du changement climatique (>100 ans) alors que ReCiPe ne le fait pas explicitement (et se base plus sur la méthode GWP100, restreinte à 100 ans)

- La liste des indicateurs midpoint pour déterminer l'impact sur la santé humaine entre IMPACT World+ et ReCiPe diffèrent (4 et 7 respectivement), tout comme les facteurs de pondération ont des valeurs différentes.

- La méthode IMPACT World+ régionalise les valeurs d'impact, ce qui peut entraîner des variations plus importantes par région (à l'inverse de ReCiPe qui considère des valeurs moyennées).

A noter que vertaines catégories d'impact de la Figure 8 ont une valeur d'impact affichée à « zéro » en raison d'un manque de données dans les extensions environnementales pour caractériser l'impact en question, et non parce que l'impact est nul (par exemple : consommation d'eau ou radiation ionisante). L'écotoxicité est typiquement un sujet encore débattu, notamment sur la quantification de l'exposition aux risques, aux produits toxiques, la traçabilité d'accidents ou de maladies à leurs origines potentiellement toxiques, etc.

Une volonté d'explorer plus en détails les choix méthodologiques des méthodes RECIPE et IW+ pourraient requérir des projets entiers. Un des axes de développement possible des travaux suite à cette étude, plus spécifique à EXIOBASE, pourrait concerner la consommation en eau. En effet, la version d'EXIOBASE utilisée ici ne dispose pas de données relatives à cet impact (ce qui explique que dans la Figure 8, les catégories « water use : human health » ou « « water availability : human health » sont à 0). Ici, le problème ne repose pas tant sur la méthode d'évaluation d'impact (qui peut par ailleurs porter à débat) mais sur la disponibilité même des données. Dans le cas de l'eau, certains rapports/comptes existent, essayant d'estimer la consommation en eau des pays mais les données sont, à notre connaissance, de qualité assez limitée. Par conséquent, il n'existe pas de données sur une consommation en eau au sein d'EXIOBASE, alors même que cette catégorie d'impact ne devrait pas être négligée.

Nous pouvons donc voir que l'utilisation d'indicateurs « endpoint » avec EXIOBASE peut soulever des limites de deux natures :

- D'une part la méthode d'évaluation d'impact, qui peut être encore débattue et à développer ;
- D'autre part, la disponibilité et la qualité des données pour certains catégories d'impact (écotoxicité et consommation en eau pour ne citer qu'eux).

PROVISOIRE CONFIDENTIEL

Dommage sur les écosystèmes

Concernant les dommages sur la qualité des ecosystèmes, la Figure 9 présente les résultats obtenus par la méthode ReCiPe (à gauche) et par la méthode IMPACT World+ (à droite).

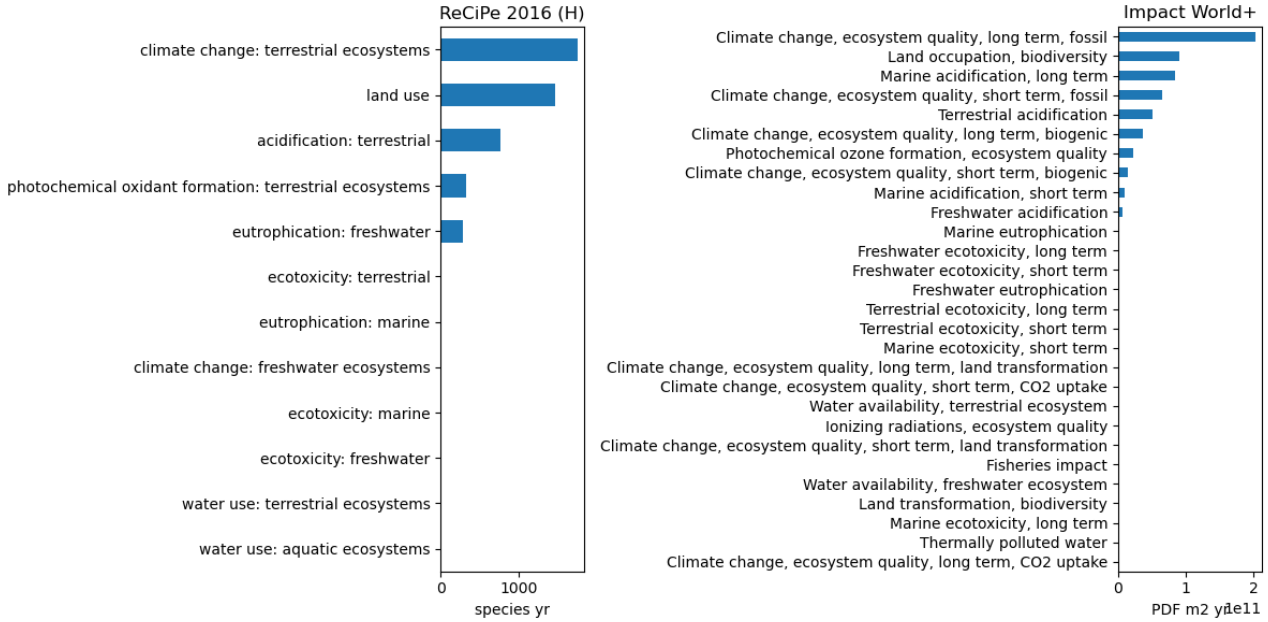


Figure 9 : Impacts end-point globaux de la consommation Française sur la qualité des écosystèmes (a) obtenus par la méthode ReCiPe (en espèces.an) (gauche) et (b) obtenus par la méthode Impact Word + (en PDF.m².an) (droite)

Comme précisé en section 2.4.3, les scores totaux de chaque méthode ne peuvent pas être comparés, mais nous pouvons comparer la contribution relative des facteurs de stress environnementaux à chacun des deux indicateurs de dommages sur les écosystèmes. À titre indicatif toutefois, la valeur totale des dommages sur les écosystèmes générés par la consommation française en 2016 est évaluée à hauteur de $4{,}59 \times 10^{3}$ espèces.an selon la méthode ReCiPe 2016 (H) et $5{,}87 \times 10^{11}$ PDF.m².an[21] selon la méthode IMPACT World+. Selon la méthode ReCiPe, le changement climatique, reste la catégorie d'impact la plus dommageable sur les écosystèmes, suivie par l'usage des terres, l'acidification, la formation d'oxydants photochimiques et l'eutrophisation. En ce qui concerne la méthode IMPACT World+, le changement climatique reste la catégorie la plus significative (court et long terme), suivi par l'occupation des sols, l'acidification marine et terrestre et puis l'eutrophisation marine. Les différences dans l'ordre des catégories d'impact peuvent s'expliquer par des approches méthodologiques différentes (l'indicateur n'est pas mesuré par la même unité, les catégories associées ne sont pas les mêmes, etc.) (Brondízio et al., 2019).

L'évaluation mondiale de l'IPBES sur la biodiversité et les services écosystémiques peut être utilisée pour comparer les interprétations (au delta des limites indiquées précédemment : pêcherie non prise en compte, etc.). Selon le rapport 2019 de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), le principal contributeur à la perte de biodiversité terrestre (qu'on retrouve dans les résultats d'IMPACT World+) est le changement d'affectation des terres (principalement dû à l'expansion agricole, déforestation, urbanisation… entraînant des impacts négatifs). Viennent ensuite « l'exploitation directe » (de type chasse, pêche, coupe du bois…), le changement climatique (affectant la biodiversité avec des sécheresses par exemple) et la « pollution » (de l'eau, du sol… impactant les organismes). Dans les environnements marins, l'exploitation directe (c'est-à-dire la pêche) joue un rôle plus important. Le changement climatique devrait devenir de plus en plus prégnant au fil du temps. Cela est globalement cohérent avec le profil des impacts dérivés de la consommation française, à l'exception de « l'exploitation directe », puisque par exemple la pêche n'est pas encore enregistrée dans la version d'EXIOBASE utilisée.

Impact sur les ressources

Seule la méthode ReCiPe offre la possibilité d'évaluer les impacts de la consommation française sur la disponibilité de ressources naturelles. Les résultats sont exprimés en dollars américains. Plus la valeur

[21] Extinction Potentielle d'Espèces (« Potentiallly Disappeared Fraction »).

de l'indicateur est élevée, plus il sera cher d'extraire dans l'avenir des ressources minérales/fossiles, du fait de l'épuisement des ressources et de la baisse de qualité de celles-ci (ressources plus difficiles d'accès, de degré de pureté moindre, etc.) (Huijbregts et al., 2017). La Figure 10 présente les résultats obtenus pour la consommation française en 2016 : le coût supplémentaire associé à l'extraction future de ressources minérales est évalué à 8,75x10^8 US $.

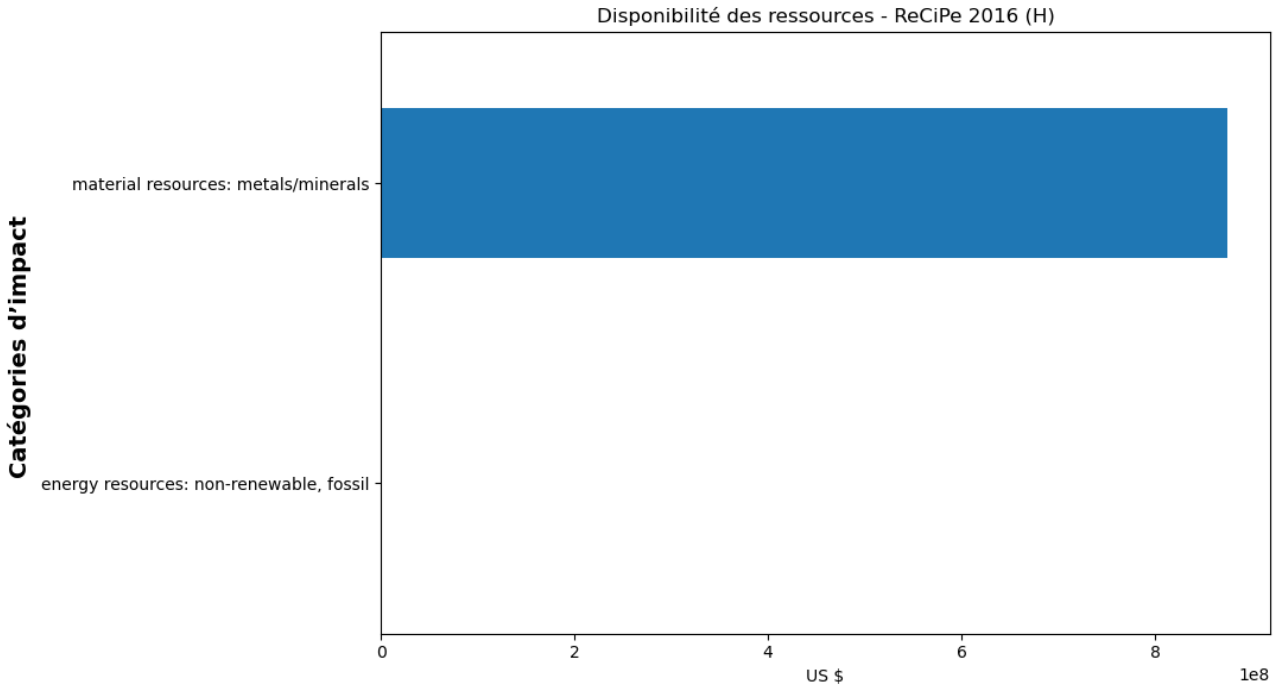


Figure 10 : Impacts end-point globaux de la consommation Française sur la disponibilité de ressources naturelles (US dollars)

La seule catégorie d'impact évaluée pour sa contribution aux dommages liés à la disponibilité des ressources est la rareté de ressources minérales/métalliques. La rareté des ressources énergétiques (montrée sur la Figure 10) n'a pas été caractérisée en raison d'un manque de données au sein d'EXIOBASE, et non parce que l'impact est nul.

3.2 Indicateurs « midpoint » : impact sur le changement climatique

3.2.1 Résultat total - France

L'impact environnemental de la consommation française (toutes les demandes finales) en 2016 sur l'indicateur changement climatique (aussi appelé parfois « réchauffement global » ou « Global Warming Potential » en anglais) est présenté dans la Figure 11 ci-dessous, selon une répartition des émissions sur le territoire national (France) et dans le Reste du Monde.

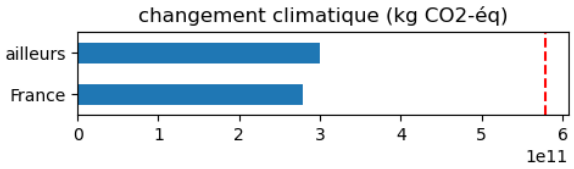


Figure 11 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur le changement climatique (kg CO_2-éq). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total).

Dans cette étude, les émissions en gaz à effet de serre (GES) pour la France sont estimées à **607 Mt CO_2-éq**., dont 53% d'émissions associées aux importations. Ce chiffre se retrouve sur la Figure 11 avec la part de la France : 2,8623 x 10^{11} kg CO_2 et part de l'étranger : 3,2089 x 10^{11} kg CO_2. Soit une somme de 6,0712 x 10^{11} kg CO_2 (soit 607 Mt CO_2-eq) - les deux valeurs étant dues à la demande française. Cela revient à un

PROVISOIRE - CC

impact sur le changement climatique moyen de 8,9 tonnes de CO_2-éq par habitant. A noter toutefois la couverture incomplète de certains flux de nature, ce qui peut mener à potentiellement sous-estimer cette valeur totale (cf. limites et perspectives). À titre de comparaison, les émissions de GES de l'Allemagne sont estimées à 745 Mt CO_2-éq (soit environ 8,9 tonnes de CO_2-éq par habitant), à 831 Mtonnes de CO_2-éq pour la Grande-Bretagne (soit environ 12,2 tonnes de CO_2-éq par habitant), à 5 303 Mt CO_2-éq pour les USA (soit environ 15,5 tonnes de CO_2-éq par habitant), et à 8 466 Mt CO_2-éq pour la Chine (soit environ 6,0 tonnes de CO_2-éq par habitant).

A l'heure actuelle, un nombre non négligeable d'études documente le **changement climatique** et elles peuvent donc servir de référence pour valider l'ordre de grandeur des résultats obtenus dans la présente étude (à noter que ce n'est pas le cas des autres catégories d'impact, qui sont moins bien documentées ou qui peuvent présenter des variations très larges dû fait des choix de modélisation différents qui peuvent être retenus).

Toutefois, il est important de garder une certaine forme de recul et de regard critique sur une comparaison de l'impact sur le changement climatique de la consommation française entre différentes sources. En effet, plusieurs facteurs peuvent expliquer des variations entre les résultats : le champ d'activités/produits couvert par la base de données, le niveau de désagrégation ou de détails, l'âge des données, les choix de modélisation techniques, etc. Malgré tous ces facteurs de divergence, une certaine tendance peut néanmoins être observée et c'est ce qui peut être montrée dans les paragraphes suivants.

Le Service des données et études statistiques (SDES) produit une étude annuelle de l'impact sur le changement climatique de la France (exprimée en $MtCO_2eq$) et d'un Français moyen (exprimée en $MtCO_2eq$/personne) (SDES, 2023). Pour l'année 2016, l'impact sur le changement climatique obtenue par la méthode du SDES était de 621 $MtCO_2eq$, soit une valeur relativement proche de celle obtenue par cette étude (607 $MtCO_2eq$) quand bien même les méthodologies sous-jacentes restent substantiellement différentes. En effet, pour les séries de données publiées par le SDES de 2010 à 2019, la méthode de calcul des émissions domestiques est basée sur le tableau entrées sorties symétrique de la France et sur les inventaires des gaz à effet de serre au format AEA (avec le CO_2, le CH_4 et le N_2O)[22] Pour les émissions importées, la méthode utilise le tableau entrées sorties symétrique de l'Union européenne et l'inventaire AEA issus d'EUROSTAT, avec des ajustements des intensités en GES des branches d'activités de l'Union Européenne pour tenir compte des spécificités des autres zones géographiques. Cette méthode a d'ailleurs bénéficié d'une mise à jour récente (juin 2025), qui peut permettre une nouvelle comparaison future.

Le Haut Conseil pour le Climat (HCC) a aussi publié des résultats, mais pour une autre année que 2016, ce qui rend la comparaison difficile. Ainsi, selon le HCC, l'impact sur le changement climatique de la France en 2018 était de 749 $MtCO_2eq$ (HCC, 2020). Au-delà des écarts en niveaux (dû aux nombreux écarts méthodologiques possibles[23]), nous pouvons observer une certaine cohérence dans les ordres de grandeur et l'interprétation. Par exemple la répartition entre émissions domestiques et importées est similaire dans les deux approches, avec 53% d'émissions associées aux importations dans cette étude pour environ 55% des émissions de l'impact sur le changement climatique associées aux importations dans l'étude publiée par le HCC (2020).

3.2.2 Résultat par pays d'origine

La Figure 12 ci-dessous présente la répartition des émissions de GES associée à la consommation française en 2016, pour les 10 régions ayant la plus forte contribution sur le changement climatique (calculée selon la méthode IPCC 2021, utilisant le critère GWP 100). L'analyse montre notamment la part des impacts indirects imputables aux importations nécessaires pour satisfaire la demande finale française, par pays d'origine (cf. Section 2.4.1.1 pour l'origine des pays). Au total, la France est responsable de 47% de l'impact sur le

[22] Les sources de données pour le SDES sont l'INSEE et EUROSTAT alors qu'Exiobase est basée entres autres sur EUROSTAT, FAOSTAT, COMTRADE, BACI, IEA, USGS, base de données de l'ONU. Les méthodes d'évaluation peuvent présenter de légères variations selon les valeurs des facteurs de caractérisation (IPCC 2021 pour Exiobase).

[23] Bien que les calculs du HCC soient basés également sur la base de données EXIOBASE, notons que ni la version de la base de données ni l'année de référence ne sont les mêmes.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

changement climatique. 53% de l'impact est donc associé aux importations mobilisées pour répondre à la consommation française et a lieu dans des pays étrangers.

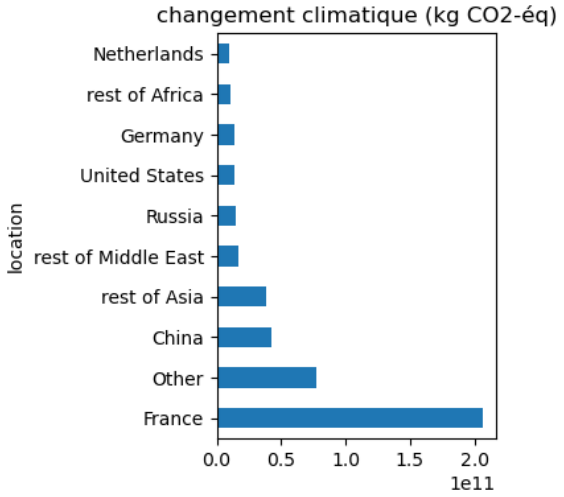


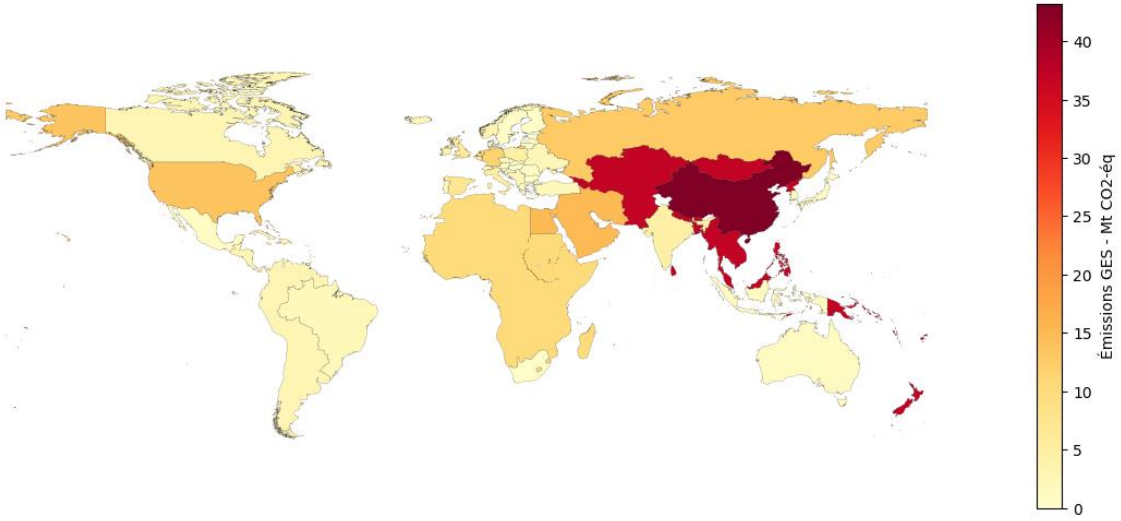
Figure 12 : Top 10 des pays/régions à l'origine des émissions de GES générées par la consommation française

Les émissions indirectes importées de la consommation française (tous vecteurs de demande confondus, hors exports) se concentrent principalement en Chine et dans le « reste de l'Asie » (c.à.d. tous les pays asiatiques excepté la Chine), suivies par le reste du Moyen-Orient, la Russie, les États-Unis, l'Allemagne, le reste de l'Afrique et les Pays-Bas. Le groupement "autres" (« other »), en deuxième position dans la liste des 10 premiers pays et régions émetteurs, représente tout le reste du monde (cf. Annexe I). Remarque concernant la méthode : les graphiques traitant des émissions directes et indirectes sont construits en considérant les entrées/sorties au tier 1 de la demande finale française. Au sein d'EXIOBASE v3.8, pour la demande finale des ménages français par exemple, il y a 95 activités distinctes (comme la combustion de pétrole, production d'électricité par charbon, la production de viande de bétail…) mais il y a en tout 838 contributeurs, puisque les activités sont séparées par pays (combustion de pétrole de Chine, de l'USA, etc…). Toutefois, des émissions indirectes en un niveau plus en amont ne sont pas redistribués par pays. La logique orientée vers la consommation est suivie ici. Un de ses avantages est une meilleure visualisation et corrélation avec les échanges économiques.

Une autre logique possible (non appliquée dans le cadre de cette étude) serait de réaliser une ACV récursive (avec un niveau en amont et une valeur de « cut-off » définie pour éviter des calculs sans fin ou non-pertinents) et d'ensuite regrouper toutes les contributions – à n'importe quel tier – par pays. Cette logique, plus orientée production, a l'avantage d'offrir une meilleure représentation « physique des émissions » (dans le sens : lieu où les émissions prennent effectivement place).

La Figure 13 fournit une cartographie des émissions indirectes importées de GES, par pays (ou région) d'origine des importations françaises. La France est exclue de la représentation, le but étant ici de mettre en avant le rôle des pays étrangers.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL



Note : les frontières sur la carte ne correspondent pas forcément aux frontières géographiques des pays mais aux frontières des « régions » définies dans EXIOBASE.

Figure 13 : Origine des émissions de GES associées aux importations française

Les deux figures précédentes montrent bien que les émissions de GES générées par la consommation française se concentrent en France (en termes de « pays individuel »), suivie ensuite par la Chine et le reste du continent asiatique. La contribution des pays s'explique soit par la quantité de biens et services importée pour répondre à la demande française, soit en raison des technologies déployées dans ces pays (avec des intensités de pollution différentes) pour produire les importations à destination de la demande française. Si l'on considère la liste des principaux partenaires économiques de la France[24], nous pouvons voir que 4 des 5 premiers partenaires de la France (en valeur) sont des pays européens (dans l'ordre : 1/Allemagne, 3/Italie, 4/Espagne, 5/Belgique). La Chine est deuxième du classement et les Etats-Unis sixième. Mais ces deux pays présentent des contributions (Figure 13) bien plus importantes que n'importe quel pays européen (Allemagne, numéro 1 des partenaires pourtant). Cela montre bien que la seule quantité des biens et services échangés n'est pas le seul critère expliquant l'impact de la consommation d'un pays sur le changement climatique : l'intensité carbone des partenaires commerciaux est un autre facteur déterminant. À titre d'exemple, en Chine, l'impact sur le changement climatique de la production d'électricité (marché, mix national) est environ 16 fois plus élevé qu'en France (168 044,95 kg CO_2-éq/TJ en Chine contre 10 004,63 kg CO_2-éq/TJ en France ou 21 163,47 kg CO_2-éq/TJ en Allemagne).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

[24] Source : https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-economique-et-commerce-exterieur/la-france-et-ses-partenaires-economiques-pays-par-pays/

3.2.3 Résultat par poste de consommation

La Figure 14 présente, sous forme d'un diagramme Sankey, la décomposition de l'impact sur le changement climatique selon les vecteurs de la demande finale française (ménages, État et ISBLSM) et les catégories de produits COICOP.

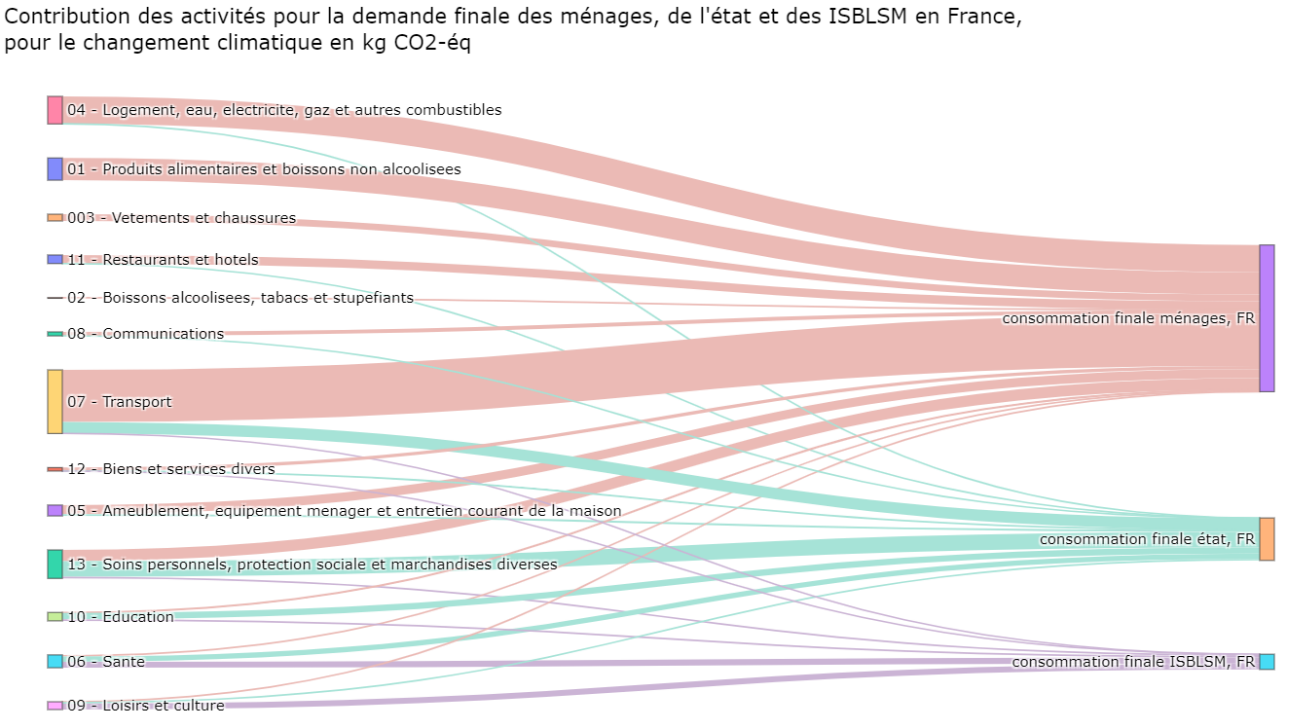


Figure 14 : Contribution des catégories de biens et services consommés par la demande finale des ménages, de l'État et des ISBLSM en France, pour l'impact sur le changement climatique, en kg CO_2-éq.

La Figure 14 permet d'établir une liste de contributeurs par ordre d'importance. Il est à noter que le diagramme représente les émissions générées tout au long de la chaîne de production des biens et services consommés par le consommateur final. En effet, dans la Figure 14, les émissions de 422 Mtonnes de CO_2eq associées à la demande finale des ménages français, soit 70% du total des émissions associées à la consommation française, ne signifient pas que les ménages français émettent directement 422 Mtonnes de CO_2eq : une grande partie de ces émissions sont générées lors de la production des biens et services.

A titre d'exemple, les émissions associées au transport des ménages comprennent les émissions associées à la combustion de carburant lors de la conduite des voitures mais aussi les émissions émises lors de la production des voitures (cela inclut une endogénéisation des industries de production – cf. Section 2.4.1). Les émissions associées au logement comprennent à la fois les émissions associées à la construction/rénovation du logement, mais aussi celles associées aux consommations d'électricité et de chauffage. Les émissions associées aux produits alimentaires comprennent les émissions générées lors de leurs productions, lors de leur transport et lors de leur distribution, etc.

Ainsi, les 422 Mtonnes CO_2eq associée à la satisfaction de la demande finale des ménages français se répartissent de la façon suivante :

1. Transport (150 Mtonnes CO_2eq, soit 35,6% des émissions associées à la demande finale des ménages)
2. Logement, eau, gaz, électricité et autres combustibles (78,4 Mtonnes CO_2eq, soit 18,6%)
3. Produits alimentaires et boissons non-alcoolisées (69,9 Mtonnes CO_2eq, soit 15,2%)
4. Ameublement, équipements ménagers et entretien courant de la maison (33,1 Mtonnes, soit 7,9%)
5. Soins personnels, protection sociale et marchandises (32,1 Mtonnes, soit 7,6%)
6. Restaurants et hôtels (24.3 Mtonnes CO_2eq, soit 5,8%)

Pour la demande finale de l'État français (122 Mtonnes CO_2eq):

PROVISOIRE - CC

1. Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses (44,9 Mtonnes CO_2eq, soit 36,7%).
2. Transport (32,7 Mtonnes CO_2eq, soit 26,8%)
3. Éducation (17,9 Mtonnes CO_2eq, soit 14,6%)
4. Santé (14,8 Mtonnes CO_2eq, soit 12.1%)

La catégorie « Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses » inclut entres autres toutes les émissions associées à la production et l'utilisation des appareils électriques nécessaires pour les soins personnels, les instruments de coiffures, les soins de toilette personnels, les services de soins pour enfants mais aussi des services plus divers tels que les éléments nécessaires pour les services religieux, ainsi que des objets privés (pour les voyages, montres, bijouterie, etc.). La description complète est décrite sur la classification COICOP 2018, fournie par l'ONU (United Nations, 2018).

Encore une fois, pour rappel, les valeurs d'émissions d'impact ici ne sont pas uniquement des émissions directes mais incluent aussi toutes les émissions incorporées le long de la chaîne de production du bien ou service consommé. Par exemple, un sèche-cheveu en soi ne va pas émettre des gaz à effet de serre, mais sa production ou l'électricité nécessaire à son usage ont un impact sur le changement climatique.

Pour les ISBLSM, l'impact est dispersé parmi les postes de consommation, avec une contribution plus importante de la catégorie loisirs et culture et celle de la santé. Les loisirs et services culturels comprennent les différentes activités à cette fin, comme le théâtre (y compris la construction des nouveaux théâtres), les festivals, les concerts, etc.

3.3 Indicateurs « midpoint » : impact en particules fines

3.3.1 Résultat total - France

Les **émissions de particules fines** (« Particulate Matter » en anglais) associées à la consommation française (toutes les demandes finales) sont évaluées à 1 044 t $PM_{2.5}$eq, et restent sur la même répartition géographique que l'impact sur le changement climatique, étant donné que cet indicateur est assez corrélé au changement climatique. En effet, une grande partie des émissions de particules fines sont liées à la combustion d'énergie. Au total, la France est responsable de 45,89% de son impact en particules fines, 54,11% provenant des importations, donc des émissions à l'étranger.

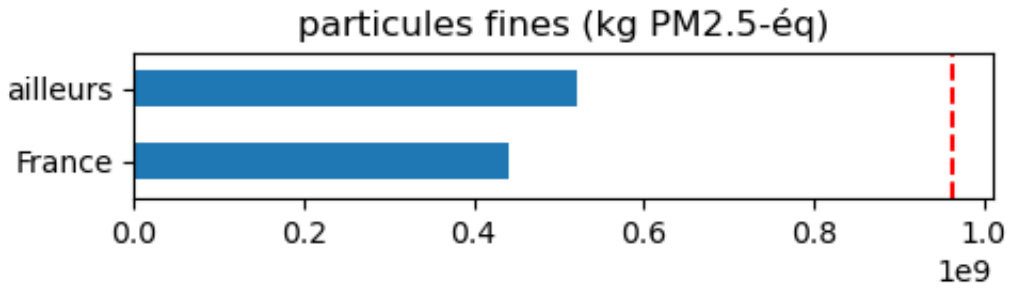


Figure 15 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur les particules fines (en kg $PM_{2.5}$-éq). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total).

À titre de comparaison, les émissions de particules fines associées à la consommation allemande sont évaluées à 1 243 kt $PM_{2.5eq}$, américaine à 7 267 $PM_{2.5eq}$, chinoise à 25 837 $PM_{2.5eq}$.

PRIVÉ – CONFIDENTIEL

3.3.2 Résultat par pays d'origine

La Figure 16 présente les émissions de particules fines associées à la consommation française en 2016, selon les 10 pays ou régions ayant les plus fortes contributions : France, Chine, reste du monde (« other »), reste de l'Asie, Allemagne, États-Unis, Inde, reste du Moyen-Orient, Belgique, Pologne. Pour cette catégorie d'impact, on observe que la répartition de la contribution des importations est plus dispersée entre les pays que celle observée pour le changement climatique, même si la Chine (en tant que pays individuel) y présente un rôle non négligeable.

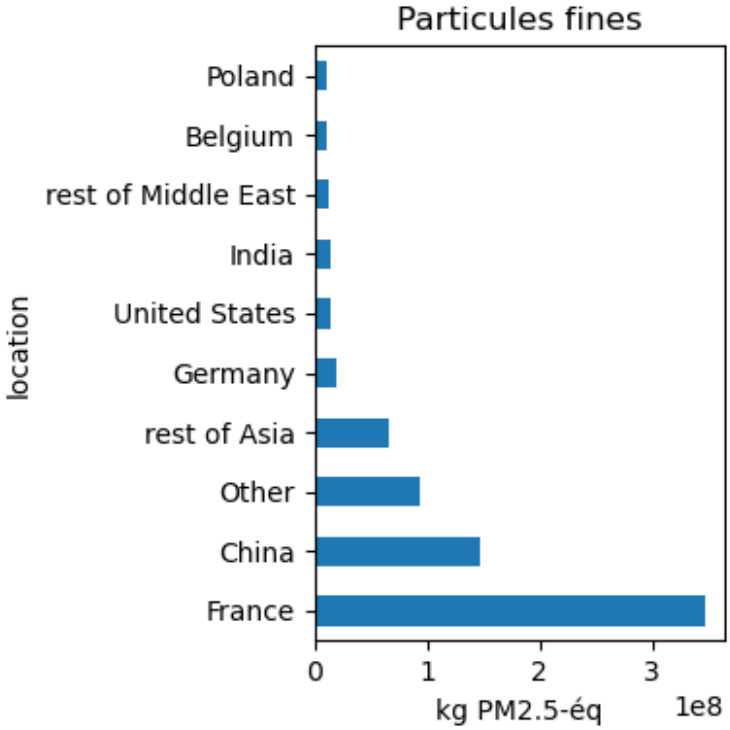


Figure 16 : Top 10 des pays à l'origine des émissions de particules fines générées par la consommation française

Pour mieux comprendre la répartition des émissions de particules fines à l'échelle globale, la Figure 17 présente la cartographique de l'impact en particules fines par pays d'origine. Les émissions de particules fines générées par la consommation française se localisent principalement sur le continent asiatique. Les émissions sont ensuite plus dispersées, en Europe, aux États-Unis, au Moyen Orient. Comme pour le « changement climatique », les émissions en particules fines générée par la demande finale française sont majoritairement localisées en Chine. Cela s'explique par le mix énergétique actuel chinois, carboné, ainsi que par le volume d'échanges de produits entre la Chine et la France (matières premières, produits intermédiaires ou finis). À titre d'exemple, l'impact en particules fines de la production d'électricité (mix marché nationale) en Chine est presque 35 fois plus élevée qu'en France (668,47 kg $PM_{2.5}$-éq/TJ en Chine contre 19,20 kg $PM_{2.5}$-éq/TJ en France).

PROVISOIRE
ENTIEL

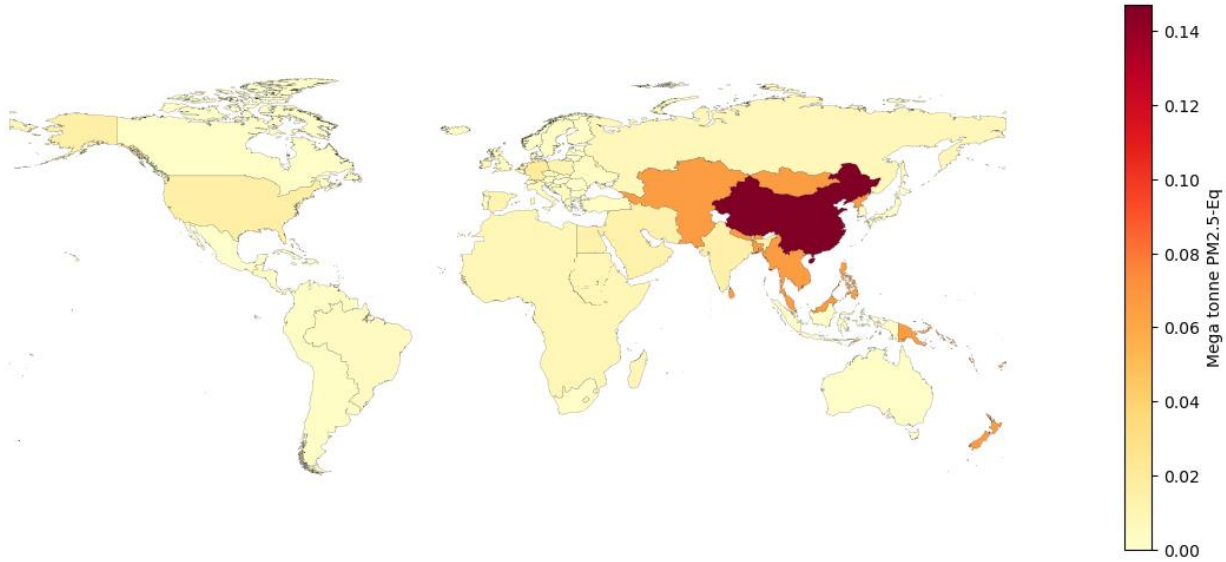


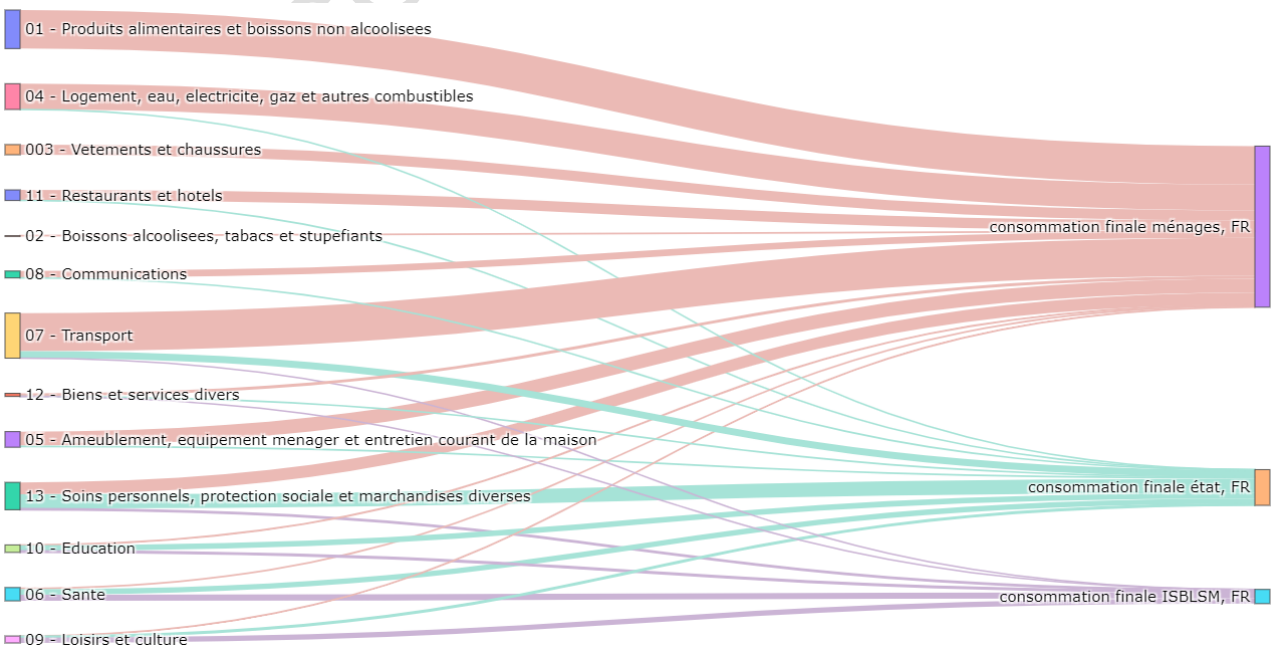
Figure 17 : Origine des émissions de particules fines liées aux importations nécessaires pour satisfaire la demande finale française

3.3.3 Résultat par poste de consommation

Un diagramme Sankey est présenté en Figure 18 pour décomposer l'impact de la consommation française sur les émissions de particules fines en fonction de la demande finale française des ménages, de l'État et des ISBLSM, et des catégories de produits COICOP.

Les résultats d'impact donnés ci-dessous ne désignent pas seulement les impacts directs émis par les ménages, l'État ou les ISBLSM, mais couvrent aussi l'ensemble des émissions se produisant tout le long de la chaîne de production pour satisfaire la demande finale française.

Dans le cas des particules fines, un exemple d'impact direct en particules fines peut être l'utilisation d'une voiture diesel. Des impacts indirects pourraient être les émissions de particules fines lors du transport des pièces de fabrication du véhicule.



CONFIDENTIEL

Figure 18 : Contribution des catégories de biens et services consommés par la demande finale des ménages, de l'Etat et des ISBLSM en France, pour les émissions de particules fines, en kg $PM_{2,5}$-éq.

Comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessus, nous pouvons établir une liste de contributeurs par ordre d'importance.

Pour la demande finale des ménages français (768 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 24,0% du total):

1. Produits alimentaires et boissons non-alcoolisées (184 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 23,9 %)
2. Transport (181 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 23,6 % des émissions associées à la demande finale des ménages)
3. Logement, eau, gaz, électricité et autres combustibles (122 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 15,9%)

Pour la demande finale de l'État français (171 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 16,4% du total):

1. Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses (67,4 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 39,6 %)
2. Transport (33,5 ktonnes $PM_{2,5}$eq sur 169 ktonnes $PM_{2,5}$eq, soit 19,7%)

Pour les ISBLSM, l'impact est dispersé parmi les différentes catégories de biens et de services consommés (67,8 ktonnes $PM_{2,5}$-éq, soit 6,5% du total).

Une certaine cohérence peut être observée entre les contributeurs du changement climatique et ceux des particules fines. Dans le cas de la demande finale des ménages français par exemple, les trois contributeurs majoritaires sont les mêmes, bien qu'avec un ordre différent.

Nous pouvons voir que dans la catégorie d'impact « Particules fines », la contribution est plus distribuée entre les trois vecteurs de demande finale comparé au « changement climatique », mais la vision d'ensemble reste assez similaire. Cette forme de cohérence s'explique par les liens qui existent entre les deux catégories d'impact. Par exemple, les activités de combustion peuvent générer des particules fines mais aussi avoir un impact sur le changement climatique. Toutefois, cette corrélation s'observe sur des tendances et ne garantit pas une certaine forme de proportionnalité.

3.4 Indicateurs « midpoint » : impact en usage des terres

3.4.1 Résultat total - France

Pour **l'utilisation des terres** (« Land Use » en anglais)., l'impact global (toutes demandes finales confondues) observé est de 16,5 Mha*an, avec environ 60% de l'impact localisé en France et 40% dans les autres pays. À titre de comparaison, l'impact global de l'utilisation des terres en Allemagne est estimé à 13,0 Mha*an, à 202,9 Mha*an pour les USA et à 209,0 Mha*an pour la Chine. Pour plus d'éléments sur l'interprétation en impact de l'usage des terres, cf. Section 2.4.3.

L'impact en usage des terres indique de prime abord des impacts en terres arable et pâturages (culture, production de nourriture, etc.). Les analyses de contribution permettent toutefois de relier ces impacts à des activités en amont (usage de bâtiments, de transport, des meubles, des services immobiliers, etc…).

Contrairement aux indicateurs précédent, ce résultat montre que l'impact est majoritairement localisé en France, et donne ainsi une certaine marge de manœuvre aux pouvoirs publics, l'impact étant majoritairement sur le territoire sous leur juridiction.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

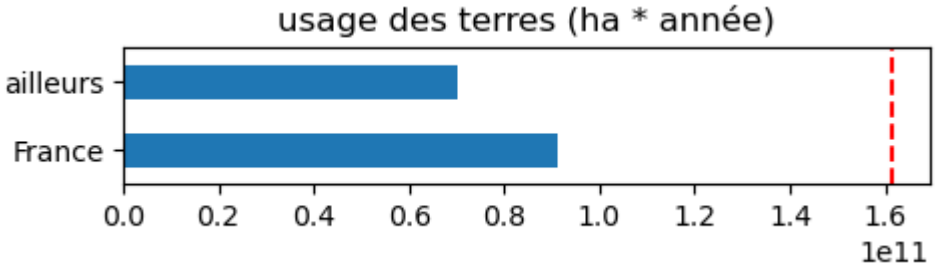


*Figure 19 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur l'usage des terres (en ha*an). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total).*

3.4.2 Résultat par pays d'origine

La Figure 20 montre les 10 pays où la consommation française a le plus d'impact sur l'utilisation des terres. Le reste du monde occupe le deuxième rang derrière la France et représente environ 13 % de l'impact de l'usage des terres nécessaires pour satisfaire la demande française, suivi de l'Australie, du reste de l'Afrique, de l'Espagne, du Brésil, du reste du Moyen-Orient, du Royaume-Uni, de l'Allemagne et de l'Inde. L'impact en usage des terres est principalement lié à la consommation des aliments (viandes, légumes, fruits, produits laitiers, etc…). Dans les analyses de contribution, un des éléments qui revient le plus fréquemment est la production de viande, qui requiert un certain espace pour le bétail mais aussi pour la production de nourriture pour ce même bétail. Comme mentionné en Section 2.4.3, l'impact en usage des terres dépend de la taille des sols (en m^2 ou ha) et de la durée de l'usage. Pour réduire l'impact en usage des terres, une analyse plus détaillée de la production d'aliments, notamment de viande, serait nécessaire.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

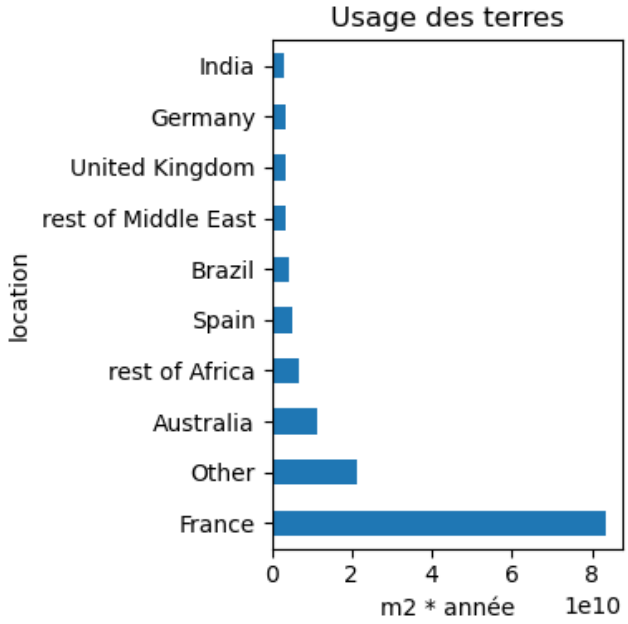


Figure 20 : Top 10 des pays où se localisent les impacts de la consommation française sur l'usage des terres

Nous pouvons voir que la France reste le contributeur largement majoritaire (57,54% de l'impact total) dans l'impact de l'usage des terres, loin devant tous les autres pays/régions. Ainsi, le territoire français reste le territoire d'action clef pour réduire l'impact de la consommation française sur l'usage des terres. Toutefois, une telle approche ne doit pas « transférer » l'impact de l'usage des terres de la France à un autre pays. Des initiatives françaises, telles que la loi ZAN (Zéro Artificialisation Nette), existent. Cette dernière établit par exemple un objectif intermédiaire en 2030 de réduire par deux « la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers » par rapport à la période 2011-2020. De plus, toute extension de l'artificialisation devra être limitée en 2050. Ainsi chaque aménagement d'espace agricole devra être compensée avec une renaturation à proportion égale en espaces (Préfète de la Mayenne, 2024). Toutefois, une attention devra être portée à ce que ces lois « n'exportent pas » l'usage des terres dans des pays étrangers pour répondre à la demande française.

Pour donner une meilleure vue d'ensemble des pays concernés, la Figure 21 présente la répartition de l'impact sur l'usage des terres.

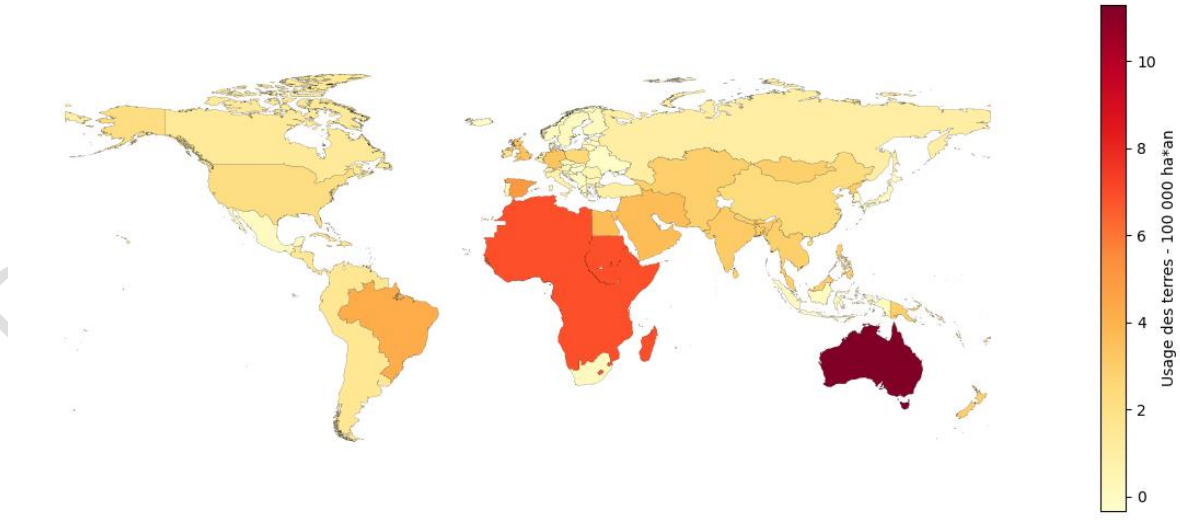


Figure 21 : Origine des impacts des importations françaises sur l'usage des terres

La Figure 21 montre que l'Australie est le plus grand contributeur en termes d'impact sur l'usage des terres, suivis par le « reste de l'Afrique » (Afrique, sauf Egypte et Afrique du Sud) et le Brésil dans une moindre mesure. La contribution élevée de l'Australie provient de l'usage de vastes espaces de pâturages utilisés pour le bétail, relativement moins efficace que des pâturages au Brésil par exemple. Pour la même quantité de

DIRECTION CONFIDENTIEL

viande de bétail, l'usage des terres est beaucoup plus élevé en Australie qu'au Brésil. Même si la France importe beaucoup plus de produits du Brésil par rapport à l'Australie, l'intensité en impact de ce dernier pays est beaucoup plus élevée. La même logique est valable dans une moindre mesure pour les pays d'Afrique. De plus l'Australie reste un des exportateurs clés de viande de bétail dans le monde, sachant que la production de viande génère un impact en usage des terres bien plus élevé que la production de légumes/fruits[25].

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

[25] Une petite précision : les impacts de la déforestation peuvent être représentées au sein de la catégorie d'impact sur l'usage des terres mais aussi en changement climatique (puisqu'elle résulte, entres autres, en l'émission de CO_2 qui était jusque-là stocké au sein des arbres/plantes).

3.4.3 Résultat par postes de consommation

Un diagramme Sankey est présenté en Figure 22 et permet de décomposer l'impact sur l'usage des terres de la demande finale française, respectivement des ménages, de l'Etat et des ISBLSM, par catégorie de produits COICOP. Comme précédemment, les résultats couvrent les impacts générés par l'ensemble de la chaîne de production pour satisfaire une demande finale. Autrement dit, si l'impact sur l'usage des terres attribué à la consommation finale des ménages est estimé à 14,9 Mha*an, cela ne signifie pas que les ménages français consomment directement un espace de 14,9 Mha sur une année. Ils représentent l'usage des sols nécessaires pour répondre à la demande finale française des ménages, en incluant tous les investissements en sols nécessaires tout le long de la chaîne de production. Par exemple, un légume a besoin d'une certaine quantité de sol pour être cultivée, une viande a besoin de sol pour l'élevage de l'animal d'où elle provient ainsi que du sol nécessaire pour cultiver la nourriture dudit animal.

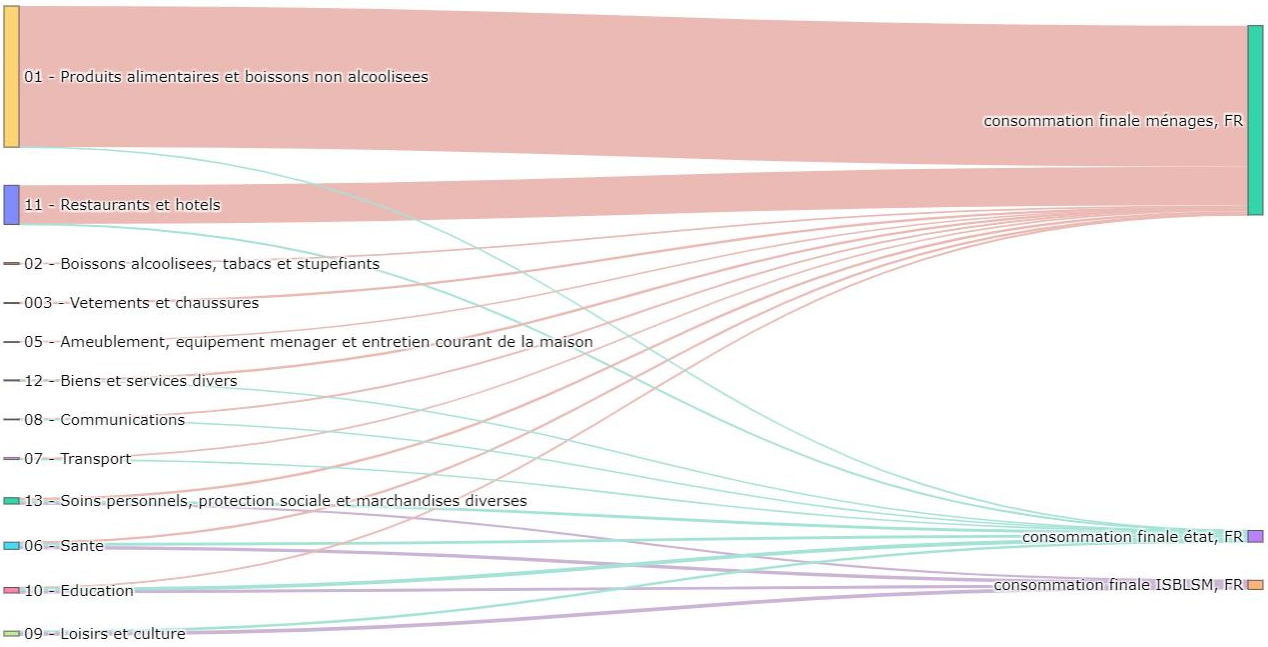


*Figure 22 : Contribution des catégories de biens et services pour la demande finale des ménages, de l'Etat et des ISBLSM en France, pour l'usage des terres, en m^2*an.*

Comme nous pouvons le voir sur la Figure 22, nous pouvons établir une liste de contributeurs par ordre d'importance.

Pour la demande finale des ménages français (impact totaL14,9 Mha*an) :

1. Produits alimentaires et boissons non-alcoolisées (10,8 Mha*an, soit 72,4 % de l'usage des terres associé à la demande finale des ménages)
2. Hôtels et restaurants, (2,99 Mha *an, soit 19,8%)

Pour la demande finale de l'État français et l'ISBLSM, l'impact est dispersé parmi les catégories de produits et est très marginal par rapport à la demande finale attribuée aux ménages.

Dans ce graphique, nous observons une dominance presque écrasante du poste « Produits alimentaires et boissons non-alcoolisées » du fait évident des terrains nécessaires pour la production de nourriture (viandes, fruits et légumes…). Les « Hôtels, cafés, restaurants » sont le deuxième contributeur, en lien avec la consommation de nourriture.

Globalement, nous pouvons donc confirmer la corrélation entre l'impact de « l'usage des terres » et de la production de nourriture. Si un programme (politique, environnemental ou autres) cherche à réduire l'impact sur l'usage des terres, le plus gros levier sur lequel jouer reste la production de nourriture et les régimes alimentaires.

PROVISOIRE

3.5 Indicateurs « midpoint » : impact sur la rareté des ressources crustales

3.5.1 Résultat total - France

Pour la **rareté des ressources crustales** (« crustal scarcity potential » en anglais), l'impact global (toutes demandes finales confondues) est de 43,6 Gt Si-éq (équivalent silice), dont la quasi-totalité (99,62%) se produit dans les autres pays (hors France) du fait notamment de la faible dotation en ressources minérales métalliques en France. Pour mémoire, cet indicateur mesure les risques que génère la consommation française sur une potentielle pénurie sur le long-terme de ressources minérales/métalliques. Il prend en compte à la fois le volume d'extraction des ressources et leur concentration crustale / rareté.

Cette catégorie d'impact montre une très grande dépendance aux imports, ce qui peut être un frein dans la mise en place de solutions pour améliorer ce résultat, la France ayant beaucoup moins un rôle influent direct.

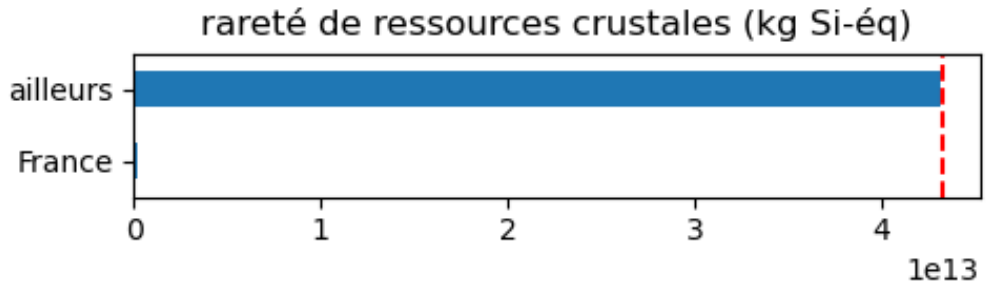


Figure 23 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur la rareté des ressources crustales (en kg Si-éq, appelé avec le terme anglais « Crustal Scarcity Indicator 2020 [26]»). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total).

À titre de comparaison, l'impact sur la rareté des ressources crustales en Allemagne est estimée à 70,1 Gt Si-éq, à 472,9 Gt Si-éq aux USA, et à 216,0 Gt Si-éq pour la Chine.

3.5.2 Résultat par pays d'origine

La Figure 24 permet d'identifier les 10 pays/régions du monde qui contribuent le plus à l'impact de la consommation française sur la rareté des ressources crustales. On retrouve les principaux pays / régions producteurs de minerais avec le « reste de l'Afrique (c.à.d. le continent africain excepté l'Afrique du Sud), le reste de l'Asie (continent asiatique hors-Chine), le reste de l'Amérique (continent américain, exceptés USA, Canada, Mexique et Brésil), l'Afrique du Sud, les USA, l'Australie, le Canada, la Chine et le Mexique.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

[26] Ceci est dû à la manière dont Brightway importe les méthodes : « *crustal = bd.Method(('Crustal Scarcity Indicator 2020', 'material resources: metals/minerals', 'crustal scarcity potential (CSP)'))* »

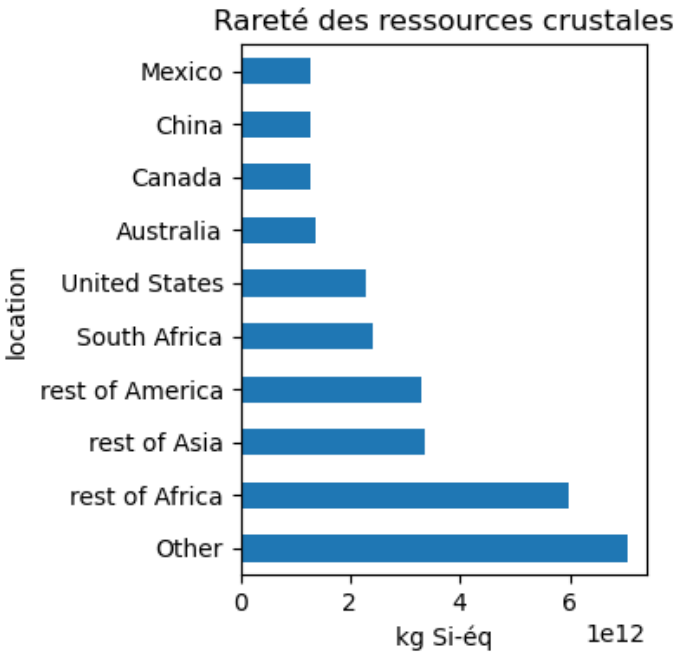


Figure 24 : Top 10 pays des pays où se localisent les impacts de la consommation française sur la rareté de ressources

Pour mieux visualiser dans quels pays la consommation française a le plus d'impact, la Figure 25 présente l'impact sur la rareté des ressources crustales, par pays d'origine. À l'échelle européenne, il est possible d'observer une contribution significative de certains pay, tels que le Portugal et l'Espagne, la Pologne et la Turquie, qui n'apparaissent pas dans la Figure 25, ainsi que de l'Australie, du Mexique et du Canada (ces derniers à l'échelle mondiale).

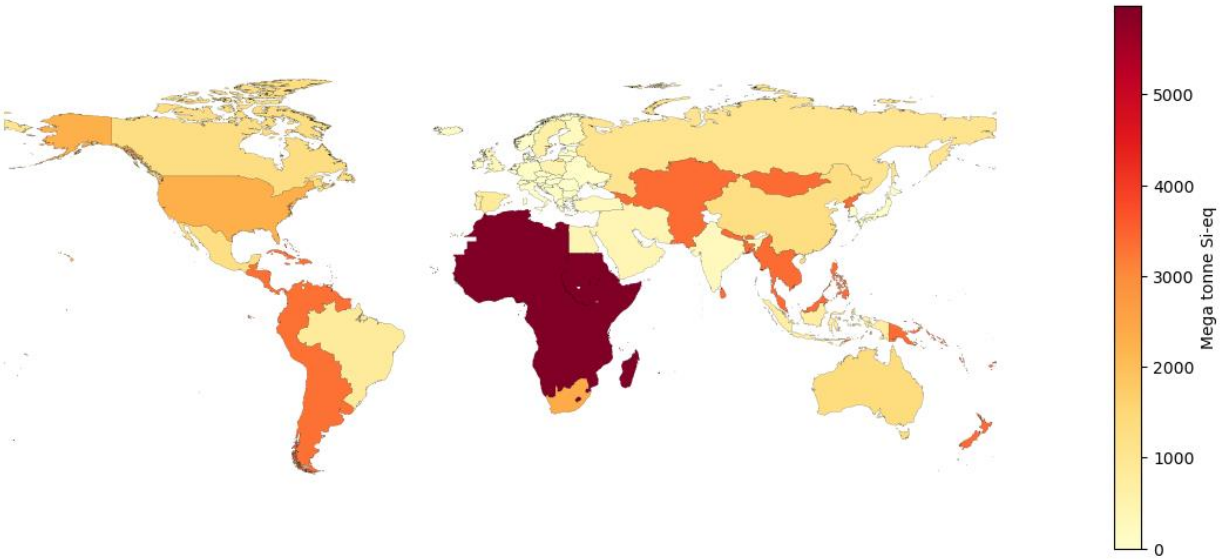


Figure 25 : Origine des impacts des importations françaises sur la rareté des ressources crustales

Contrairement à la catégorie d'impact précédent (qui était majoritairement localisé en France), nous pouvons voir ici une répartition beaucoup plus importante des impacts à travers le monde.

Deux facteurs peuvent expliciter cela :

- D'une part les volumes échangés : certains flux de matières n'ont pas forcément de facteurs de caractérisation très élevés mais si les quantités échangées sont très élevées, alors la valeur de l'impact devient significative. C'est le cas par exemple de l'acier, qui peut atteindre des valeurs

significatives. Les valeurs peuvent être délicates à trouver, l'acier étant parfois divisé en plusieurs catégories (rails, alliages, poudres, scories…) mais des instituts comme le World Integrated Trade Solution indique des valeurs s'élevant à plusieurs dizaines de milliers de tonnes d'importations françaises d'acier. L'acier est un composé de plusieurs métaux, mais particulièrement de fer. Or, ce dernier possède un facteur de caractérisation dans la méthode de rareté de ressources crustales à 5.4 kg-Si-éq/kg, bien plus faible que certains métaux plus précieux. Les alliages d'acier avec des composés spécifiques peut aussi augmenter la valeur d'impact avec par exemple le chrome (FC : 2 100 kg Si éq/kg) ou le nickel (FC : 4 800 kg Si éq/kg).

- D'autre part, divers éléments chimiques précieux possèdent des facteurs de caractérisation très élevés. Par exemple, le facteur le plus élevé est associé à l'or. De cette façon, dès qu'un pays échange de l'or avec la France, même en quantité relativement faible, la valeur d'impact augmente très rapidement. De cette façon, si une mesure cherche à réduire l'impact associé à la rareté des ressources minérales, il faudra considérer également les échanges de cette ressource entre différents pays étrangers. Par exemple, si la France interdit les imports d'or depuis un pays A, mais qu'elle importe depuis d'autres pays des produits incorporant de l'or produit dans le pays A, l'impact au niveau global variera peu.

3.5.3 Résultat par poste de consommation

Un diagramme Sankey est présenté Figure 26 pour décrire la contribution à l'impact sur la rareté des ressources crustales des demandes finales françaises des ménages, de l'État et des ISBLSM, par catégorie de produits COICOP (les résultats sont obtenus par des calculs ACV de type récursif) :

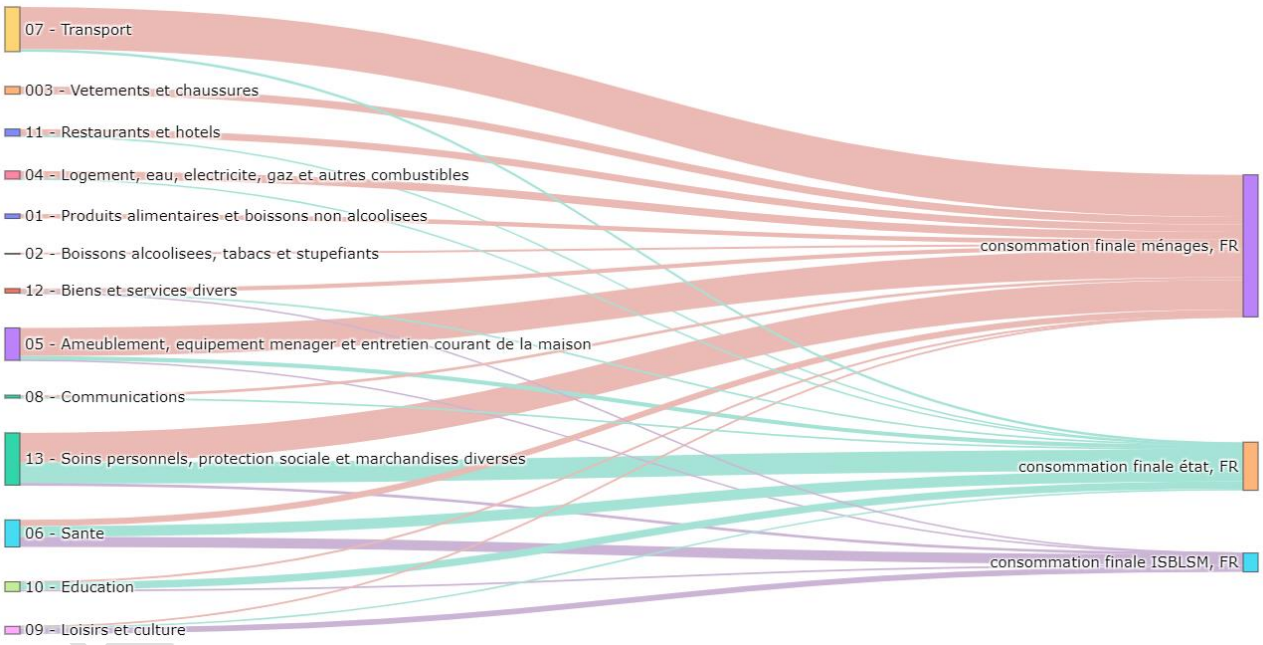


Figure 26 : Contribution des catégories de biens et services pour la demande finale des ménages, de l'Etat et des ISBLSM en France, pour l'indicateur d'impact sur la rareté des ressources crustales, en kg Si-éq.

Comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessus, nous pouvons établir une liste de contributeurs par ordre d'importance.

Pour la demande finale des ménages français (valeur : 29,8 Gt Si-éq) :

1. Transport (8,65 Mtonnes Si-éq, soit 29,0% de l'impact attribué à la demande finale des ménages)
2. Ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison (6,89 Mtonnes Si-éq, soit 23,3%)
3. Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses (6,08 Mtonnes Si-éq, soit 20,4%)

NON CONFIDENTIEL
PROJET

Pour la demande finale de l'État français (valeur : 9,90 Gt Si-éq) :

1. Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses (4,35 Mtonnes Si-éq, soit 43,9%)
2. Santé (2,18 Mtonnes Si-éq, soit 22,0%)

Pour la demande finale des ISBLSM (valeur : 3,87 Gt Si-éq) :

1. Santé (2,08 Mtonnes Si-éq, soit 53,8%)
2. Loisirs et cultures (1,17 Mtonnes Si-eq sur 3,82 Mtonnes Si-eq, soit 30,3%)

La Figure 26 présente une répartition plus étalée de l'impact à travers les catégories de biens et services, comparés aux autres catégories d'impact. Cette répartition implique qu'il y a moins de contributeurs clés ou massifs comme on pourrait l'avoir dans les émissions de GES (où le transport par exemple est clairement un poste clé). Ainsi, la consommation des ressources minérales est plus étalée, ce qui offre plus de leviers de réduction d'impact possibles mais avec moins d'ampleur pour chacun.

3.6 Analyse « hotspot »

Une analyse hotspot, dans le cadre ACV, consiste à effectuer une analyse au premier abord des plus gros contributeurs dans une catégorie d'impact donnée. L'objectif ici étant de prioriser les activités ou produits les plus déterminants et significatifs, sans chercher nécessairement à faire des analyses détaillées (de type contribution ou de sensibilité). Ce genre d'analyse doit permettre de dégager une tendance et de faciliter la détection des contributeurs clés.

Une tentative d'analyse hotspot a été effectué pour essayer d'associer l'impact environnemental des demandes finales françaises avec des phases de cycle de vie (de type « extraction de matières premières, production, transport, usage, fin de vie…).

Toutefois, trois défis majeurs se sont présentés lors de cette phase :

1- Tout d'abord, la définition même des phases de vie : ces dernières pouvant se révéler variables et relatives. Aux yeux d'une industrie, la production d'électricité pourrait être considérée comme associée à la phase d'usage alors qu'aux yeux d'un ménage français, cela ferait plus vraisemblablement partie de la phase de production. Une solution pour pallier ce problème serait de trouver un accord commun entre les différentes équipes de projet

2- Ensuite, la nomenclature d'EXIOBASE v3.8 ne permet pas de distinguer aisément les différents cycles de vie lors de l'analyse des résultats. Ces derniers affichent des résultats au tiers 1, au premier niveau en amont de la chaîne de valeurs, ce qui peut limiter l'interprétation. Une activité telle que « production d'aluminium » inclurait les phases d'extraction, de transformation, etc. sans montrer clairement de prime abord les différents éléments. C'est typiquement un des points de différence de modélisation existant entre les entrées-sorties avec extensions environnementales, de type « top-down » (comme EXIOBASE) et les ACV de type « bottom-up ». Pour augmenter le niveau de détails, soit les contributeurs présents dans les résultats finaux peuvent être classés de manière plus détaillée, soit les calculs d'analyse doivent être de nouveau réalisés en amont, remontant la chaîne de valeurs.

3- Enfin, comme déjà mentionné dans la section 2.4.1.2, EXIOBASE v3.8 modélise les activités de combustion à part. Une telle modélisation permet précisément de désagréger un peu plus les résultats finaux générés par EXIOBASE v3.8 en comparaison avec ceux d'EXIOBASE v3. Toutefois, cela implique de bien savoir considérer les activités de combustion et les portions relatives à chaque autre activité (problématique de réallocations).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Dans la Figure 27 ci-dessous, une répartition des activités EXIOBASE selon 3 phases a donc été faite.

1- Selon les activités de combustion, comme mentionné auparavant.

2- Selon les activités de fin de vie (toute activité possédant « treatment » dans le nom).

3- Selon les autres activités de production.

Les résultats sont affichés dans la Figure 27.

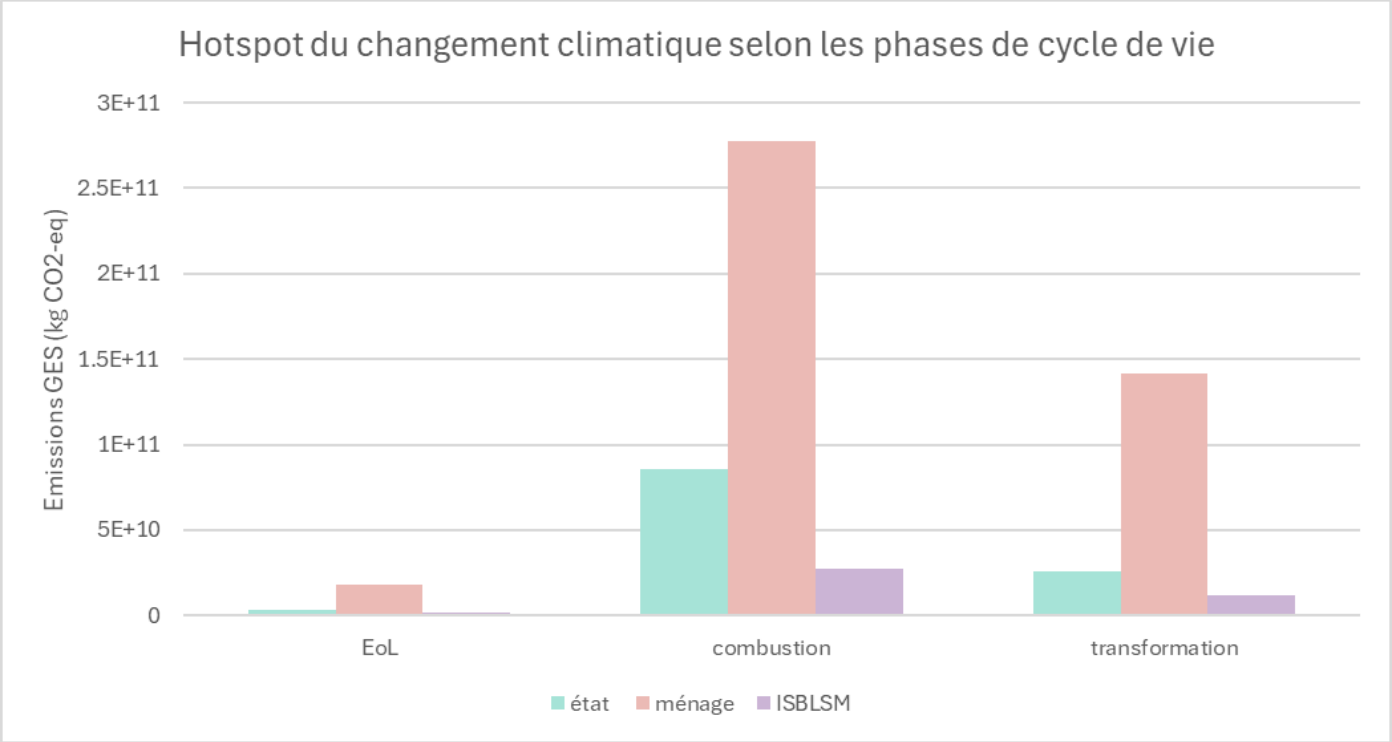


Figure 27 : Analyse hotspot des impacts environnementaux de la demande finale française selon les phases de cycle de vie

Nous pouvons voir dans la Figure 27 que les activités de combustion sont les contributeurs les plus importants pour les 3 types de demande finale (ménages, État et ISBLSM). Les activités de transformation représentent une part non négligeable de l'impact environnemental des ménages, en revanche ne représentent que quelques pourcents dans les autres cas. Quel que soit le cas de figure, l'impact des activités en fin de vie ne représente que quelques pourcents aussi.

Du fait des limites méthodologiques et des d'interprétation mentionnées précédemment, le focus sur la suite du rapport va être placé sur les analyses des contributeurs et des chaînes d'approvisionnement (cf. chapitres 5 et 6).

PROVISOIRE

A retenir

Cette section fournit une évaluation des **impacts environnementaux** générée par la consommation française en 2016 en s'appuyant sur :

- Des **indicateurs endpoint** (dommages globaux sur santé humaine, qualité des écosystèmes, disponibilités des ressources),
- Des **indicateurs midpoint** (changement climatique, particules fines, usage des terres, rareté des ressources).

Les résultats au niveau dommage doivent être interprétés avec une grande prudence. La méthodologie « endpoint » vise en effet à combiner plusieurs catégories d'impact, de nature très différente ce qui soulève naturellement des questions méthodologiques. Deux méthodes de caractérisation ont été utilisées pour tenir compte de cette hétérogénéité (ReCiPe et IW+). Par ailleurs, les extensions environnementales de base de données EXIOBASE (hybride) ne permettent pas de caractériser toutes les catégories d'impact, ce qui biaise les mesures des dommages générés par la consommation française

Notons que parmi les catégories d'impacts qui ont pu être caractérisés pour évaluer les dommages sur la santé humaine et la qualité des écosystèmes (à savoir changement climatique, particules fines, usages des terres, acidification, eutrophisation, formation d'oxydants /ozone photochimiques), le changement climatique apparait comme le contributeur majeur.

L'analyse a ensuite été approfondie sur quatre catégorie d'impacts spécifiques de type « midpoint ». Notons que :

- Les **postes majeurs de consommation** qui concentrent les impacts sont les **transports, l'alimentation et le logement**
- Les **impacts sont en grande partie externalisés** vers les pays depuis lesquels nous importons, sauf pour l'usage des terres (58% de l'impact localisé en France).
- **Le régime alimentaire** (viande en particulier) est un levier fort pour réduire l'impact sur l'usage des terres.
- **Le mix énergétique des partenaires commerciaux de la France** influence fortement les impacts climatiques et en particules fines générés par nos importations Les impacts sur le changement climatique et les émissions de particules fines sont en effet très liées à la combustion d'énergie.
- Pour le changement climatique, l'intensité **carbone** apparait plus déterminante que le volume échangé.
- L'impact de la **consommation française de ressources crustales est très majoritairement externalisé** (plus de 99%) avec certaines régions (pays asiatiques, Afrique, Amérique du Sud). Cela sous-tend une dépendance très forte aux fournisseurs étrangers.

PROV

4 Panorama des dépenses des ménages

Cette section présente un aperçu des disparités de volumes et de profils de dépenses des ménages selon leurs caractéristiques socio-économiques. Dans la suite du rapport, on étudie dans quelle mesure ces profils distincts de dépenses ont des effets sur le changement climatique et la rareté des ressources crustales selon les différents postes de consommation. Analyser les dépenses des ménages est donc une première étape primordiale afin de mieux comprendre les résultats concernant les impacts environnementaux.

Le volume annuel des dépenses de consommation a progressivement augmenté chaque année depuis le début des années 60. Le profil de dépense moyen des ménages s'est aussi nettement transformé (*Figure 28*) : le poids des postes « alimentation » et « habillement » a diminué tandis que le poids des postes « transport » et « logement » a augmenté. Le logement est aujourd'hui le principal poste de dépense des ménages français.

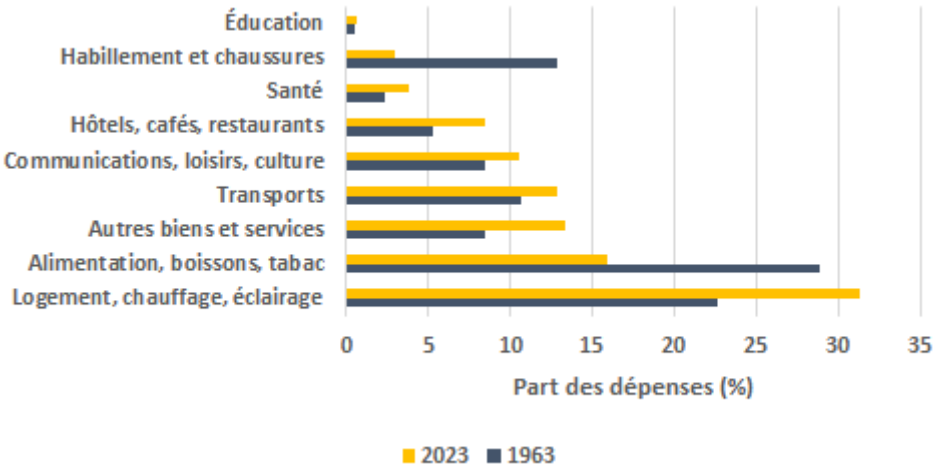


Figure 28 : Part des dépenses de consommation[27] des ménages par fonction

Au-delà du ménage moyen et malgré une tendance historique à l'homogénéisation des profils, il existe des différences notables des profils de dépense selon les caractéristiques socio-économiques des ménages, par exemple leur niveau de vie. Même si les disparités de profils de dépense selon les niveaux de vie se sont atténuées en l'espace de 40 ans sur la majorité des postes de dépense, la *Figure 29* montre que des écarts demeurent importants entre les ménages les plus aisés et les plus modestes, notamment pour les dépenses de logement. *Figure 29* Par exemple, en 2017, la part moyenne de l'alimentation (hors alcool) dans la consommation totale des 20 % des ménages les plus aisés (5e quintile de niveau de vie) est inférieure de 3,9 points à celle des 20 % des ménages les plus modestes (1er quintile).

PROVISOIRE

[27] Source : Insee, comptes nationaux - base 2020 (et non l'enquête BDF dont la première édition date de 1979)

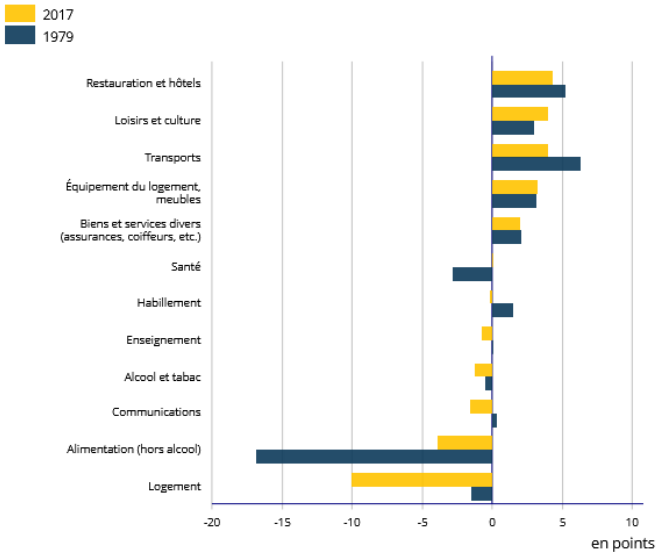


Figure 29: Ecarts de structure de consommation entre les 20% des ménages les plus aisés et les 20% les plus modestes en 1979 et 2017

PRO IRE - CONFIDENTIEL

Contribution des modalités des facteurs socio-économiques aux volumes de dépense :

La plus ou moins grande hétérogénéité des volumes de dépense est illustrée par la *Figure 30*, selon les déciles de niveau de vie et la taille de l'unité urbaine.

Le premier graphique montre un rapport de 3 entre le décile 1 et le décile 10. On observe également une hétérogénéité croissante entre le décile 1 et le décile 10. A noter que l'hétérogénéité des dépenses est particulièrement importante sur le décile 10 car les mesures de dépenses des plus hauts revenus sont plus incertaines.

Le volume de dépenses est beaucoup plus homogène selon la taille de l'unité urbaine. Cela est le reflet d'une homogénéisation des modes de vie entre les zones peu denses et les grandes agglomérations. A noter cependant que l'hétérogénéité des volumes de dépenses a tendance à s'accroître dans les grandes agglomérations (plus de 200k habitants) et notamment dans la ville de Paris.

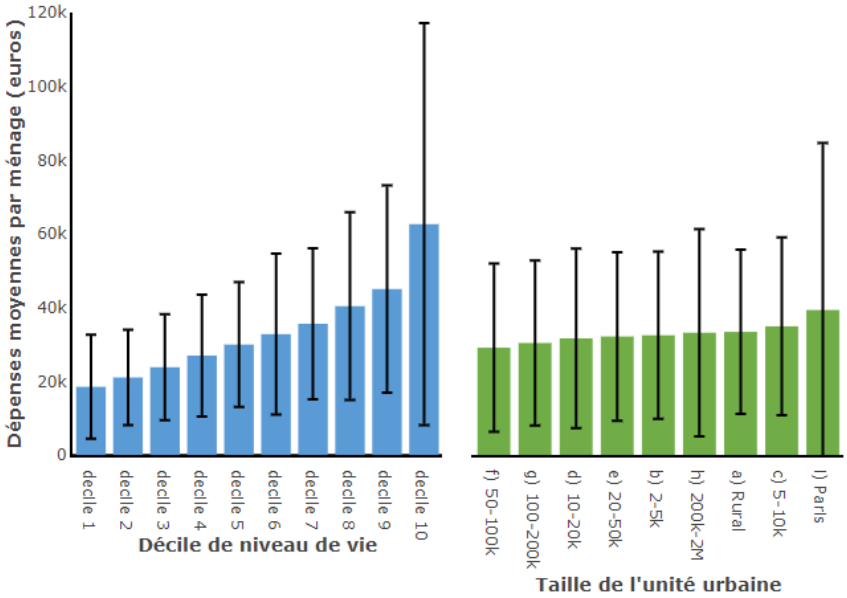


Figure 30: Inégalités de dépenses selon le décile de niveau de vie et la taille de l'unité urbaine

On peut dès lors se demander dans quelle mesure ces facteurs socio-économiques et les autres facteurs contribuent aux volumes de dépenses observés au plan national. La *Figure 31* illustre la contribution[28] des différents facteurs socio-économiques observés sur les dépenses des ménages, tous postes confondus et selon les postes de consommation. On observe que le décile de niveau de vie et le type de ménage sont des déterminants de premier ordre du niveau de dépense tous postes confondus et selon chaque poste de consommation.

Par exemple, dans la catégorie "tous postes confondus", parmi les huit facteurs socio-économiques étudiés, le décile de niveau de vie contribue à plus de 50% au volume de dépenses. On observe que ce niveau varie d'un poste à l'autre et ne se révèle pas être le poste prioritaire pour les vêtements et chaussures (25%), alors qu'il approche les 80% pour les dépenses d'ameublement et d'équipement ménager. Par ailleurs, certains facteurs de second ordre font des apparitions plus marquées comme le nombre d'automobiles dans les dépenses de transport (contribution à plus de 20%).

A noter toutefois que les variables socioéconomiques sont plus ou moins corrélées entre elles. Le niveau de vie est par exemple beaucoup plus corrélé[29] à la catégorie socioprofessionnelle qu'à l'âge (France Stratégie, 2018). Les perspectives de revenus à l'âge adulte augmentent avec le niveau de richesse du territoire d'origine (France Stratégie, 2020).

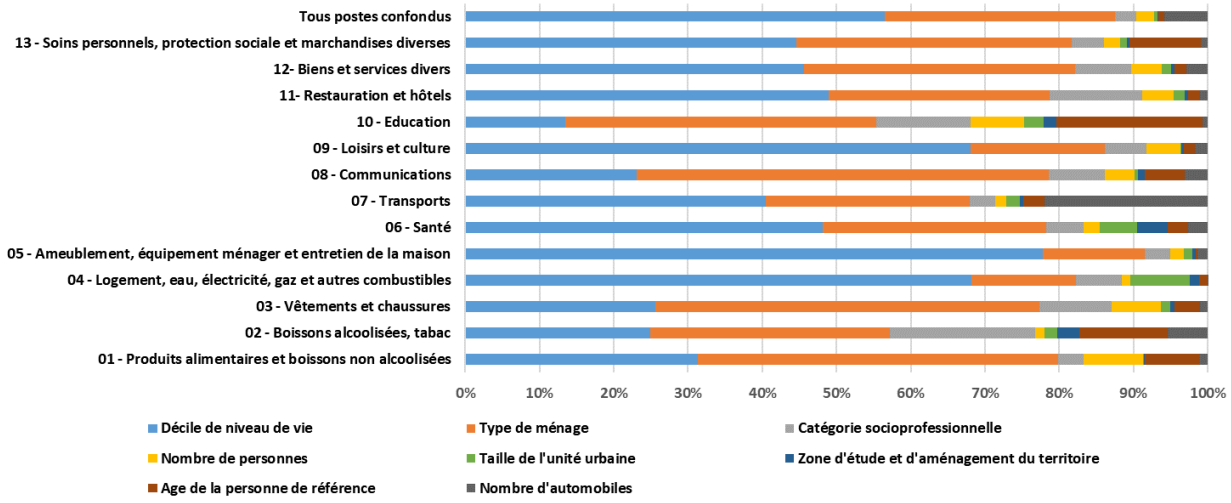


Figure 31 : Contribution des facteurs socio-économiques aux dépenses des ménages

Analyse des profils de dépenses selon les modalités de facteurs :

La Figure 32 décrit les profils de dépense moyens annuels selon les modalités de déciles de niveau de vie et selon la taille de l'unité urbaine.

A l'instar de ce qui a été observé concernant les volumes moyens de dépenses, l'homogénéité des profils selon la taille de l'unité urbaine reflète bien l'hétérogénéité territoriale des modes de vie. L'hétérogénéité des profils est beaucoup plus forte selon le décile de niveau de vie : la part de l'alimentation passe de 20% dans le décile 1 à 13% dans le décile 10, tandis que la part des prêts, crédits et assurances passe de 14% dans le décile 1 à 20% dans le décile 10.

[28] La contribution relative des facteurs socio-économiques a été obtenue à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA).

[29] Le rapport mentionne notamment qu'un enfant de cadre supérieur a « 4,5 fois plus de chances qu'un enfant d'ouvrier d'appartenir aux 20% les plus aisés.

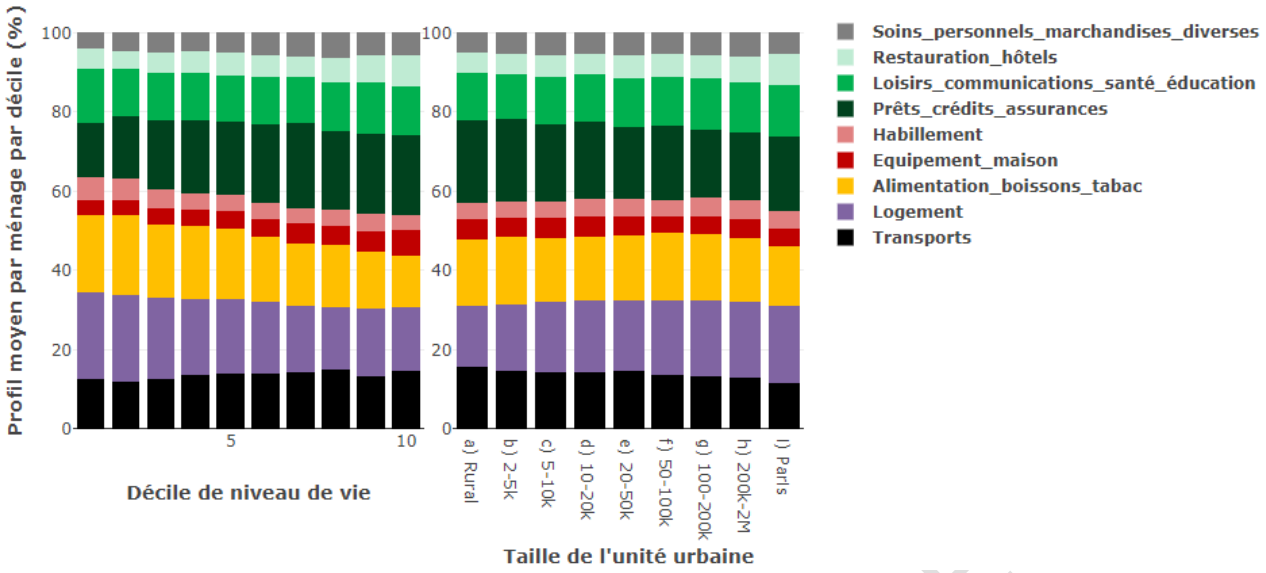


Figure 32 : Profils de dépense moyen annuels selon les déciles de niveau de vie et la taille de l'unité urbaine

Perspective : quels profils de dépense dans le futur

L'évolution de la société se reflète dans les changements de modes de vie qui se traduisent en une modification des pratiques qui elle-même se reflète dans les parts budgétaires par postes. Ainsi, l'étude de la consommation des ménages au travers des enquêtes ménages depuis bientôt deux siècles montre bien une évolution qui reflète les changements sociaux liés aux modifications des modes de vie au fil des générations.

On sait ainsi qu'au-delà des effets d'imitation dans l'échelle des revenus à un moment donné, les évolutions séculaires reflètent les grandes vagues de progrès techniques et les grandes innovations sociales qu'elles suscitent aux différentes périodes.

Dans cette perspective, se pose donc la question des évolutions futures des modes de vie, qu'elles soient spontanées ou incitées par différents instruments.

La théorie économique est largement aveugle sur ces changements : les préférences des consommateurs sont des données. Cependant, le modélisateur n'est pas démuni et ces changements de préférences peuvent être représentés de nombreuses manières, la plus directe étant la scénarisation. Une autre possibilité serait de changer les paramètres "comportementaux" des ménages sur l'horizon de projection.

PROVISOIRE - CONFIDE

5 Changement climatique – analyses détaillées

Dans cette section, une analyse plus détaillée des impacts associés aux chaines d'approvisionnement des produits (selon la classification COICOP) est proposée pour l'indicateur de l'impact sur le changement climatique (selon GWP, IPCC 2021).

Le but est de pouvoir mieux comprendre quels sont les constituants et les contributeurs des impacts environnementaux sur la consommation de biens et services. L'analyse détaillée se concentre ici hors alimentation, logements et transports, qui sont davantage documentés que les autres postes de consommation des ménages.

Rappel - Points méthodologiques (cf. section 2.4.1 pour plus de détails) :

Au sein de la base de données EXIOBASE, une distinction est opérée entre l'activité « A_ » et le marché « M_ ». À titre d'exemple, « A_CHEM » est l'activité produisant des produits chimiques (parfums, médicaments, espèces chimiques etc..) et est associée à une région ou pays particulier, il s'agit d'une activité de production. Son marché associé « M_CHEM » prend en compte les effets de transports ou des services de commerces/taxes et autres. De plus, le marché prend aussi en considération les origines des produits et donc des activités. Ainsi le marché « M_CHEM » pour la France (« M_CHEM|FR ») peut être constitué d'activités « A_CHEM » de différents pays – comme la Chine (« A_CHEM|CN »), la France (« A_CHEM|FR ») ou l'Allemagne (« A_CHEM|DE »). Cela est dû à toutes les mécaniques d'import/export.

Pour la catégorie d'impact sur le changement climatique, une analyse est fournie par vecteur de la demande française (ménages, État et ISBLSM), selon les catégories de produits COICOP (voir un exemple à la Figure 33). Puis, les trois catégories de produits COICOP qui sont les plus gros contributeurs, hors transports (COICOP 7), alimentation (COICOP 1 et 2) et logement (COICOP 4) sont sélectionnées. Une ACV/analyse de contribution est ensuite appliquée sur chacun de ces trois contributeurs pour mieux analyser leur impact environnemental.

5.1 Analyses de contribution (ACV)

La Figure 33 offre un aperçu de la distribution de l'impact sur le changement climatique de la consommation française selon les trois vecteurs de demande finale française (ménages, Etat et ISBLSM) et selon les différentes catégories COICOP de produits.

Attention ! L'échelle des valeurs entre les 3 graphiques diffère : celle des ménages français est bien plus élevée (10 fois plus) que ceux de l'État ou des ISBLSM français. Le but du graphique étant de comparer la distribution relative des impacts selon les catégories COICOP.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

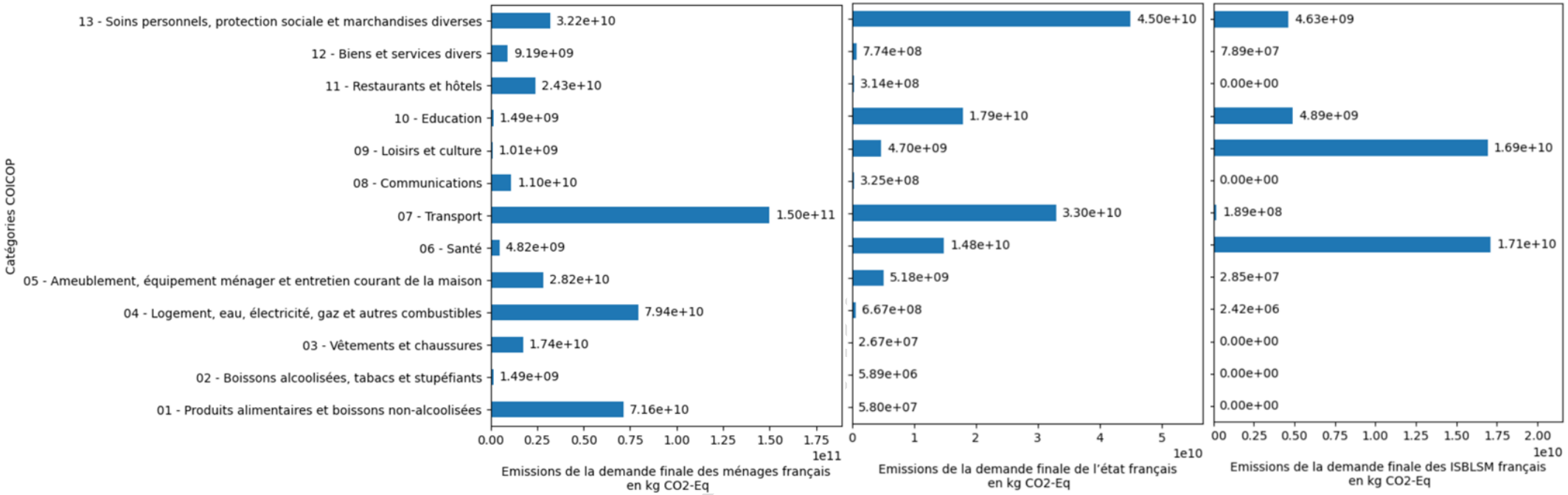


Figure 33: comparaison de la contribution à l'impact sur le changement climatique de chaque catégorie de produits COICOP consommée par les 3 vecteurs de demande finale française.

À ce titre, nous pouvons observer que :

- Le transport est un contributeur majeur aux impacts sur le changement climatique générés par la demande finale des ménages (premier contributeur avec $1{,}50 \times 10^{11}$ kg CO_2-éq) et de l'État (second contributeur avec $3{,}30 \times 10^{10}$ kg CO_2-éq), alors qu'il reste très faible pour les ISBLSM (avec $1{,}89 \times 10^{8}$ kg CO_2-éq). Si l'analyse de contribution remonte plus loin en amont des chaînes de production (voir Figure 102 en annexes), les émissions directes des activités de combustion de carburant constituent le plus grand contributeur – au moins un tiers – à ces émissions (principalement pour le transport routier, suivi de l'aérien). Le reste des émissions du transport se répartit entre le marché des voitures, les transports marins, ferroviaires.
- Les logements (eau, électricité, gaz, etc…) et l'alimentation sont respectivement les deuxièmes et troisièmes contributeurs aux impacts sur le changement climatique générés par la consommation finale des ménages français. Ces postes de consommation ont une influence beaucoup moins marquée pour l'État et les ISBLSM français.
- La santé (et ses services) joue un rôle relativement négligeable dans les impacts générés par les ménages français (avec $4{,}82 \times 10^{9}$ kg CO_2-éq). En revanche, la santé a une contribution importante aux impacts générés par l'État français (2nd contributeur avec $1{,}48 \times 10^{10}$ kg CO_2-éq) et encore plus importante pour ceux associés à la demande finale des ISBLSM français (1er contributeur avec $1{,}71 \times 10^{10}$ kg CO_2-éq). Nous observons un exemple ici des nuances qu'apportent le volume vs l'intensité. L'impact sur le changement climatique des services de santé sont plus élevés en valeurs absolues et en porportions relatives pour l'État que pour les ménages ne signifie pas que l'État est plus « malade » que les ménages et requiert par conséquent plus de services mais que la majorité des soins (coûts et services) sont portées par l'État.

PROVISOIRE

- Les soins personnels, protection sociale et marchandises diverses sont le plus gros contributeur de la demande finale de l'État français ($4{,}50 \times 10^{10}$ kg CO_2-éq) à l'impact sur le changement climatique.
- Enfin les loisirs et la culture sont le second contributeur de la demande finale des ISBLSM, juste derrière la santé, avec $1{,}69 \times 10^{10}$ kg CO_2-éq.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

La Figure 34 ci-dessous propose une comparaison de la contribution des produits COICOP à l'impact sur le changement climatique entre la demande finale des ménages français et celle de différents pays. L'objectif de cette analyse complémentaire est de comparer la répartition de l'impact sur le changement climatique entre les catégories de produits COICOP pour différents pays. Les pays choisis pour la comparaison sont les suivants :

- Les USA et la Chine, acteurs clés dans le contexte mondial, ils sont parmi les plus gros producteurs et consommateurs et ont un système de protection sociale très différents du système français.
- Le Royaume-Uni est choisi pour la similitude avec l'échelle française, que ce soit en termes de population (68,3 millions d'habitants en France en 2023 (INSEE, 2025) et en Grande-Bretagne (Office for National Statistics, 2024) ou de PIB (2 806 milliards d'euros en 2023 pour la France et 2 717 milliards de livre sterling en 2023 pour la Grande-Bretagne (Ministère de l'économie, 2025; UK Parliament, 2025)).

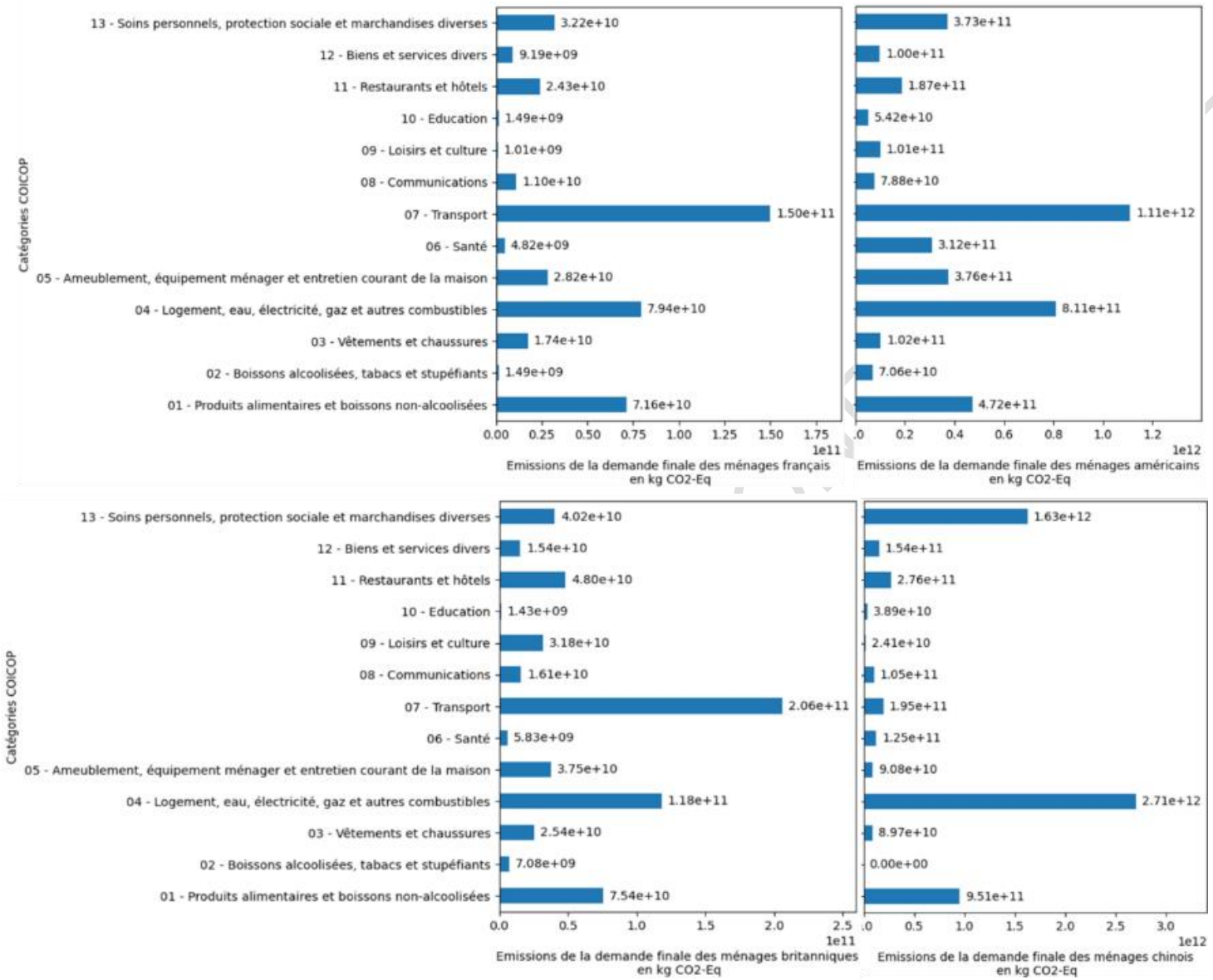
Les valeurs absolues affichées sur la Figure 34 ne sont pas comparables puisqu'elles ne sont pas rapportées à la population ou à un autre facteur qui pourrait permettre de comparer l'impact par pays. En effet, un pays comme la Chine possède une valeur d'impact sur le changement climatique bien plus importante que la France, mais elle se caractérise aussi par un territoire bien plus grand et une population bien plus importante que la France. Mais la Figure 34 permet de présenter pour chaque pays la contribution relative des différentes catégories de produits COICOP à l'impact sur le changement climatique.

Comme le montre la Figure 34, les catégories « 1/transport, 2/logement, 3/alimentation » sont les trois principaux contributeurs de l'impact au changement climatique en France, aux USA et au Royaume-Uni (avec des changements en valeur absolue évidemment). En revanche, une différence importante est à observer pour la Chine où le poste « 04 - logement/eau/gaz/électricité » est nettement le premier contributeur à l'impact sur le changement climatique, suivi du poste « 13 - soins personnels, protection sociale et marchandises diverses » puis « 01 - alimentation ». Une analyse de contribution remontant les chaînes de valeur du poste « 04 - logement » en Chine montre une influence beaucoup plus significative de la demande des ménages chinois en électricité (38% alors que la France est à environ 8%), qui s'explique par le fait que l'électricité en Chine est principalement produite à partir de charbon (ce qui lui confère une intensité carbone bien plus importante). Le marché des services de traitements déchets semble aussi avoir une contribution importante en Chine et constitue un autre facteur explicatif de la contribution importante du poste « 04 - logement » en Chine. Ces informations peuvent être vues dans la Figure 103 mais ne seront pas développées plus en avant, puisque situé en dehors du cadre d'étude du projet[30].

On observe également que la contribution des catégories « 13 - soins personnels, protection sociale et autres marchandises » et « 06 - Santé » à l'impact sur le changement climatique généré par la demande finale des ménages est plus importante aux Etats-Unis (respectivement 4ème et 6ème poste de contribution) et en Chine (respectivement 2ème et 6ème poste de contribution) qu'en France (respectivement 4ème et 9ème poste de contribution) où ces postes sont attribués aux administrations publiques et aux ISBLSM.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

[30] À ce propos, l'attribution des services de traitement des déchets peut être de nouveau discutée : la classification COICOP ne possède pas de catégorie claire de traitement des déchets alimentaires et la plupart des systèmes de traitements des déchets sont reliés à la catégorie « logements/eau/électricité/gaz » (catégorie 4).



Note de lecture : Les valeurs absolues ne sont pas pertinentes pour la comparaison puisqu'elles ne sont pas rapportées à la population ou un autre facteur qui pourrait permettre de comparer l'impact entre pays.

Figure 34 : comparaison de la distribution de l'impact changement climatique par catégorie de produits COICOP consommés par la demande finale des ménages français, américains (USA), britanniques (GB), et chinois (GWP)

5.1.1 Les ménages français

Pour analyser plus en détail l'impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages français (cf. Figure 33), des analyses de contribution ont été effectuées en ne considérant que la nomenclature d'activités EXIOBASE (sans chercher à les catégoriser dans un groupe COICOP).

Dans un premier temps, une **analyse de contribution de type « ACV standard »** a été réalisée et **permet d'évaluer l'impact direct sur le changement climatique de chaque activité sans considérer la propagation des impacts dans les chaines amont**. Les 10 premiers contributeurs, avec leurs valeurs, sont affichés dans le Tableau 8. Le but ici étant d'offrir une autre perspective à l'analyse des résultats de la Figure 33. **Lorsque l'on examine les impacts directs, les activités auxiliaires de combustion et le bétail** (avec une prédominance d'émissions de méthane ou de diazote) **sont les plus grands contributeurs** aux GES générés par la demande des ménages.

Nous pouvons également observer qu'une majorité des impacts directs proviennent d'activités localisées en France (à voir dans la colonne BONSAI_code) sauf 2 activités provenant de la Chine (production d'électricité par charbon et combustion d'autres charbons bitumineux).

Comme le Tableau 8 l'indique, tous les contributeurs sont associés à des activités de combustion de carburants ou à la production de viande. Toutefois, l'activité « production d'électricité par le charbon » (en provenance de Chine) pourrait être multiple dans son usage (i.e. utilisée pour produire différentes catégories de produits). Mais une ACV de type « standard » sur cette activité montre que l'usage principal est la production directe d'électricité par le charbon.

Tableau 8: Top 10 des activités contributrices à l'impact sur le changement climatique pour répondre à la consommation française des ménages (« ACV standard »)

Activité	**Quantité (kg CO_2-eq)**	**BONSAI_code**
Gas/Diesel Oil, combustion of	5.75E+10	EF_DOIL|FR
Natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying, combustion of	3.70E+10	EF_GASE|FR
cattle meat	1.89E+10	A_ICatmeat|FR
Kerosene Type Jet Fuel, combustion of	1.13E+10	EF_KJET|FR
electricity by coal	9.90E+09	A_POWC|CN
Motor Gasoline, combustion of	7.71E+09	EF_MGSL|FR
cattle meat	6.82E+09	A_ICatmeat|FR
Other Bituminous Coal, combustion of	6.39E+09	EF_OTBC|CN
Gas/Diesel Oil, combustion of	6.06E+09	EF_DOIL|FR
chemicals nec	5.57^{E}+09	A_CHEM|FR

Note de lecture du tableau :

L'activité de production de viande de bétail (« cattle meat ») apparaît 2 fois :
- la première fois (valeur associée : 1,89x10^{10} kg CO_2-eq) est reliée aux émissions de méthane ;
- la deuxième fois (valeur associée : 6,82x10^{9} kg CO_2-eq) est reliée aux émissions de monoxyde de diazote.

De même pour l'activité de gaz, diesel et pétrole (« Gas/Diesel Oil, combustion of ») :
- la première fois (valeur associée : 5,75x10^{10} kg CO_2-eq) est reliée aux émissions de dioxyde de carbone ;
- la deuxième fois (valeur associée : 6,06x10^{9} kg CO_2-eq) est reliée aux émissions de monoxyde de diazote.

La Figure 35 représente la décomposition de la demande finale des ménages français (à droite) selon les différents produits EXIOBASE (à gauche), sans passer par l'étape de correspondance avec COICOP. Nous pouvons voir qu'un tel graphique rend l'interprétation particulièrement délicate et peu lisible, due à une désagrégation très forte. Une autre représentation graphique, à partir d'un regroupement des produits EXIOBASE (hors transport/alimentation/logement) est disponible en annexe 9.6.2.1.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

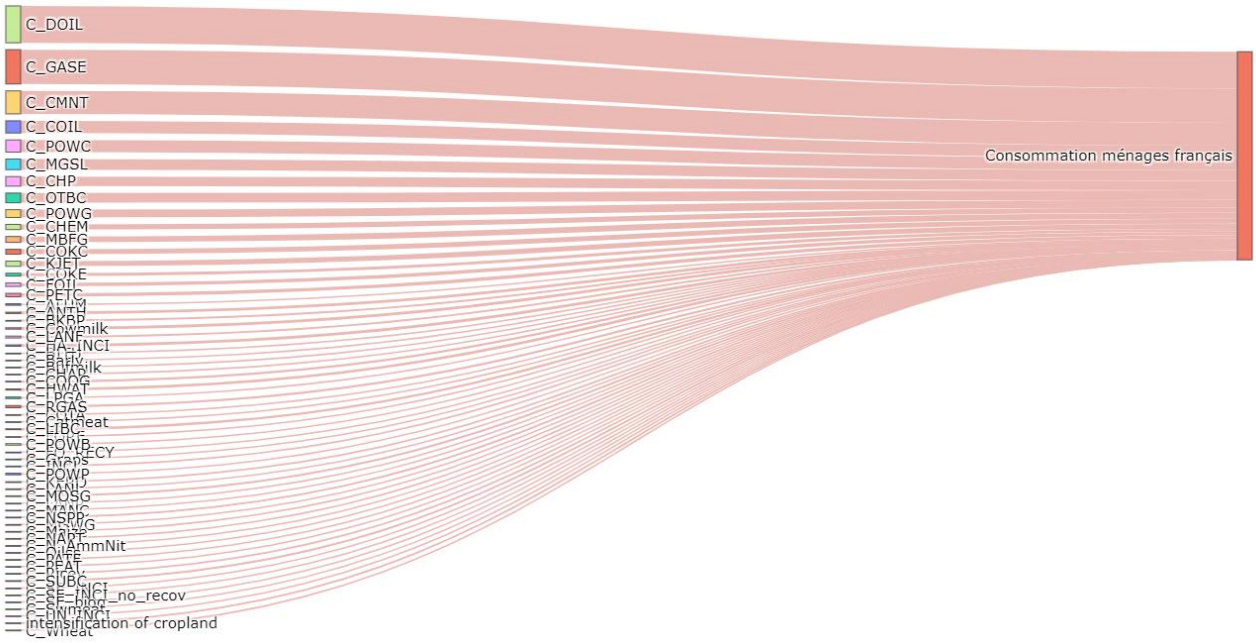


Figure 35 : Contribution des produits/activités d'EXIOBASE à l'impact induit par la demande finale des ménages sur le changement climatique (en kg CO_2-éq.)

Dans un second temps, une ACV de type récursive (option existante dans Brightway) a été réalisée et permet d'obtenir une analyse de contribution par produit/service de la demande finale des ménages français. **L'analyse récursive remonte toute la chaîne d'approvisionnement, en calculant l'impact cumulé de chaque activité**.

Tableau 9: top 10 des produits/services consommés par la demande finale des ménages français contribuant à l'impact sur le changement climatique (IPCC 2021, ACV récursive) – F_HOUS|FR

Nom du marché	**Résultat (en kg CO_2-éq)**	**fraction**	**Code du marché**
other land transportation services	6.92E+10	15.54%	M_TLND|FR
fuel mix and combustion for households	5.97E+10	13.40%	M_heat_HOUS|FR
beef meat processed (boneless)	4.89E+10	10.98%	M_Beef_veal|FR
air transport services	2.96E+10	6.64%	M_TAIR|FR
real estate services	2.73E+10	6.13%	M_REAL|FR
hotel and restaurant services	2.52E+10	5.66%	M_HORE|FR
cars	1.68E+10	3.78%	M_auto|FR
wearing apparel; furs	1.27E+10	2.85%	M_GARM|FR
fish and other fishing products; services incidental of fishing	1.12E+10	2.53%	M_FISH|FR
office machinery and computers	1.12E+10	2.51%	M_OFMA|FR

Le Tableau 9 montre que les **transports, le chauffage et l'alimentation** (viande de bœuf puis pêche) **sont les principaux contributeurs** à l'impacts sur le changement climatique (53% des émissions de GES associée à la demande finale des ménages français), Les quatre produits/ services qui contribuent le plus au changement climatique – hors alimentation, logement et transport – sont ensuite :

1. Les services de l'immobilier pour 6,13% des émissions de GES
2. Les services d'hôtellerie et de restauration pour 5,66%
3. Les vêtements et fourrures pour 2,85%.
4. Les équipements de bureaux et ordinateurs pour 2,51%

PROVISOIRE CONFID

Il est à noter que les valeurs absolues pour ces produits contributeurs restent particulièrement faibles (aux alentours 3-6%).

Dans la suite de cette section, les résultats des analyses de contributions sont présentés sous la forme de diagramme de type Sankey, avec à droite la demande finale des ménages français par catégorie COICOP et à gauche la décomposition de la chaine d'approvisionnement selon la nomenclature EXIOBASE. Une note explicative pour la lecture et l'interprétation de ces diagrammes est disponible dans l'encadré ci-après.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

NOTE POUR L'INTERPRETATION DES DIAGRAMMES DE TYPE SANKEY AVEC LA CLASSIFICATION COICOP EN « TARGET » (A DROITE) ET LA NOMENCLATURE EXIOBASE EN SOURCE (A GAUCHE) (EXEMPLE : FIGURE 40).

Les diagrammes ci-dessous associent des résultats ACV de la base de données Exiobase avec la nomenclature des produits COICOP.

Par défaut, pour chaque diagramme, le niveau de désagrégation en amont des activités de production (nomenclature EXIOBASE) en « source » est fixé à 4, ce qui offre un équilibre entre niveau de détail et clarté (mais c'est une valeur qui peut être ajustée arbitrairement dans l'outil). Ce niveau de désagrégation se matérialise par les 4 niveaux de bandes situé à gauche du target dans le diagramme.

Parfois, les émissions directes de l'activité (ou « contributions directes » ou « Direct contributions ») s'ajoutent comme dans la Figure 36 ci-dessous (capture d'écran de la Figure 40) :

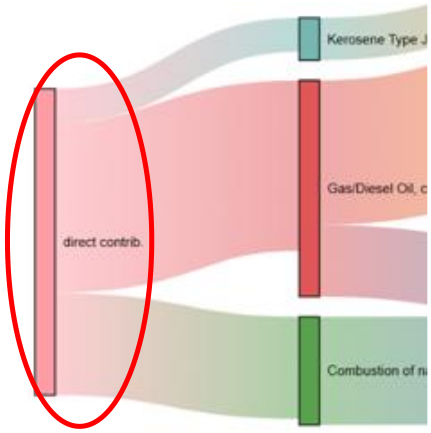


Figure 36: Capture d'écran illustrant des contributions directes

Les contributions directes concernent les émissions provenant directement des procédés eux-mêmes (par exemple des émissions de CO_2 provenant de la combustion) et non d'impact endogénéisé dû à des processus en amont. À ce titre, les contributions directes ne sont pas considérées comme un niveau supplémentaire de désagrégation : nous pouvons avoir dans un graphique 5 bandes, mais l'une d'entre elles est celle des émissions directes, et le niveau d'analyse en amont est toujours placé à 4 par défaut.

En revanche, le niveau de désagrégation dans les diagrammes peut parfois être limité par un **effet de boucle.** Par exemple : une activité d'extraction de charbon peut requérir de l'électricité, qui elle-même peut être produite à partir de charbon, comme présentée dans la Figure 37 ci-dessous (schéma illustratif) :

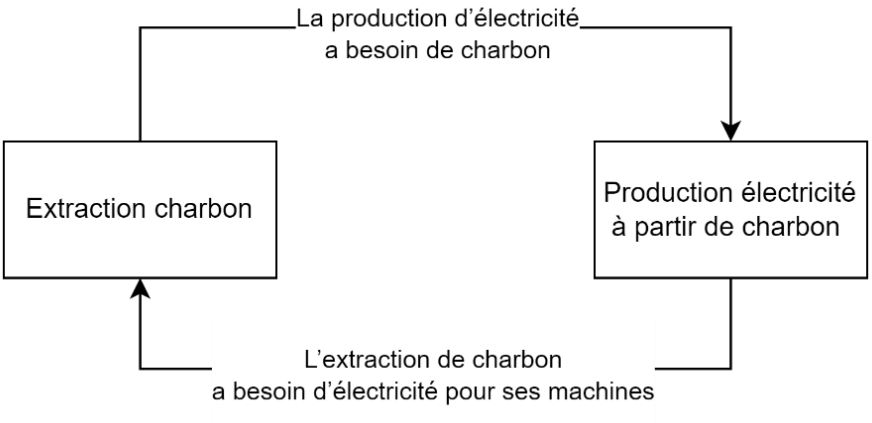


Figure 37: Exemple d'effet de boucle avec des activités de production (caractère illustratif)

Ces effets de boucle ne peuvent pas être correctement représentées dans des diagrammes de type Sankey sans devenir illisibles ou sans reconsidérer complètement la représentation graphique. C'est pourquoi certains diagrammes s'arrêtent à un niveau de désagrégation inférieur à 4 niveaux (comme la Figure 41 qui n'en possède

Par ailleurs, pour chaque diagramme de contribution, un niveau de « cut-off » est défini. Ce « cut-off » définit la valeur relative de contribution en dessous de laquelle le flux associé n'est plus montré et n'est plus subdivisé en amont. Par exemple, si une valeur de « cut-off » est défini à 2%, cela signifie que toutes les contributions à l'impact qui représentent un pourcentage inférieur à 2% ne sont pas désagrégés. Visuellement, cela se traduit par des « espaces blancs » dans les figures d'analyse de contribution, comme dans l'exemple ci-dessous :

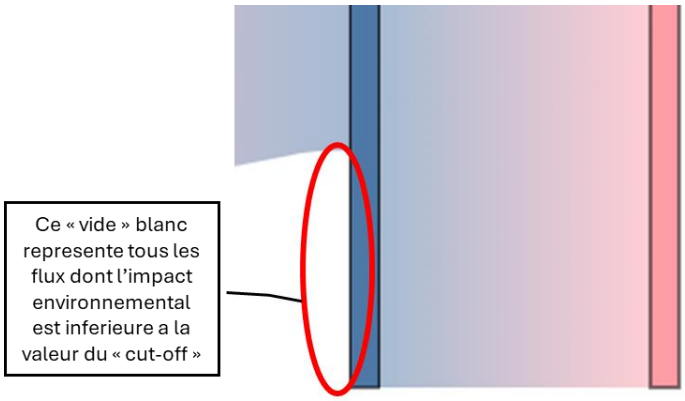


Figure 38: Exemple d'espace blanc dans un diagramme de type Sankey dans les analyses de contribution

Autrement dit, le « vide » blanc ne signifie pas qu'une partie de l'impact n'est pas calculé ou pris en compte, mais indique que tous les flux en amont ont un impact environnemental inférieur à la valeur du « cut-off ». Si cette dernière était davantage abaissée, nous obtiendrions une figure de la forme suivante :

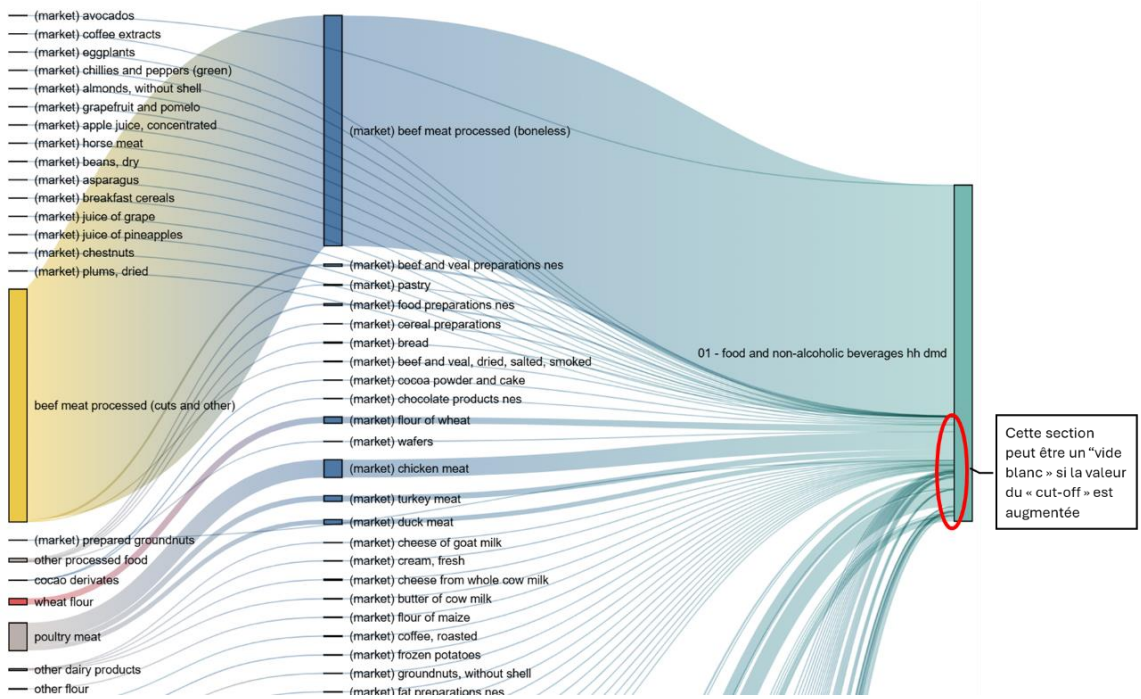


Figure 39: exemple de diagramme de type Sankey avec une valeur de "cut-off" bien plus faible et par conséquent une désagrégation bien plus forte, ce qui rend le graphique plus difficilement lisible

Plus la valeur du « cut-off » est faible, plus les calculs sont longs mais plus les résultats sont détaillés. Le diagramme Sankey peut alors rapidement devenir illisible, encombré par des contributions négligeables pour partie. À titre illustratif, un diagramme de Sankey particulièrement désagrégé est présenté en Figure 95 en annexe (valeur de cut-off » à 0,0000002). **Par défaut, la valeur de « cut off » des diagrammes est fixée par défaut à 2%.**

La Figure 40 permet de détailler, sous la forme d'un diagramme de type Sankey, la distribution de l'impact sur le changement climatique de chaque catégorie de produit COICOP consommée par les ménages français (à droite) le long des chaines d'approvisionnement de chaque catégorie de produit. Les largeurs des flux représentent l'importance relative de chaque contribution à l'impact sur le changement climatique. A noter que les résultats de la Figure 40 dépendent aussi de la correspondance retenue entre les classifications COICOP et EXIOBASE.

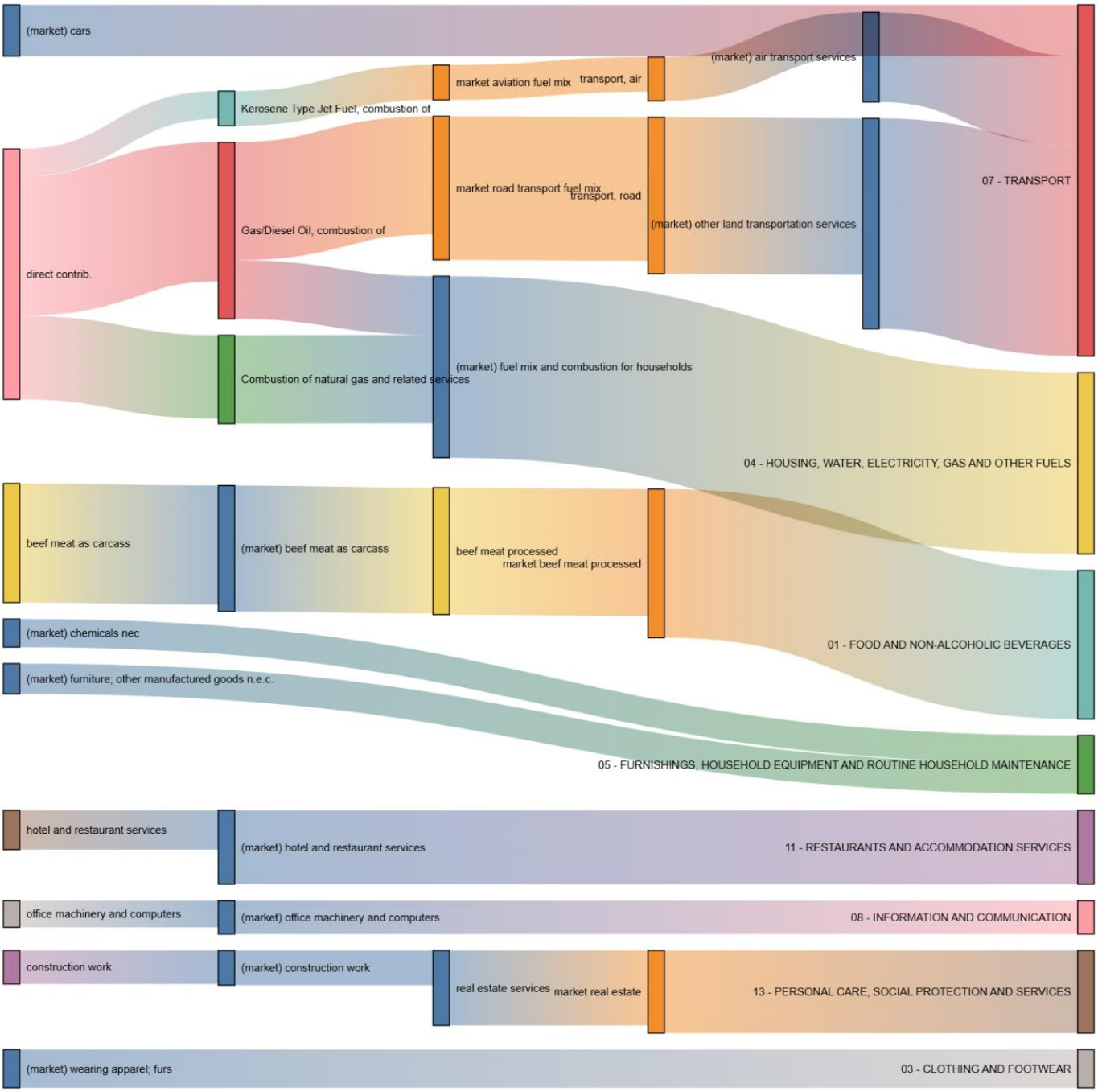


Figure 40: Sankey avec les catégories COICOP de produits consommés par les ménages français à droite (en « target ») et la nomenclature EXIOBASE pour tous les contributeurs (en « source »)

Nous pouvons ainsi voir que :

- Le transport est la catégorie COICOP qui contribue majoritairement à l'impact sur le changement climatique avec 150 Mtonnes de CO_2-éq.
- Suivi de la catégorie logement/eau/électricité/gaz et autres combustibles en seconde position, avec 79,4 Mtonnes de CO_2-éq.

- Puis en troisième position la catégorie des produits alimentaires et boissons non-alcoolisées avec 71,6 Mtonnes de CO_2-éq.

Ces trois principaux contributeurs sont déjà relativement connus/étudiés. Dans le cadre de ce projet, nous allons donc nous focaliser sur les autres catégories de produits consommés par les ménages français (cette remarque est valable pour toutes les sections suivantes).

Une note concernant la catégorie 4 de COICOP_2018 sur les logements : si les activités de construction de bâtiments n'apparaissent pas directement sur le graphique, cela est dû à l'endogénéisation du capital effectué au sein d'EXIOBASE. Par ailleurs, si les activités de construction d'EXIOBASE (code : « C_CONS ») ont été reliés à la catégorie COIOCP 4 (« le logement, l'eau, l'électricité, le gaz et les autres combustibles »), les services immobiliers sont quant à eux reliés à la catégorie COICOP13 (« soins personnels, protection sociale et divers biens »).[31]

Les trois catégories de focus pour une analyse plus détaillée sont donc :

1. Les soins personnels, protection sociale et marchandises diverses à 32,2 Mtonnes de CO_2-éq.
2. L'ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison, à 28,2 Mtonnes de CO_2-éq.
3. Les restaurants et hôtels à 24,3 Mtonnes de CO_2-éq.

5.1.1.1 Focus sur les soins personnels, protection sociale et autres biens et services

Comme vu précédemment, les « soins personnels, protection sociale et autres biens et services » ont un impact sur le changement climatique à hauteur de 32,2 Mtonnes de CO_2-éq.

Une ACV récursive est appliquée sur la demande française des ménages pour cette catégorie COICOP, à laquelle est associée diverses activités EXIOBASE (cf. la correspondance). À partir de cette ACV, nous pouvons obtenir le diagramme Sankey suivant (comme mentionné précédemment dans le point méthodologique – cf. Section 5.1.1–, des effets de boucle empêchent de réaliser des diagrammes de type Sankey à un niveau supérieur à 2) :

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

[31] Au sein de la description de COICOP 2018 (lien), le seul cas où les services immobiliers sont mentionnés est au sein de la catégorie 13.9 (« *Other services (S)* ») : « *payment for the services of estate agents, housing agents, auctioneers, salesroom operators and other intermediaries;* »

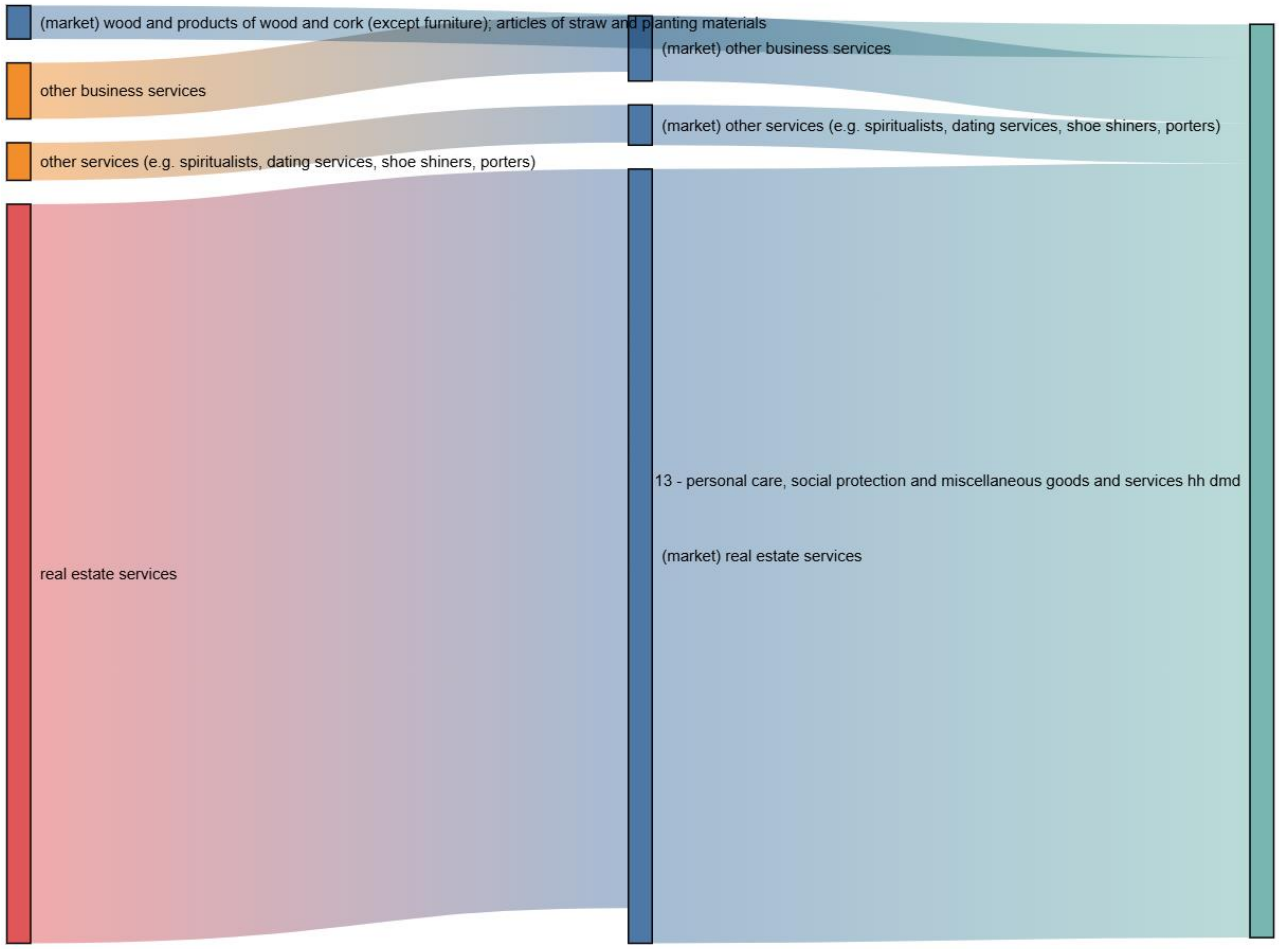


Figure 41 : Décomposition de l'impact sur le changement climatique selon la chaine d'approvisionnement associée à la satisfaction de la demande finale des ménages en « soins personnels, protection sociale et autres biens et services » (en kg CO_2-éq.)

PROVISOIRE

Le principal contributeur au changement climatique dans la chaine de production des « soins personnels, protection sociale et marchandises diverses » consommés par les ménages est les services immobiliers à 85%. Et dans la Figure 41 nous pouvons également observer que le contributeur majoritaire du marché des services immobiliers reste son activité associée ('A_REAL|FR').

Pour aller plus loin dans l'analyse, une analyse de contribution (ACV de type récursive) a été effectuée sur le marché des services immobiliers (« M_REAL|FR »), tous vecteurs de demande confondus[32]. Les résultats sont présentés en annexe 9.7.1 et mettent en évidence que plus de 95% de l'impact est associé aux activités des services immobiliers (à 91% en France, les pourcents restants étant partagés entre les activités de services immobiliers de plusieurs pays étrangers). Une ACV de type récursive a donc également été réalisée sur les activités de services immobiliers « A_REAL|FR » (pour rappel, EXIOBASE fait la distinction entre marché et activité, un marché étant composé de plusieurs activités).

Les résultats sont présentés dans la Figure 42, et détaillés en annexe 9.7.1 (Tableau 18). Nous observons que **les contributeurs majoritaires aux émissions de GES émises par les activités de services immobiliers sont les travaux de construction** à 46,36%, **puis les services d'intermédiation financière** (à l'exception des services d'assurance et de caisses de retraite) à 11,14% (« M_FINT »). La catégorie « Others » représente tous les flux dont leur contribution en impact changement climatique est inférieure à 10%, dont les voitures à 6,07%.

Une analyse de contributions supplémentaire, de type ACV récursive, sur les activités de production de travaux de construction (annexe 9.7.9), montre que le groupement « ciment, chaux et plâtre » contribue le plus à l'impact sur le changement climatique des travaux de construction, avec une contribution à environ 23%. On

[32] A noter que si on considérait un vecteur de demande finale particulier (ménages, État ou ISBLSM), les valeurs absolues changeraient mais les proportions resteraient les mêmes.

retrouve ensuite les activités de travaux de construction (il y a un effet de boucle). Les autres contributions sont inférieures à 7% (combustibles fossiles, acier et premiers produits dérivés).

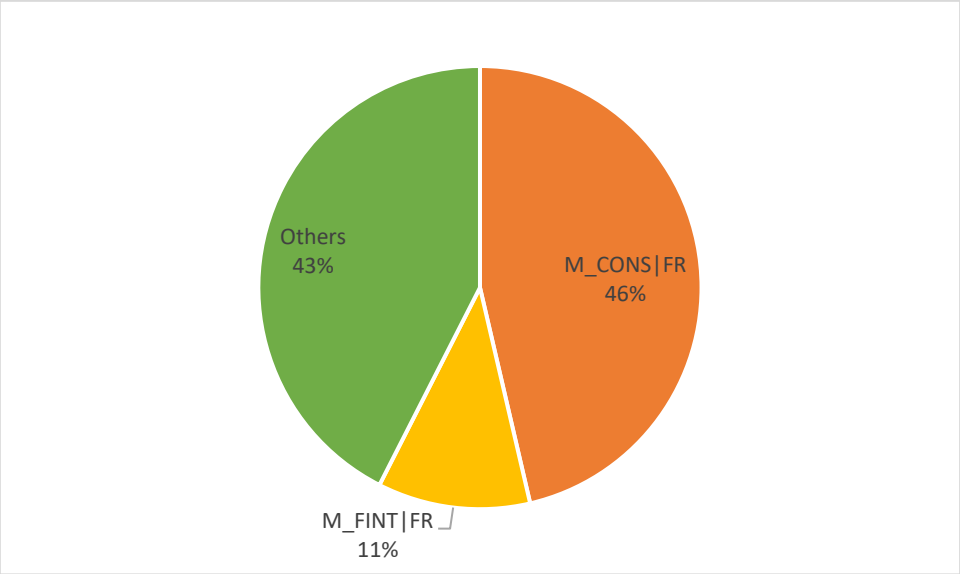


Figure 42: contributeurs relatifs des activités de services immobiliers inclus dans la demande finale des ménages français (ACV récursive) en impact changement climatique

L'activité des travaux de construction au sein d'EXIOBASE est définie à partir de la classification NACE rev2, et plus précisément des divisions 41, 42 et 43, regroupant les constructions de bâtiments aussi divers que :

- Immeubles d'habitation
- Bâtiments pour production industrielle
- Hôpitaux
- Écoles
- Magasins (centre commerciaux et boutiques)
- Salles de sports
- Bâtiments religieux

Cette activité « travaux de construction » est construite au sein d'EXIOBASE à partir de tableaux dits monétaires et si EXIOBASE peut permettre de désagréger l'impact de l'activité des travaux de construction en termes de flux matière, il ne permet pas de le désagréger selon les types de bâtiments. Cette limite d'EXIOBASE est ici une voie possible d'amélioration dans le cadre d'un futur projet.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Mesures à préconiser :

Les résultats mettent en évidence que **le principal contributeur** aux émissions de GES générées par la consommation des ménages français en « soins personnels, protection sociale, autres biens et services » est les **Services immobiliers**. Et que les émissions des services immobiliers sont elles-mêmes majoritairement dues aux **activités de travaux de construction** sur lesquelles des mesures peuvent être préconisées.

En effet, pour réduire son impact sur le changement climatique, le secteur du bâtiment a rédigé une feuille de route de décarbonation en 2023, avec l'identification de 25 leviers de décarbonation, comme, par exemple (MEET, 2023) :

- Accélérer le recours aux composants bas-carbone : accompagner les industriels et les entreprises dans l'innovation (et réemploi), créer des plans nationaux propices à la recherche prénormative, soutenir les démarches d'Appréciation Technique d'Expérimentation (ATex), Avis Technique (ATec) ou Évaluation Technique Européenne (ETE), etc.
- Généraliser les actions des industriels en faveur de la décarbonation de procédés : permettre un accès facilité aux énergies décarbonées, compétitives et stables (cadre réglementaire favorable, aide aux investissements, incitations fiscales), préparer le déploiement des technologies de rupture de demain, pérenniser les mécanismes de soutien aux projets de décarbonation.
- Optimiser la surface construite : favoriser le développement de programmes ou la réhabilitation avec espaces partagés favorisant la vie communautaire, harmoniser les réglementations et les règles d'assurance pour faciliter la mutualisation d'espaces, etc.
- Renforcer l'exigence d'efficacité de la rénovation : optimiser les matériaux utilisés lors des travaux pour réduire leurs impacts sur les GES et viser l'efficacité de l'exploitation du bâtiment en termes de consommation après les travaux, etc.

5.1.1.2 Focus sur la catégorie « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement »

La catégorie COICOP « 05 - Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » associée à la demande des ménages français a un impact sur le changement climatique à hauteur de 28,2 Mtonnes de CO_2-éq.

Une ACV est appliquée à cette catégorie COICOP (la 5) à laquelle est associée diverses activités EXIOBASE (cf. la correspondance disponible dans le GitHub). À partir de cette ACV, nous pouvons obtenir le diagramme Sankey suivant :

PROVISOIRE - CO

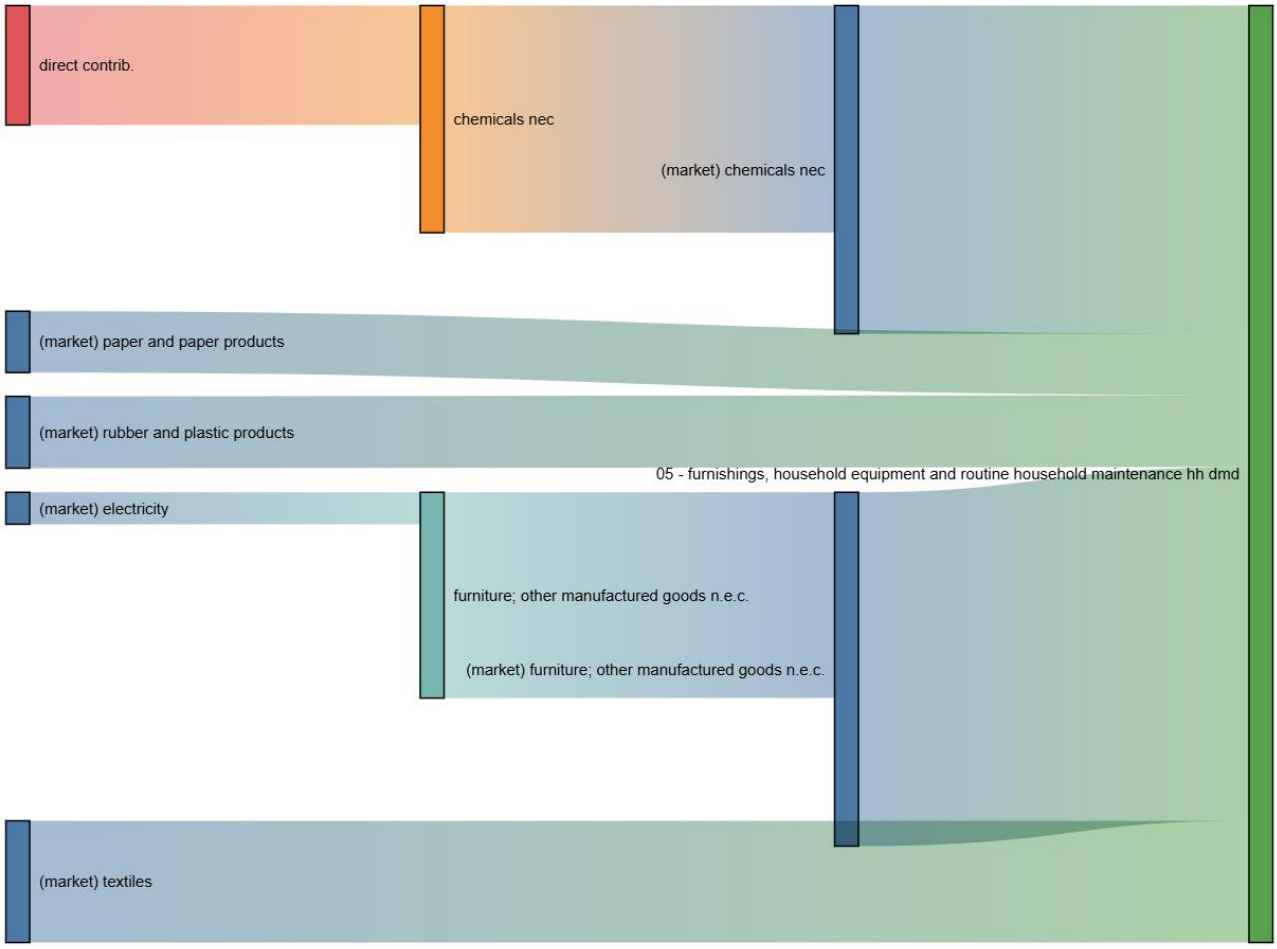


Figure 43: Décomposition de l'impact sur le changement climatique selon la chaine d'approvisionnement associée à la satisfaction de la demande finale des ménages en « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » (en kg CO2-éq)

PROVISOIRE

Comme nous pouvons le voir dans la Figure 43 ci-dessus, **la production de biens manufacturés et de produits chimiques sont les plus gros contributeurs** en proportions quasi-égales, respectivement à 35,8% et 33,3%.

En ce qui concerne la production de produits chimiques, il est à noter que qu'elle regroupe un assez large spectre de produits (voir annexe 9.8.2) allant d'espèces chimiques spécifiques (acide carboxylique, anhydride, composés organo-sulfurés...) à des produits pharmaceutiques (vitamines, médicaments à usage thérapeutique), des produits de toilettes (savon, parfums…) ou encore des produits d'impression (encre d'écriture, matière colorée, peintures…). L**'essentiel des émissions associées aux produits chimiques provient des émissions directes des procédés de production associés.**

Pour la production de biens manufacturés, seule la production d'électricité possède une contribution non négligeable en impact de changement climatique, tous les autres procédés possédant une contribution en impact de changement climatique inférieure à 2% (valeur de « cut-off » de référence). Une analyse ACV récursive montre un effet de boucle avec une contribution importante avec l'activité associée (plus de 80%). L'effet de boucle signifie ici que l'activité de « production de meubles et autres produits manufacturés » fait appel au marché qui lui est précisément associé. Par exemple, pour entretenir un meuble, il y a une consommation d'équipement ménager. Une nouvelle limite de la modélisation de la base de données EXIOBASE est atteinte ici avec l'activité « A_FURN » qui regroupe un ensemble d'activités de production en « meubles et autres biens manufacturés » (cf. section annexe 9.8.1 pour plus de détails). A noter que l'activité de production française n'est pas le contributeur majoritaire à l'impact sur le changement climatique du marché des produits manufacturés : elle représente la 10ème contribution (du fait d'un mix faiblement carboné) derrière la Chine, plusieurs pays européens (e.g. Grande Bretagne, Espagne, Italie, Luxembourg, Allemagne) ou certains pays asiatiques (Indonésie, Japon). La décarbonation du marché des biens manufacturés est donc très dépendante des importations.

Des contributeurs plus faibles, mais notables, sont listés ci-après par ordre décroissant :

- le marché du textile (à 12,3%), où il y a de nouveau un effet de boucle avec l'activité de production de textiles (contribution à 36.8%), avec une forte contribution des activités de production de textiles des pays asiatiques (cf. annexe 9.7.4). Toutefois, l'activité de production de produits chimiques non-classés contribue à hauteur de 17.5% à l'impact de l'activité de production française du textile sur le changement climatique. Les autres contributeurs sont partagés entre services de transports, carburants, etc.
- le marché des produits plastiques et caoutchouc : le contributeur majoritaire quand on remonte la chaine d'approvisionnement du marché des produits plastiques et caoutchouc est la production de plastique (à 35,4%) alors que la production de caoutchouc est à 24,1%. L'utilisation de carburant pour l'industrie contribue à hauteur de 24,6% et les produits chimiques à 8,4%.
- le marché des produits papiers. Dans cette activité, les deux contributeurs notables sont la production de pâte à papier (« pulp » en anglais) à 37,6% et la combustion de carburants pour l'industrie papetière (à 28,5%).

Une analyse de contribution « ACV standard » (cf. Tableau 25) de la demande finale des ménages français en « ameublement et équipements ménagers » indique que la production d'espèces chimiques en France est le plus gros contributeur à hauteur de 9,39% à l'impact du changement climatique de ce poste de demande. Viennent ensuite la production d'électricité (à base de charbon) et la combustion de charbons bitumeux – tous deux provenant de la Chine, respectivement à 3,72% et 3,50%.

Une analyse supplémentaire de contribution de la demande en « ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison » ne ferait que représenter de nouveau les mêmes proportions (avec des valeurs absolues plus faibles) et ne fournirait pas d'informations supplémentaires. Une analyse plus orientée vers EXIOBASE peut être complémentaire et fournir d'autres détails (cf. Section 9.7.3).

Mesures à préconiser :

La catégorie « 06 - Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » se caractérise par une dispersion des émissions le long des chaines d'approvisionnement. Dans ce cas, il est plus délicat de dégager une tendance globale ou claire. Cependant, une ACV « standard » montre qu'une proportion non négligeable des produits consommés dans « l'ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » provient de Chine avec une intensité carbone en électricité ou industrielle élevée. À ce titre, en axes directeurs :

- Limiter les imports de produits/services provenant de pays à intensité carbone élevé ou soutenir des projets à empreinte environnementale plus faible (par exemple : soutenir une usine de production utilisant des énergies renouvelables au lieu du charbon ou du gaz naturel).
- La production chimique reste un secteur de focalisation pour décarboner les procédés. Nous touchons ici aux limites de modélisation d'Exiobase (cf. section annexe 9.8.2).
- Autres axes potentiels à désagréger : le textile (produits chimiques), le papier (surtout la pâte à papier), le caoutchouc/plastique.

5.1.1.3 Focus sur les restaurants et services d'accommodation

La catégorie COICOP « restaurants et services d'accommodation » associée à la demande des ménages français a un impact sur le changement climatique à hauteur de 24,3 Mtonnes de CO_2-éq.

À partir d'une ACV appliquée à cette demande, nous obtenons le diagramme Sankey suivant :

PROJET CONFIDENTIEL

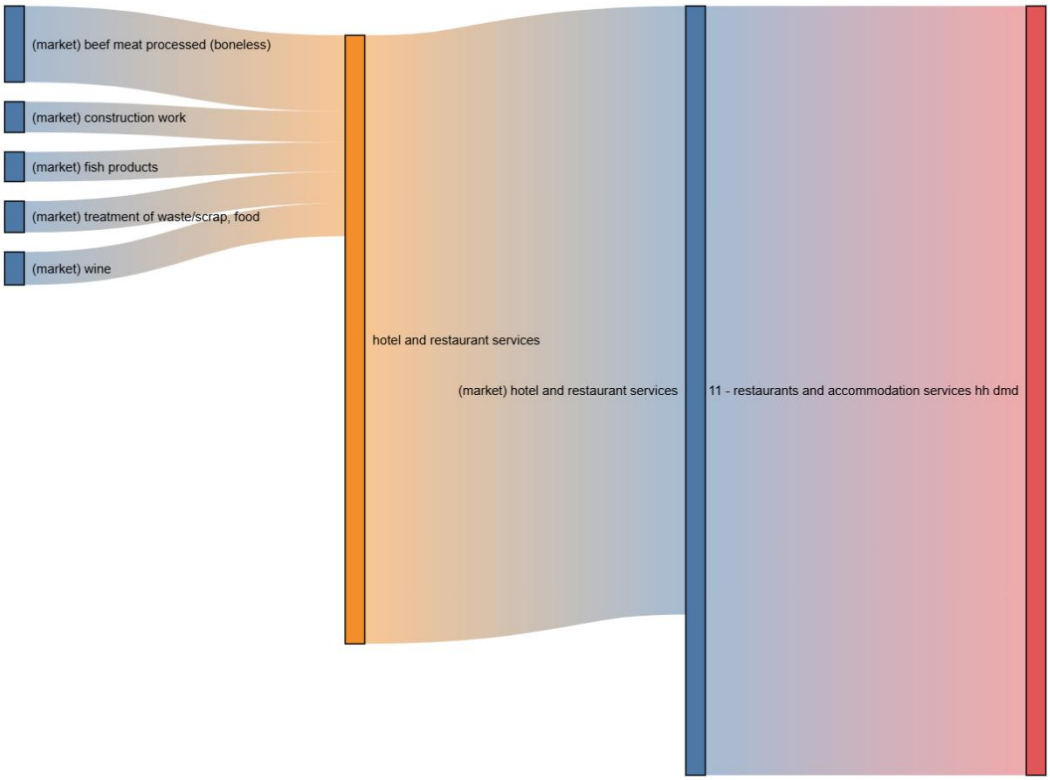


Figure 44 : Décomposition de l'impact sur le changement climatique selon la chaine d'approvisionnement associée à la satisfaction de la demande finale des ménages en services de « restaurants et services d'accommodation » (en kg CO_2-éq.)

En ce qui concerne cette catégorie, nous pouvons voir, après avoir désagrégé la demande en marché et activité des services, que la nourriture possède une nouvelle fois une contribution non négligeable, surtout la production de viande de bœuf. L'impact sur le changement climatique du marché du vin et des poissons, s'ils sont relativement plus faibles, sont toutefois notables. L'activité de construction contribue aussi à l'impact sur le changement climatique, avec un niveau similaire aux deux marchés précédents. La contribution de l'activité de construction doit probablement être due aux besoins de l'hôtellerie et de la restauration en bâtiments, que ce soit en travaux de construction nouvelle ou en rénovation. Nous pouvons aussi penser aux normes d'hygiène et de sécurité qui peuvent accroître le besoin d'effectuer des rénovations relativement régulières.

Une analyse de contribution (sous format de tableau, cf. 9.7.2) montre que les catégories EXIOBASE associées aux transports (service de transports de marchandises), aux bâtiments et produits alimentaires sont les principaux contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande des ménages français en service « restaurants et services d'accommodation ». Ce résultat n'est guère étonnant, nous retrouvons de nouveau une mécanique similaire (pour l'identification des contributeurs majoritaires) que la Figure 40 sur l'impact sur le changement climatique de la demande des ménages français.

Mesures à préconiser :

Comme les principaux contributeurs le long de la chaine de valeur des « Hôtels-Restaurants » sont les produits alimentaires (notamment la viande de bœuf, vins, pêche, lait de vache), les mesures suggérer sont :

- Accompagner les producteurs à réduire l'impact sur le changement climatique de la production de nourriture et plus particulièrement de la viande, comme celle de bœuf.
- Promouvoir l'introduction d'alternatives alimentaires moins carnées ou avec une intensité carbone plus faible dans les établissements d'hôtellerie et de restauration.
- Informer les consommateurs de l'impact sur le changement climatique des produits alimentaires, pour éclairer leur choix.
- Réduire le gaspillage alimentaire et limiter les déchets alimentaires (comme prévu dans la Loi AGEC (MTE, 2020)).

5.1.2 L'État français

Cette section fournit une vue d'ensemble de l'impact de la consommation de l'Etat français (au sens de la comptabilité nationale) sur le changement climatique.

Comme la structure de la classification COICOP_2018 ne considère qu'un seul poste de consommation pour l'État français, il n'est pas possible d'effectuer une désagrégation de la demande finale de l'État français selon les catégories de produits COICOP, comme en sections 5.1.1.1, 5.1.1.2 et 5.1.1.3. Toutefois, nous pouvons désagréger la consommation finale de l'Etat français selon la nomenclature EXIOBASE, comme montrée en *Figure* 45.

À partir de la *Figure* 45, nous pouvons donc observer que :

- Les services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale sont le plus gros contributeur au changement climatique avec 45 Mtonnes de CO_2-éq.
- Les transports terrestres sont le contributeur suivant, avec 33 Mtonnes de CO_2-éq (exclue des analyses détaillées pour les raisons citées précédemment).
- Vient ensuite en troisième position l'éducation avec 17,9 Mtonnes de CO_2-éq.
- Puis la santé en quatrième position avec 14,8 Mtonnes de CO_2-éq.

Une des différences notables en comparaison avec l'impact sur le changement climatique des ménages français est le fait que le transport n'est plus le principal contributeur. De même que la nourriture et le logement, qui ont des contributions très faibles par rapport aux autres catégories. Toutefois, ils peuvent être présents de manière « indirecte » dans les chaines d'approvisionnement (ce qui est traité dans les sections suivantes).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

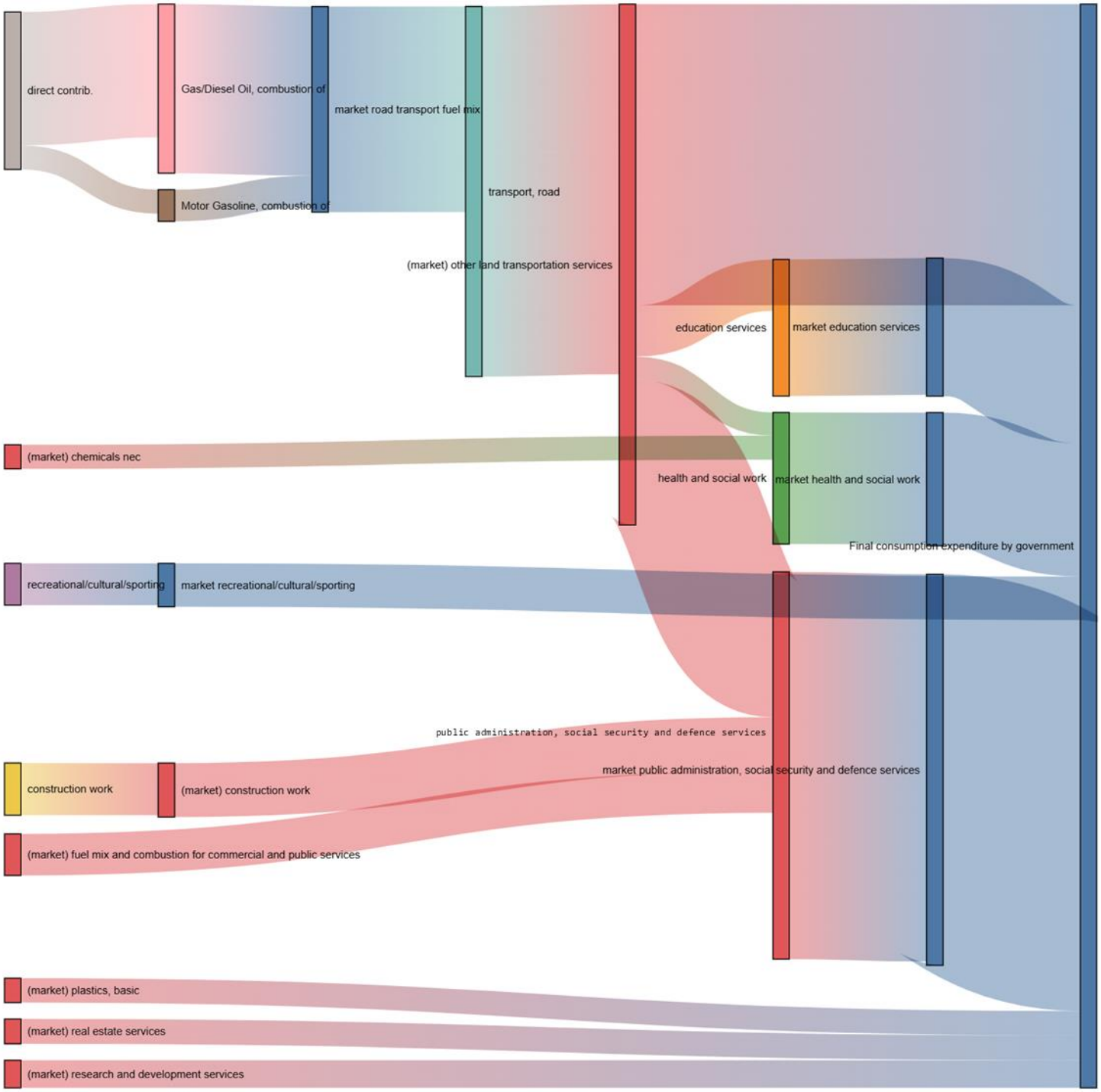


Figure 45: Diagramme Sankey décomposant l'impact de la consommation de l'Etat français sur le changement climatique (en kg CO_2-éq)

Les 10 plus grands contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande finale de l'État français sont représentés dans le Tableau 10.

Tableau 10: top 10 des produits / services consommés par la demande finale de l'État français contribuant à l'impact sur le changement climatique (ACV récursive) - F_GOVE|FR

Nom de l'activité	**Résultat (en kg CO_2-éq)**	**fraction**	**Code de l'activité**
public administration and defence services; compulsory social security services	4.23E+10	34.45%	M_PADF|FR
other land transportation services	3.25E+10	26.46%	M_TLND|FR
education services	1.50E+10	12.16%	M_EDUC|FR
health and social work services	1.44E+10	11.74%	M_HEAL|FR
recreational, cultural and sporting services	4.70E+09	3.83%	M_RECR|FR
research and development services	2.99E+09	2.44%	M_RESD|FR
real estate services	2.68E+09	2.18%	M_REAL|FR
plastics, basic	2.63E+09	2.14%	M_PLAS|FR
chemicals nec	2.24E+09	1.82%	M_CHEM|FR
wholesale trade and commission trade services, except of motor vehicles and motorcycles	7.74E+08	0.63%	M_TDWH|FR

Nous pouvons voir à partir du Tableau 10 ci-dessus que les trois plus gros contributeurs, en dehors de des services de transport, sont :

1. Les services d'administration publique et de défense, à 34,45%.
2. Les services éducatifs (en 3ème position), à 12,16%.
3. Les services de sécurité sociale à 11,74%.

5.1.2.1 Focus sur les services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale

D'après la *Figure* 45, le poste de la demande finale de l'État français qui contribue le plus à l'impact sur le changement climatique est la catégorie EXIOBASE « services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale » avec 45 Mtonnes de CO_2-éq. Au sein de cette catégorie, **l'utilisation de services de transport terrestre** (que ce soient les voitures, les bus, les trains, les taxis…) **possède une contribution élevée** avec 37,6% (voir annexe 9.7.5). **Les activités de construction et les combustibles pour les bâtiments ont une contribution aux alentours de 10-15%.**

Cette contribution majoritaire des transports peut avoir plusieurs explications. Les services d'administration publique et de la sécurité sociale peuvent requérir des réunions en présentiel en différents endroits avec un nombre non négligeable de représentants, ce qui induit une demande non-négligeable en transport. Un autre cas est celui de la défense où les demandes en transports peuvent être moins fréquents mais posséder une intensité carbone relativement élevé (déplacement de troupes, utilisations d'avions ou de navires de guerre, etc.).

Le marché des travaux de construction est à relier aux besoins de bâtiments pour les services publics et de défense (bureaux et normes de sécurité/santé entraînant des rénovations).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Mesures à préconiser :

Les principaux contributeurs à l'impact sur le changement climatique dans la chaine d'approvisionnement des services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale de l'Etat Français sont les transports terrestres et les bâtiments (activité de construction et chauffage). Pour réduire l'impact de ces services, il est envisageable de :

- Pour le transport utilisé pour ces services : privilégier les transports en commun, repenser les besoins et/ou les modes de déplacements. Plus globalement, pour les fabricants de véhicules, il est envisagé d'améliorer la performance énergétique des véhicules, décarboner le parc existant et optimiser les transports.
- Pour les bâtiments : limiter le nombre de nouvelles constructions en rénovant ou réutilisant des infrastructures déjà existantes tout en garantissant les normes de sécurité et de santé, un accès facilité aux énergies décarbonées et renforcer l'efficacité des travaux de rénovation.

5.1.2.2 Focus sur l'éducation

L'impact sur le changement climatique de la demande de l'Etat français en « éducation » est évalué à 17,9 Mtonnes de CO_2-éq. C'est le 3ème contributeur à l'impact sur le changement climatique généré par la demande finale l'État français (excluant les transports, second).

Toutefois, la *Figure* 45 montre que le seul contributeur possédant une influence supérieure à 2% (valeur « cut-off » par défaut) est les transports par voies terrestres (dans le cas des écoles, principalement bus et voitures pour transporter les élèves). Tous les autres postes de demande possèdent une contribution inférieure à 2% de l'impact total de la demande finale de l'État français. Toutefois, une analyse de contribution (ACV récursive) réalisée seulement sur les activités de services éducatifs (cf. annexe 9.7.6) montre que les transports terrestre (37,6%), les activités de construction (pour la construction ou l'entretien de bâtiments scolaires) et les combustibles pour les bâtiments (respectivement 12% chacun) sont les contributeurs majoritaires.

Mesure à préconiser :

De manière assez similaire aux services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale de l'Etat Français, **les principaux contributeurs à l'impact sur le changement climatique dans la chaine d'approvisionnement des services éducatifs de l'Etat Français sont les transports terrestres et les bâtiments (activité de construction et chauffage)** :

- Le transport (service externe ou interne) reste un contributeur majoritaire (utilisation du service et combustion, 63,6% combinés). Encore une fois, privilégier des transports moins carbonés ou plus groupés seraient des axes d'amélioration.
- Les activités de construction possèdent une contribution plus faible à 12,4% mais des améliorations sont possibles avec la rénovation ou l'utilisation des infrastructures déjà existantes. Tout comme les changements de mix énergétiques.

5.1.2.3 Focus sur les services de santé et de travaux sociaux

Les « services de santé et de travaux sociaux » sont le quatrième (excluant les transports) contributeur à l'impact sur le changement climatique, à 14,8 Mtonnes CO_2-éq.

Une analyse de contribution de type ACV récursive montre que l'activité de production de produits chimiques non-classés est le contributeur le plus important à hauteur de 18,3% (cf. annexe 9.7.7). Cette activité est à relier aux différents composés chimiques nécessaires pour les traitements de soin et de santé (médicaments, etc.). Toutefois, elle reste une des limites de la modélisation d'EXIOBASE (cf. Section annexe 9.8.2). Ici encore, quand on remonte la chaine de valeur, les services de transport terrestre restent l'un des contributeurs majoritaires (17,6%) à l'impact induit par la demande de l'Etat en services de santé, ce qui peut sembler

surprenant de prime abord. Toutefois, ils peuvent être reliés à tous les services de transport pour la santé (ambulances, transferts de malades, etc.). Viennent ensuite les activités de construction (à 12,0%) et les combustibles pour les bâtiments (6%).

En ce qui concerne la production de produits chimiques, une relocation de sa production en France pourrait aider à réduire l'impact en GES de la création d'espèces chimiques et tirer à profit entre autres de la faible teneur en carbone de l'énergie française. N.B. : Ceci est dû à l'énergie nucléaire, ce qui toutefois entraîne d'autres impacts en termes de radioactivités ou soulève des questions sur le traitement optimal des déchets nucléaires. En France, à côté des directives européennes, comme le REACH, voire le RoHS, il semble que c'est surtout le Code de l'environnement, articles L521-1 et suivants, qui légifère sur l'utilisation et le contrôle d'espèces chimiques. Ce texte peut être un exemple d'outil législatif français (en plus des directives européennes) visant à réguler la production d'espèces chimiques et son impact environnemental (Légifrance, 2025). De manière complémentaire, une feuille de route de décarbonation de la France existe aussi, avec des objectifs de réduction des émissions GES de « 39 % à 49 % en 2030 par rapport à 2015 » (Gouvernement français, 2023).Cette feuille de route reste toutefois focalisée sur une approche de décarbonation (avec des questions d'efficacité énergétique, d'électrification des procédés, utilisation de la biomasse, etc.) sans considérer d'autres impacts comme par exemple l'impact en rareté de ressources (cf. Section 6).

Mesure à préconiser :

Les produits chimiques sont le principal contributeur à l'impact sur le changement climatique des services de soins, suivi des services de transport et les bâtiments. Si la marge de manœuvre peut s'avérer potentiellement plus contrainte du fait des enjeux humains directement associés (santé), certains axes peuvent être indiqués néanmoins pour diminuer l'impact sur le changement climatique de ce secteur (MTECT, 2024) :

- Réduire l'impact sur le changement climatique de la production chimique. Si les produits chimiques eux-mêmes peuvent parfois être difficilement substitués, leur mode de production pourrait être amélioré notamment en consommant moins de carburant fossile et en utilisant plus de ressources renouvelables.
- Accompagner les filières industrielles pour la transition bas carbone (conforme à la Stratégie Nationale Bas Carbone) : mobilisation de la stratégie nationale de mobilisation de biomasse, décarbonation des vecteurs, soutien à l'efficacité des procédés, etc.
- Pour les transports liés aux services de santé et de travaux sociaux, privilégier des transports moins carbonés et/ou plus groupés.

5.1.3 Les ISBLSM français

La dernière catégorie de demande finale étudiée est celle des ISBLSM. Avec la Figure 46, nous avons une vue d'ensemble de l'impact environnemental due à la consommation des ISBLSM français, en fonction des différentes catégories EXIOBASE :

Nous pouvons observer que :

- La santé est le plus gros contributeur avec 17,1 Mtonnes de CO_2-éq.
- Suivi de près par les « services de loisirs et culturels » avec 16,9 Mtonnes de CO_2-éq
- En troisième position, on a « l'éducation » avec 4,89 Mtonnes de CO_2-éq
- Enfin, de valeur assez proche, viennent les « Services d'adhésion à des organisations marchandes » avec 4,63 Mtonnes de CO_2-éq.

PROVISOIRE

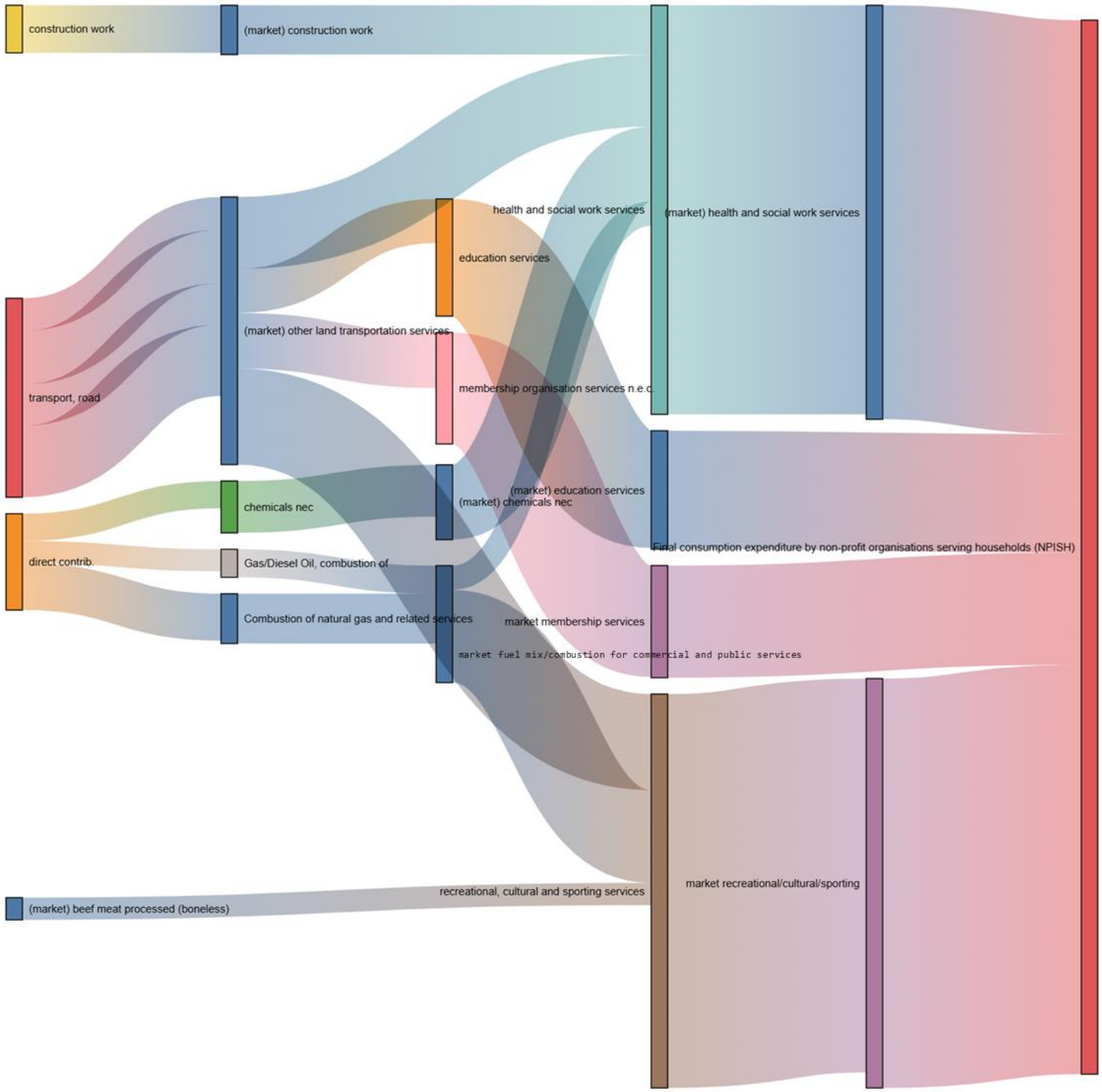


Figure 46: Diagramme de type Sankey décomposant l'impact de la consommation des ISBLSM sur le changement climatique en fonction des activités EXIOBASE

Les plus grands contributeurs a l'impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM sont représentés dans le Tableau 11.

Tableau 11: top 10 des activités qui contribuent à l'impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM français (ACV récursive) -F_NPSH|FR

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
health and social work services	1.72E+10	39.05%	M_HEAL|FR
recreational, cultural and sporting services	1.7E+10	38.54%	M_RECR|FR
education services	4.91E+09	11.15%	M_EDUC|FR
membership organisation services n.e.c.	4.66E+09	10.58%	M_ORGA|FR
other land transportation services	1.68E+08	0.38%	M_TLND|FR
wholesale trade and commission trade services, except of motor vehicles and motorcycles	79030714	0.18%	M_TDWH|FR

Nous pouvons voir que les trois plus gros contributeurs sont :

1. Les services de santé et travaux sociaux avec 39,05% de l'impact sur le changement climatique induit par la demande des ISBLSM français
2. Les services récréatifs, culturels et sportifs avec 38,54%
3. Les services éducatifs avec 11,15%

A noter que la catégorie du « Services d'adhésion à des organisations marchandes » contribue à hauteur de 10,58% de l'impact sur le changement climatique induit par la demande des ISBLSM français. Elle a pour contributeur principal les transports (services et combustion), éléments confirmés par les analyses de contribution (de type récursif et standard). Les services d'hôtellerie et de restauration contribuent ensuite à hauteur de 8%, tous les autres flux restent négligeables.

5.1.3.1 Focus sur les services de santé et de travaux sociaux

Comme les analyses de contribution sur la base de données d'EXIOBASE conduisent aux mêmes interprétations que pour la section 5.1.2.3 sur la demande finale de l'Etat français (les chiffres en valeurs absolues changent mais les proportions sont maintenues), nous pouvons donc émettre les mêmes préconisations.

Mesure à préconiser :

Les produits chimiques sont le principal contributeur à l'impact sur le changement climatique des services de soins, suivi des services de transport et les bâtiments. Dans le cadre des services de santé et de travaux sociaux, la marge de manœuvre risque d'être plus délicate du fait des enjeux humains. Certains axes peuvent être indiqués néanmoins pour diminuer l'impact sur le changement climatique de ce secteur :

- Réduire l'impact sur le changement climatique de la production chimique. Si les produits chimiques eux-mêmes peuvent parfois être difficilement substitués, leur mode de production pourrait être amélioré notamment en consommant moins de carburant fossile et en utilisant plus de ressources renouvelables.
- Les services de transport sont aussi un contributeur qui peuvent gagner à être décarbonés.
- Enfin les services de construction sont aussi un des contributeurs les plus importants. Comme mentionné dans les sections précédentes, l'utilisation d'infrastructures déjà existantes ou les rénovations pourraient être à privilégier par rapport aux constructions neuves.

5.1.3.2 Focus sur les services récréatifs, culturels et sportifs

Dans la catégorie des « services récréatifs, culturels et sportifs », les seuls contributeurs dépassant la valeur par défaut du « cut-off » à 2% sont :

- Les activités associées aux transports par voies terrestres avec 24,4%
- Les services de combustion de carburants pour les services publics et commerciaux, avec 23,5%

DIRE - CONFIDENTIEL

- La production de viande de bœuf avec 5,63%

Tous les autres flux ont une contribution à l'impact sur le changement climatique généré par la demande finale des ISBLSM français inférieure à 2%. Effectivement, une analyse de contribution de type ACV récursive (cf. annexe 9.7.8) montre que les activités associées aux transports par voies terrestres d'une part et les combustibles pour le chauffage et la production d'énergie/chaleur d'autre part comptent à eux deux pour près de 50% des impacts en amont (et « distribuées » sur une multitude demandes/services divers) de l'impact de ce secteur.

Mesure à préconiser :

Les principaux contributeurs dans la chaine de production des services récréatifs et culturels sont les service de transport et la combustion de produits fossiles pour le chauffage et la production d'énergie/chaleur. Les mesures à préconiser restent principalement orientées sur les transports, où il faudrait réduire leur intensité carbone (transports de groupes et/ou carburants moins impactant) et des mix énergétique décarbonés dans les bâtiments.

5.1.3.3 Focus sur l'éducation

Comme les analyses de contribution basées sur la base EXIOBASE donneraient les mêmes interprétations que la section 5.1.2.2 (encore une fois, les valeurs absolues changent mais les proportions sont gardées), nous pouvons suggérer les mêmes mesures à préconiser.

Mesure à préconiser :

Les principaux contributeurs à l'impact sur le changement climatique dans la chaine d'approvisionnement des services éducatifs des ISBLSM sont similaires à ceux de l'Etat, à savoir les transports terrestres et les bâtiments (activité de construction et chauffage).

De manière assez similaire à la demande finale de l'État français :

- Le transport (service externe ou interne) reste un contributeur majoritaire (utilisation du service et combustion, 63,6% combinés). Encore une fois, privilégier des transports moins carbonés et/ou plus groupés seraient des axes d'amélioration.
- Les activités de construction possèdent une contribution plus faible à 12,4% mais peuvent offrir potentiellement des améliorations avec la rénovation ou l'utilisation des infrastructures déjà existantes à titre d'exemple, tout comme les changements de mix énergétiques.

5.2 Facteurs socio-économiques

Dans cette section, on étudie le profil d'impact sur le changement climatique par poste de consommation à travers l'exemple du facteur "décile de niveau de vie". L'allocation de l'impact sur le profil de dépense repose dans le cadre de cette étude sur une hypothèse forte : l'attribution proportionnelle aux dépenses nominales. Cette hypothèse est commode car elle permet une imputation des impacts en supposant une linéarité stricte sur tous les postes et toutes les gammes de produits. La *Figure 47* laisse donc penser que l'impact sur le changement climatique du décile 10 est, à l'instar des dépenses, trois fois supérieure au décile 1.

Une telle analyse comporte cependant des limites évidentes en ce sens que nous ne pouvons ignorer complètement les effets de qualité des produits véhiculés par les prix et d'autres variables institutionnelles ou d'environnement (circuits courts, labels de qualité environnementaux, ou leur absence). On peut également citer les différences entre aliments bruts et aliments transformés ou encore entre produits frais bio, raisonnés

et intensifs. L'incertitude sur les niveaux d'impact liée à l'effet qualité concerne en particulier les déciles extrêmes.

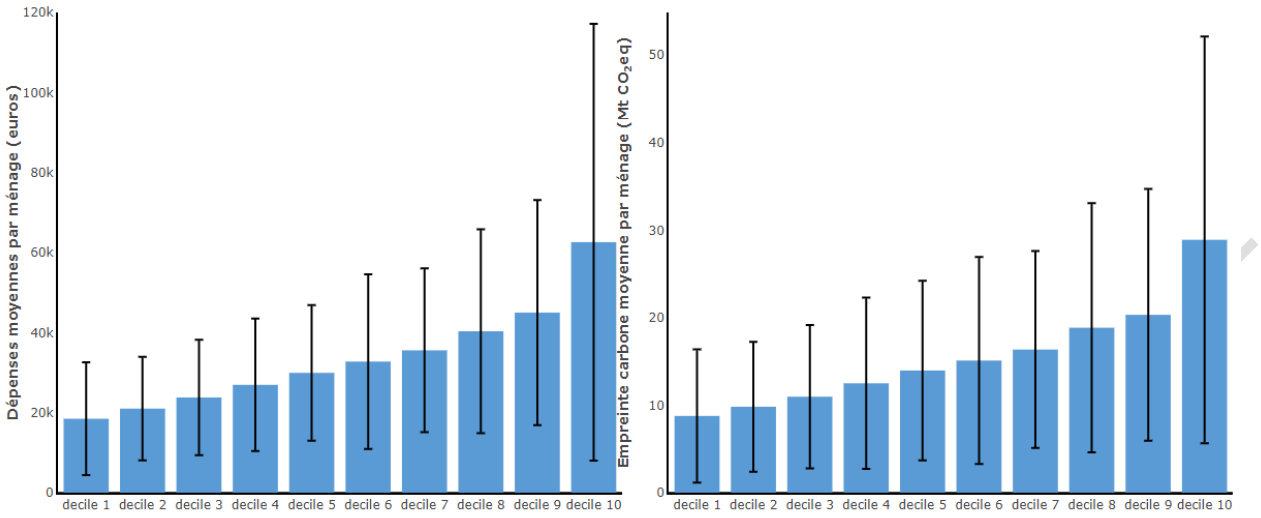


Figure 47 : Inégalités de dépenses et d'impact sur le changement climatique selon le décile de niveau de vie

Les postes de consommation n'ont pas la même importance selon les dépenses ou l'impact sur le changement climatique.
On observe par exemple que le poste « 12 - Prêts, crédits, assurances » est un important poste de dépenses (18%) mais un petit poste d'impact sur le changement climatique (4%). A l'inverse, le poste « 07 - Transports » n'est pas le premier poste de dépenses (14 %) mais est le premier poste d'impact sur le changement climatique (34%).

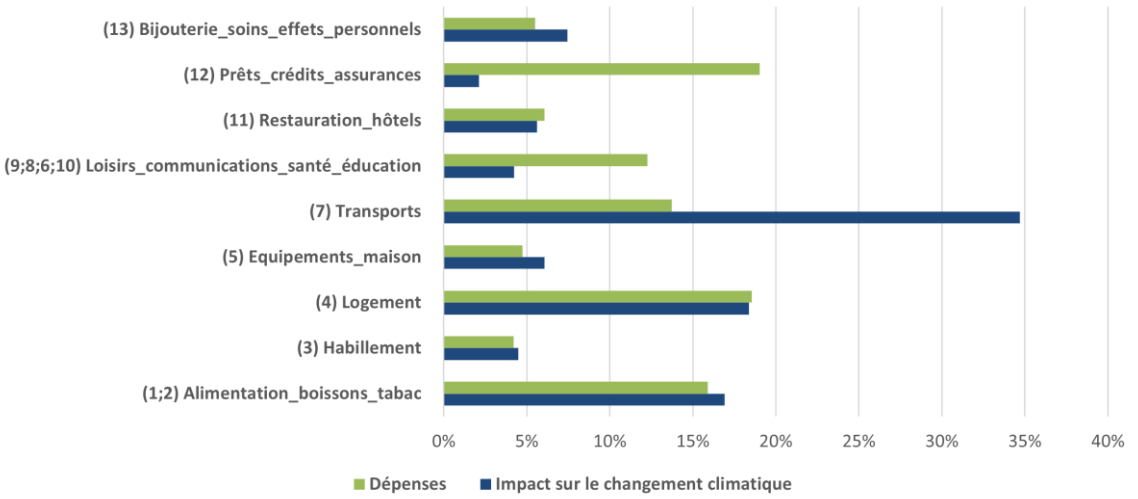


Figure 48 : Répartition des dépenses et de l'impact sur le changement climatique par poste de consommation

On peut ainsi calculer un « coefficient de déformation » du poste de dépenses d'après le profil d'impact sur le changement climatique considéré.
Si le coefficient est inférieur[33] à 1, sa part dans l'impact sur le changement climatique totale sera plus faible que sa part dans le profil de dépense totale. La part des transports dans l'impact sur le changement climatique va donc considérablement augmenter par rapport à ce que l'on observe sur le profil de dépenses, tandis que la part des prêts, crédits et assurances va fortement diminuer dans l'impact sur le changement climatique.

[33] Par conséquent, si le coefficient était égal à 1 pour tous les postes de consommation, le profil d'empreinte carbone par poste serait exactement identique au profil de dépense.

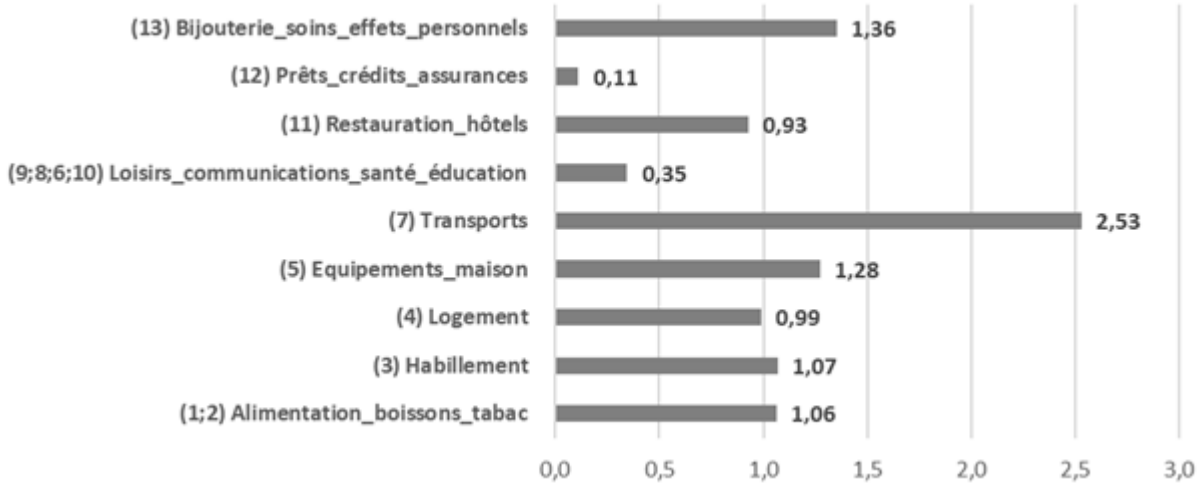


Figure 49 : Coefficients de déformation " impact sur le changement climatique" selon les postes de consommation

La Erreur ! Source du renvoi introuvable. **est un exemple de l'effet du coefficient de déformation " impact sur le changement climatique " sur l'évolution de la part de chaque poste de consommation.**
La part des transports se situe entre 30% et 40% dans l'impact total sur le changement climatique contre environ 10% pour le profil de dépense. La part des prêts, crédits et assurances devient quant à elle négligeable alors qu'il s'agit d'un poste de dépenses important (entre 20% et 30%).

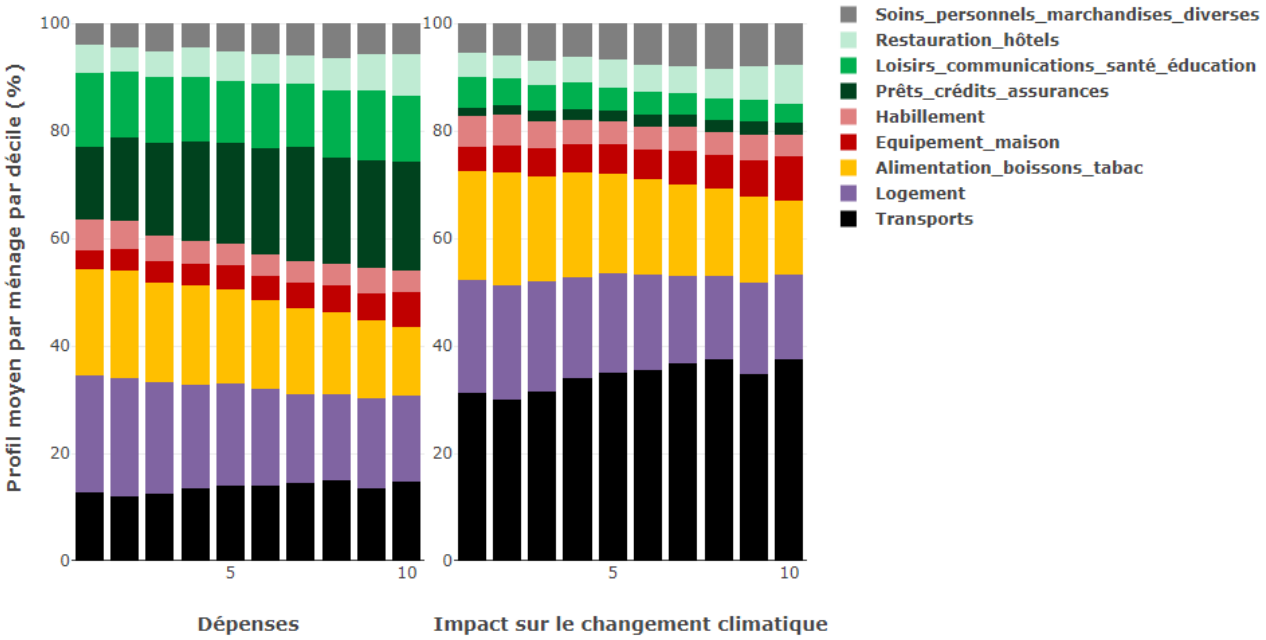


Figure 50 : Profil moyen de dépenses et d'impact sur le changement climatique par ménage selon le décile de niveau de vie

6 Rareté des ressources crustales – analyses détaillées

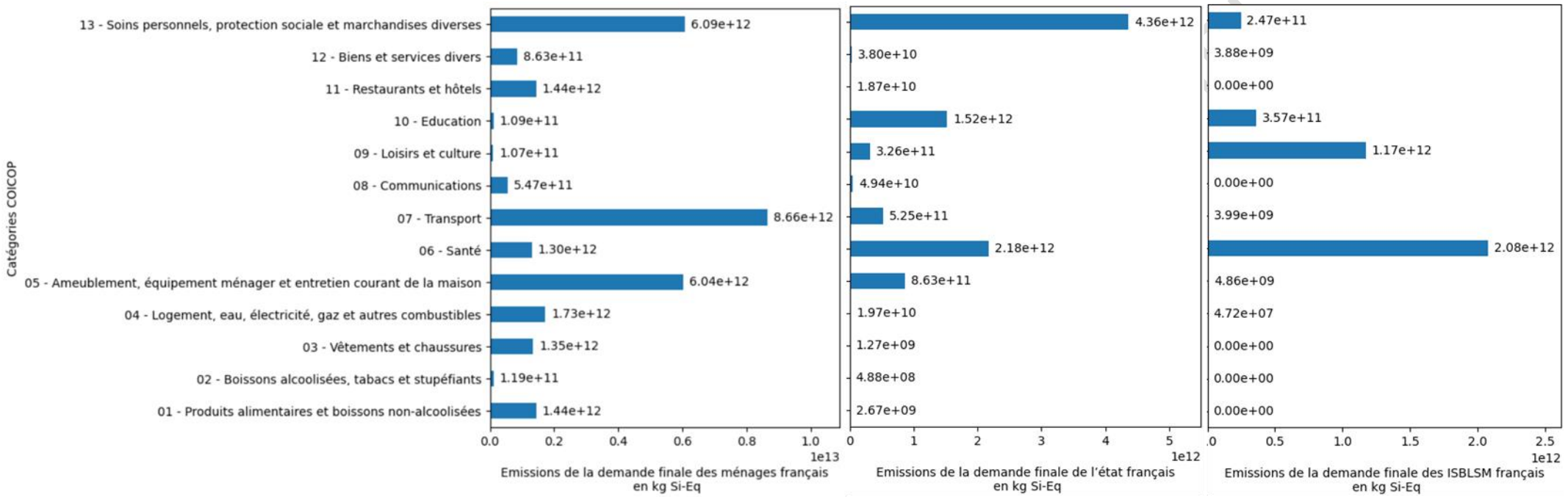
6.1 Analyses de contribution (ACV)

Après avoir examiné l'impact sur le changement climatique des demandes françaises des ménages, de l'Etat et des ISBLSM, une démarche similaire est effectuée pour l'impact sur la rareté des ressources crustales (exprimé en kg Si-éq). L'approche avec les catégories COICOP est maintenue dans les paragraphes suivants mais une approche « 100% » EXIOBASE est disponible dans la section 9.6.2.2, pour offrir une autre perspective possible.

Tout d'abord, une analyse détaillée des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales est fournie selon les groupes de biens et de services et pour chaque catégorie de demande finale (ménages, Etat et ISBLSM), selon la même classification qu'utilisée précédemment pour l'impact sur le changement climatique (cf. Figure 33).

L'indicateur de rareté des ressources crustales diffère de l'empreinte matières, entendue ici comme la « quantité de matière effectivement consommée par la demande finale française » (et non caractérisée en impact environnemental). Pour plus d'informations sur l'empreinte matières, se référer à l'annexe 9.5.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL



Attention : L'échelle des valeurs entre les 3 graphiques diffère

Figure 51: Comparaison entres les 3 types de demande finale françaises (rareté des ressources crustales)

La Figure 51 permet d'observer la distribution de l'impact sur la rareté de ressources crustales au travers des différents types de demande finale.

Pour cet indicateur également, le transport (catégorie 7) reste le contributeur majoritaire pour la demande finale des ménages français. Le logement (catégorie 4) est cette fois le 3ème contributeur, derrière la catégorie « 13 - Soins personnels, protection sociale et marchandises diverses » (qui inclut la bijouterie).

Pour la demande finale de l'Etat français, on retrouve également les mêmes principaux contributeurs que pour le changement climatique (catégorie « 13 - Soins personnels et marchandises diverses », « 10 – Education » et « 06 – Santé »), à l'exception des transports. Idem pour la demande des ISBLSM, l'impact sur la rareté des ressources crustales est principalement associé à la « 06 – Santé » et aux « 09 - Services récréatifs et culturels ».

La Figure 52 ci-dessous propose une comparaison de la contribution des produits COICOP à l'impact sur la rareté des ressources crustales entre la demande finale des ménages français et celle de différents pays. On observe des répartitions assez contrastées entre les 4 pays étudiés, notamment sur les « 07 – transports », « 05 - l'ameublement », « 04 - le logement » et les « 13 - soins personnels »., À titre d'exemple, pour les transports – où la Grande-Bretagne possède la valeur d'impact la plus élevée – une piste possible d'explication serait que les infrastructures de transport ou ses modes de production consomme plus de matériaux rares ou fasse face à des pénuries relatives ou locales de certains matériaux (ce qui pourrait forcer des imports plus importants). En ce qui concerne la

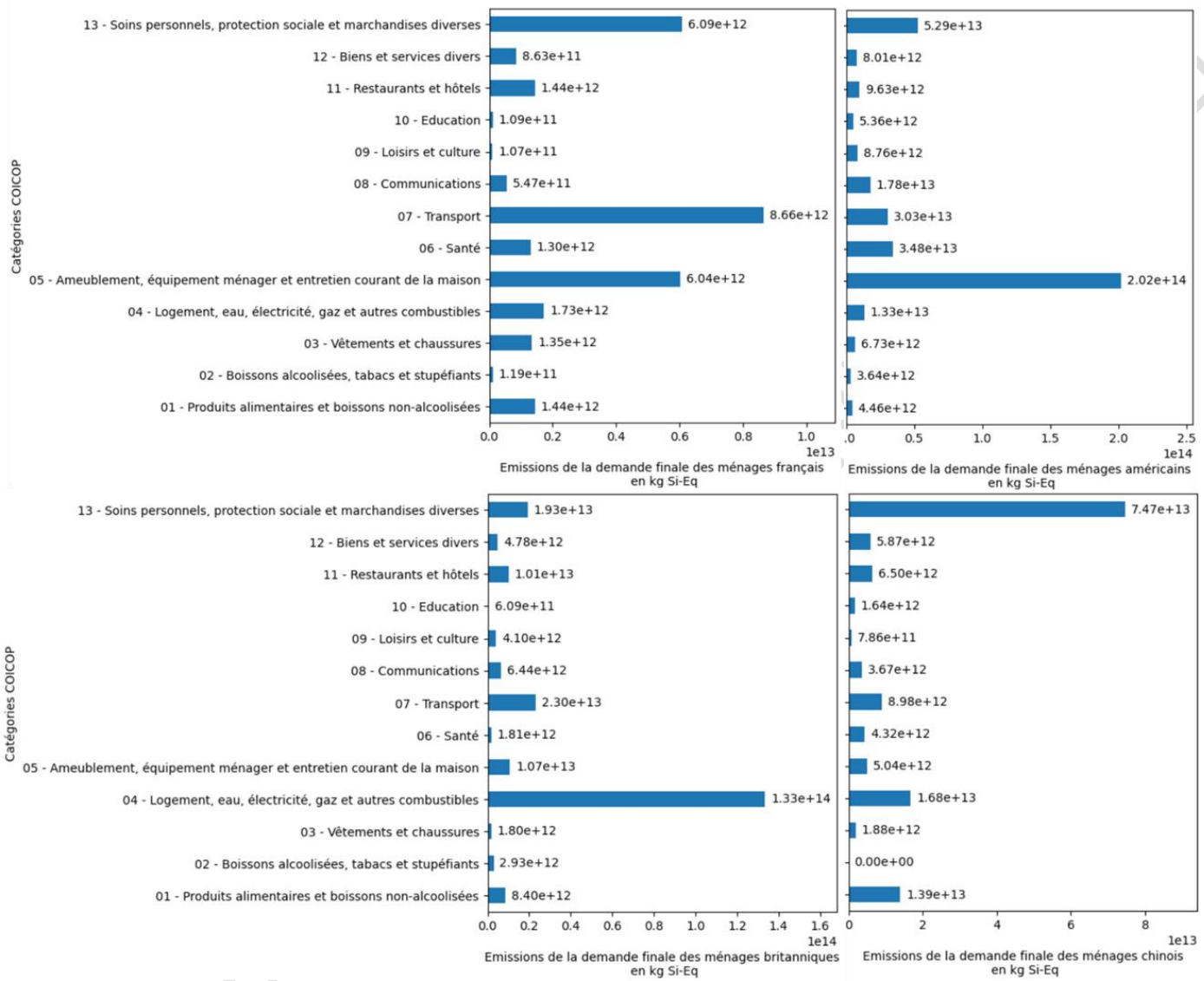
PROVISOIRE

valeur d'impact de « 05 - l'ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison » où les États-Unis possèdent la plus grande valeur (même par rapport à la Chine), plusieurs éléments pourraient expliquer cette différence :

- La composition typique d'un produit américain pourrait contenir des quantités plus importantes d'éléments rares ou peu abondants.
- La consommation moyenne en « ameublement, équipement ménager… » par Américain peut être plus importante qu'en Chine ou en France
- Un besoin accru de consommation de matière première (contrairement à un pays qui pourrait avoir un système de recyclage plus développé) peut aussi orienter les résultats.

Encore une fois, il ne faut pas oublier que les résultats affichés en Figure 52 sont les valeurs absolues et non par tête. Le but de cette figure est de montrer le poids que peut prendre l'ensemble des ménages selon les pays et la répartition relative des catégories COICOP.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL



Note de lecture : Les valeurs absolues ne sont pas pertinentes pour la comparaison puisqu'elles ne sont pas rapportées à la population ou un autre facteur qui pourrait permettre de comparer l'impact entre pays.

Figure 52: Comparaison de la distribution de l'impact sur la rareté des ressources crustales par catégorie de produits COICOP consommées par la demande finale des ménages français, américains, britanniques et chinois (rareté des ressources crustales)

6.1.1 Les ménages français

Premièrement, la Figure 53 permet de détailler, sous la forme d'un diagramme de type Sankey, la distribution de l'impact sur la rareté des ressources crustales de chaque catégorie de produit COICOP consommée par les ménages français (à droite) le long des chaines d'approvisionnement de chaque catégorie de produit. Les largeurs des flux représentent l'importance relative de chaque contribution à l'impact étudié.

Nous pouvons voir que :

- L'impact sur la rareté de ressources crustales du **« transport »** est largement majoritaire, avec 8,66 Gtonnes de Si-éq (exclu des analyses plus détaillées).
- Vient en second les **« soins personnels, protection sociale et marchandises diverses »** à 6,09 Gtonnes de Si-éq.
- Vient ensuite l'« **ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison** », à 6,04 Gtonnes de Si-éq, en troisième position
- Puis la catégorie du « **logement/eau/électricité/gaz et autres combustibles** » à 1,73 Gtonnes Si-éq (exclu des analyses plus détaillées).
- Enfin, les **« restaurants et hôtels »,** ex-aequo avec « **Produits alimentaires et boissons non-alcoolisées** » à 1,44 Gtonnes de Si-éq.

Pour donner un exemple d'interprétation possible des résultats avec ce nouvel indicateur de rareté des ressources crustales, le secteur des « transports », en ordre de grandeur, fait peser un risque de pénurie de ressources dans le futur 8 fois plus important que le secteur des « restaurants et hôtels » (avec les possibles conséquences en termes de géopolitique, tension pour accès aux ressources, etc…).

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

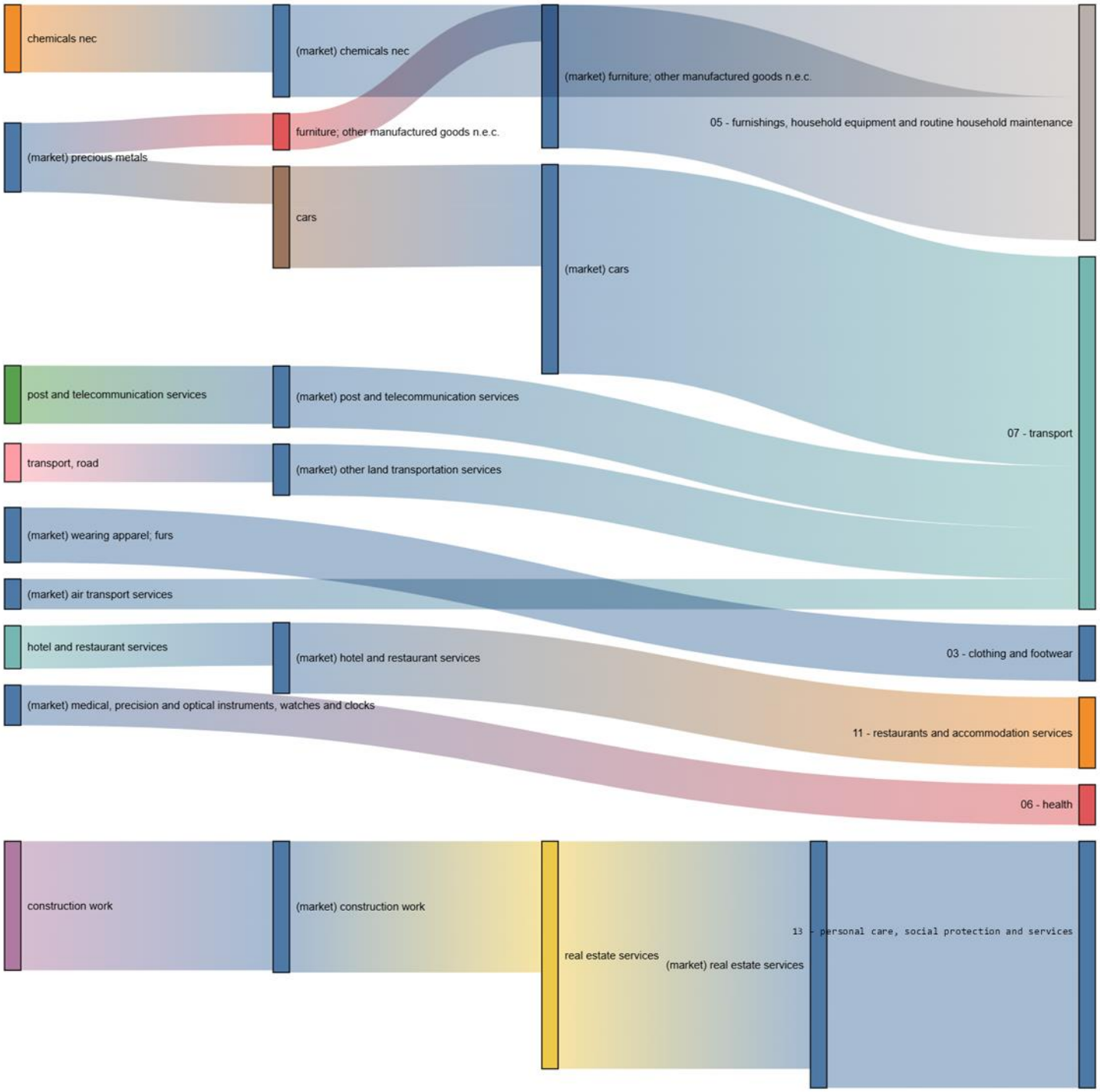


Figure 53: Diagramme de type Sankey avec les catégories COICOP de produits à droite (en « target ») et la nomenclature EXIOBASE pour tous les contributeurs (en « source ») pour la demande finale des ménages français (Indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq)

Une autre manière de considérer l'impact sur la rareté de ressources crustales de la demande finale des ménages français est de réaliser une analyse de contribution à travers un ACV. Cela permet de considérer uniquement les activités EXIOBASE de manière « transverse », sans chercher à les catégoriser dans un groupe COICOP. Les 10 plus grands contributeurs sont ainsi représentés dans le Tableau 12 ci-dessous :

Tableau 12: top 10 des activités contribuant à l'impact de rareté des ressources crustales crustale pour la demande finale des ménages français (ACV récursive) - F_HOUS|FR

Nom de l'activité	Résultat (kg Si-éq)	Fraction	Code de l'activité
real estate services	5.02E+12	16.60%	M_REAL|FR
cars	4.26E+12	14.09%	M_auto|FR
furniture; other manufactured goods n.e.c.	2.92E+12	9.64%	M_FURN|FR
chemicals nec	1.88E+12	6.21%	M_CHEM|FR
hotel and restaurant services	1.42E+12	4.68%	M_HORE|FR
post and telecommunication services	1.26E+12	4.15%	M_PTEL|FR
wearing apparel; furs	1.12E+12	3.71%	M_GARM|FR
other land transportation services	1.04E+12	3.45%	M_TLND|FR
medical, precision and optical instruments, watches and clocks	8.19E+11	2.71%	M_MEIN|FR
air transport services	6.17E+11	2.04%	M_TAIR|FR

Comme nous pouvons l'observer dans le Tableau 12, les trois plus gros contributeurs ont des valeurs de contribution de l'ordre de 10 à 17%, tous les autres contributeurs possèdent des valeurs inférieures, ce qui suggère une dispersion non-négligeable des contributeurs (aucune activité ne possède une contribution largement majoritaire égale ou supérieure à 50%). Il ne faut pas perdre de vue que l'analyse ici ne porte que sur la demande française satisfaite par des marchés français (d'où le « |FR » dans le Tableau 12). Toutefois, cela ne signifie pas que l'intégralité des activités en amont (production et autres) se produisent en France. Une espèce chimique par exemple peut être produite en Chine pour répondre à une demande française. Une analyse supplémentaire au niveau de chaque marché permet de les désagréger en différentes activités (et pays d'origines) qui les composent. La Figure 5 illustre ce principe avec l'exemple du lait.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

6.1.1.1 *Focus sur les soins personnels, protection sociale et autres biens et services*

Une ACV est appliquée à la demande des ménages français dans la catégorie COICOP – 13 (« soins personnels, protection sociale et autres biens et services »), avec le critère de la rareté des ressources crustales. À partir de cette ACV, nous pouvons obtenir le diagramme Sankey suivant et décomposer la distribution de l'impact le long des chaines de production.

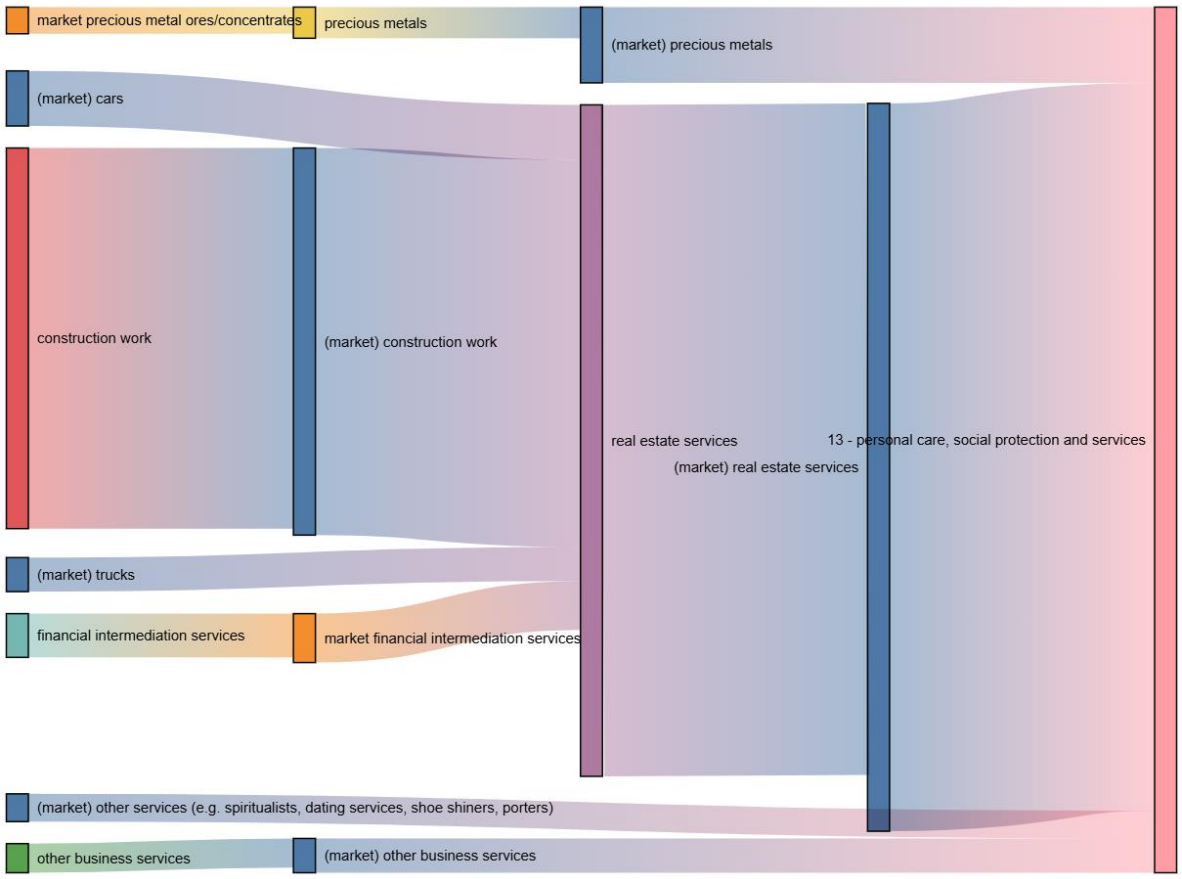


Figure 54: Contribution pour la demande finale des ménages en « soins personnels, protection sociale et autres biens et services », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

Dans la Figure 54 ci-dessus, nous observons que **le marché des services immobiliers est le plus gros contributeur** à plus de 84%. **Ensuite vient le marché des métaux précieux** à 8,8%.

L'impact associé aux activités des services immobiliers, comme indiqué précédemment, est majoritairement dû aux activités de construction. D'autres marchés, associés aux transports (voitures et camions) ou aux services financiers, sont aussi présents mais de manière plus négligeable.

C'est donc sur l'activité des services de construction que l'on a le plus gros levier d'action possible pour réduire l'impact de la catégorie « soins personnels, protection sociale et autres biens et services » sur l'indicateur de rareté des ressources crustales d'après la Figure 54.

Une analyse de contribution de type ACV récursive sur l'activité des travaux de construction (annexe 9.7.9) montre une contribution forte des métaux précieux et autres métaux avec, par exemple :

- Le marché des métaux précieux à 33,4%
- Le marché du plomb, zinc et étain à 14,0%
- D'autres marchés associés aux produits métalliques fabriqués, aux produits en cuivre, etc.

Le marché des métaux précieux est aussi une des activités « de base » d'EXIOBASE regroupant ainsi un certain nombre d'éléments divers, sans qu'on ne puisse la désagréger plus finement à ce stade (cela requérait de nouvelles données primaires). Mais une analyse de contribution de type « ACV standard » montre que l'or très majoritairement (suivi de l'argent et du cuivre) contribue de manière significative à l'impact sur la rareté des ressources crustales pour ce poste.

PROVISOIRE

L'utilisation des métaux précieux est à relier principalement à l'utilisation de machines pour les constructions contenant de l'électronique, mais aussi aux composants électroniques utilisés dans les constructions modernes (de type connecteurs, contacts électriques, joints soudés, fils de connexion…).

Dans une moindre mesure, des éléments de décoration peuvent aussi avoir une certaine influence dans certains cas : accessoires plaqués or ou vitrages des fenêtres par exemple. Même si le volume absolu d'or utilisé reste très faible, ce métal possède un facteur de caractérisation particulièrement élevé et sa valeur d'impact peut donc être forte. Une discussion plus détaillée de la modélisation d'EXIOBASE et ses limites pour les métaux précieux est faite en section annexe 9.8.4.

Mesure à préconiser :

Au sein des « soins personnels, protection sociale et autres biens et services », **les services immobiliers (et plus précisément les activités de construction associées) sont les plus gros contributeurs** sur l'impact sur la rareté des ressources crustales. Ainsi, des axes d'amélioration possibles concerneraient surtout :

- Repenser les usages des bâtiments et les modalités des services, pour éviter la construction de nouveaux bâtiments.
- Quand la construction neuve ne peut pas être évitée, réfléchir à la réduction de la consommation de ressources matérielles et notamment des ressources critiques – pour la conception des bâtiments inclure le critère de consommation de ressources dans l'étude d'ACV pour aider la prise de décision.

6.1.1.2 Focus sur l'ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement

La deuxième catégorie à considérer pour l'impact sur la rareté de ressources crustales des ménages français est la catégorie COICOP – 5 (« ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement »). À partir de l'ACV de cette demande, nous pouvons obtenir le diagramme Sankey suivant :

PROVISOIRE - CONF

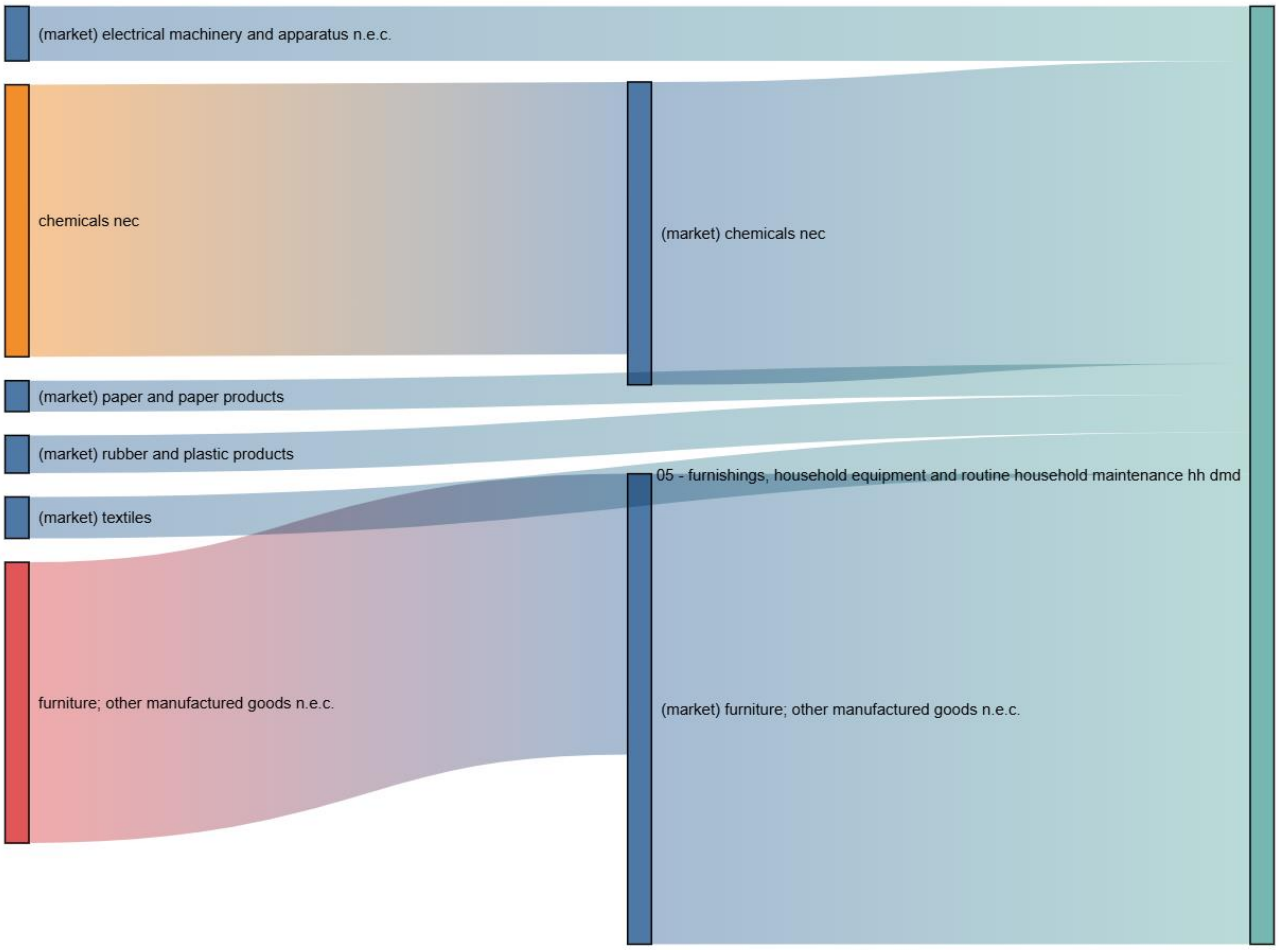


Figure 55: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq.

PROVISOIRE

Nous voyons à partir de la Figure 55 que les deux contributeurs majoritaires sont deux activités « de base » (c'est à dire qu'on ne peut plus désagréger sans disposer de données primaires supplémentaires) :

- Le marché (et l'activité associé) de production des meubles et autres biens manufacturés
- Le marchés (et l'activité associée) des produits chimiques non-classés

La présence de ces deux activités « de base » d'EXIOBASE explique aussi le nombre limité des niveaux de désagrégation : des effets de boucles se produisent assez régulièrement avec ces activités, qui représentent des sortes d'agrégats de plusieurs composants.

Pour considérer la liste des composants des activités de production de meubles/autres biens manufacturés et celle des produits chimiques, se référer respectivement aux sections annexes 9.8.1 et 9.8.2.

À titre d'indication, les activités de production de « meubles/autres biens manufacturés » regroupent entres autres les meubles métalliques et de bureaux, les matelas (avec l'utilisation d'acier pour les ressorts par exemple), les cadres des portes et fenêtres en aluminium, fer, acier ainsi que la joaillerie et pierres précieuses pour usages personnels…

Les activités de production chimiques utilisant quant à elles un certain nombre d'espèces chimiques et de métaux (parfois uniquement en tant que produit intermédiaire dans la production), sa présence relativement forte n'est pas surprenante dans ce cadre-là.

Une analyse de contribution a été menée sur le marché de production des meubles et autres biens manufacturés (cf. section 9.7.3). Il ressort de cette analyse que le plus gros contributeur – à hauteur de 25,51% - est l'activité produisant les mobiliers et autres biens manufacturés (effets de boucle) en provenance de la Grande-Bretagne, suivi de la Tchéquie et de la Belgique (la France qui n'est qu'en septième position à 3,50%). Une analyse complémentaire sur les activités anglaises permet de mettre en évidence que c'est principalement les matériaux précieux (à plus de 85%) qui contribuent à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la production de meubles et autres bien manufacturés (l'or notamment via les composants électroniques, et l'uranium via la production d'électricité d'origine nucléaire).

Mesure à préconiser :

Les activités de production de meubles/autres biens manufacturés et celle des produits chimiques **sont les plus gros contributeurs** à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la catégorie « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement »

À partir des éléments précédents, nous pouvons proposer les orientations suivantes :

- Chercher à limiter les présences des métaux précieux dans l'usage commun, en trouver des substituts. Parmi les métaux qui sont dans le top 10 des éléments avec le plus gros facteur de caractérisation, nous pouvons citer l'or (220 000 000 kg Si eq/kg), le platine (190 000 000 kg Si eq/kg) ou le mercure (9 400 000 kg Si eq/kg). L'électronique est clairement un secteur sur lequel se concentrer. D'autres meubles/biens consomment probablement des métaux avec des facteurs de caractérisation moins importants (type l'aluminium) mais leur plus gros volume peut renforcer leur impact. Dans ce sens, le recyclage ou la réutilisation des éléments précieux est un des leviers évidents à utiliser pour limiter l'impact environnemental et limiter les risques de rupture d'approvisionnement.
- Les productions chimiques peuvent aussi chercher à mettre en place de manière plus intense les 12 principes de la chimie verte (entres autres : éviter les polluants, favoriser la réutilisation des espèces chimiques, promouvoir les co-produits aux sous-produits). Des contrats stratégiques de type de celui développé pour la période 2023-2027 (Conseil national de l'industrie, 2023) peuvent aussi être des outils stratégiques dans ce sens. Le contrat pour 2023-2027 considère entres autres des thématiques de collecte et de recyclage chimique et même des questions de criticité pour les produits pharmaceutiques.

PROVISOIRE

6.1.1.3 Focus sur les vêtements et chaussures

Comme la catégorie « restaurants et hôtels » n'offre pas nécessairement un nouvel éclairage par rapport à la nourriture (l'impact étant principalement dû à la production de nourriture ou aux activités de construction, cf. section 5.1.1.3 pour l'exemple avec le changement climatique), nous avons fait le choix d'analyser la catégorie suivante dans l'ordre de contribution, soit celle des « 03 - vêtements et chaussures ».

Une ACV est appliquée à la catégorie COICOP – 3 (« vêtements et chaussures »), un des contributeurs notables sur l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale des ménages français, à 1,35 Gtonnes de Si-éq. Cette catégorie 3 regroupent diverses activités EXIOBASE (cf. la corrélation sur le GitHub partagé).

À partir de cette ACV, nous pouvons obtenir le diagramme Sankey suivant (Figure 56) :

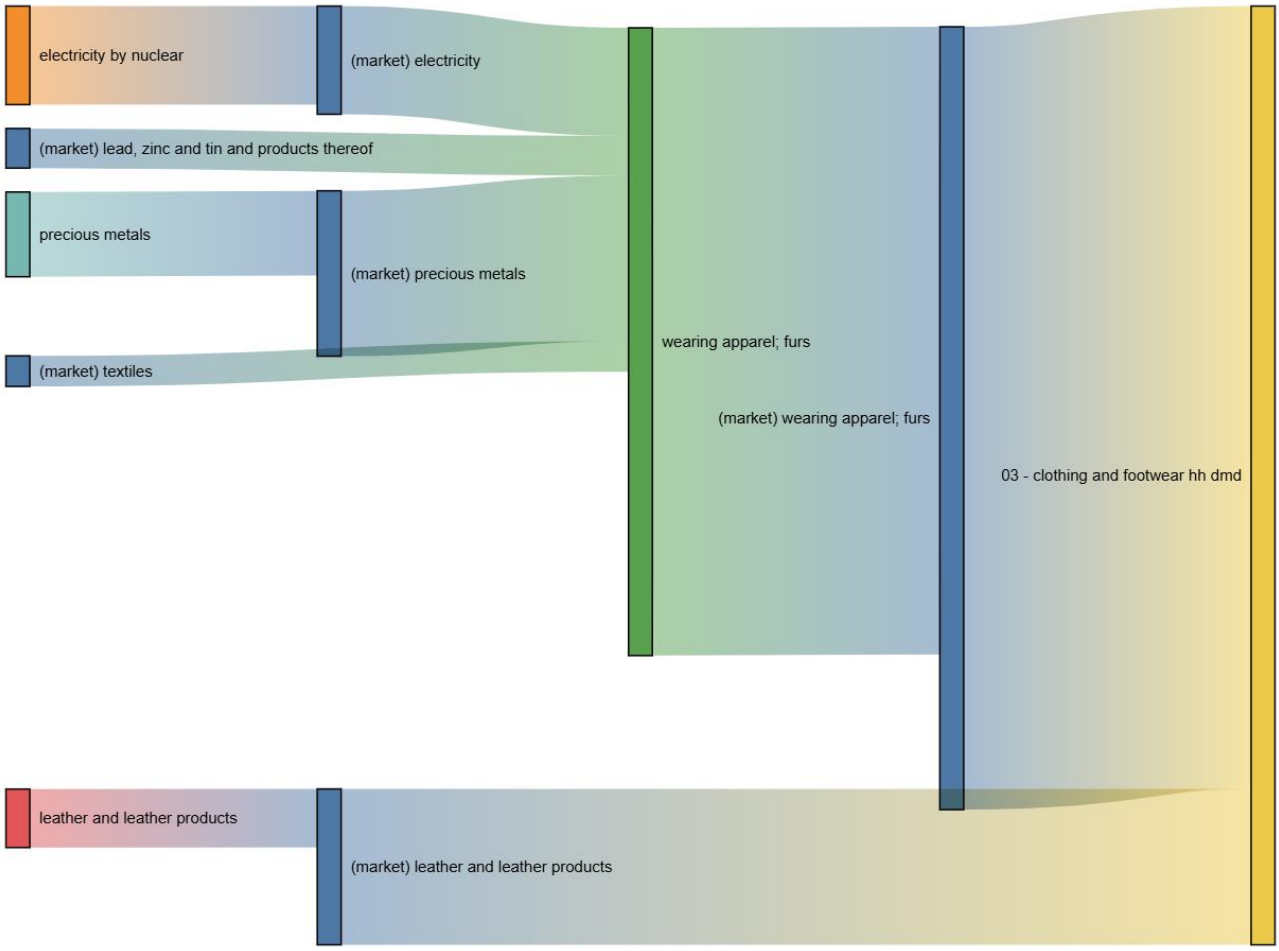


Figure 56: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « vêtements et chaussures », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

D'après la Figure 56, nous pouvons observer que le marché des vêtements et des fourrures est le contributeur le plus important, à 83,0%, toutefois suivi d'une contribution non-négligeable, mais relativement plus faible du marché pour les produits en cuir à 16,5%. Cette distinction provient toutefois de la manière dont EXIOBASE est construite mais la liste des contributeurs reste cohérente et attendue.

Lorsque nous remontons la chaîne de production pour la fabrication de vêtements, les contributeurs les plus significatifs restent les métaux précieux, utilisés dans ce cadre, principalement en tant qu'accessoire et décoration pour les éléments de mode. Si leur volume consommé peut être faible en valeur absolue, la rareté ou le caractère critique des éléments accroît sa valeur d'impact.

La production d'électricité est un autre des contributeurs non-négligeables et plus particulièrement la production d'électricité nucléaire. La France est un cas relativement « hors-norme » par rapport à la majorité des pays dans le monde puisqu'une grande proportion de son électricité est d'origine nucléaire. Ici, ce sont principalement les consommations d'uranium et de thorium qui sont responsables de la valeur d'impact. Même si ces deux derniers éléments ne possèdent pas forcément des valeurs de caractérisation d'impact particulièrement élevées – 260 000 kg Si eq/kg et 51 000 kg Si eq/kg respectivement, à comparer avec l'or à 220 000 000 kg Si eq/kg – le volume conséquent (pour du nucléaire) accroît leur influence.

Le marché des textiles apparait également comme un des contributeurs, à travers le marché des produits chimiques non-classifiés (qui par extension font appel aux métaux précieux). Ceci peut être relié à tous les colorants ou produits d'entretien pour les vêtements et chaussures pouvant avoir un certain impact.

En effectuant des analyses de contribution complémentaires pour l'activité de production des produits en cuir, les contributeurs principaux sont la consommation de métaux précieux (à 44,3%), suivi par le caoutchouc et plastique (à 7,9%) et les produits chimiques non-classifiés (à 6.3%). L'utilisation des métaux précieux dans la production de produits en cuir est très probablement à lier à l'application de finitions métalliques à la surface du cuir.

PROVISOIRE

Mesure à préconiser :

Les métaux précieux, les produits chimiques, les produits à base de caoutchouc / plastiques et la production d'électricité **sont les plus gros contributeurs** à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la catégorie « vêtements et chaussures »

À partir des indications précédentes, pour réduire l'impact sur la rareté de ressources crustales, nous proposons notamment de :

- Limiter l'usage de pierres ou métaux précieux en apparat/décoration, finitions etc. Ou trouver des substituants ayant un impact plus faible (simulacres, ersatz…).
- Limiter l'utilisation de produits chimiques (colorants, entretien…) ou modifier les composants chimiques pour réduire l'impact sur la rareté de ressources crustales (cf. principes de la chimie verte).
- En ce qui concerne la production d'électricité, la marge de manœuvre est considérée ici comme plus délicate puisqu'étant transverse à plusieurs secteurs, tout en étant assez spécifique à la France.

6.1.2 L'État français

Cette section fournit une vue d'ensemble de l'impact de la consommation de l'Etat français (au sens de la comptabilité nationale) sur la rareté des ressources crustales. Le même commentaire que celui fait en section 5.1.2 sur la non-possibilité de désagrégation de la demande finale de l'État et des ISBLSM (par rapport aux ménages) selon la classification COICOP est valable ici aussi.

La Figure 57 permet de détailler, sous la forme d'un diagramme de type Sankey, la distribution de l'impact sur la rareté des ressources crustales associé à la demande de l'Etat français (à droite) le long des chaines d'approvisionnement de chaque catégorie de produit EXIOBASE. Nous pouvons observer que, en catégories EXIOBASE :

- Les « services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale » sont les plus gros contributeurs à 3,86 Gtonnes de Si-éq.
- Vient ensuite la santé à 1,75 Gtonnes de Si-éq
- Puis l'éducation à 1,09 Gtonnes de Si-éq

Si l'impact le long des chaînes de valeurs est considéré de manière plus globale (les sources du diagramme Sankey étant considérées de manière transverse, tout à gauche de la Figure 57), nous voyons à nouveau que les activités associées aux travaux de construction et à la production de produits chimiques non-classifiés sont les deux contributeurs les plus significatifs.

PROVISOIRE - CONFIDEN

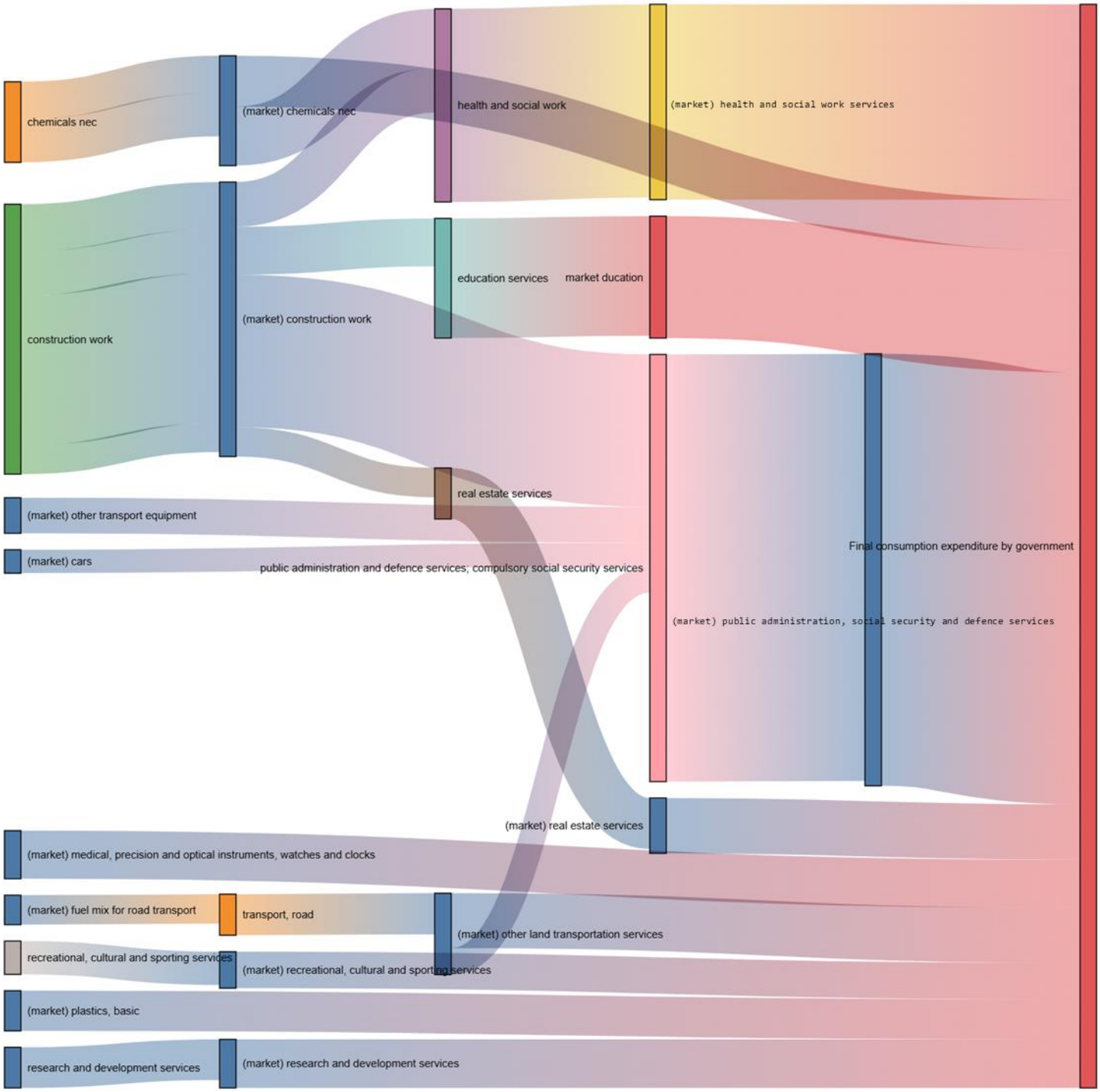


Figure 57: Diagramme de Sankey des impacts sur la rareté des ressources crustales (en kg Si-éq) de la demande finale de l'État français.

Une autre manière de considérer l'impact sur la rareté de ressources crustales de la demande finale de l'État français est de réaliser une analyse de contribution de type ACV récursive. Cela permet de considérer uniquement les activités EXIOBASE de manière « transverse ». Les 10 plus grands contributeurs sont ainsi représentés dans le Tableau 13. Nous pouvons voir que nous retrouvons les mêmes principaux contributeurs que dans le diagramme de Sankey :

1. Les services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale à 39,04%
2. Les services associés à la santé et aux actions sociales à 17,63% (« health and social work services » en anglais)
3. Les services éducatifs à 10,93%

Ces trois contributeurs font l'objet d'une analyse plus détaillée dans la suite de ce document.

Tableau 13: top 10 contributeurs en activités pour l'indicateur d'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale de l'Etat français (ACV récursive) - F_GOVE|FR

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
public administration and defence services; compulsory social security services	3.83E+12	39.04%	M_PADF|FR
health and social work services	1.73E+12	17.63%	M_HEAL|FR
education services	1.07E+12	10.93%	M_EDUC|FR
real estate services	4.86E+11	4.96%	M_REAL|FR
other land transportation services	4.86E+11	4.95%	M_TLND|FR
chemicals nec	4.53E+11	4.62%	M_CHEM|FR
research and development services	4.33E+11	4.41%	M_RESD|FR
medical, precision and optical instruments, watches and clocks	4.29E+11	4.38%	M_MEIN|FR
plastics, basic	3.52E+11	3.59%	M_PLAS|FR
recreational, cultural and sporting services	3.23E+11	3.30%	M_RECR|FR

6.1.2.1 Focus sur les services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale

En étudiant plus en détail la Figure 57, nous pouvons observer que pour l'activité « Services d'administration publique et de défense et services de sécurité sociale », les contributeurs principaux à l'impact sur la rareté crustale sont :

- Majoritairement les activités de construction à 35,6%. Ici aussi, il s'agit de tous les bâtiments du secteur public, administratif, des logements sociaux, de la défense qui nécessitent des entretiens ou des nouvelles constructions.
- Plusieurs activités liées aux transports (équipement de transports, services de transport, marché des voitures…), contribuant chacun pour moins de 10%.

Les autres flux non représentés ici possèdent une contribution à l'impact sur la rareté de ressources crustales à moins de 2% (valeur « cut-off » par défaut).

Une analyse de contribution plus détaillée de l'activité des travaux de construction indique des interprétations similaires à la section 6.1.1.1, avec une contribution forte des métaux précieux et autres métaux (les proportions sont les mêmes même si les valeurs absolues changent). Une différence à noter toutefois avec l'impact sur la rareté de ressources crustales de la demande finale des ménages : les ménages « passaient » d'abord par les services immobiliers avant de passer aux services de travaux de construction alors que la demande finale de l'État passe directement aux activités de construction. Les mêmes mesures à préconiser peuvent donc être indiquées ici (réécrites ci-dessous par souci de faciliter la lecture) :

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Mesure à préconiser :

Au sein des « services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale » de l'Etat, les activités de construction sont les plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales, comme c'était le cas pour les contributeurs de la catégorie « soins personnels, protection sociale et autre biens » des ménages. Les orientations sont donc :

- Repenser les usages des bâtiments et les modalités des services, pour éviter la construction de nouveaux bâtiments.
- Quand la construction neuve ne peut être évitée, réfléchir à la réduction de la consommation de ressources matérielles et notamment des ressources critiques – pour la conception des bâtiments inclure le critère de consommation de ressources dans l'étude d'ACV pour aider la prise de décision.

6.1.2.2 Focus sur les services associés à la santé et aux actions sociales

En étudiant plus en détails la chaîne de valeurs pour la « santé et les services de travaux sociaux » dans la Figure 57, nous observons que les deux contributeurs majoritaires sont :

- Les activités de production de produits chimiques non-classifiés à 60,4%.
- Les activités de travaux de construction à 23,1%. Ici sont concernés tous les bâtiments nécessaires pour les services de santé (hôpitaux et autres centres de soin). L'activité des travaux de construction a déjà été abordé dans la section précédente et des conclusions similaires peuvent en être tirées.

L'activité de production de produits chimiques est une des activités « de base » d'EXIOBASE regroupant un nombre varié d'espèces chimiques (cf. Section annexe 9.8.2 pour les détails), dont leur utilisation est fortement présente dans les services de santé (médicament, production d'outils médicaux, etc…)

Une analyse de contribution permettant d'identifier les 10 principaux contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_HEAL|FR » (activité de production des services de santé et de travaux sociaux) est proposée en annexe 9.7.7.

Mesure à préconiser :

Au sein des « services de santé » de l'Etat, les activités de production de produits chimiques (60%) et de travaux de construction (23%) sont les plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales. À partir des indications précédentes, nous pouvons suggérer les axes d'amélioration suivantes pour réduire l'impact sur la rareté des ressources crustales :

- Limiter l'utilisation des métaux précieux et autres terres rares dans les productions d'espèces chimiques, ou privilégier le recyclage/réutilisation. Encore une fois, la mise en place de manière plus intense des 12 principes de la chimie verte (entres autres : éviter les polluants, favoriser la réutilisation des espèces chimiques, promouvoir les co-produits aux sous-produits) peut être à privilégier. La liste des 12 principes de la chimie verte peut se trouver sur le site de Cluster Chimie Verte Occitanie, 2017 (lien).
- Limiter l'utilisation de métaux (précieux) dans les bâtiments eux-mêmes ou dans les outils servant à leur construction.

6.1.2.3 Focus sur l'éducation

À partir de la Figure 57, nous pouvons observer pour l'éducation que :

- L'activité des travaux de construction est le contributeur significatif (contribution supérieure à la valeur du « cut-off » par défaut à 2%). Ceci est à relier à tous les bâtiments scolaires, universitaires et autres qui nécessitent certaines constructions et/ou rénovations.

Un nombre important d'autres flux sont présents dans cette catégorie mais possèdent une contribution à la valeur globale de l'impact inférieure à 2%.

Une analyse de contribution permettant de détailler les autres contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_EDUC|FR » (activité de production des services éducatifs en France) est proposée en annexe 9.7.6

Mesure à préconiser :

À partir des indications précédentes, et à l'image des services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale, les activités de construction sont les plus gros contributeurs. Nous pouvons suggérer les axes d'amélioration suivantes pour réduire l'impact sur la rareté de ressources crustales :

- Repenser les usages des bâtiments et les modalités des services, pour éviter la construction de nouveaux bâtiments.
- Quand la construction neuve ne peut pas être évitée, réfléchir à la réduction de la consommation de ressources matérielles et notamment des ressources critiques – pour la conception des bâtiments inclure le critère de consommation de ressources dans l'étude d'ACV pour aider la prise de décision.
- Limiter l'utilisation de métaux (précieux) dans les bâtiments eux-mêmes ou dans les outils servant à leur construction.

6.1.3 Les ISBLSM français

Nous analysons dans cette section l'impact sur la rareté des ressources crustales de la troisième catégorie de demande finale, celle des ISBLSM. À partir de la Figure 58, nous pouvons observer que les plus gros contributeurs sont :

- Les services de santé et de travaux sociaux à 53,8%
- Les services récréatifs, culturels et sportifs à 30,2%
- Les services d'éducation à 9,2%
- Enfin les services d'adhésion à des organisations marchandes à 6,3% (négligé pour les analyses ultérieures)

PROVISOIRE - CONFI

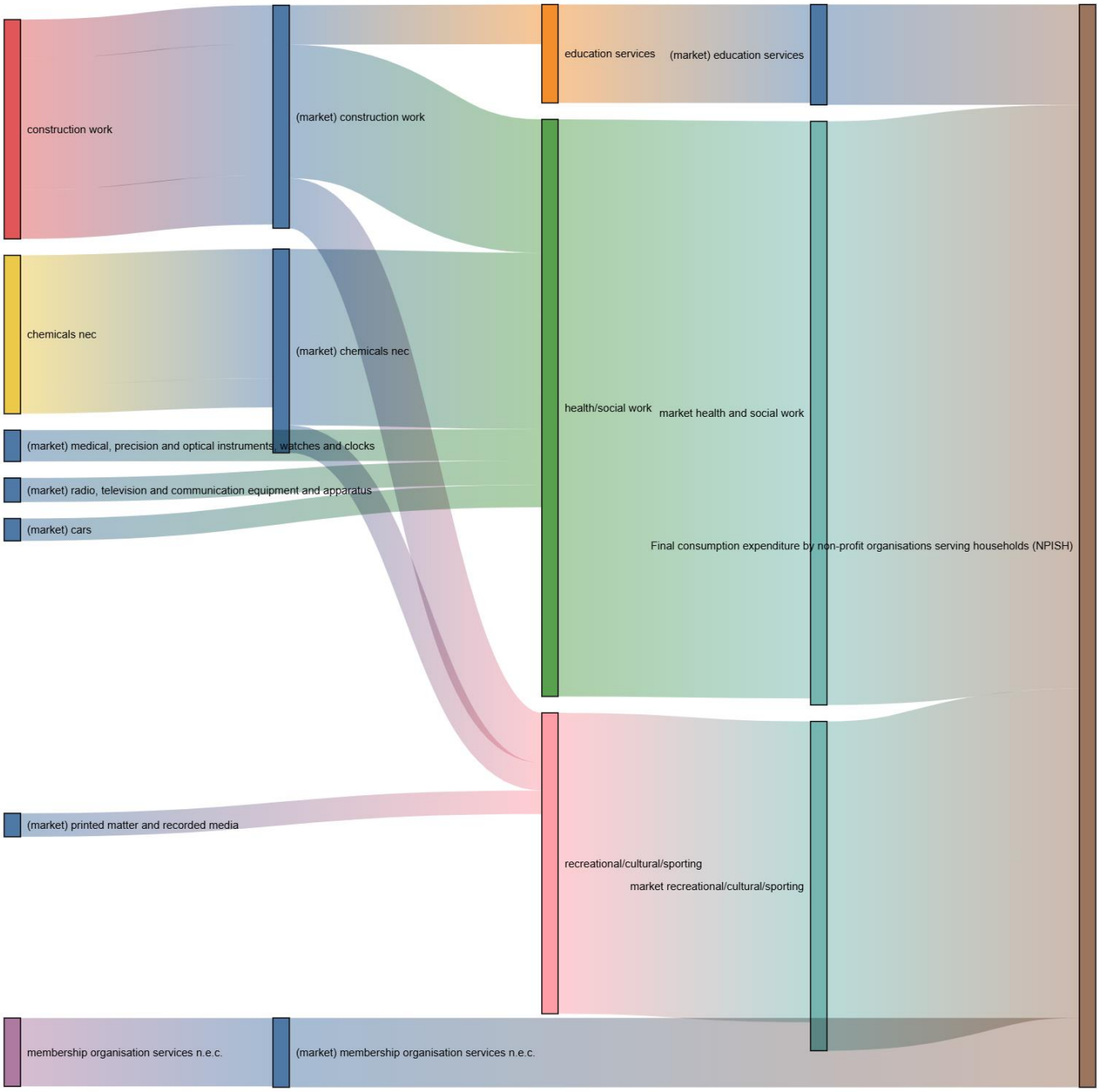


Figure 58: diagramme de type Sankey de l'impact sur la rareté des ressources crustales (en kg Si-éq) de la demande finale des ISBLSM français

De manière plus transverse, en ne considérant que les sources à gauche de la Figure 58 nous retrouvons de nouveau de manière majoritaire les deux activités de travaux de construction et de production de produits chimiques (rappelant les interprétations pour les ménages français et l'État français).

Une autre manière de considérer l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale des ISBLSM français est de réaliser une analyse de contribution de type ACV récursive. Cela permet de considérer uniquement les activités EXIOBASE de manière « transverse ». Les plus grands contributeurs sont ainsi représentés dans le Tableau 14, soit :

- Les services de santé et de travail social, à 53,73%
- Les services récréatifs, culturels et sportifs, à 30,39%
- Les services éducatifs, à 9,18%

Tableau 14: activités qui contribuent le plus à l'indicateur d'impact sur la rareté crustale de la demande finale des ISBLSM français (ACV récursive) - F_NPSH|FR

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
health and social work services	2.06E+12	53.73%	M_HEAL|FR
recreational, cultural and sporting services	1.16E+12	30.39%	M_RECR|FR
education services	3.51E+11	9.18%	M_EDUC|FR
membership organisation services n.e.c.	2.44E+11	6.37%	M_ORGA|FR
retail trade services, except of motor vehicles and motorcycles; repair services of personal and household goods	4.78E+09	0.12%	M_TDRT|FR

6.1.3.1 Focus sur les services de santé et de travail social

En remontant la chaîne de valeur des « services de santé et de travail social » en Figure 58, nous observons que :

- Le marché de production de produits chimiques est le contributeur majoritaire à 35,4%
- Le marché des travaux de construction est le second contributeur à 23,2%
- D'autres services contribuent aussi à l'impact (marché d'outils de précision et médicaux, marché des voitures, etc…) mais ayant chacun une contribution inférieure ou égale à 5,5%.

En ce qui concerne une analyse plus en amont des activités de travaux de construction et de production des produits chimiques, la même interprétation peut être faite qu'en section 6.1.2.2 et nous pouvons obtenir les mesures à préconiser suivantes :

Mesure à préconiser :

Au sein des « services de santé » des ISBLSM, les activités de production de produits chimiques (35%) et de travaux de construction (23%) sont les plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales. À partir des indications précédentes, nous pouvons suggérer les axes d'amélioration suivantes pour réduire l'impact sur la rareté de ressources crustales :

- Limiter l'utilisation des métaux précieux et autres terres rares dans les productions d'espèces chimiques, ou privilégier le recyclage/réutilisation. Encore une fois, une mise en place de manière plus intense les 12 principes de la chimie verte (entres autres : éviter les polluants, favoriser la réutilisation des espèces chimiques, promouvoir les co-produits aux sous-produits) peut être à privilégier.
- Limiter l'utilisation de métaux (précieux) dans les bâtiments eux-mêmes ou dans les outils servant à leur construction.

Toutefois, en comparaison avec l'impact sur la rareté de ressources crustales de la demande finale de l'État, il est à noter que la production de produits chimique non-classifiés a une proportion plus faible pour les ISBSLM (35,4% contre 60,4% pour l'État). La contribution des travaux de construction est dans les deux cas similaires.

F - CONFIDENTIEL

6.1.3.2 *Focus sur les services récréatifs, culturels et sportifs*

En remontant la chaîne de valeur des « services récréatifs, culturels et sportifs » sur la Figure 58, nous observons que :

- Le marché des travaux de construction est le contributeur majoritaire à 16,6%. Ceci est à relier aux besoins en bâtiments physiques pour réaliser les différentes activités culturelles et récréatives (gymnases, centres, parcs...) qui requièrent parfois des nouvelles constructions ou des rénovations/entretiens.
- Le marché de production de produits chimiques est le second contributeur à 9,2%.
- Le marché des éléments imprimés et des médias enregistrés a une contribution à 7,82%.

Les autres flux possèdent des contributions à une valeur inférieure à 2% (valeur de « cut-off » par défaut).

Une analyse de contribution de type ACV « standard » montre que les flux de matière consommés ayant le plus de contribution à l'impact sur la rareté de ressources crustales sont l'or (lié à l'électronique principalement) et l'uranium (lié à la production d'électricité française).

Mesure à préconiser :

Au sein des « services récréatifs, culturels et sportifs » des ISBLSM, les travaux de construction (17%) et les activités de production de produits chimiques (9%) sont les plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales. À partir de ces éléments, nous pouvons en déduire les axes d'amélioration suivants pour réduire l'impact sur la rareté des ressources crustales :

- Limiter l'utilisation des métaux précieux et autres terres rares dans les productions d'espèces chimiques, ou privilégier le recyclage/réutilisation et mettre en place de manière plus intense les 12 principes de la chimie verte
- Limiter l'utilisation de métaux (précieux) dans les bâtiments eux-mêmes ou dans les outils servant à leur construction.
- Diversifier les origines de production d'électricité française en privilégiant des alternatives aux impacts plus faibles (toutefois les systèmes à énergies renouvelables requièrent bien souvent des terres rares aussi dont l'impact est à prendre en compte).

6.1.3.3 *Focus sur les services éducatifs*

En remontant la chaîne de valeur des « services éducatifs » en Figure 58, nous observons que :

- Seule l'activité des travaux de construction est le contributeur significatif (contribution supérieure à la valeur du « cut-off » par défaut à 2%) à 40,3%. Ceci est à relier à tous les bâtiments scolaires, universitaires et autres qui nécessitent certaines constructions ou rénovations.

Un nombre important d'autres flux sont présents dans cette catégorie mais possèdent une contribution à la valeur globale de l'impact inférieure à 2%.

De manière similaire à la section 6.1.2.3 en ce qui concerne les activités de construction, nous pouvons déduire les mesures à préconiser suivantes :

PROVISOIRE CONFIDENTIEL

Mesure à préconiser :

A l'image des services éducatifs de l'Etat, les activités de construction sont les plus gros contributeurs.

À partir des indications précédentes, nous pouvons suggérer les axes d'amélioration suivantes :

- Repenser les usages des bâtiments et les modalités des services, pour éviter la construction de nouveaux bâtiments.
- Quand la construction neuve ne peut pas être évitée, réfléchir à la réduction de la consommation de ressources matérielles et notamment des ressources critiques – pour la conception des bâtiments inclure le critère de consommation de ressources dans l'étude d'ACV pour aider la prise de décision.
- Limiter l'utilisation de métaux (précieux) dans les bâtiments eux-mêmes ou dans les outils servant à leur construction.

De manière plus générale, vis-à-vis de tous les résultats mentionnés précédemment sur la rareté de ressources/criticité, l'acte européen CRM (Critical Raw Materials Act), entré en vigueur en 2024, définit des objectifs liés à l'extraction de matières premières pour 2030. Par exemple, au moins 10% de la consommation annuelle de matières premières stratégiques devra provenir d'extraction européenne ou aucun pays tiers individuel ne devra fournir plus de 65% de la consommation annuelle européenne pour une matière première stratégique (European Commission, 2023). Toutefois, la plupart de ces objectifs concernent plus des questions d'indépendance de ressources et géopolitiques (qui sont pertinents !) mais moins de la question de la criticité. Certains éléments ou objectifs vont dans ce sens, mais pourraient probablement être renforcés ou plus spécifiques à la lumière des résultats précédents. Par exemple, l'acte CRM ambitionne qu'au moins 15% de la consommation européenne annuelle en matières première stratégiques proviennent du recyclage (ce qui traiterait directement du problème de la criticité/rareté) ou encore de « soutenir la recherche et l'innovation en […] mise au point de substituts » (Consilium, 2025). Ce dernier objectif peut adopter des formes diverses telles que le développement de matériaux alternatifs, l'innovation dans les procédés industriels (moins de terres rares nécessaires), ou de la substitution dans le design des produits (développer des batteries ne requérant pas de terres rares), etc. À ce titre, le rapport « Les possibilités de substitution des matières premières critiques » publié en 2012 par la Commission Européenne présente déjà plusieurs pistes possibles (Halme et al., 2012). Depuis, la Commission européenne a sélectionné 47 projets liés aux matières premières stratégiques dans l'UE, dont 10 focalisés sur le recyclage et 2 sur la substitution des matières premières (Commission européenne, 2025). Ces projets, combinés à ce rapport pourraient offrir des synergies intéressantes sur l'impact de la demande française sur la rareté de ressources crustales.

6.2 Facteurs socio-économiques

Dans cette section, on étudie dans quelle mesure le profil d'impact « rareté des ressources crustales » issu de la modélisation EEMRIO va « déformer » les résultats que nous avons pu observer sur les profils de dépenses (voir section 4 du rapport), ceci à travers l'exemple du facteur[34] « décile de niveau de vie ».

La Figure 59 ci-dessous décrit la répartition de l'impact sur la rareté des ressources crustales par poste. On observe par exemple que le poste « 04 – Logement » est fort en part de dépenses (17%) mais faible en part d'impact sur la rareté des ressources crustales (6%).

A l'inverse, le poste « 05 – Equipements de la maison » n'est pas le premier poste de dépenses (4 %) mais est le troisième poste d'impact sur la rareté des ressources crustales (18%).

[34] A noter que les facteurs socio-économiques déterminants selon les 13 postes de consommation sont – par construction - les mêmes que pour les dépenses, car l'allocation des empreintes aux dépenses est réalisée à ce niveau. Pour observer des différences potentielles, il aurait fallu ventiler les empreintes au niveau des sous-postes relatifs à chaque poste, mais cela est à même de diminuer considérablement la robustesse des résultats.

PROVISOIRE-CONFIDENTIEL

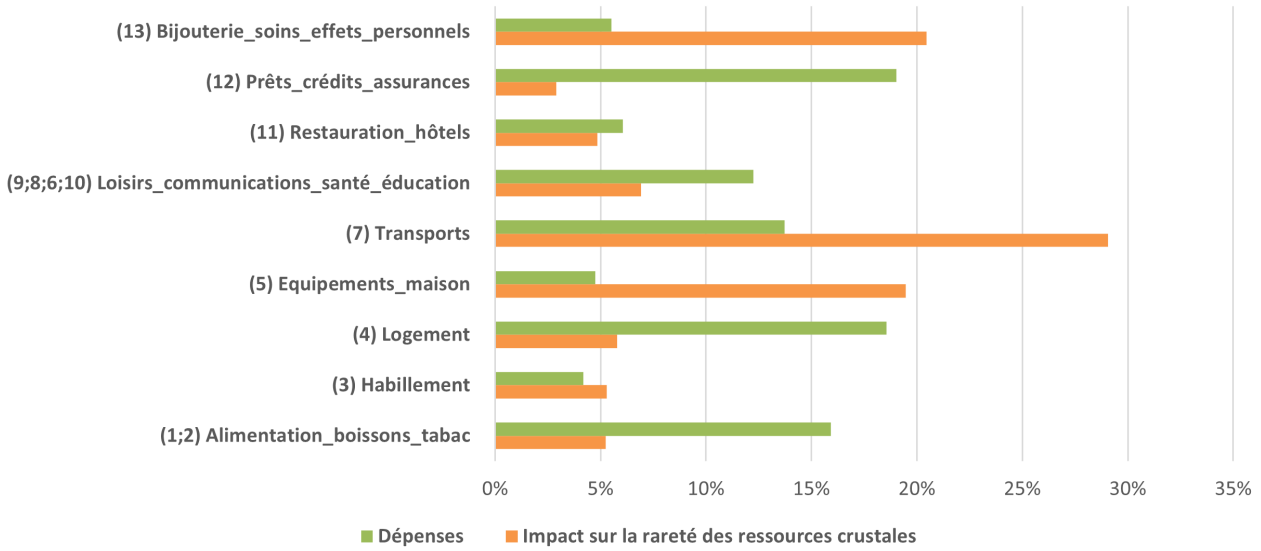


Figure 59 : Répartition des dépenses et de l'impact sur la rareté des ressources crustales par poste de consommation

On peut ainsi calculer un « coefficient de déformation » du poste de dépenses d'après le profil d'impact ressources crustales considéré. Si ce coefficient est inférieur[35] à 1, on observera une réduction de la part du poste dans l'impact sur la rareté des ressources crustales total par rapport au profil de dépenses. La part du poste « 5 – Equipements de la maison » dans l'impact va donc considérablement augmenter par rapport à ce que l'on observe sur le profil de dépenses, tandis que la part du poste « 12 – Prêts, crédits, assurances » va fortement diminuer.

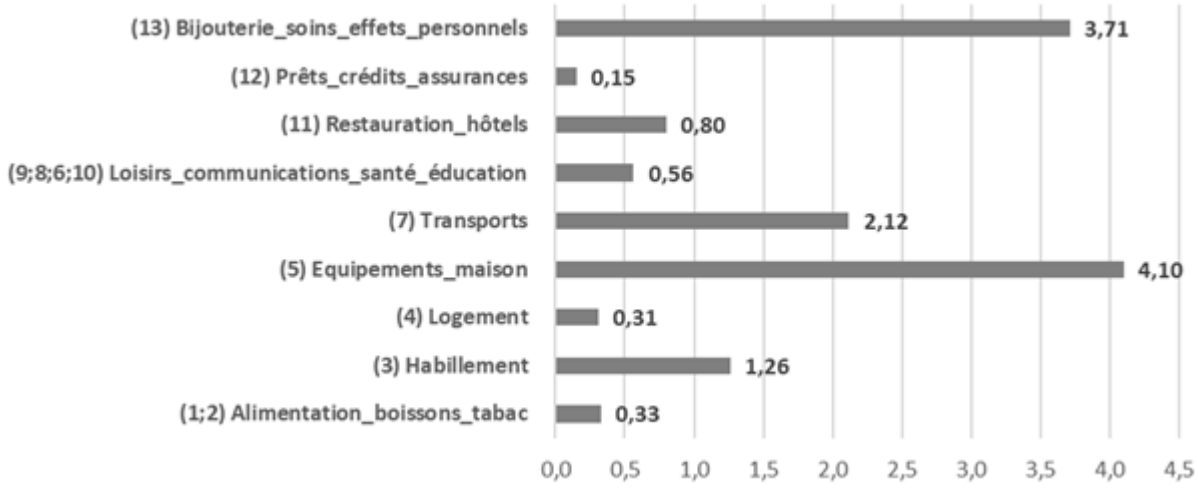


Figure 60 : Coefficients de déformation pour l'"impact sur la rareté des ressources crustales" selon les postes de consommation

La figure ci-dessous traduit l'effet du profil d'impact « ressources crustales » sur le rôle de chaque poste, illustré ici selon le décile de niveau de vie. Conformément aux hypothèses de départ sur le profil d'impact, la part de l'équipement de la maison dans l'impact total se situe entre 20% et 25% contre environ 5% pour le profil de dépense. La part du logement devient quant à elle fortement réduite (5%) alors qu'il s'agit d'un poste de dépenses important (entre 15% et 25%).

[35] Par conséquent, si le coefficient était égal à 1 pour tous les postes de consommation, l'importance de chaque poste serait identique qu'il s'agisse des dépenses ou de l'impact sur la rareté des ressources crustales.

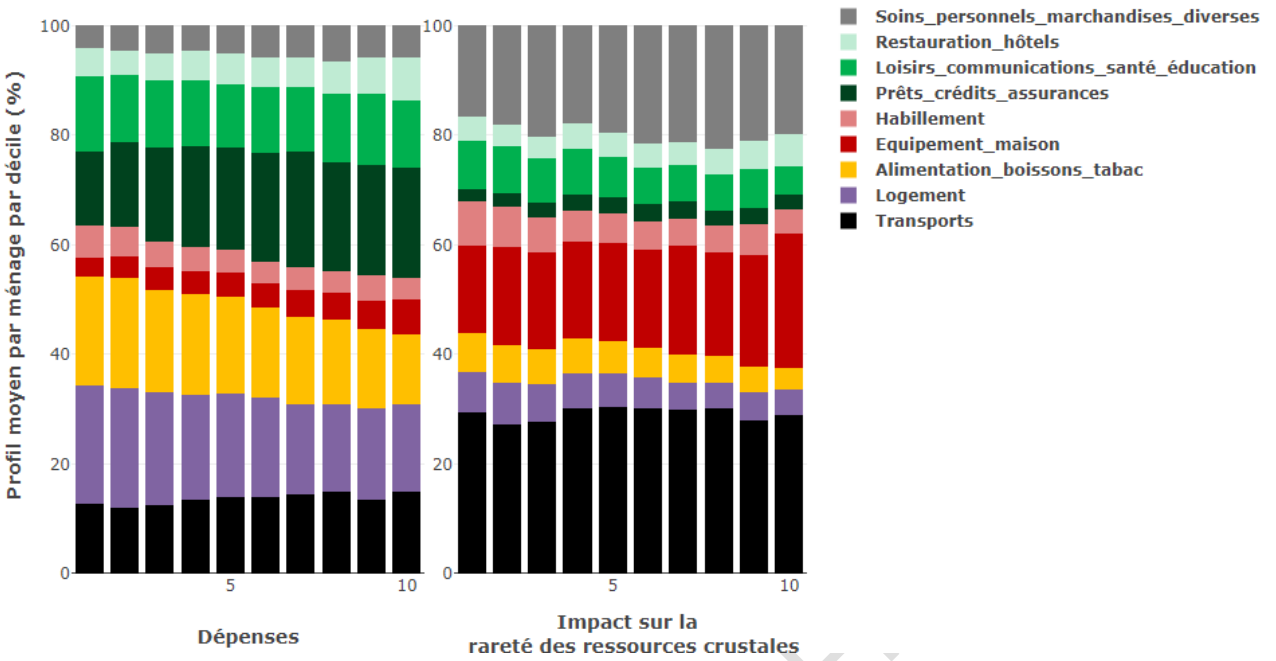


Figure 61 : Profil moyen de dépenses et d'impact sur la rareté des ressources crustales par ménages selon le décile de niveau de vie

PROVISOIRE - CONF

7 Comparaison « impact sur le changement climatique » vs « rareté des ressources crustales »

7.1 Analyses de contribution (ACV)

Comme décrits dans les sections 5 et 6, des analyses de contribution ont été conduites pour permettre de décomposer l'impact sur le changement climatique et celui sur la rareté des ressources crustales le long des chaines d'approvisionnement des produits consommés par la demande finale française.

Pour l'impact sur le changement climatique, les principaux postes de consommation qui concentrent les impacts sont : 1) les transports, dont les émissions sont majoritairement induites par la combustion de carburants, 2) le logement, dont les émissions sont majoritairement issues de la combustion de produits fossiles pour le chauffage domestique (fuel et gaz) et 3) l'alimentation, dont les émissions sont majoritairement associé à l'élevage (bœuf notamment avec une intensité en méthane très élevée). Arrivent ensuite les catégories **«** 13-soins personnels, protection sociale et marchandises diverses » et « 06-Ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison » qui ont fait l'objet d'une analyse détaillée dans la présente étude. Sur le poste de consommation 13, l'analyse des impacts sur la chaine de valeur montre que ce sont les travaux de construction qui concentrent les émissions (dont la production de ciment, chaux et plâtre). Sur le poste de consommation 06, l'analyse des impacts le long de la chaine d'approvisionnement montre que la production d'électricité explique 1/3 des émissions (notamment du fait d'imports depuis des pays asiatiques et européens dont les mix électriques sont plus carbonés que le mix français) et la production de produits chimiques 1/3 des émissions également (liées aux émissions directes des procédés de production associés).

In fine, pour réduire l'impact sur le changement climatique (et en même temps, les émissions de particules fines qui sont très liées), les recommandations suivantes ont été formulées :

- Décarboner les transports et le chauffage domestique (déterminants également pour réduire les émissions associées à la consommation des services d'administration, d'éducation, les services récréatifs ou de santé)
- Réduire la consommation de viande et le gaspillage alimentaire ; Promouvoir les alternatives végétales, y compris dans les hôtels/restaurants.
- Décarboner les travaux de construction (composants bas carbone, rénovation au lieu de construction neuve, efficacité énergétique, mutualisation d'espaces)
- Réduire les importations depuis les pays dont le mix énergétique est très carboné (notamment pour réduire les émissions associées aux meubles et équipements ménagers)
- Développement de procédés chimiques moins carbonés (déterminant pour réduire les émissions associées aux services de santé, aux équipements ménagers ou au textile)

Pour l'impact sur la rareté des ressources crustales, les postes de consommation qui concentrent les impacts sont différents. Si les transports sont le poste de consommation qui contribue le plus à cet impact (en lien notamment avec les métaux précieux contenus dans les composants automobile), le logement n'est que le 5ème contributeur et l'alimentation le dernier contributeur parmi les 13 postes de consommation COICOP. En ordre de grandeur, le secteur des « transports » fait par exemple peser un risque de pénurie de ressources dans le futur 8 fois plus important que le secteur des « hôtels et restaurants ».
Les deux postes de consommation qui contribuent le plus à l'impact sur la rareté des ressources crustales après les transports sont le poste « 13-soins personnels, protection sociale et marchandises diverses » et le poste « 05-ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison ». Le long de la chaine d'approvisionnement du poste de consommation 13, les activités de construction sont le principal contributeur à l'impact sur la rareté des ressources crustales, principalement du fait de leurs besoins en métaux précieux (or, argent, cuivre) et en matériaux de construction tel que plomb, zinc, étain. Pour la catégorie « 06 Ameublement », ce sont aussi principalement les métaux précieux qui expliquent l'impact (l'or notamment via 0les composants notamment électroniques et l'uranium via la production d'électricité d'origine nucléaire) ainsi que les produits chimiques. Ces derniers possèdent un certain nombre d'éléments pouvant résulter en un impact sur la rareté de ressources crustales. Par exemple, en se référant à la section 9.8.2, l'activité de production d'espèces chimiques au sein d'EXIOBASE prend en compte des éléments comme le zinc, le chrome, le manganèse, le cobalt, le titane, le plomb qui ont tous un certain impact sur la rareté de ressources crustales. De plus, d'autres éléments inclus dans l'activité – comme les composés dopés pour usage électronique, les détonateurs électriques, les fusibles, les composés organo-sulfuriques et inorganiques – possèdent aussi un impact non négligeable. Enfin, il ne faut pas oublier qu'n grand nombre d'espèces chimiques requièrent des matières premières en amont, lors de leurs productions, augmentant aussi l'impact

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

en rareté de ressources crustales. Par exemple, les catalyseurs utilisés en réactions chimiques contiennent souvent des terres rares ou critiques comme le platine ou le palladium. Les grandes quantités d'énergie nécessaires pour la production chimique peut aussi être un élément croissant l'impact possible (du fait de l'extraction de charbon ou de pétrole – industries pétrochimique avec le plastique notamment).

Pour réduire l'impact sur la rareté des ressources, les activités de construction apparaissent comme un levier important, car elles sont l'un des principaux contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales dans les chaines d'approvisionnement des catégories suivantes : soins personnels et marchandises diverses, les services d'administrations publiques, les services de santé, les services éducatifs ou encore les services récréatifs. Repenser les usages, les choix de matériaux sont des leviers d'actions possibles, qui peuvent avoir également des co-bénéfices sur l'impact sur le changement climatique. Deux autres activités qui semblent prégnantes pour réduire l'impact sur la rareté des ressources crustales sont la production chimique et (par construction même de l'indicateur) l'intégration des matériaux précieux dans les produits. Sur ce second point, limiter les présences des métaux précieux dans les produits et favoriser leur récupération ou la réutilisation/ recyclage sont des leviers de réduction possibles.

7.2 Facteurs socio-économiques

Dans cette section, on analyse conjointement l'impact sur le changement climatique et la rareté des ressources crustales, afin d'identifier si les enjeux sont les mêmes quels que soient les postes de consommation considérés ou les caractéristiques socio-économiques des ménages.

La figure ci-dessous décrit **la répartition des impacts sur le changement climatique et la rareté des ressources crustales par poste, selon une attribution proportionnelle aux dépenses nominales**. La part des impacts est similaire pour certains postes (restauration et hôtels, biens et services divers), tandis que d'autres sont à « dominante rareté des ressources crustales » (13 – Bijouterie, soins, effets personnels[36], 5 – Equipements de la maison) ou à « dominante impact sur le changement climatique » (4 - logement, 1 - alimentation).

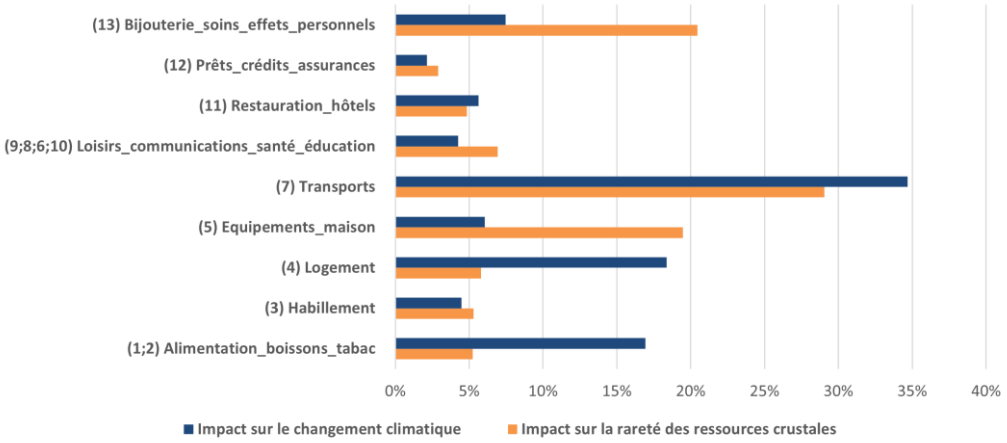


Figure 62 : Répartition de l'impact sur le changement climatique et sur la rareté des ressources crustales par poste de consommation

La figure ci-dessous décrit la distribution[37] des impacts sur la rareté des ressources crustales et sur le changement climatique, pondérées au plan national selon les 12081 ménages de l'enquête.

Pour comprendre les relations entre les deux impacts, il convient d'analyser l'évolution de l'impact sur le changement climatique en fonction de l'impact sur la rareté des ressources crustales. Si la répartition de l'impact sur la rareté des ressources crustales par poste était identique à la répartition de l'impact sur le changement climatique, tous les points seraient alignés avec la droite en pointillés qui représente une situation

[36] On rappelle que le poste 13 contient notamment les effets personnels (bijoux, horlogerie) qui nécessitent de réaliser des extractions de métaux précieux.

[37] D'après les données présentes sur ce graphe, on pourrait notamment voir que 71 ménages de l'enquête se situe au-delà de 0,05% de l'impact sur le changement climatique au plan national, ce qui représente en cumulé 5,3% de l'impact sur le changement climatique. On rappelle que cette interprétation est à prendre avec précautions car l'effet qualité n'est pas corrigé dans le cadre de notre étude.

théorique de proportionnalité. Mais comme ce n'est pas tout à fait le cas, on observe une distribution des points dont **la droite de régression traduit une élasticité apparente impact sur la rareté de ressources crustales / impact sur le changement climatique légèrement supérieure à 1. On peut dire qu'au plan statistique, l'impact sur la rareté des ressources crustales des ménages croît en moyenne proportionnellement à l'impact sur le changement climatique**, mais qu'il existe un écart type autour de cette moyenne que nous proposons d'investiguer.

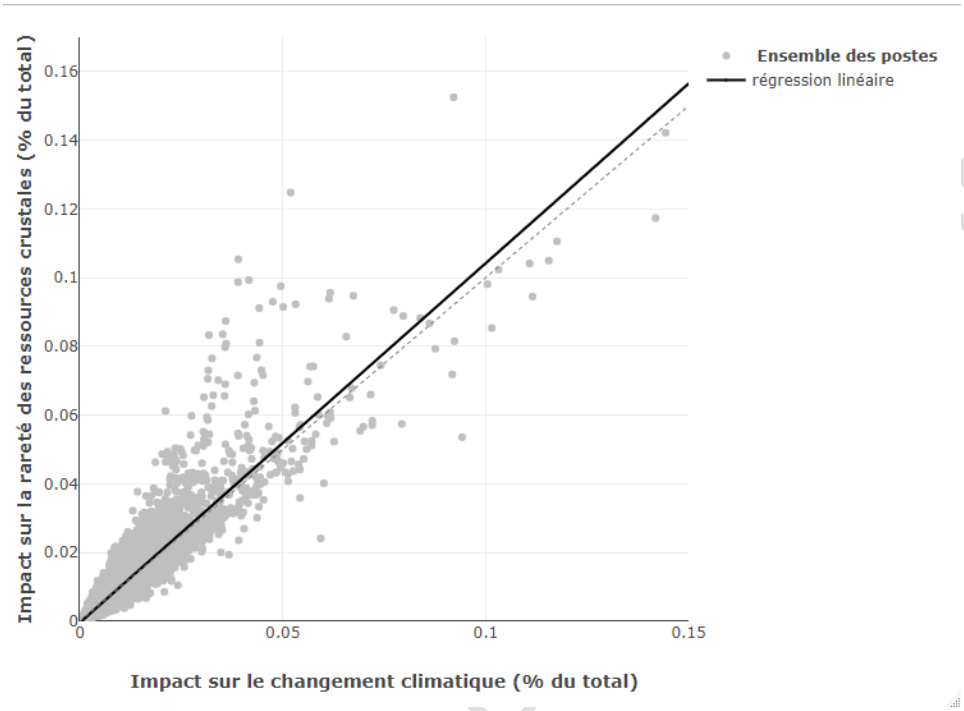


Figure 63 : Impacts sur la rareté des ressources crustales et sur le changement climatique pondérés au plan national pour chacun des 12081 ménages de l'enquête

Cependant, on peut observer des différences selon le groupe de postes étudiés. Cela est illustré en réalisant un focus sur trois groupes de postes (figure ci-dessous). Les groupes dits « ressources » et « changement climatique » (pour faciliter la lecture) sont composés de postes sur lesquels la ventilation de l'impact total sur la rareté des ressources crustales est respectivement supérieure ou inférieure à l'impact total sur le changement climatique. Le groupe « équilibré » comprend quant à lui les postes qui ne figurent pas dans les deux premiers groupes. Ces postes ont des parts d'impact sur la rareté des ressources crustales et le changement climatique similaires.

- Le groupe « ressources » illustre le fait que les appareils électroménagers, les soins personnels et les services de santé contribuent à faire augmenter beaucoup plus rapidement l'impact sur la rareté ressources crustales des ménages que l'impact sur le changement climatique.
- Le groupe « changement climatique » montre quant à lui l'importance plus limitée des enjeux ressources sur les postes « transport », « logement » et « alimentation ». L'augmentation potentielle de l'impact sur la rareté des ressources crustales est toutefois notable car la part d'impact rareté de ressources crustales dans les transports est seulement 6% plus élevée que la part d'impact sur le changement climatique (Figure 14).
- Le groupe « équilibré » illustre l'ensemble des autres postes à enjeu changement climatique / rareté des ressources crustales similaires. L'augmentation de la part de l'impact sur le changement climatique dans la part de l'impact sur le changement climatique totale est similaire à celles des ressources.

PROVISOIRE

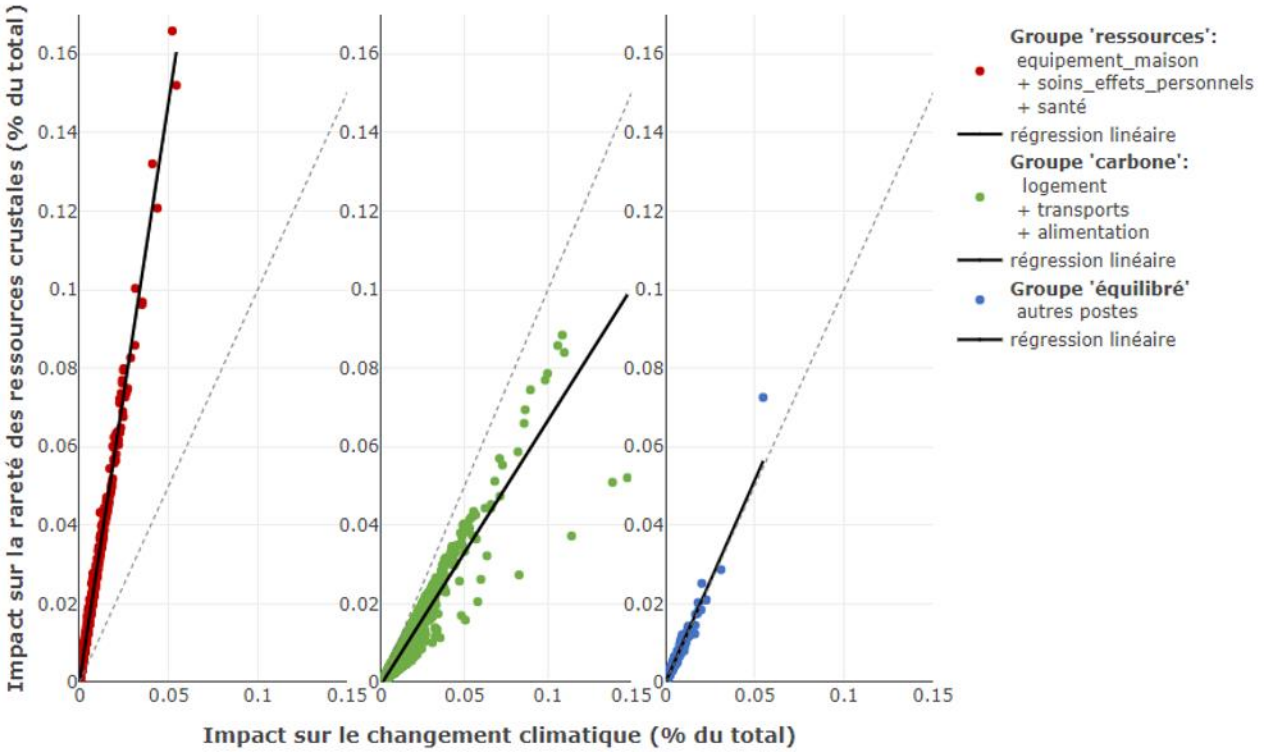


Figure 64 : Impacts sur la rareté des ressources crustales et sur le changement climatique désagrégés selon trois groupes de postes de consommation

L'importance de chaque groupe de postes dans les dépenses des ménages étant différente selon les caractéristiques socio-économiques, **la relation entre impact sur la rareté de ressources crustales et impact sur le changement climatique n'est pas forcément la même suivant les typologies de ménages.**

Pour illustrer cela, nous considérons quatre typologies de ménages définies respectivement par deux[38] modalités contrastées de déciles de niveau de vie et de taille de l'unité urbaine : les déciles 3 et 8, ainsi que les villes comprises entre 200k et 2M d'habitants d'une part et les zones rurales d'autre part. On voit que, sur ce sous-groupe de postes, l'impact sur la rareté des ressources crustales croît plus vite que l'impact sur le changement climatique dans les grandes villes, alors que c'est moins le cas dans les zones rurales.
La figure ci-dessous décrit la variation de l'impact sur la rareté des ressources crustales en fonction de l'impact sur le changement climatique selon ces quatre typologies. On voit d'une part que la proportionnalité ressources / changement climatique dans les zones rurales s'accroit par rapport à ce qui est observé lorsqu'on considère l'ensemble des ménages. Dans les grandes villes, l'élasticité ressources / changement climatique se rapproche qualitativement de la tendance observée au niveau national. Elle s'accroît notablement pour les déciles 8. L'hétérogénéité de la distribution d'impact est qualitativement plus élevée.

PROVISOIRE - CO

[38] Les quatre typologies sont définies suivant le croisement de deux modalités afin de conserver des échantillons suffisamment grands. Ainsi, la taille des quatre échantillons est comprise entre 250 et 320 points.

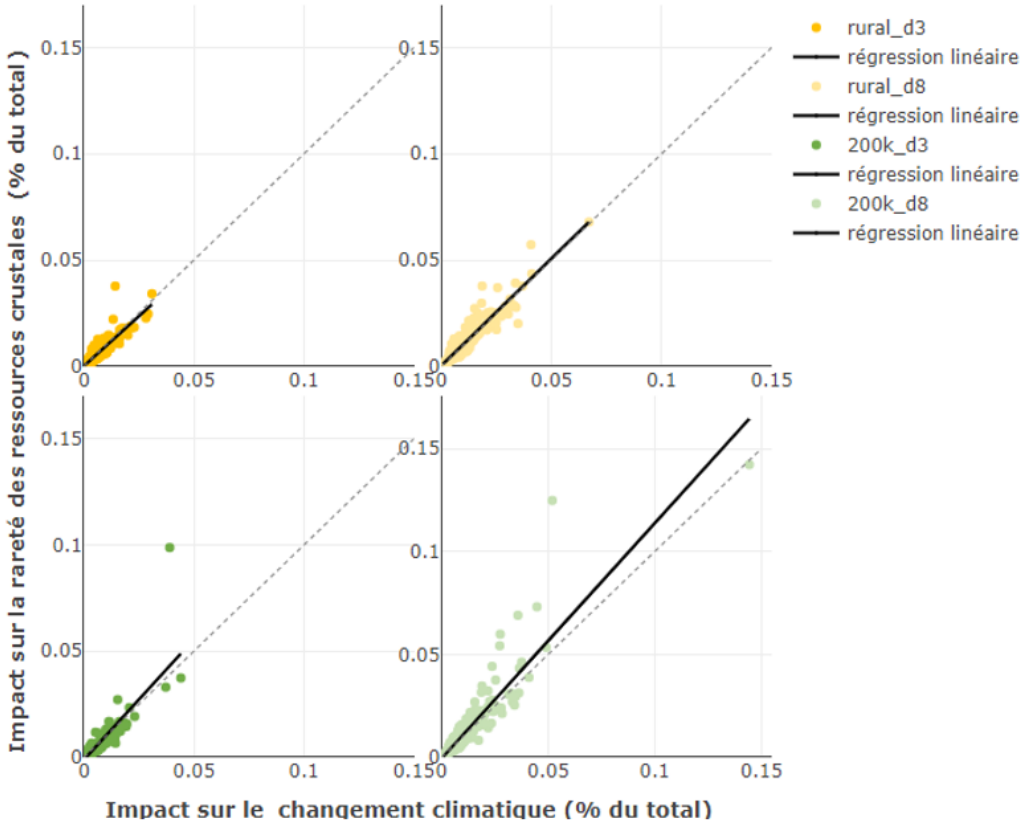


Figure 65 : Impact de la rareté de ressources crustales et impact sur le changement climatique pour les quatre typologies de ménages étudiées

Perspectives : approfondissement de l'analyse croisée impact sur le changement climatique / impact sur la rareté de ressources crustales

Cette section a proposé une première analyse croisée de l'impact sur le changement climatique et de l'impact sur la rareté de ressources crustales à l'aide d'une règle d'imputation simple des impacts et d'analyse des résultats avec des méthodes de statistiques descriptives. Elles offrent déjà une grande richesse de résultats, notamment en illustrant une certaine proportionnalité au plan national entre impact sur le changement climatique et impact sur la rareté des ressources crustales. Mais il a également été montré que l'élasticité ressources - changement climatique de l'impact des ménages n'est pas la même selon les caractéristiques socio-économiques et / ou les postes de consommation étudiés.

Les pistes d'approfondissements proposés pour obtenir une vision plus détaillée et exhaustive de ces résultats sont les suivantes :

- **Quantifier les variations d'impact sur la rareté des ressources crustales en fonction de la variation d'impact sur le changement climatique sur des typologies de ménages données.** Dit autrement, il s'agirait d'estimer des élasticités des impacts rareté des ressources crustales/changement climatique. Il faudrait pour cela utiliser un modèle économétrique de type système de demande en équations simultanées.
- **Etudier simultanément les liens entre modalités descriptives des ménages.** Il faudrait pour cela utiliser des méthodes d'analyse multivariées de type analyse en composantes principales (ACP) ou en composantes multiples (ACM).

PROVISOIRE - CGDD

8 Discussions finales et conclusions

8.1 Limites des analyses et perspectives

Cette section recense les limites méthodologiques du travail réalisé et propose des perspectives d'améliorations (encadrés).

De toutes les analyses indiquées dans ce rapport, il ne faut pas oublier qu'un certain nombre de différences méthodologiques génèrent des divergences de résultats par rapport à d'autres sources.

En ce qui concerne les ACV de type « endpoint » par exemple, la « biomasse » ne fait pas partie des extensions environnementales d'EXIOBASE v3.8.0 (alors qu'elle est considérée dans certaines sources comme EUROSTAT ou le modèle IO FIGARO), ce qui peut expliquer une divergence des résultats entre des ressources différentes. De manière plus détaillée, la biomasse peut influencer les résultats environnementaux des secteurs de l'agriculture, sylviculture et bioénergie, où les impacts peuvent être sous-évalués.

Complétude des flux environnementaux

Un premier axe d'amélioration prioritaire concerne donc l'enrichissement des flux élémentaires environnementaux au sein d'EXIOBASE. En particulier, l'intégration des ressources fossiles (combustion) et de la biomasse s'avère essentielle pour compléter l'analyse. Comme mentionné précédemment, l'absence de ces flux représente une limite critique et constitue un point de vigilance pour l'interprétation des résultats.

Pour y remédier, il conviendra de compléter l'intégration de l'activité « combustibles fossiles extraits de la nature », actuellement exprimée en unités hybrides, au sein des extensions environnementales, notamment en ce qui concerne les ressources (les émissions étant déjà implantées). Concernant la biomasse, une estimation peut être réalisée à partir de la teneur en carbone des cultures extraites selon leurs usages respectifs. Ces travaux sont prévus dans le cadre de l'enrichissement de la base de données EXIOBASE/BONSAI, et leur intégration dans le module de calcul pourra être envisagée dès leur disponibilité.

Par ailleurs, la consommation d'eau par activité n'était pas disponible dans la version d'EXIOBASE utilisée pour cette étude, ce qui a empêché l'analyse de l'empreinte en eau. Pourtant, des compromis sont fréquemment observés entre consommation d'eau, empreinte carbone et utilisation des matières premières (Hu et al., 2018, Meyer et al., 2018, Mekonnen et al., 2016). L'étude de cette empreinte est donc recommandée dès que les données de consommation d'eau par activité et par pays seront disponibles pour implémentation.

Toujours dans le domaine de complétude - mais sans que des flux environnementaux manquent forcément – dans cette étude, des résultats globaux sur l'impact de l'usage des terres et de la pollution en particules fines ont été produits, et des analyses plus détaillées ont été fourni pour l'impact sur la rareté de ressources crustales et le changement climatiques. D'autres catégories d'impact pourraient être considérées pour effectuer des analyses similaires (comme l'acidification, l'eutrophisation, la toxicité et ainsi de suite). Chaque catégorie d'impact peut fournir de nouvelles interprétations ou mettre en avant des activités-clés pour une réduction des impacts environnementaux dans une perspective multi-objectifs.

Par ailleurs, les résultats ACV de type « endpoint » sont aussi très dépendants des facteurs de pondération entre les différentes catégories d'impact, définis par leurs méthodes respectives. Ils restent donc à interpréter et communiquer avec la plus grande prudence.

Méthode d'évaluation d'impact

Au moment de la réalisation de cette étude, la méthode d'évaluation des impacts environnementaux sur le cycle de vie (EICV) développée dans le cadre du projet GLAM n'était pas encore publiée, empêchant son utilisation. Disponible depuis fin 2024, il serait pertinent de réévaluer les résultats environnementaux à l'aide de cette méthode, afin de bénéficier de ses avancées méthodologiques. Combiné avec une complétude plus importante des flux environnementaux (mentionné dans le paragraphe précédent), cela renforcerait l'intérêt de recalculer les impacts en « midpoint » et « endpoint ».

Un travail supplémentaire de correspondance de flux environnementaux sera toutefois nécessaire avant de pouvoir utiliser pleinement GLAM au sein de Brightway.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Cette étude constitue aussi une première étape pour établir un cadre d'analyse des impacts environnementaux à l'échelle nationale. L'étape suivante consistera à mobiliser ce modèle pour étudier des scénarios d'interventions concrètes à cette échelle, en évaluant leurs bénéfices et leurs risques sur divers indicateurs environnementaux (qui peuvent différer ce deux proposer dans cette étude). Cela nécessitera, dans certains cas, de désagréger certaines activités (ex. : dissocier la rénovation de bâtiments de l'activité « construction works ») ou de créer de nouvelles catégories (ex. : produits d'occasion ou services de réparation, souvent sous-représentés ou absents).

Désagrégation d'activités / création de nouvelle activité pertinente

Cette désagrégation, ou la création d'une nouvelle activité pertinente, peut être réalisée de plusieurs manières. Une première façon de procéder consiste à établir un lien explicite avec les tableaux entrées-sorties des comptes nationaux français, qui peuvent offrir un niveau de détail plus élevé pour certaines activités.

Par exemple, dans la version la plus détaillée des tableaux entrées-sorties français (comportant 139 activités), le secteur de la construction est décrit en trois sous-activités : la construction de bâtiments résidentiels et non résidentiels, le génie civil, et les travaux de construction spécialisés, au lieu d'une seule activité générique intitulée « travaux de construction » dans EXIOBASE.

Une deuxième option — qui peut se combiner avec la précédente — consiste à réaliser une ACV hybride, en combinant les approches « top-down » et « bottom-up ». Trois approches principales pour réaliser une ACV hybride sont utilisées. La première combine les données des tableaux entrées-sorties avec des données de processus plus détaillées issues d'une ACV, approche dite « bottom-up ». La deuxième consiste à adapter les flux d'une base de données en y intégrant des données plus représentatives issues de l'autre approche, sans modifier la structure des tables d'entrées-sorties. Cette approche, relativement simple (comme les structures des tables entrée/sortie ne sont pas affectées) requiert toutefois une vérification des bilans de masse (ou carbone, ou autre critère approprié). Les nouveaux flux adaptés ne doivent pas générer un déséquilibre en amont ou en aval des chaînes de valeur avec un surplus ou un manque desdits flux. Un processus de rééquilibrage est nécessaire pour garantir la robustesse du modèle et de ses résultats. La troisième vise à intégrer ces données détaillées en créant de nouvelles activités directement incorporées dans les tableaux entrées-sorties. Cette approche est plus désagrégé et permet par conséquent des résultats/analyses plus fines. Elle est plus cohérente si des nouvelles données désagrégées sont disponibles et une meilleure traçabilité est permise. De nouveau, un rééquilibrage des flux doit être vérifié en amont et en aval de la chaîne de valeurs. Du fait de ces étapes, cette approche reste aussi celle requérant le plus de travail.

Point méthodologique : corrélation EXIOBASE/COICOP

Pour pouvoir relier les résultats environnementaux obtenus avec EXIOBASE et la classification COICOP2018, une table de correspondance a été établie avec les contributeurs du « tier 1/niveau 1 » des résultats d'EXIOBASE (à ne pas confondre avec le tier 1 de COICOP208, qui possède 4 niveaux de désagrégation). Comme la correspondance ne s'est établie qu'au tier 1, elle n'est pas nécessairement complète : toutes les activités d'EXIOBASE affichés dans les résultats au tier 1 possèdent une correspondance COICOP2018, mais pas nécessairement tous les codes COICOP2018 possèdent une correspondance avec EXIOBASE.

De plus, les approches des deux classifications sont différentes dans le principe. EXIOBASE a une approche orientée activité (avec une activité comme « extraction des métaux précieux ») alors que COICOP a une approche plutôt orientée vers la demande finale (avec une catégorie comme « consommation de bijoux »). Le consommateur final va rarement effectuer une extraction des métaux lui-même (catégorie absente de COICOP) alors qu'EXIOBASE va plus considérer la production de pierres précieuses, sans que celles-ci ne soient forcément utilisées pour les bijoux : elles peuvent être utilisées pour les produits chimiques, l'électronique, etc.

Ces exemples illustrent les recouvrements possibles de certaines catégories et la difficulté de trouver les correspondants idéaux. Une correspondance entre EXIOBASE et COICOP a été néanmoins conjointement développée, avec des hypothèses se basant sur le plus gros consommateur (s'il y a un doute entre 2 catégories, celle qui est la consommatrice la plus importante a été privilégiée). Cette correspondance est disponible sur le GitHub et peut servir de base à toute amélioration future. Il va sans dire qu'une modification de cette correspondance EXIOBASE/COICOP peut entraîner une modification des résultats de ce rapport et une interprétation nécessitant d'être ajustée.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tous ces éléments entraînent plusieurs limites dans la visualisation graphique et l'interprétation et plusieurs cas d'activités/produits d'EXIOBASE peuvent être particulièrement délicats à associer avec une catégorie COICOP.

Plusieurs exemples sont décrits ci-dessous à caractère illustratif.

- Toutes les activités et produits associés aux métaux (précieux) comme le zinc, aluminium, étain, plomb, qui ne disposent pas d'une catégorie COICOP claire. La seule mention dans la classification COICOP de métaux précieux concerne la joaillerie et les montres. Si certains métaux précieux peuvent être utilisés dans des produits existant dans la classification COICOP (type ordinateur, téléphone…), d'autres sont utilisés dans des machines de production d'énergie ou industriels.
- Les activités de combustion d'EXIOBASE génèrent comme produit de l'énergie qui peut être réutilisée dans de multiples cas. Là aussi, la corrélation peut être discutée. Dans le cadre de ce projet, cette activité a été associée à la catégorie COICOP des « transports » (dut fait de la production des carburants).
- Le biofuel (produit d'EXIOBASE) pourrait être utilisé dans les transports ou dans le chauffage dans certains cas (2 catégories COICOP). Dans le cadre du projet, il a été associé aux transports, en supposant une utilisation plus importante en transport qu'en chauffage. Ce choix peut néanmoins entraîner des résultats biaisés. Placer le biofuel dans 2 catégories différentes auraient entraîné des risques de « double-comptage » (« double-counting » en anglais), où un même produit voit son impact calculé deux fois et compté double.
- La tourbe (produit d'EXIOBASE) pourrait être utilisée dans le chauffage, en activités fermières, voire en produits de jardin. Seul le chauffage individuel ou les produits jardiniers sont des catégories COICOP existantes. Dans le cadre du projet, l'activité et le produit de la tourbe sont associés à la catégorie COICOP du chauffage, encore une fois assumant une utilisation plus importante de la tourbe dans cette activité.
- Les activités de traitement de déchets ne sont pas clairement indiquées dans la classification COICOP. Devraient-elles aller dans la section 4 liée au logement et services associés ou à la catégorie 1 ou 2 lies à la nourriture (déchets de nourriture ?)
- Un autre exemple de complexité concerne les activités de travaux de constructions, qui par intuition seraient plutôt reliés à la catégorie 4 liée au logement et services associés mais la classification COICOP mentionne les services immobiliers dans la catégorie 13 sur les « soins personnels, protection sociale et marchandises diverses ». Or, au sein d'EXIOBASE, les activités de services immobiliers font appels aux activités de travaux de construction.

Encore, il ne s'agit que de quelques exemples. Comme nous l'avons vu, les contributeurs selon COICOP sont relativement agrégés et par conséquent, l'interprétation reste assez limitée. Pour aller plus en détail et mieux comprendre la contribution des différentes activités EXIOBASE et éviter l'effet de « groupe » avec la classification, les sections suivantes effectuent des analyses de contribution en passant uniquement par la nomenclature d'EXIOBASE, sans passer par une étape intermédiaire de classification. Le but est d'offrir une perspective complémentaire aux résultats fournis précédemment.

En ce qui concerne la combinaison entre la base de données EXIOBASE v3.8 et les valeurs de l'enquête BdF (« Budget de Famille »), un couplage a été tenté entre les budgets de l'étude BdF et les intensités carbones en kg CO_2-éq/EUR d'EXIOBASE. Toutefois, malgré un certain nombre de tentatives entre 2.-0 LCA Consultants et SMASH CIRED, aucune corrélation satisfaisante n'a pu être atteinte, avec des différences trop grandes sur les dépenses par poste. Ces analyses ont permis toutefois de déceler plusieurs erreurs dans la base de données EXIOBASE avec des données mal implémentées, comme la consommation de viande ou de poisson. Ces erreurs au sein d'EXIOBASE v3.8 ont été corrigées pour cette étude. Très probablement, l'élément qui a empêché d'obtenir une cohérence en termes de flux monétaires est la définition des prix au sein de la nouvelle version d'EXIOBASE 3.8. Les prix des produits et ses différents dérivés (« basic price », « purchaser price »…) sont définis par l'université NTNU en Norvège, qui est actif dans le développement

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

d'EXIOBASE mais n'est pas membre du présent projet. Malheureusement, la fiche des prix pour EXIOBASE 3.8 n'est pas définitive et semble clairement contenir des erreurs ou approximations. À titre d'exemple, la marge faite par les distributeurs et marchés de viandes est estimée à environ 3-4% alors que des recherches rapides en ligne ou dans la littérature semblent suggérer une valeur plus proche de 40%. Par ailleurs, les valeurs cibles de l'étude BdF sont données en « gros », c'est-à-dire qu'elles fournissent les totaux de dépenses de consommation par les ménages français, sans forme de désagrégation en termes de quantité ou de volume. À titre d'exemple illustratif, l'étude BdF peut indiquer que les ménages français ont dépensé 100 millions d'euros en 2016 pour consommer de la viande de bœuf. L'étude BdF n'indique cependant pas l'équivalent en nombre de pièces de bœuf ou de quantité (en kg ? en tonnes ? en pièces ? Sans tenir compte de l'effet d'inflation au fil des années), ce qui rend les tentatives de corrélation avec EXIOBASE v3.8 – qui, bien qu'ayant une nature hybride, est fondamentalement construite sur des flux physiques – plus ardues.

Face à la complexité que requerrait une mise à jour complète des prix d'EXIOBASE 3.8 dans le cadre du temps imparti au projet, il a été finalement décidé d'utiliser pour les analyses des déterminants socio-économiques des impacts environnementaux (principalement les sections 4, 5.2, 6.2 et 7.2 de ce rapport) uniquement les valeurs d'impact sur le changement climatique ou la rareté des ressources crustales d'EXIOBASE (en kg CO_2-éq et kg Si-éq respectivement) et d'appliquer une méthode de ventilation des impacts au « prorata » des dépenses et des poids démographiques des ménages. La fiche de prix d'EXIOBASE v3.8 sera mise à jour et finalisée ultérieurement, dans le cadre du projet BONSAI.

Analyse des impacts socio-économiques et soutenabilité

Un axe d'amélioration identifié concerne donc l'utilisation des coefficients d'émission pour l'allocation des empreintes à partir des dépenses observées dans l'enquête Budget des Familles.

Cette étude pose une première base pour la combinaison des résultats sortant d'EXIOBASE avec des indicateurs de l'étude BdF. Cet exercice pourrait être reconduit avec les nouvelles versions de EXIOBASE/ BONSAI ou de l'enquête BdF (qui inclura normalement de nouveaux éléments plus quantitatifs). Cela pourrait permettre un suivi temporel, une analyse plus spécifique d'un secteur en particulier ou bien une analyse avec de nouvelles catégories d'impact.

Il conviendrait aussi de corriger les effets liés à la qualité perçue et à l'intensité carbone, notamment pour les produits et services les plus impactant ou ciblés par les leviers d'action.

Enfin, des limites techniques peuvent aussi être rappelées/mentionnées dans le cadre de ce projet, au niveau de l'utilisation du package Brightway. Si ce dernier offre des outils pertinents et pratiques pour les ACV, quelques difficultés de manipulation sont apparues à travers ce projet. Par exemple, les diagrammes Sankey, s'ils permettent une représentation visuelle riche, se relèvent parfois délicats dans la gestion des noms des flux, que ce soit pour les tailles de caractère ou un renvoi à la ligne pour les noms les plus longs (une autre possibilité étant bien évidemment de privilégier des noms plus courts au sein d'EXIOBASE ou seulement les codes). Les effets de boucle (détaillé en Section 5.1.1) limitent parfois le niveau de désagrégation (à moins de changer de nouveau divers paramètres comme la valeur cut-off) et une solution pour contourner ce problème pourrait se révéler pertinente à l'avenir, même si leur gestion se doit d'être triviale. Une telle solution ne devrait pas requérir de la part de l'utilisateur une connaissance experte de Brightway/des codes, sans toutefois diminuer la qualité des diagrammes obtenus.

Au-delà de ces limites méthodologiques et perspectives d'améliorations, plusieurs perspectives de recherche peuvent être envisagés pour les suites de ce projet.

- L'un des grands avantages du modèle EXIOBASE réside dans sa capacité à élargir l'analyse aux dimensions sociales et économiques : impacts sur l'emploi, le produit intérieur brut, la distribution des revenus, ou encore les liens avec les Objectifs de Développement Durable (ODD). L'extension sociale d'EXIOBASE permet déjà d'exploiter ces dimensions. Leur prise en compte est indispensable pour évaluer la soutenabilité globale des transitions envisagées et reste un axe important à exploiter.
- Pour évaluer la transition vers une consommation plus responsable et durable, vu les résultats de cette première étape, il est fortement recommandé d'adopter une approche holistique combinant les dimensions environnementales, sociales et économiques, sur la base des développements

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

méthodologiques proposés. Une vision plus complète, telle que celle offerte par une LCSA (« Life Cycle Sustainability Assessment ») peut offrir une base pour des études ultérieures ou plus fouillées.

- Enfin, une autre perspective serait d'investiguer la dimension prospective de l'analyse.
    - Un couplage avec le modèle EEIO MatMat développé à l'ADEME pourrait être envisagé. Ce couplage pourrait permettre l'intégration de modules d'ACV prospective compatibles, tels que *premise*. Ce modèle associe les bases de données d'Inventaire du Cycle de Vie (ICV) avec des modèles d'évaluation intégrés, permettant ainsi de modifier les unités de processus en fonction d'un horizon temporel donné. Actuellement, les développements de *premise* se concentrent sur le couplage de la base de données d'ACV Ecoinvent avec les scénarios prospectifs des modèles intégrés REMIND et IMAGE. Cependant, des pistes de recherche et de développement explorent la possibilité de coupler Exiobase avec ces modèles intégrés. Deux pistes méthodologiques pourraient être envisageables : établir une correspondance entre la base de données hybride actuelle d'EXIOBASE et celle utilisée par MatMat, ou bien envisager un *refactoring* simplifié de MatMat sur la base d'une version plus robuste et actualisée de la base de données d'EXIOBASE Hybride.
    - Au-delà de l'analyse prospective du « background », il serait nécessaire d'examiner aussi les évolutions prospectives des profils de consommation et d'empreinte environnementale dans une perspective de long terme (sur le « foreground »). Cela implique un couplage plus fin entre les résultats environnementaux (et socio-économiques) et les typologies de ménages, en tenant compte des modes de vie et des structures de dépense sous-jacentes. Un possible travail serait de combiner ce travail avec des scénarios futurs prévus pour la France, comme par exemple la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC).

8.2 Enseignements

Cette étude a fourni une évaluation des **impacts environnementaux générés par la consommation française en 2016** en s'appuyant sur des **indicateurs endpoint** (dommages globaux sur santé humaine, qualité des écosystèmes, disponibilités des ressources) et des **indicateurs midpoint** (changement climatique, particules fines, usage des terres, rareté des ressources).

La méthodologie utilisée a consisté tout d'abord à coupler un **modèle entrées-sorties multirégional** (EXIOBASE v3.8) **combiné à des facteurs de caractérisation ACV** (présents dans Brightway). Puis dans un second temps, à **décomposer les impacts environnementaux selon les profils de dépenses des ménages** observés dans l'enquête Budget des Familles **(BDF 2017**). Les limites méthodologiques et les perspectives d'approfondissement ont été discutés dans la section 8.1.

Deux méthodes de caractérisation, ReCiPe et IMPACT World+, ont été utilisées pour calculer les impacts au niveau « endpoint ». En ce qui concerne la santé humaine, les deux méthodes convergent vers les mêmes interprétations, à savoir que l'impact sur le changement climatique et les particules fines est significatif dans les deux cas et sont les deux leviers sur lesquels jouer. En ce qui concerne la qualité des écosystèmes, les deux méthodes mettent en avant deux catégories d'impact majeurs : l'impact sur le changement climatique et l'usage des terres. D'autres catégories d'impacts sont présentes (notamment dans la méthode IMPACT World+) mais en proportion moindre, comme l'acidification.

Les résultats en « endpoint » démontrent encore une fois les potentielles limites de pertinence et d'interprétation, dépendant d'un certain nombre de choix de modélisation, surtout dans le domaine « endpoint » et de pondération. L'absence de consensus global associé avec la présence continue de discussions méthodologiques nous amènent à considérer de tels résultats avec précautions.

L'analyse a ensuite été approfondie sur quatre catégorie d'impacts spécifiques. L'impact de la consommation française sur **l'utilisation des terres** est principalement associé à la production alimentaire. Les changements de régime alimentaire (moins de viande en particulier) sont des leviers forts pour réduire l'impact sur l'usage des terres. Les **émissions de particules de matière** sont corrélées avec le changement climatique, les mêmes leviers de réduction peuvent donc être envisagés. Par conséquent, cette étude s'est principalement concentrée sur les deux autres indicateurs étudiés, à savoir le **changement climatique** et la **rareté des ressources crustales**.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

L'impact de la consommation française en 2016 sur le changement climatique a été évalué à **607 Mt CO_2-éq** (soit 8,9 tonnes CO_2-éq par habitant**). 53 % de l'impact est importé,** principalement depuis la Chine et le reste de l'Asie. Les postes de consommation contribuant le plus à l'impact sur le changement climatique sont les transports (30,1% des émissions), le logement (13.2%) et l'alimentation (11,8%).

Les ordres de grandeur de l'impact sur le changement climatique de la demande française ont été comparés avec d'autres études et les chiffres de référence connus dans la littérature française. Ils ont ainsi pu être validés. Pour les autres catégories d'impacts étudiées (particules fines, usage des terres et rareté des ressources crustales) aucun chiffre de référence pour les impacts globaux de la consommation française n'a été trouvé pour établir une comparaison d'ordre de grandeur. Des études du JRC commencent à considérer par exemple des concepts d'usage des terres, mais à une échelle européenne (sans pouvoir désagréger au niveau français) et souvent dans une approche statistique et de commerce plus que dans une approche ACV (De Laurentiis & Orza, 2024). A noter qu'une étude du JRC adopte toutefois une analyse de type ACV assez similaire à celle du présent rapport, dans le sens où la consommation européenne est analysée en utilisant les 16 catégories d'impact de la méthode ReCiPe (Sanye & Sala, 2023). Le périmètre considéré est le périmètre européen, même si certains résultats pourraient être déduits visuellement (avec des graphiques basés sur des gradations de couleur) pour plusieurs pays pris individuellement. Un des messages clés de cette étude confirme le trio de tête pour les impacts environnementaux à l'échelle européenne : la nourriture, le logement et les transports (cf. section 5.1 pour les ménages français). Une autre conclusion est que l'UE est un « importateur net » d'impacts environnementaux, ce qui rejoint les points mentionnés précédemment sur l'empreinte environnementale intrinsèque de la chaîne de valeur (cf. sections 3.2.1, 3.3.1 ou 3.5.1. de ce rapport).

Les analyses détaillées de l'impact sur le changement climatique montrent (pour les catégories autres que transport, logement et nourriture) que :

- Les activités de construction concentrent les émissions de la chaine d'approvisionnement des « soins personnels, protection sociale et autres biens et services » et sont par conséquent un des leviers principaux pour réduire les émissions de ce poste de consommation.
- Les émissions associées à la demande en « Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » sont principalement dues à l'intensité carbone des produits importés (notamment avec les imports de Chine dont l'intensité carbone pour l'électricité est environ 16 fois supérieure à celle de la France) et aux émissions directes de la production de produits chimiques.
- Enfin pour « Restaurants et services d'accommodation », nous retrouvons des mécanismes « attendus » ou déjà observés dans d'autres analyses sur l'alimentation. La production de nourriture (notamment de viande) et le transport associé jouent un rôle de contribution majeure.

L'autre impact qui a été évalué finement dans le cadre de cette étude est la rareté des ressources crustales. L'impact de la consommation française de 2016 a ainsi été évalué à **43,6 Gt Si-éq, dont**, **99,6 % hors France** (Afrique, Asie, Amérique Latine, Etats-Unis). Cet indicateur mesure les risques que génère la consommation française sur une potentielle pénurie sur le long-terme de ressources minérales/métalliques. Il prend en compte à la fois le volume d'extraction des ressources et leur concentration crustale / rareté, son évolution dépend donc fortement des imports de métaux précieux et industriels (fer, nickel, or, chrome, cuivre). Les postes de consommation qui contribuent le plus à l'impact sur la rareté des ressources crustales sont les Soins personnels et biens divers (24,5%), les transports (21,1%), les l'Ameublement et équipements ménagers (13.9%). Cet indicateur étant moins étudié que le changement climatique, nous n'avons pas pu mettre en perspective les résultats produits dans la présente étude avec d'autres analyses / publications.

Les analyses détaillées de l'impact sur la rareté des ressources crustales indiquent (pour les catégories autres que transport, logement et nourriture) que :

- Les activités de construction contribuent majoritairement à l'impact de la demande en « Soins personnels, protection sociale et autres biens et services »
- La production de produits chimiques et celle des meubles/biens manufacturés sont les deux principaux contributeurs le long des chaines d'approvisionnement de la catégorie COICOP « Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement ».
- De manière sous-jacente aux contributeurs mentionnés ci-dessus se trouve en fait l'activité de production/usage de métaux et de pierres précieuses. Ces derniers sont d'ailleurs également un des contributeurs importants dans l'impact associé à la demande en « vêtements et chaussures ».

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

En considérant les deux catégories d'impact en parallèle, nous observons que :

- Il peut y avoir des différences importantes en termes de contribution des postes de demande finale (catégories COICOP). Par exemple, la catégorie COICOP 5 - « Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » passe d'une contribution de 6,5% à l'impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages à une contribution de 19,5% à l'impact sur la rareté des ressources crustales.
- Toutefois, à partir du moment où une analyse de contribution est menée le long des chaines d'approvisionnement, certains mécanismes se répètent et se retrouvent. Par exemple, au sein de la catégorie COICOP 13 : « Soins personnels, protection sociale et autres biens et services », l'activité de construction est un des contributeurs les plus importants, que ce soit pour l'impact sur le changement climatique ou la rareté des ressources crustales. De même au sein de la catégorie 5 « Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement », la production de produits chimiques ou la production de meubles et autres biens manufacturés sont des contributeurs majeurs dans les deux catégories d'impact (changement climatique et rareté de ressources crustales).
- Ainsi, pour atténuer les impacts environnementaux de la demande finale des ménages français, des mesures différenciées selon les postes de consommation devront être mises en place. À titre d'exemple, une mesure visant la catégorie « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » pourrait avoir un effet de levier plus important si elle vise à réduire l'impact sur la rareté de ressources crustales (contribution à hauteur de 19,5%) plutôt que celui sur le changement climatique (contribution à hauteur de 6,5%).

Enfin, plusieurs activités EXIOBASE apparaissent régulièrement en tant que contributeurs importants et à ce titre bénéficieraient d'une désagrégation plus poussée dans le cadre d'un projet dédié, de façon à affiner et mieux comprendre les flux contributifs. Ce type d'analyse/désagrégation ultérieure requerrait des données primaires des industries/acteurs associés et pourrait être bénéfique pour l'ensemble des catégories de consommation COICOP (et pas seulement celles où une analyse plus détaillée a été effectuée pour ce rapport). La liste des activités EXIOBASE où une désagrégation ultérieure serait souhaitable est la suivante :

- « A_FURN » : meubles et autres bien manufacturés
- « A_CONS » : les travaux de construction
- « A_CHEM » : produits chimiques
- « A_PREO » : les métaux précieux

Pour les quatre activités mentionnées ci-dessus, l'annexe 9.8 (subdivisée en 4 sous-sections, une pour chaque activité), fournit la liste des éléments regroupés en pack et dont une désagrégation au niveau de chaque composant apporterait une valeur ajoutée. Les sources de données utilisées sont la classification CPC ou NACE v2 (correspondance donnée aussi en annexe 9.8).

8.3 Conclusion

Cette étude a permis de construire un socle méthodologique pour :

- d'une part, évaluer les impacts environnementaux de la consommation française, selon une approche EE-MRIO combiné à des facteurs de caractérisation ACV ;
- et d'autre part, décomposer les impacts environnementaux selon les profils de dépenses des ménages observés dans l'enquête Budget des Familles (BDF 2017).

Les analyses présentées dans le chapitre 3 du présent rapport ont permis de donner **une vision globale des impacts environnementaux générés par la demande finale française et selon plusieurs catégories d'impact**. Les résultats confirment les tendances connues concernant les transports, le logement et l'alimentation. Ainsi, la consommation de combustibles fossiles dans les transports et le logement est un très grand contributeur aux émissions de GES (et aux émissions de particules fines associées). La consommation alimentaire joue à la fois sur les émissions de GES et la dégradation des écosystèmes du fait de l'usage des terres. Les analyses réaffirment également que les impacts sur la santé humaine sont dominés par le réchauffement climatique et les émissions de particules. Et que la perte de biodiversité est déterminée par le changement climatique, l'occupation des terres et l'acidification des océans.

Les chapitres 5 à 7 du rapport ont permis d'analyser plus finement deux indicateurs : le changement climatique et la rareté des ressources crustales. Et d'investiguer plus finement d'autres postes de consommation que les

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

transports, le logement et l'alimentation. Les impacts générés par la demande finale française des ménages, de l'Etat et des ISBLSM ont ainsi été étudiés en détaillant les postes de consommation. Cela a permis d'**identifier, parmi les différents postes de consommation, quels sont les contributeurs majoritaires à chaque impact et qu'ils varient selon que l'on considère le carbone ou la rareté des ressources crustales**. L'origine des impacts, le long des chaines d'approvisionnement propres à chaque poste de consommation, a été mise en lumière à travers des diagrammes Sankey. Ces analyses prouvent – au-delà des valeurs absolues – l'importance relative que peut prendre un poste de consommation selon le « spectre environnemental » adopté : un poste de consommation très contributeur à l'impact sur le changement climatique ne l'est pas forcément pour la rareté des ressources crustales, et inversement. Ces résultats encouragent à éviter l'effet « carbon tunnel » qui consiste à considérer l'impact environnemental seulement par le prisme de l'impact sur le changement climatique, et à considérer d'autres postes de consommation que les transports, le logement et l'alimentation.

En combinant de manière innovante la base de données EXIOBASE et les résultats de l'étude BdF, ce rapport offre des résultats combinant une analyse environnementale et des analyses socio-économiques, dans le but de mieux comprendre les impacts environnementaux de la demande finale française sur le changement climatique et – plus rarement étudié – sur la rareté de ressources crustales. L'analyse des déterminants socio-économiques des impacts environnementaux de la consommation des ménages a notamment mis en avant que **les principaux postes de dépenses ne sont pas forcément les principaux contributeurs à l'impact sur le changement climatique ou sur la rareté des ressources crustales**. En plus d'offrir des nouveaux éléments analytiques et méthodologiques, ces analyses peuvent être utilisées comme support de compréhension et de décision dans la mitigation des impacts environnementaux de la demande française.

Enfin, ce rapport pointe plusieurs perspectives d'approfondissement.

Cette étude a par exemple permis de mettre en lumière certaines limites de la version d'EXIOBASE v3.8 qui mériteraient d'être corrigées, ou au moins améliorées, dans les futures versions (cf. projet BONSAI).

Nous pouvons notamment évoquer le besoin de complétude des flux élémentaires environnementaux dans EXIOBASE pour permettre une analyse « endpoint » plus robuste, ou encore d'évaluer l'empreinte eau ou matières. Ainsi, l'intégration des ressources fossiles et de la biomasse s'avère essentielle pour compléter l'analyse. L'absence de ces flux représente une limite majeure et constitue un point de vigilance pour l'interprétation des résultats produits dans le cadre de cette étude.

Mais aussi améliorer la représentation multi-couches, notamment sur les données économiques (prix). Ou encore désagréger certaines activités regroupant à l'heure actuelle des activités trop hétérogènes (par exemple la construction et génie civil, les meubles et autres bien manufacturés, les produits chimiques ou les métaux précieux).

Enfin, dans cette étude, une mise en correspondance entre deux nomenclatures construites dans des visées différentes – EXIOBASE (orientée plutôt au niveau production) et COICOP (orientée plutôt niveau consommation finale) – a été proposée. Ce rapport pointe les difficultés rencontrées pour mener une telle tâche. Un travail d'amélioration de la mise en correspondance de ces deux nomenclatures pourrait être mené dans un projet futur.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9 Annexes

9.1 Annexe I – Pays et régions dans EXIOBASE 3.8

Pays	Code Exio4	Nom de la région
Austria	AT	-
Australia	AU	-
Belgium	BE	-
Bulgaria	BG	-
Brazil	BR	-
Canada	CA	-
Switzerland	CH	-
China	CN	-
Czech Republic	CZ	-
Germany	DE	-
Denmark	DK	-
Estonia	EE	-
Spain	ES	-
Finland	FI	-
France	FR	-
United Kingdom	GB	-
Greece	GR	-
Croatia	HR	-
Hungary	HU	-
Indonesia	ID	-
Ireland	IE	-
India	IN	-
Italy	IT	-
Japan	JP	-
Korea, Republic of	KR	-
Lithuania	LT	-
Luxembourg	LU	-
Latvia	LV	-
Mexico	MX	-
Netherlands	NL	-
Norway	NO	-
Poland	PL	-
Portugal	PT	-
Romania	RO	-
Russia	RU	-
Sweden	SE	-
Slovenia	SI	-

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Pays	Code Exio4	Nom de la région
Slovakia	SK	-
Taiwan	TW	-
Turkey	TR	-
United States	US	-
South Africa	ZA	-
Malta	MT	-
Cyprus	CY	-
Afghanistan	WA	Reste de l'Asie
American samoa	WA	Reste de l'Asie
Bangladesh	WA	Reste de l'Asie
Bhutan	WA	Reste de l'Asie
British indian ocean territory	WA	Reste de l'Asie
Brunei darussalam	WA	Reste de l'Asie
Cambodia	WA	Reste de l'Asie
Christmas island	WA	Reste de l'Asie
Cocos (keeling) islands	WA	Reste de l'Asie
Cook islands	WA	Reste de l'Asie
Nepal	WA	Reste de l'Asie
New caledonia	WA	Reste de l'Asie
New zealand	WA	Reste de l'Asie
Niue	WA	Reste de l'Asie
Norfolk island	WA	Reste de l'Asie
Northern mariana islands	WA	Reste de l'Asie
Pakistan	WA	Reste de l'Asie
Palau	WA	Reste de l'Asie
Papua new guinea	WA	Reste de l'Asie
Philippines	WA	Reste de l'Asie
Pitcairn	WA	Reste de l'Asie
Samoa	WA	Reste de l'Asie
Singapore	WA	Reste de l'Asie
Solomon islands	WA	Reste de l'Asie
Sri lanka	WA	Reste de l'Asie
Taiwan	WA	Reste de l'Asie
Thailand	WA	Reste de l'Asie
Tokelau	WA	Reste de l'Asie
Tonga	WA	Reste de l'Asie
Tuvalu	WA	Reste de l'Asie
Vanuatu	WA	Reste de l'Asie
Vietnam	WA	Reste de l'Asie
Åland islands	WE	Reste de l'Europe

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Pays	Code Exio4	Nom de la région
Albania	WE	Reste de l'Europe
Andorra	WE	Reste de l'Europe
Armenia	WE	Reste de l'Europe
Azerbaijan	WE	Reste de l'Europe
Bahrain	WE	Reste de l'Europe
Belarus	WE	Reste de l'Europe
Bosnia and herzegowina	WE	Reste de l'Europe
Estonia	WE	Reste de l'Europe
Faroe islands	WE	Reste de l'Europe
Georgia	WE	Reste de l'Europe
Gibraltar	WE	Reste de l'Europe
Greenland	WE	Reste de l'Europe
Cameroon	WF	Reste de l'Afrique
Cape verde	WF	Reste de l'Afrique
Central african republic	WF	Reste de l'Afrique
Chad	WF	Reste de l'Afrique
Comoros	WF	Reste de l'Afrique
Congo	WF	Reste de l'Afrique
Congo, the democratic republic of the	WF	Reste de l'Afrique
Cote d'ivoire	WF	Reste de l'Afrique
Djibouti	WF	Reste de l'Afrique
Egypt	WF	Reste de l'Afrique
Equatorial guinea	WF	Reste de l'Afrique
Eritrea	WF	Reste de l'Afrique
Ethiopia	WF	Reste de l'Afrique
Gabon	WF	Reste de l'Afrique
Gambia	WF	Reste de l'Afrique
Ghana	WF	Reste de l'Afrique
Guinea	WF	Reste de l'Afrique
Guinea-bissau	WF	Reste de l'Afrique
Kenya	WF	Reste de l'Afrique
Lesotho	WF	Reste de l'Afrique
Liberia	WF	Reste de l'Afrique
Libyan arab jamahiriya	WF	Reste de l'Afrique
Madagascar	WF	Reste de l'Afrique
Mali	WF	Reste de l'Afrique
Malawi	WF	Reste de l'Afrique
Mauritania	WF	Reste de l'Afrique
Mauritius	WF	Reste de l'Afrique
Mayotte	WF	Reste de l'Afrique

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Pays	Code Exio4	Nom de la région
Morocco	WF	Reste de l'Afrique
Mozambique	WF	Reste de l'Afrique
Namibia	WF	Reste de l'Afrique
Niger	WF	Reste de l'Afrique
Nigeria	WF	Reste de l'Afrique
Reunion island	WF	Reste de l'Afrique
Rwanda	WF	Reste de l'Afrique
Sao tome and principe	WF	Reste de l'Afrique
Senegal	WF	Reste de l'Afrique
Seychelles	WF	Reste de l'Afrique
Sierra leone	WF	Reste de l'Afrique
Argentina	WL	Reste de l'Amérique
Aruba	WL	Reste de l'Amérique
Belize	WL	Reste de l'Amérique
Bolivia	WL	Reste de l'Amérique
Chile	WL	Reste de l'Amérique
Colombia	WL	Reste de l'Amérique
Costa rica	WL	Reste de l'Amérique
Cuba	WL	Reste de l'Amérique
Dominican republic	WL	Reste de l'Amérique
Ecuador	WL	Reste de l'Amérique
El salvador	WL	Reste de l'Amérique
Falkland islands (malvinas)	WL	Reste de l'Amérique
French guiana	WL	Reste de l'Amérique
Guatemala	WL	Reste de l'Amérique
Guyana	WL	Reste de l'Amérique
Haiti	WL	Reste de l'Amérique
Honduras	WL	Reste de l'Amérique
Netherlands antilles	WL	Reste de l'Amérique
Nicaragua	WL	Reste de l'Amérique
Panama	WL	Reste de l'Amérique
Paraguay	WL	Reste de l'Amérique
Peru	WL	Reste de l'Amérique
South georgia and the south sandwich islands	WL	Reste de l'Amérique
Suriname	WL	Reste de l'Amérique
Trinidad and tobago	WL	Reste de l'Amérique
Uruguay	WL	Reste de l'Amérique
Venezuela	WL	Reste de l'Amérique
Lebanon	WM	Reste du Moyen-Orient
Syrian arab republic	WM	Reste du Moyen-Orient

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Pays	Code Exio4	Nom de la région
Iraq	WM	Reste du Moyen-Orient
Iran	WM	Reste du Moyen-Orient
Israel	WM	Reste du Moyen-Orient
Jordan	WM	Reste du Moyen-Orient
Saudi arabia	WM	Reste du Moyen-Orient
Kuwait	WM	Reste du Moyen-Orient
Qatar	WM	Reste du Moyen-Orient
Bahrain	WM	Reste du Moyen-Orient
United arab emirates	WM	Reste du Moyen-Orient
Oman	WM	Reste du Moyen-Orient
Yemen	WM	Reste du Moyen-Orient
-	Global	Monde entier

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.2 Annexe II – Extension environnementale d'EXIOBASE v3.8

	unit	name	compartment
Carbon_dioxide__fossil_Air	tonne	carbon dioxide, fossil	['air']
Carbon_dioxide__biogenic_Air	tonne	carbon dioxide, biogenic	['air']
Methane__fossil_Air	tonne	methane	['air']
Methane__biogenic_Air	tonne	methane, biogenic	['air']
Dinitrogen_monoxide_Air	tonne	dinitrogen monoxide	['air']
Accelerated_CO2_Air	tonne	carbon dioxide accelerated	['air']
Ammonia_Air	tonne	ammonia	['air']
Arsenic_Air	tonne	arsenic	['air']
Benzene__hexachloro__Air	tonne	hexachloro benzene	['air']
Benzo_a__Air	tonne	Benzo_a__Air	['air']
Cadmium_Air	tonne	Cadmium_Air	['air']
Carbon_monoxide__fossil_Air	tonne	carbon monoxide	['air']
Copper_Air	tonne	copper	['air']
Dioxin__2_3_7_8_Tetrachlorodibenzo_p__Air	tonne	dioxins	['air']
Lead_Air	tonne	lead	['air']
Mercury_Air	tonne	mercury	['air']
NMVOC__non_methane_volatile_organic_compounds_Air	tonne	NMVOC	['air']
Nickel_Air	tonne	nickel	['air']
Nitrogen_oxides_Air	tonne	nitrogen oxide	['air']
PAH__polycyclic_aromatic_hydrocarbons_Air	tonne	PAH	['air']
PCBs_Air	tonne	PCBs	['air']
Particulates____10_um_Air	tonne	PM10	['air']
Particulates____2_5_um_Air	tonne	PM25	['air']
Selenium_Air	tonne	selenium	['air']
Sulfur_dioxide_Air	tonne	SO2	['air']
Zinc_Air	tonne	zinc	['air']

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Benzo_b__Air	tonne	benzo(b)fluoranthene	['air']
Benzo_k__Air	tonne	benzo(k)fluoranthene	['air']
Indeno_1_2_3_cd_pyrene_Air	tonne	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	['air']
PCDD_F_Air	tonne	polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans	['air']
TSP_Air	tonne	Trisodium phosphate	['air']
Polychlorinated_biphenyls_Air	tonne	Polychlorinated biphenyls	['air']
Arable_land	hectare * year	arable land occupation	['air']
Pasture_Land	hectare * year	pasture land occupation	['air']
Abrasives__natural__puzzolan__pumice__volcanic_cinder_etc__	tonne	Abrasives, natural (puzzolan, pumice, volcanic cinder etc.)	['natural resource', 'in ground']
Antimony___associated_ore	tonne	Antimony	['natural resource', 'in ground']
Asbestos	tonne	Asbestos	['natural resource', 'in ground']
Arsenic	tonne	Arsenic	['natural resource', 'in ground']
Ball_clay	tonne	Clay, unspecified	['natural resource', 'in ground']
Barite	tonne	Barite, 15% in crude ore	['natural resource', 'in ground']
Bentonite__sepiolite_and_attapulgite	tonne	Clay, bentonite	['natural resource', 'in ground']
Bismuth___associated_ore	tonne	Bismuth	['natural resource', 'in ground']
Calcite	tonne	Bromine	['natural resource', 'in ground']
Calcium_carbonate	tonne	Calcium carbonate	['natural resource', 'in ground']
Cobalt___associated_ore	tonne	Cobalt	['natural resource', 'in ground']
Common_clay__clay_for_bricks_etc_	tonne	Clay, unspecified	['natural resource', 'in ground']

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Copper___associated_ore	tonne	Copper	['natural resource', 'in ground']
Diatomite	tonne	Diatomite	['natural resource', 'in ground']
Dolomite	tonne	Dolomite	['natural resource', 'in ground']
Feldspar	tonne	Feldspar	['natural resource', 'in ground']
Fluorspar	tonne	Fluorspar	['natural resource', 'in ground']
Gallium	tonne	Gallium	['natural resource', 'in ground']
Germanium	tonne	Germanium	['natural resource', 'in ground']
Gold___associated_ore	tonne	Gold	['natural resource', 'in ground']
Graphite__natural	tonne	Graphite	['natural resource', 'in ground']
Gypsum_and_anhydrite	tonne	Gypsum	['natural resource', 'in ground']
Igneous_rock__basalt__basaltic_lava__diabase__granite__porphyry__etc__	tonne	Basalt	['natural resource', 'in ground']
Indium	tonne	Indium	['natural resource', 'in ground']
Industrial_sand	tonne	Sand, unspecified	['natural resource', 'in ground']
Iodine	tonne	Iodine	['natural resource', 'in ground']
Iron___associated_ore	tonne	Iron	['natural resource', 'in ground']
Kaolin	tonne	Kaolin	['natural resource', 'in ground']
Laterite	tonne	Laterite	['natural resource', 'in ground']
Lead___associated_ore	tonne	Lead	['natural resource', 'in ground']

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Lithium_ore	tonne	Lithium	['natural resource', 'in ground']
Magnesite	tonne	Magnesite	['natural resource', 'in ground']
Magnesium	tonne	Magnesium	['natural resource', 'in ground']
Manganese___associated_ore	tonne	Manganese	['natural resource', 'in ground']
Manganese_ore	tonne	Manganese	['natural resource', 'in ground']
Mercury___associated_ore	tonne	Mercury	['natural resource', 'in ground']
Molybdenum___associated_ore	tonne	Molybdenum	['natural resource', 'in ground']
Nickel___associated_ore	tonne	Nickel	['natural resource', 'in ground']
Niobium___associated_ore	tonne	Niobium	['natural resource', 'in ground']
Palladium___associated_ore	tonne	Palladium	['natural resource', 'in ground']
Perlite	tonne	Perlite	['natural resource', 'in ground']
Platinum___associated_ore	tonne	Platinum	['natural resource', 'in ground']
Potter_clay	tonne	Clay, unspecified	['natural resource', 'in ground']
Pyrite	tonne	Pyrite	['natural resource', 'in ground']
Rhenium	tonne	Rhenium	['natural resource', 'in ground']
Rhodium___associated_ore	tonne	Rhodium	['natural resource', 'in ground']
Sand_and_gravel	tonne	Sand, unspecified	['natural resource', 'in ground']
Selenium	tonne	Selenium	['natural resource', 'in ground']

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Silica_Sand	tonne	Sand, unspecified	['natural resource', 'in ground']
Silver___associated_ore	tonne	Silver	['natural resource', 'in ground']
Strontium_mineral	tonne	Strontium	['natural resource', 'in ground']
Sulphur_ore	tonne	Sulfur	['natural resource', 'in ground']
Talc__steatite__soapstone__pyrophyllite_	tonne	Talc	['natural resource', 'in ground']
Tantalum___associated_ore	tonne	Tantalum	['natural resource', 'in ground']
Tellurium___associated_ore	tonne	Tellurium	['natural resource', 'in ground']
Tin___associated_ore	tonne	Tin	['natural resource', 'in ground']
Titanium___associated_ore	tonne	Titanium	['natural resource', 'in ground']
Titanium_ore	tonne	Titanium	['natural resource', 'in ground']
Tungsten___associated_ore	tonne	Tungsten	['natural resource', 'in ground']
Uranium___associated_ore	tonne	Uranium	['natural resource', 'in ground']
Vanadium___associated_ore	tonne	Vanadium	['natural resource', 'in ground']
Vermiculite	tonne	Vermiculite	['natural resource', 'in ground']
Zinc___associated_ore	tonne	Zinc	['natural resource', 'in ground']
Zircon	tonne	Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore	['natural resource', 'in ground']
Nitrogen__total_Soil	tonne	Nitrogen	['soil']
Phosphorus__total_Soil	tonne	Phosphorus	['soil']
Cadmium	tonne	Bromine	['water', 'ground-']
Borate_minerals	tonne	Borate	['water', 'ground-']

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Bromine	tonne	Bromine	['water', 'ground-']
Chromium___associated_ore	tonne	chromium	['water', 'ground-']
Phosphate_rock	tonne	Phosphate	['water', 'ground-']
Nitrogen__total_Water	tonne	Nitrogen	['water']
Phosphorus__total_Water	tonne	Phosphorus	['water']
grassland to pasture	PW ha*year	land transformation, grassland to pasture	
intensification of cropland	PW ha*year	land transformation, intensification of cropland	
intensification of pasture	PW ha*year	land transformation, intensification of pasture	
primary forest to managed forest	PW ha*year	land transformation, primary forest to managed for-est	
secondary forest to crop	PW ha*year	land transformation, secondary forest to crop	
secondary forest to managed forest	PW ha*year	land transformation, secondary forest to managed forest	

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.3 Annexe III – Inventaire caractérisé de la rareté de ressources crustales selon les flux consommés

Les tableaux ci-dessous présentent l'inventaire des flux de matières (en kg Si-éq) consommés par les demandes finales des ménages français, l'Etat français et les ISBLSM français.

N.B. : les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous sont en kg Si-éq et concernent l'impact environnemental, non la consommation de matière en tant que tel.

Tableau 15 : Valeurs d'impact sur la rareté de ressources crustales, selon les types de demandes finales françaises et les flux de matière consommé.

Ménages français	
Flux matière	**Valeur (kg Si-éq)**
Gold	1.48E+13
Uranium	3.52E+12
Silver	3.44E+12
Rhodium	1.73E+12
Copper	1.25E+12
Lead	1.2E+12
Tin	7.84E+11
Platinum	5.96E+11
Palladium	5.77E+11
Zinc	5.26E+11
Stibnite	2.78E+11
Gypsum	1.97E+11
Sand, unspecified	1.83E+11
Rhenium	1.48E+11
Tantalum	1.28E+11
Molybdenum	1.26E+11

État français	
Flux matière	**Valeur (kg Si-éq)**
Gold	5.04E+12
Silver	1.26E+12
Uranium	9.15E+11
Rhodium	5.37E+11
Lead	4.38E+11
Copper	4.29E+11
Tin	2.98E+11
Zinc	1.91E+11
Platinum	1.89E+11
Palladium	1.83E+11
Stibnite	8.75E+10
Sand, unspecified	6.47E+10
Tantalum	4.96E+10
Rhenium	4.49E+10
Molybdenum	3.97E+10
Gypsum	3.91E+10

ISBLSM français	
Flux matière	**Valeur (kg Si-éq)**
Gold	1.93E+12
Silver	4.84E+11
Uranium	4.64E+11
Rhodium	2.01E+11
Lead	1.55E+11
Copper	1.54E+11
Tin	1.06E+11
Platinum	7.14E+10
Palladium	6.95E+10
Zinc	6.74E+10
Stibnite	3.07E+10
Sand, unspecified	2.86E+10
Gypsum	1.94E+10
Tantalum	1.75E+10
Rhenium	1.58E+10
Molybdenum	1.38E+10

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Sulfur	4.64E+10		Mercury	1.45E+10		Mercury	5.12E+09
Mercury	4.47E+10		Sulfur	1.02E+10		Sulfur	4.06E+09
Tungsten	3.07E+10		Tungsten	9.85E+09		Tungsten	3.28E+09
Tellurium	2.59E+10		Tellurium	8.4E+09		Tellurium	2.96E+09
Manganese	2.26E+10		Manganese	7.12E+09		Manganese	2.51E+09
Bismuth	1.43E+10		Bismuth	4.41E+09		Bismuth	1.55E+09
Selenium	9.38E+09		Selenium	2.94E+09		Selenium	1.03E+09
Arsenic	7.52E+09		Arsenic	2.36E+09		Arsenic	8.35E+08
Lithium	6.26E+09		Lithium	1.89E+09		Clay, unspecified	8.15E+08
Fluorspar	5.56E+09		Niobium	1.85E+09		Lithium	6.61E+08
Clay, unspecified	5.24E+09		Clay, unspecified	1.83E+09		Niobium	6.54E+08
Niobium	4.77E+09		Indium	1.07E+09		Indium	3.79E+08
Indium	3.26E+09		Nickel	7.92E+08		Fluorspar	2.77E+08
Nickel	2.61E+09		Dolomite	7.71E+08		Nickel	2.77E+08
Dolomite	1.76E+09		Fluorspar	6.85E+08		Dolomite	2.76E+08
Magnesite	1.5E+09						

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.4 Annexe IV – Comparaison des résultats en IMPACT World+ et ReCiPe

Le but de cette annexe est de permettre la comparaison des résultats présentés en sections 3.2.3 et 3.5.3 avec la méthode ReCiPe à ceux obtenus avec la méthodologie d'IMPACT World+. La méthode ReCiPe a été initialement choisi du fait qu'il s'agit d'une des méthodes d'évaluation d'impact les plus communes (et donc les plus travaillées/révisées), tout en couvrant un spectre assez large pour sélectionner les catégories d'impact à focaliser dans le rapport (18 catégories d'impact). De plus, ReCiPe est une des méthodes présentes apr défaut au sein de brightway ce qui facilite son utilisation (contrairement à IMPACT World+ qui nécessite une étape d'installation/import supplémentaire). Pour rappel, la volonté initiale était d'utiliser la méthode GLAM, initiative européenne se voulant être la plus complète et cohérente, mais celle-ci n'a été publié que lorsque le projet était déjà à un stade avancé. Au cours du projet, il a été jugé pertinent d'effectuer quelques comparaisons à titre indicatif avec IMPACT World+, qui considère une plus grande régionalisation des impacts. Toutefois, les graphiques ci-dessous sont fournies à titre informatif et aucune analyse ou interprétation n'est faite ici.

9.4.1 Impact sur le changement climatique

Par souci de clarté, la méthode IMPACT World+ qui a été choisi pour analyser l'impact sur le changement climatique est la suivante : 'IMPACT World+ v2.0.1, footprint version', 'climate change', 'carbon footprint' dont l'unité est le kg CO_2-éq.

Impact sur le changement climatique (empreinte carbone) pour la demande finale des ménages français :

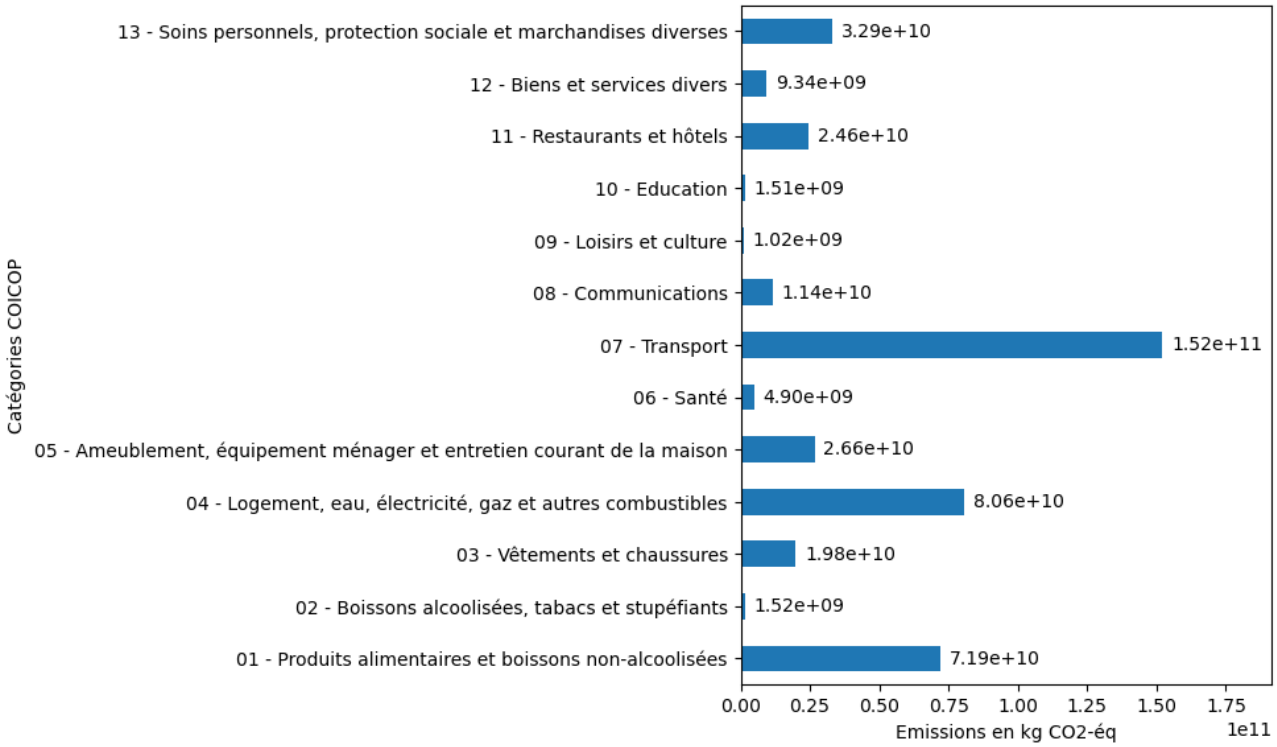


Figure 66: [IMPACT World+] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP

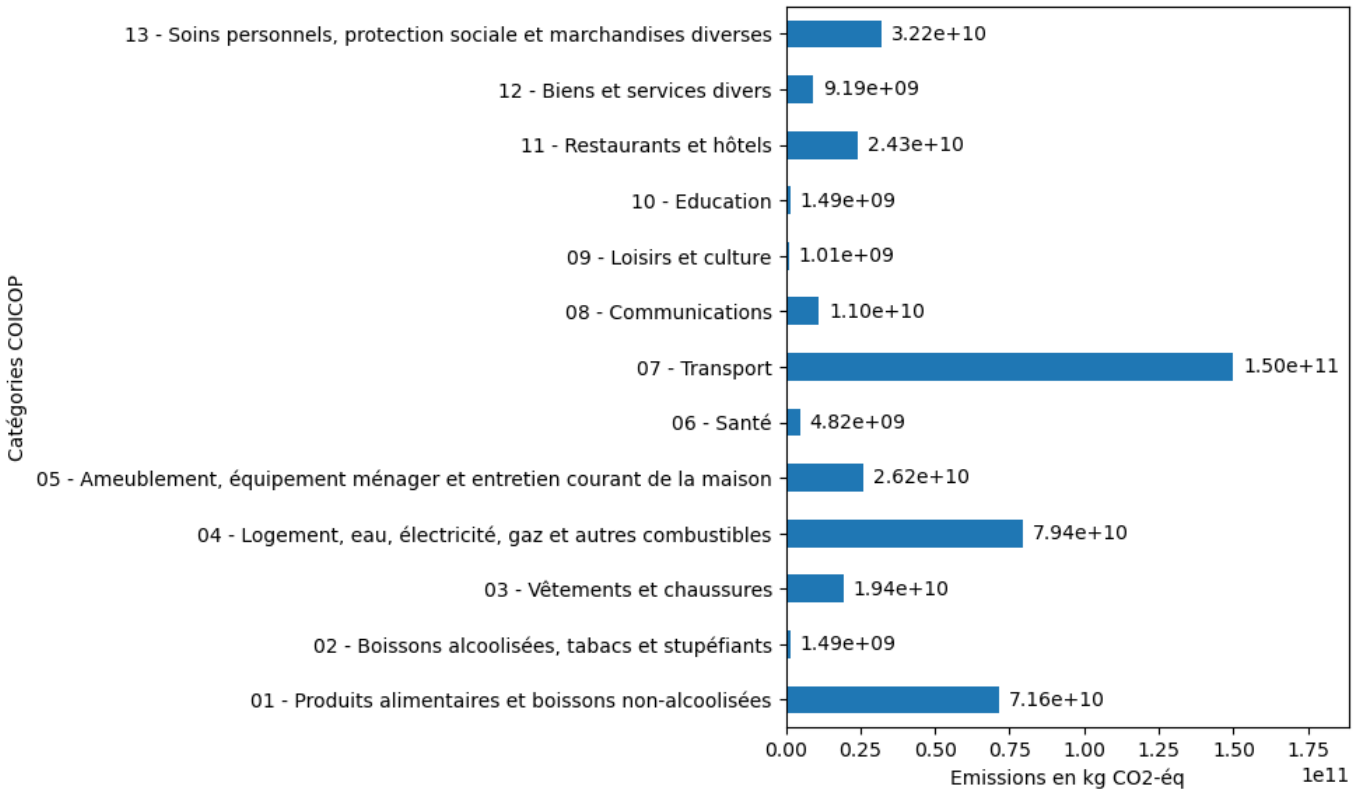


Figure 67: [ReCiPe] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP

Impact sur le changement climatique (empreinte carbone) pour la demande finale de l'État français :

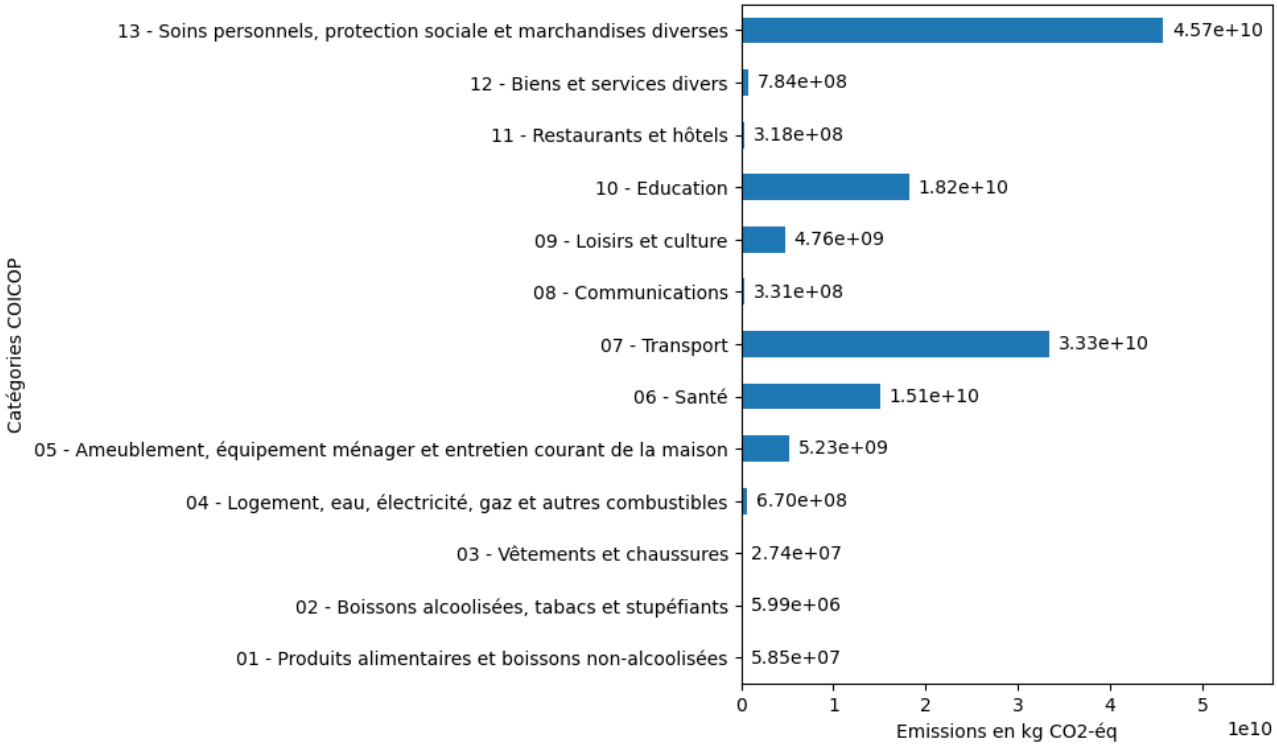


Figure 68: [IMPACT World+] Impact sur le changement climatique de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP

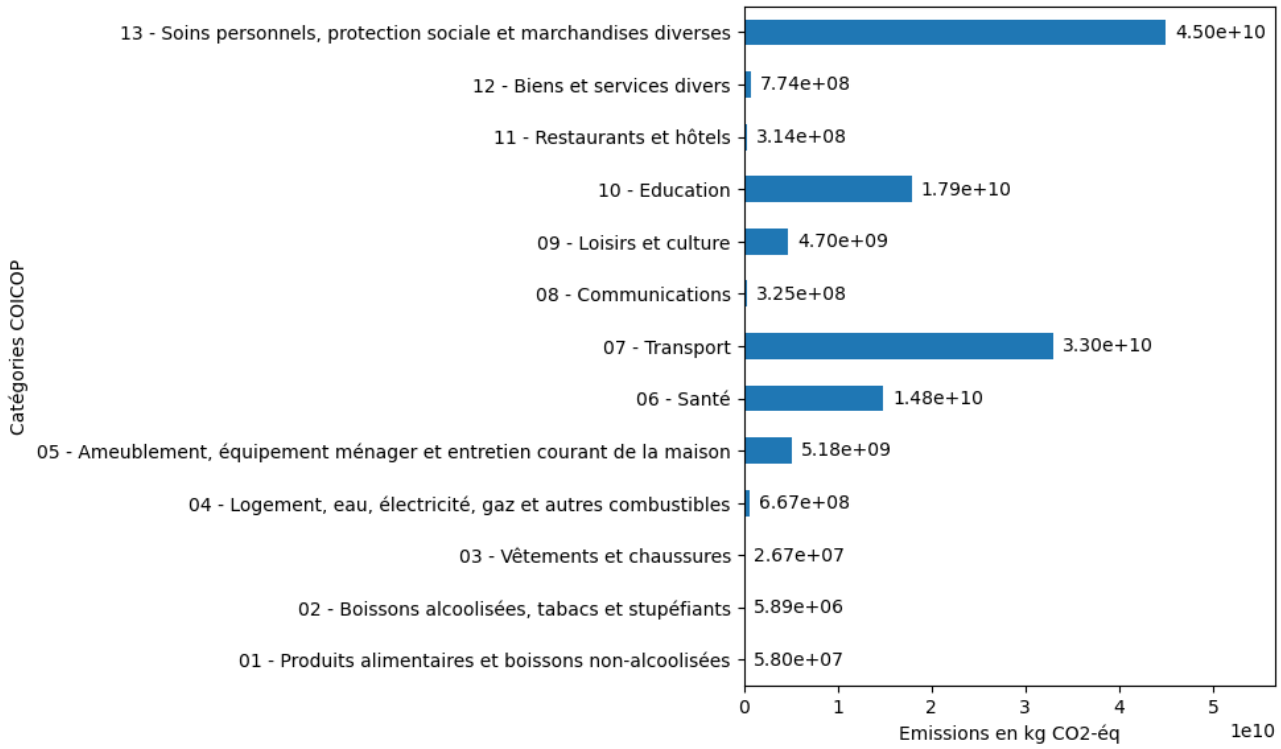


Figure 69: [ReCiPe] Impact sur le changement climatique de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP

Impact sur le changement climatique (empreinte carbone) pour la demande finale des ISBLSM français :

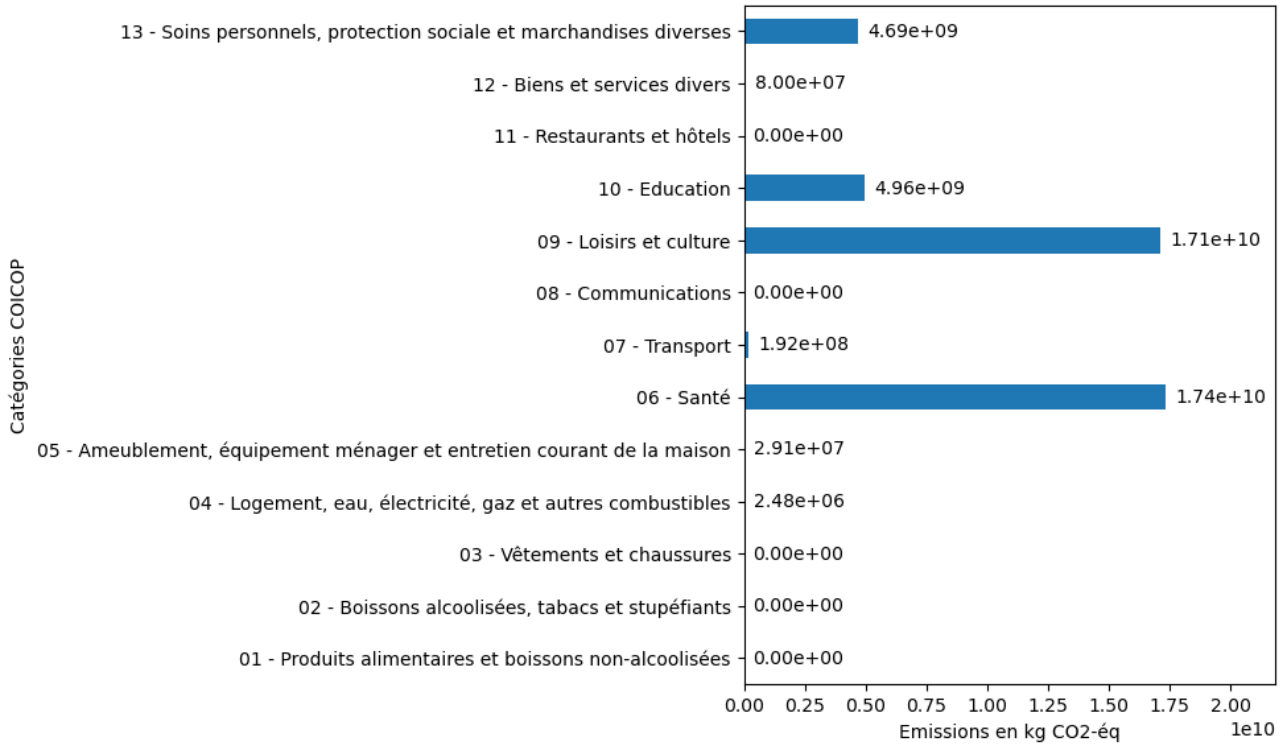


Figure 70: [IMPACT World+] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM, selon les postes de consommation COICOP

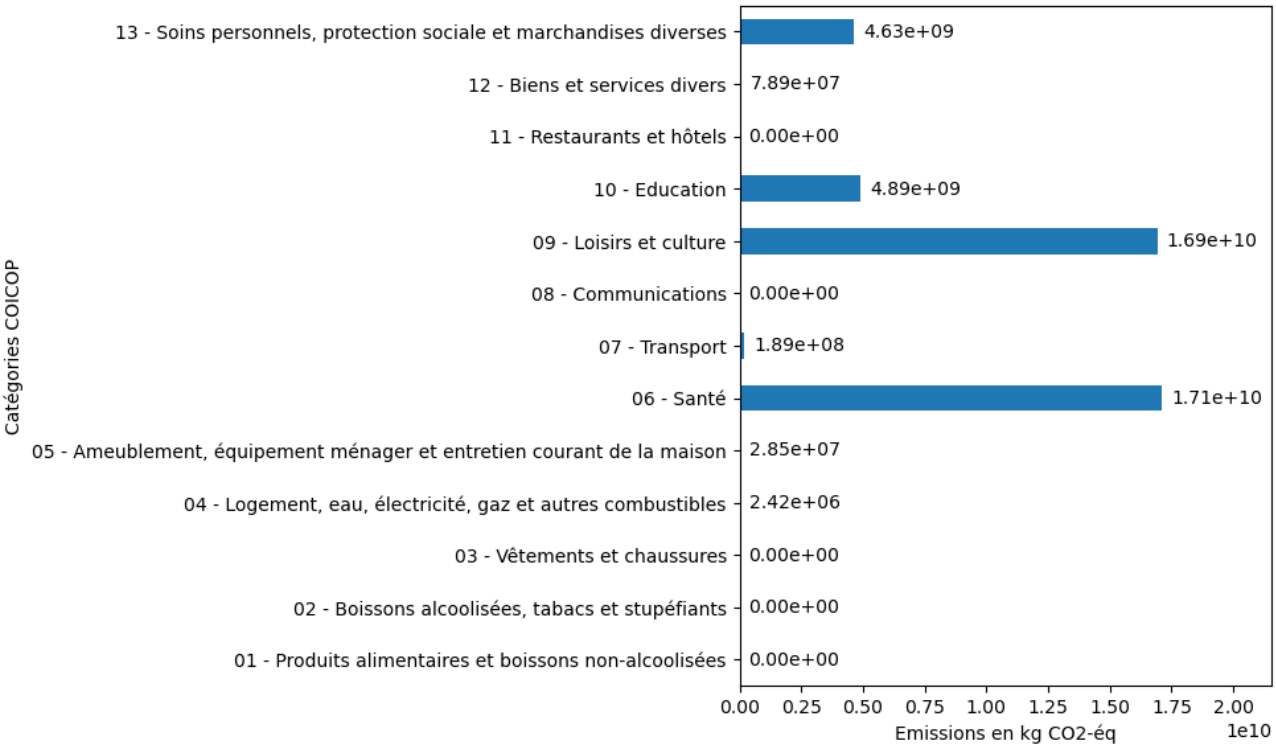


Figure 71: [ReCiPe] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM, selon les postes de consommation COICOP

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.4.2 Usage des ressources minérales

Par souci de clarté, la méthode IMPACT World+ choisie pour analyser les impacts associés à l'usage des ressources minérales est la suivante : 'IMPACT World+ Midpoint 2.0.1', 'Midpoint', 'Mineral resources use' dont l'unité est le « kg deprived » en anglais. Faute d'avoir trouvé une traduction officielle, le terme français utilisé est « privation en kg ».

Impact de l'usage des ressources minérales par la demande finale des ménages français :

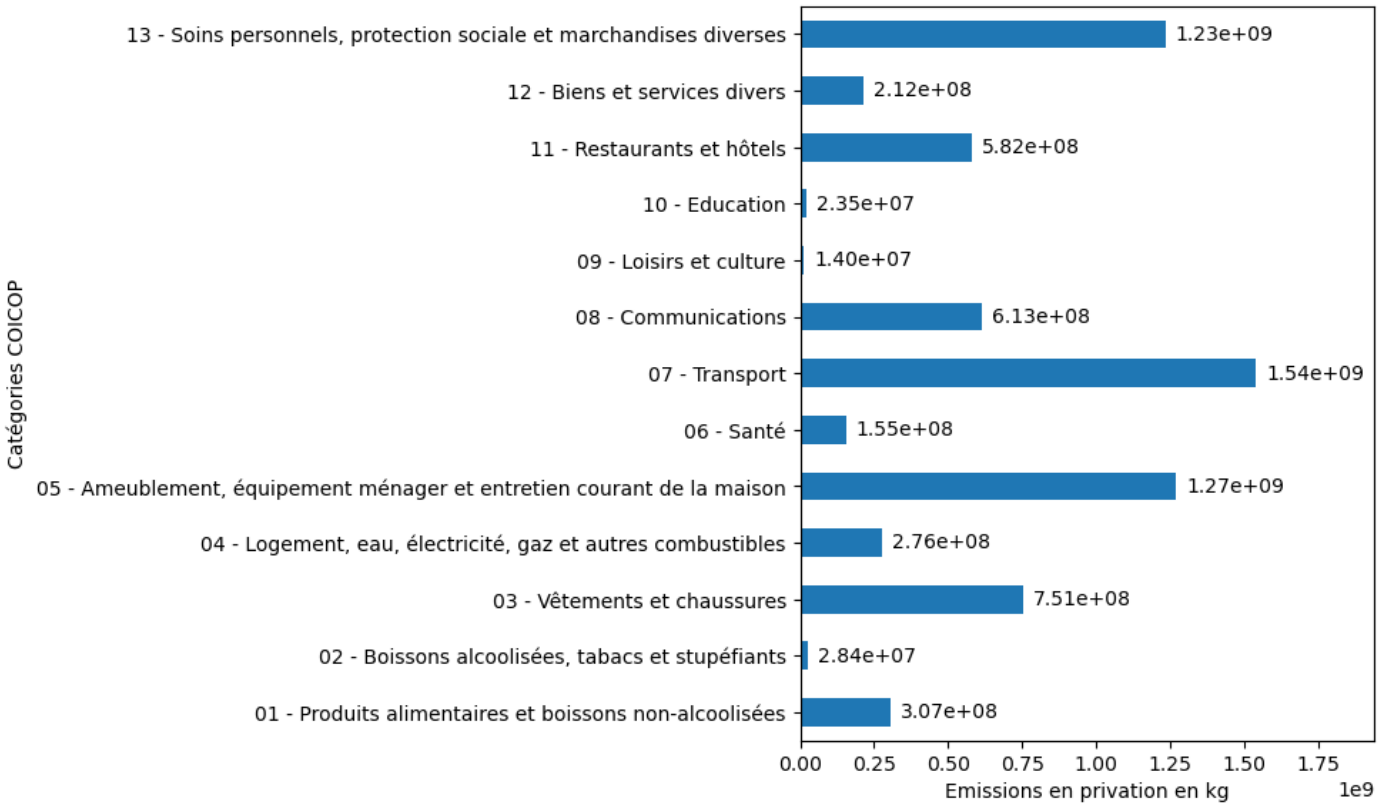


Figure 72: [IMPACT World+] Impact sur l'usage des ressources minérales de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP

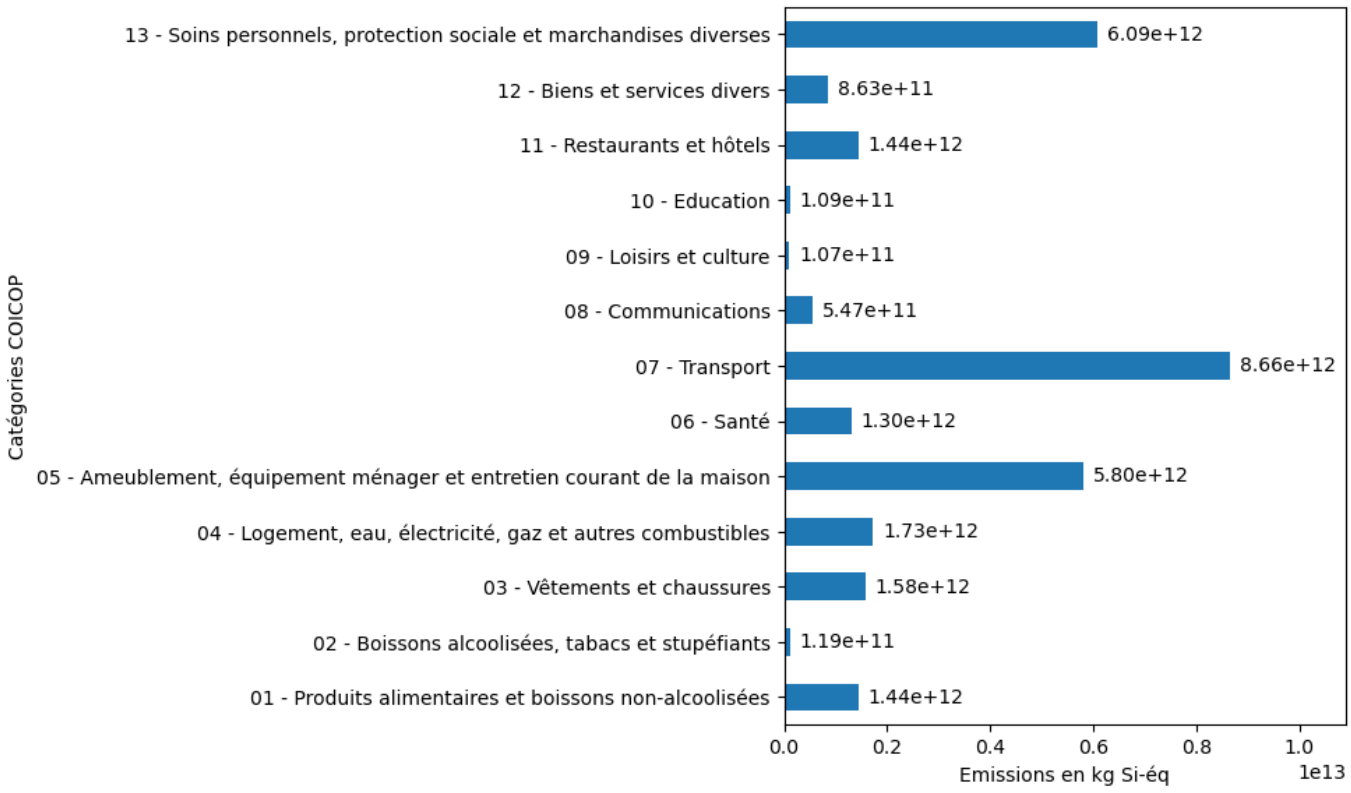


Figure 73: [ReCiPe] Impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP

Impact de l'usage des ressources minérales par la demande finale de l'Etat français :

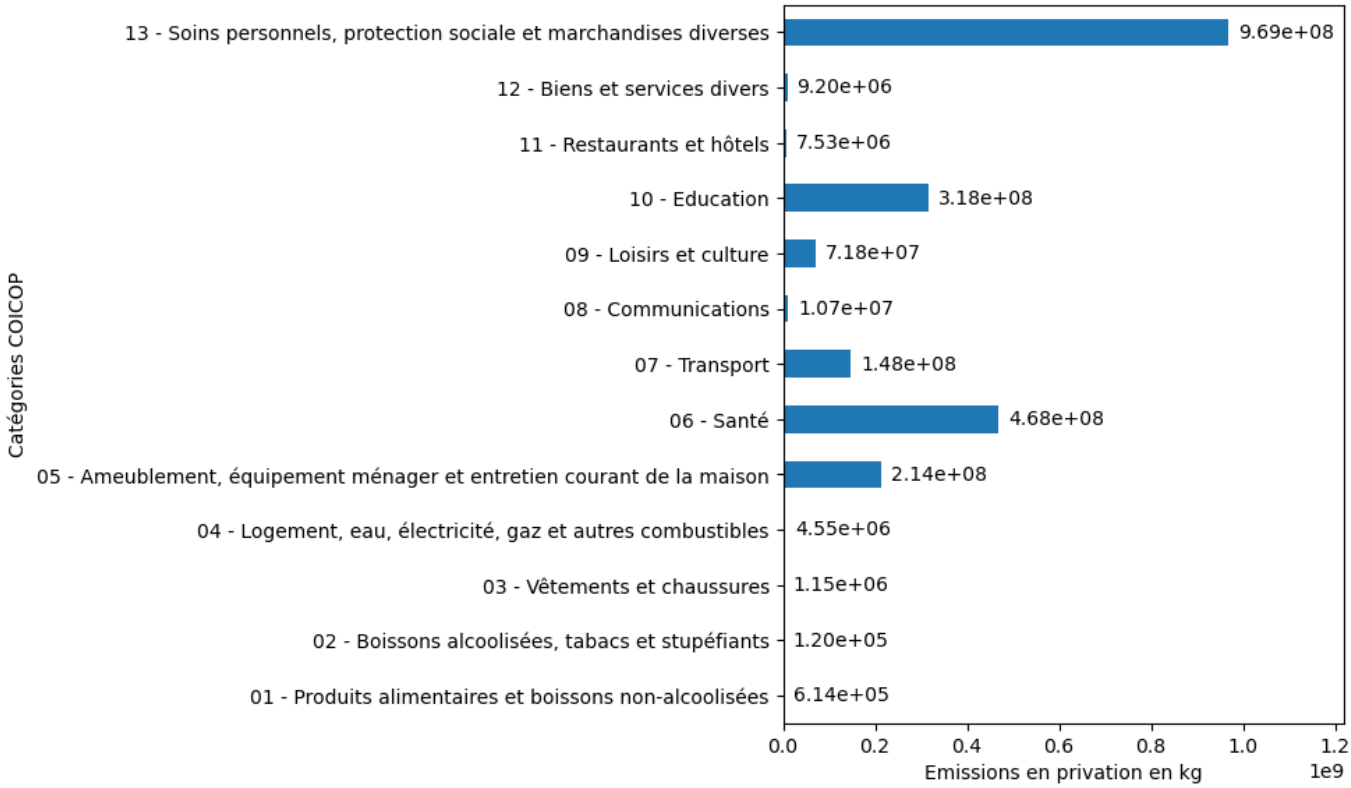


Figure 74: [IMPACT World+] Impact sur l'usage des ressources minérales de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP

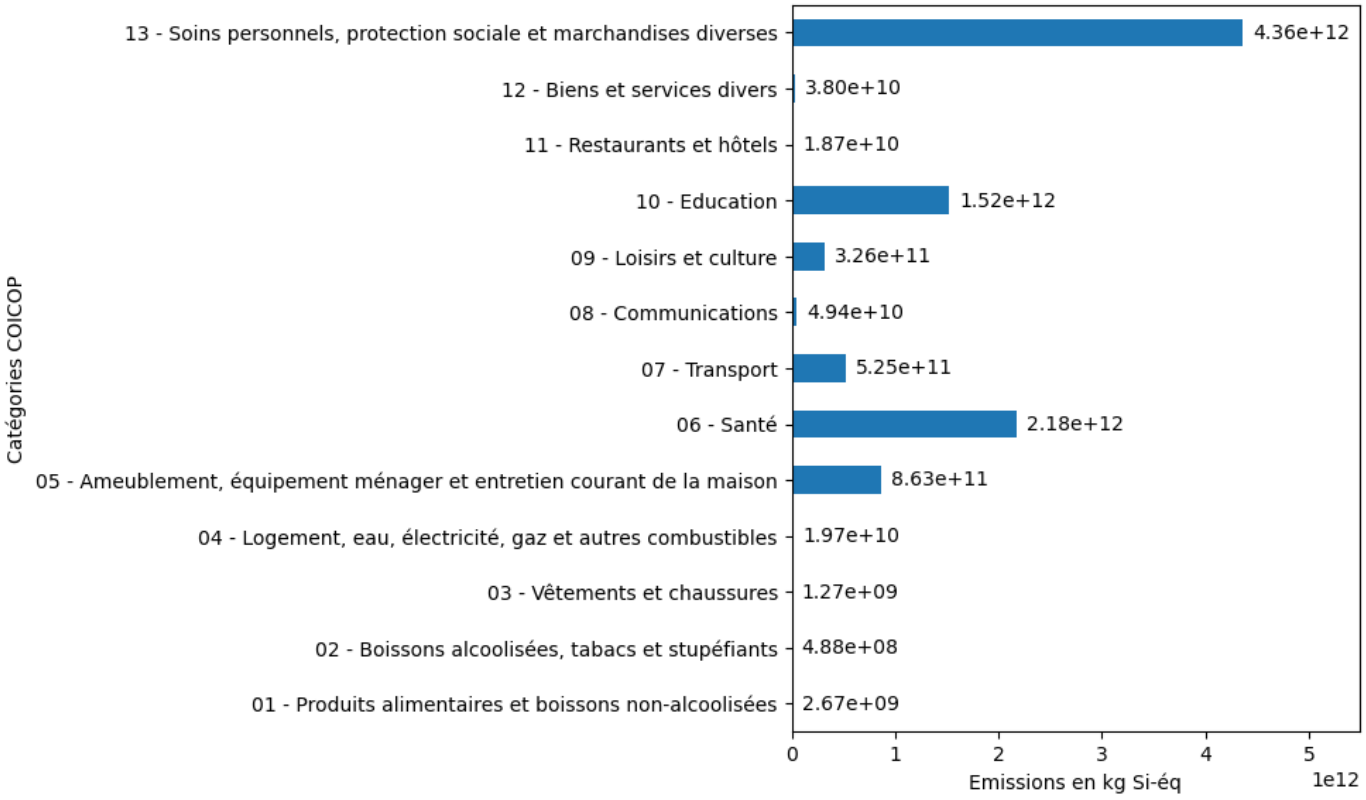


Figure 75: [ReCiPe] Impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP

Impact de l'usage des ressources minérales par la demande finale des ISBLSM français :

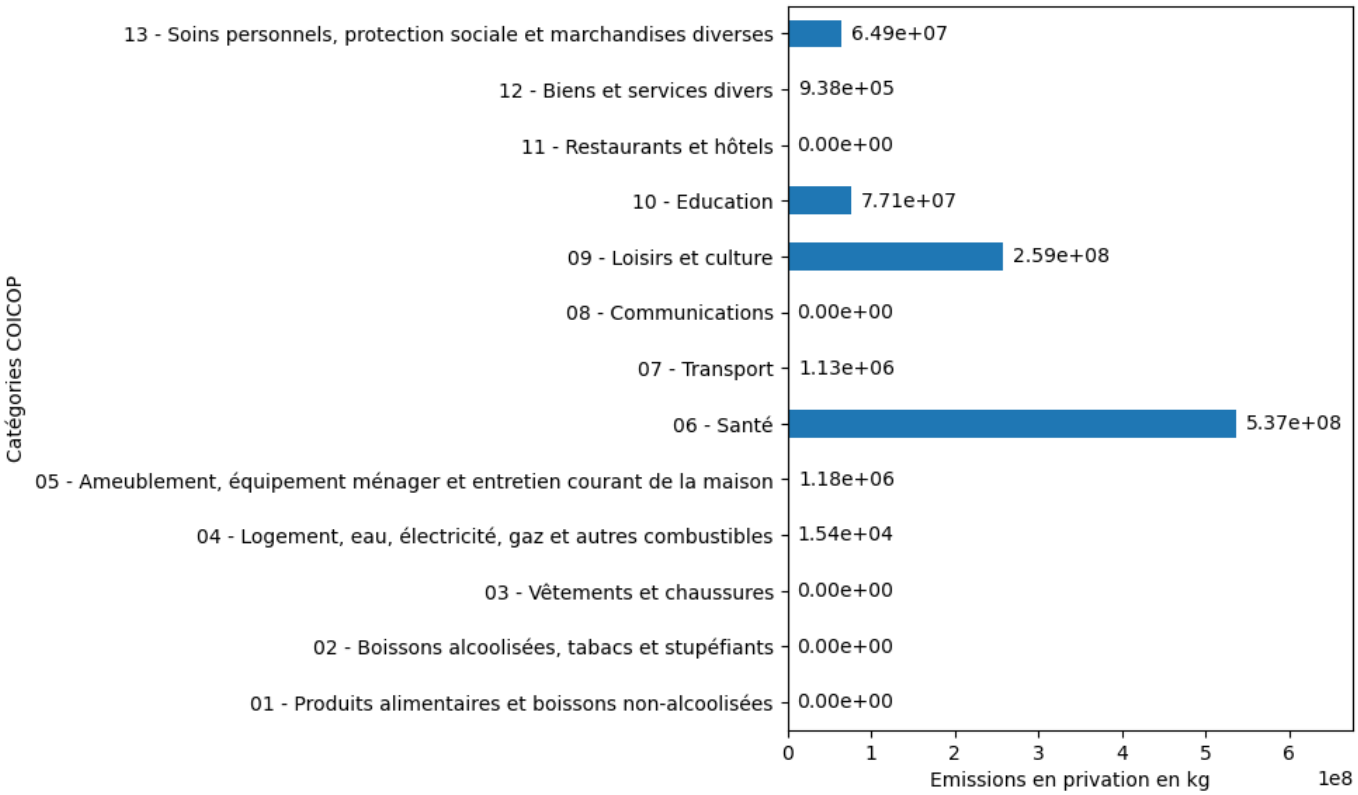


Figure 76: [IMPACT World+] Impact sur l'usage des ressources minérales de la demande finale des ISBLSM français, selon les postes de consommation COICOP

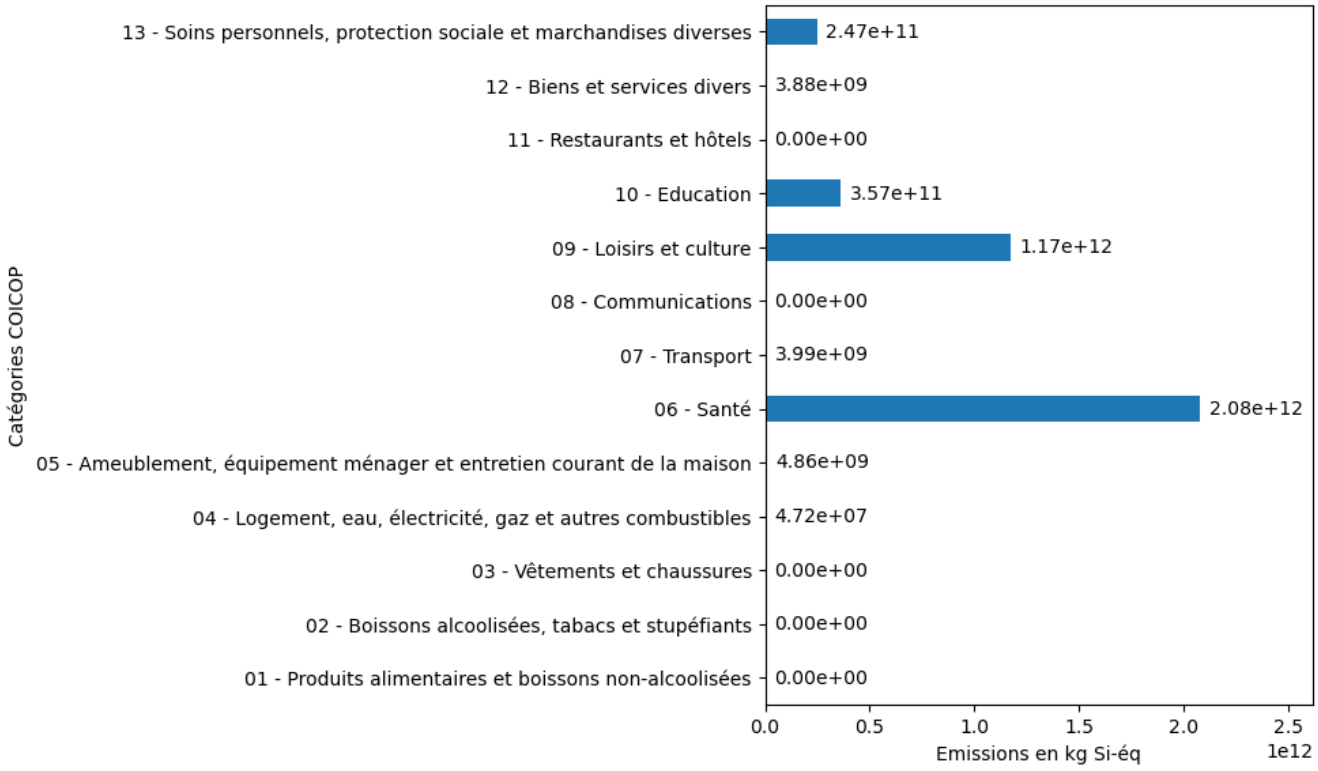


Figure 77: [ReCiPe] Impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale des ISBLSM français, selon les postes de consommation COICOP

9.5 Annexe V : empreinte matière minérales

EXIOBASE v3.8 ne couvrant pas certains flux de matières, l'empreinte matière de la demande finale française présentée dans cette section est incomplète (absence notamment de la biomasse et des ressources fossiles extraites). La Figure 78 décrit les flux, directs et indirects[39], de matières premières inventoriés dans EXIOBASE.

Par ailleurs, l'inventaire des flux est généré sur Brightway, ce qui requiert la définition d'une valeur « cut-off ». Par conséquence, certains flux peuvent être absents car possédant une contribution inférieure à la valeur du cut-off. La valeur cut-off utilisée ici pour le graphique est de 0.0000000005 (soit 0,5 milliardième). Ces « éléments » négligeables peuvent néanmoins jouer un rôle dans l'inventaire caractérisé (c.à.d. après multiplication par les facteurs de caractérisation) si les facteurs de caractérisation ont une valeur très élevée.

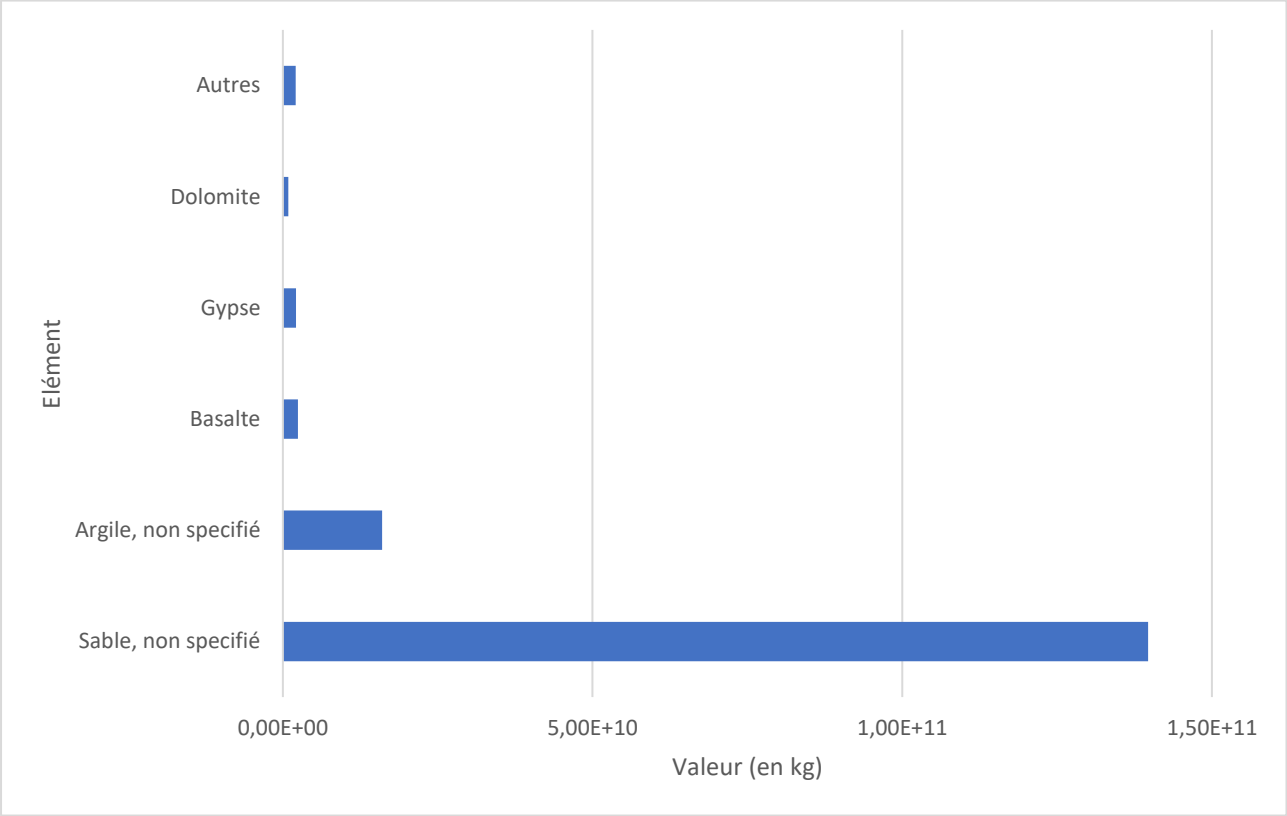


Figure 78 : Flux de matières premières consommées pour répondre la demande finale française. La catégorie « Autres » désigne d'autres flux de minéraux.

Le Tableau 16 ci-dessous détaille les résultats pour les différents flux considérés dans EXIOBASE V3.8.

Tableau 16 : Détail des flux de matières consommés par la demande finale française

Élément	Valeurs (en kg)
Sand, unspecified	1.40E+11
Clay, unspecified	1.60E+10
Basalt	2.45E+09
Gypsum	2.10E+09
Dolomite	8.81E+08

[39]Les flux indirects de matières correspondent aux matières mobilisées à l'étranger pour produire les biens et services importés par l'économie française.

Feldspar	4.78E+08
Pumice	2.60E+08
Zinc	2.02E+08
Magnesite	1.98E+08
Copper	1.84E+08
Talc	1.12E+08
Calcite	1.06E+08
Clay, bentonite	1.03E+08
Manganese	1.01E+08
Sulfur	8.75E+07
Lead	6.93E+07
Fluorspar	3.79E+07
Diatomite	3.29E+07
Perlite	2.95E+07
Uranium	2.23E+07
Laterite	1.31E+07
Chrysotile	8.31E+06
Tin	6.99E+06
Graphite	4.78E+06
Nickel	2.25E+06
Zirconium	2.20E+06
Vermiculite	1.25E+06
Bromine	1.12E+06
Silver	1.02E+06
Lithium	5.51E+05
Molybdenum	5.22E+05
Tantalum	4.90E+05
Iron	4.73E+05
Pyrite	4.62E+05
Stibnite	4.00E+05
Strontium	3.07E+05
Cobalt	2.21E+05
Niobium	2.11E+05
Vanadium	1.83E+05
Tungsten	1.62E+05
Iodine	1.40E+05
Titanium	1.30E+05
Arsenic	1.06E+05
Gold	9.82E+04
Magnesium	2.24E+04
Bismuth	1.46E+04
Selenium	6.64E+03
Mercury	6.56E+03
Palladium	3.91E+03
Platinum	3.71E+03
Indium	8.73E+02

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.6 Annexe VI : Graphiques supplémentaires à caractère illustratif

9.6.1 Décomposition des impacts de la consommation française par vecteur de demande finale et par catégorie de produits

Dans cette section, les indicateurs d'impacts sont décomposés selon les 3 vecteurs de demande finale : les ménages, l'État et les ISBLM.

Nous utilisons la classification COICOP 2018 (cf. section 2.2) pour classer les produits consommés par la demande finale (biens et services) en 15 catégories (13 pour les ménages + 1 pour l'État et 1 pour les ISBLSM, cf. Tableau 1). Une matrice de correspondance a été établie entre les catégories EXIOBASE (environ 700 activités) et les catégories COICOP (15 activités). Les limites associées à ces correspondances sont traitées plus en détails dans le chapitre 8.1.

Cette classification en 15 catégories permet d'avoir des représentations graphiques plus compactes et lisibles que si l'on reprend le niveau de détail d'EXIOBASE (voir par exemple la Figure 95 qui n'est ajouté que pour le caractère illustratif). Cela donne lieu à une répartition assez hétérogène des impacts par catégorie de produits, mais cela permet d'utiliser une seule classification des produits pour les différentes analyses menées tout au long de l'étude. Naturellement, cela implique que les résultats affichés dans les sections ci-après sont dépendants de la classification retenue et qu'il suffirait de quelques changements dans celle-ci pour complètement modifier l'allure générale des graphiques.

La Figure 79 synthétise les impacts de la consommation française par catégorie d'impacts, par vecteur de demande finale et par groupe de produits consommés par la demande finale des ménages. Seule la demande finale française des ménages a été désagrégée selon les différentes catégories COICOP, et non la demande des ISBLSM ou de l'État. Nous avons procédé ainsi pour éviter de trop grosses disproportions dans les graphiques. Il faut se référer à la Figure 40 et aux suivantes pour observer la désagrégation des trois vecteurs de demande finale selon les catégories COICOP pour chacun des indicateurs d'impact.

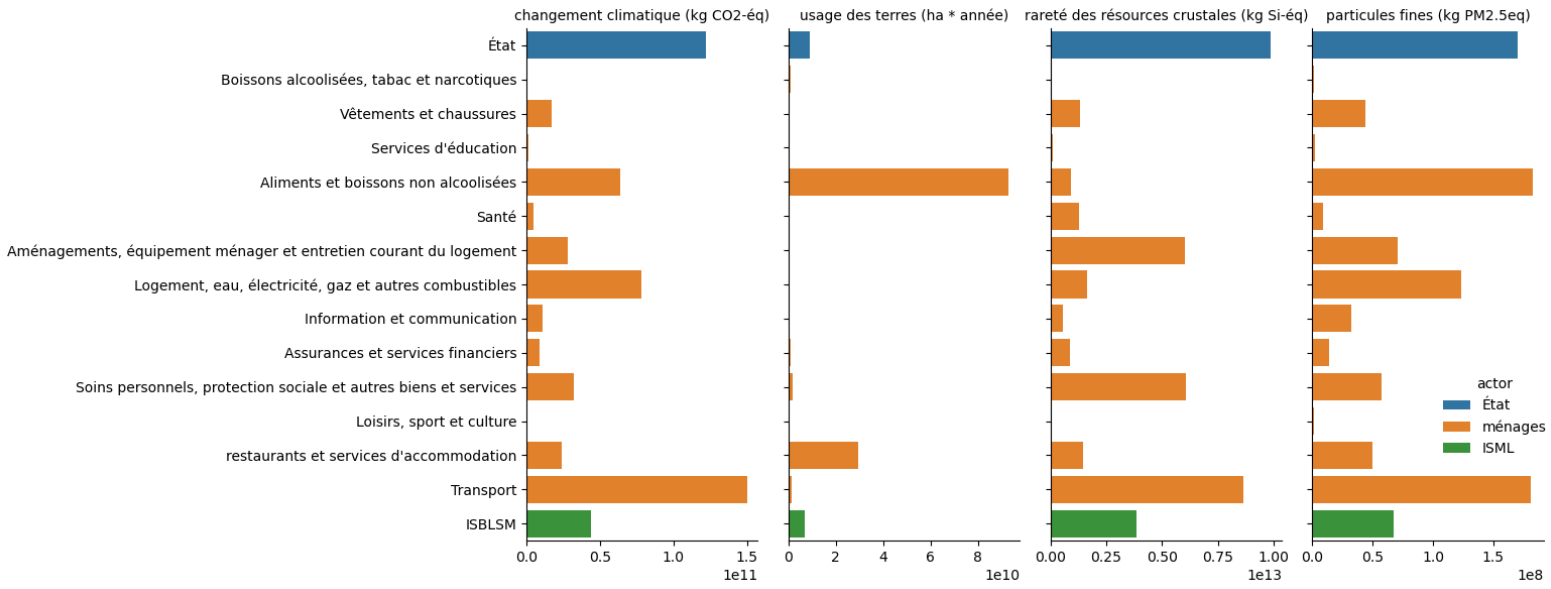


Figure 79 : Impacts de la consommation Française par catégorie d'impacts, par vecteur de demande finale et par groupe de produits consommés par les ménages

L'impact de la demande finale des ménages est prédominant pour toutes les catégories d'impacts. L'approche consiste ici à attribuer aux produits consommés par les résidents français l'ensemble des impacts générés sur toutes les chaines de production. Il est important de préciser que les résultats ici ne peuvent donc pas être interprétés comme les impacts générés par les ménages, plusieurs d'entre eux ne relevant d'ailleurs pas du périmètre d'action / décision des ménages (par exemple les transports en commun, etc.).

9.6.2 Analyses complémentaires, hors transport/alimentation/logement, à partir de la nomenclature EXIOBASE

Les graphiques ci-après permettent d'illustrer les réponses à la question suivante :

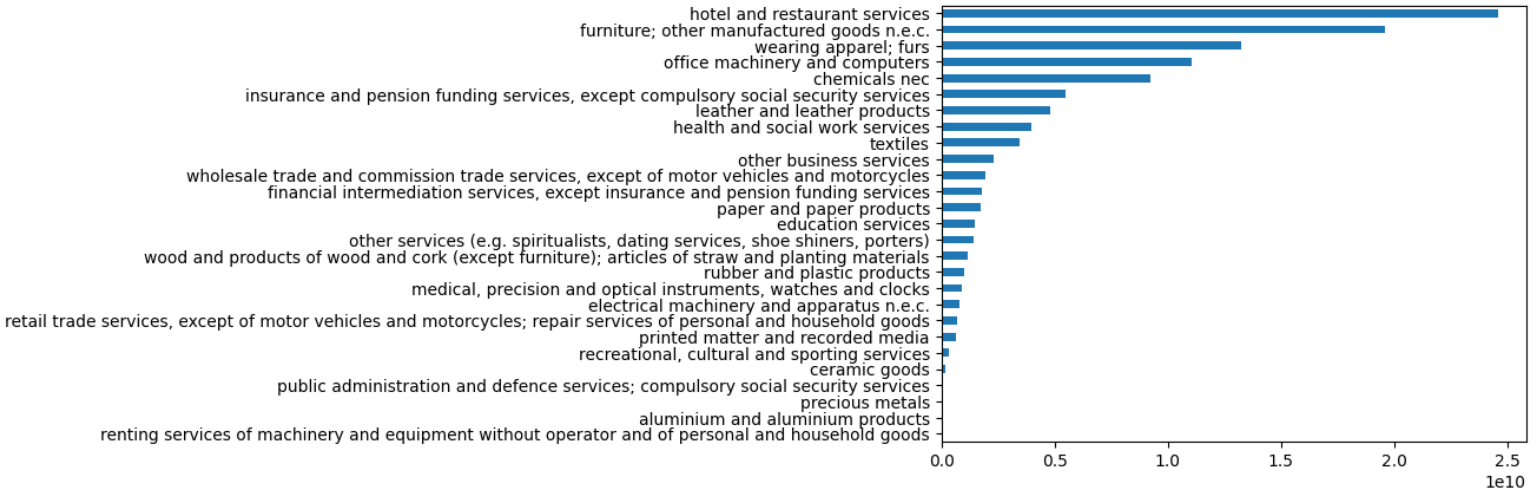
« Quels activités ou secteurs – en dehors du transport/alimentation/logement – ont l'impact le plus important et quels en sont ses contributeurs ? »

Ils sont construits à partir de la nomenclature d'activité EXIOBASE.

9.6.2.1 Changement climatique

Dans la Figure 80 ci-dessous, les activités associées aux secteurs transport/alimentation/logement ont été filtrées pour ne garder que le reste. L'axe des abscisses indique la valeur absolue des émissions en kg CO_2-éq (méthode GWP, IPCC 2021) tandis que l'axe des ordonnées indique les différentes activités d'EXIOBASE.

Figure 80: Impact environnemental en changement climatique des activités (hors transport/alimentation/logement) provenant de la consommation française globale



Sur la Figure 80, nous pouvons observer que :

1. Les services d'hôtel et de restaurant sont en première position avec 24.58 Mtonnes CO_2-éq (soit une proportion de 21.98% sur la Figure 80, qui ne représente pas l'impact global !). Une analyse plus détaillée (analyse de contribution) dans cette activité ferait surgir des mécanismes très similaires à ceux déjà connus et bien documentés (prédominance de la production de nourriture et du transport) qui ne sont pas le centre d'intérêt principal de cette étude.
2. L'activité « mobilier et autres biens manufacturés » est en deuxième position avec une valeur de 19.5 Mtonnes CO_2-éq et une contribution de 17.50%. Toutefois, cette activité reste relativement difficile à modéliser, du fait de la qualité des sources données (base de données ONU) et de la classification même de CPC 1.1 (utilisée comme une des références par la base de données de l'ONU) qui inclut plusieurs catégories de type « other furnitures, n.e.c. », relativement vagues. Toutefois, dans un souci de transparence, la décomposition de l'activité « A_FRUN » définie dans EXIOBASE est présente en annexe 9.8.1
3. L'activité associé aux « vêtements, fourrures » est en troisième place avec une valeur de 13.22 Mtonnes de CO2-éq et une contribution de 11.82%.
    - Une analyse plus poussée dans la contribution (analyse de contribution sur « A_GARM|FR », ACV de type récursive), montre une contribution du marché du textile en France (« M_TEXT|FR » avec une contribution de 28.24%, suivi par des activités de transport et services commerciaux).
    - Une nouvelle analyse conduite sur « M_TEXT|FR » (ACV de type récursive) montre une combinaison d'activités de production de textiles de différentes origines avec la France ayant une contribution de 20.46% et la Chine une contribution de 18.88%.
    - Une analyse de contribution sur « A_TEXT|FR » montre une contribution des textiles (« M_TEXT|FR », donc un effet de boucle) à 36.84%, suivi par les « produits chimiques, nec » à 17.30% (puis des activités de transport). Dans le cas de la Chine, les 2 contributeurs majeurs sont les textiles une nouvelle fois et la consommation d'électricité.

PROVISOIRE

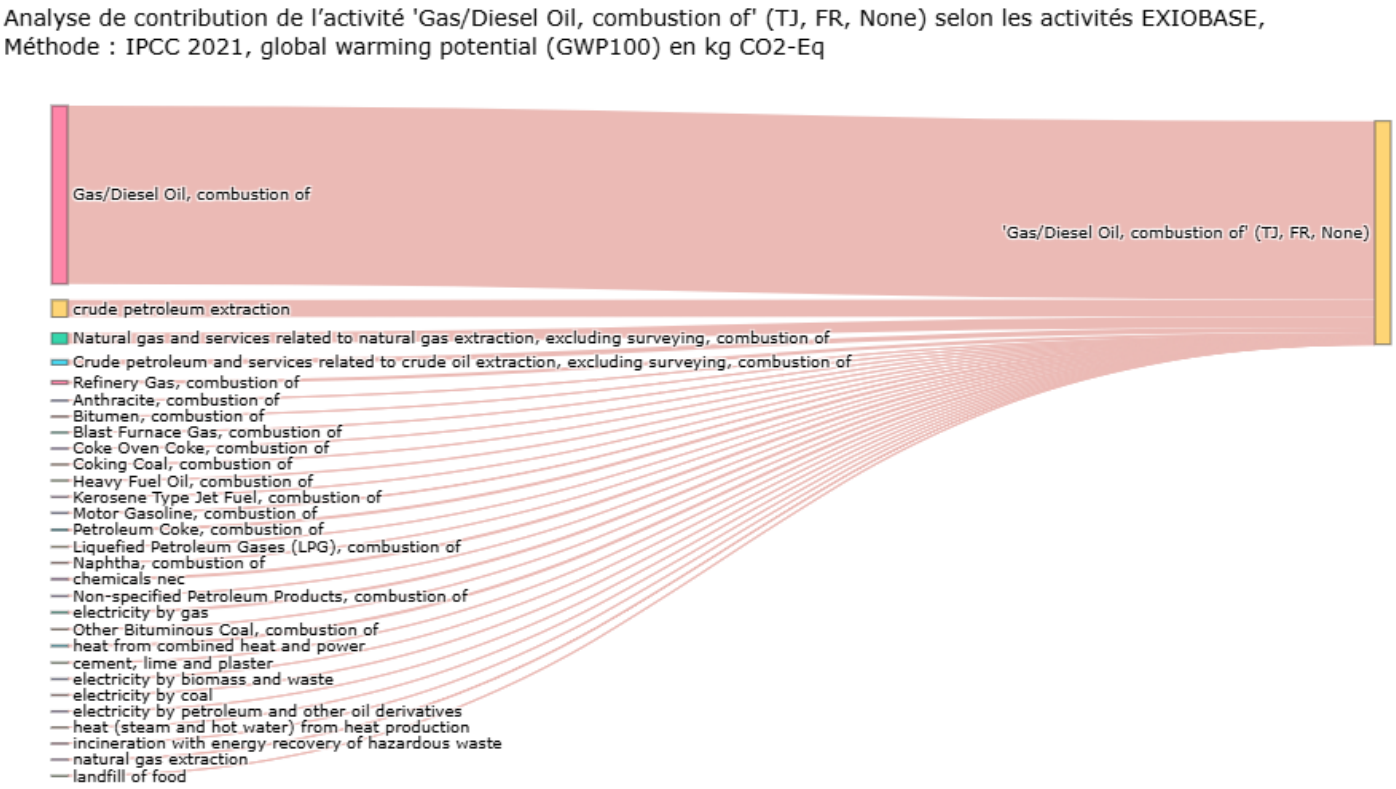


Figure 81: Analyse de contribution de l'activité « combustion de gaz/diesel/pétrole » (code "EF_DOIL|FR") fournie par la France

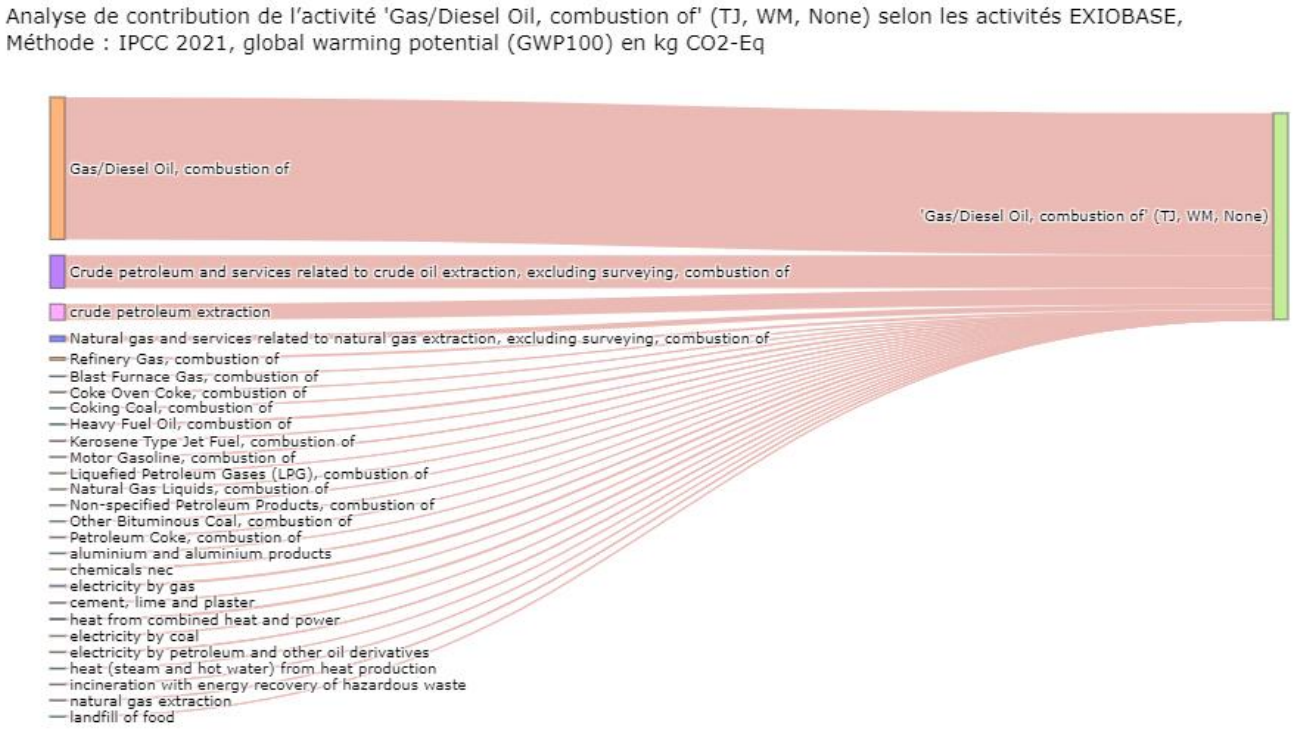


Figure 82: Analyse de contribution de l'activité « combustion de gaz/diesel/pétrole » fournie par des pays du Proche et Moyen-Orient (code "EF_DOIL|WM").

Analyse de contribution de l'activité 'cattle meat' (tonne, FR, None) selon les activités EXIOBASE,
Méthode : IPCC 2021, global warming potential (GWP100) en kg CO2-Eq

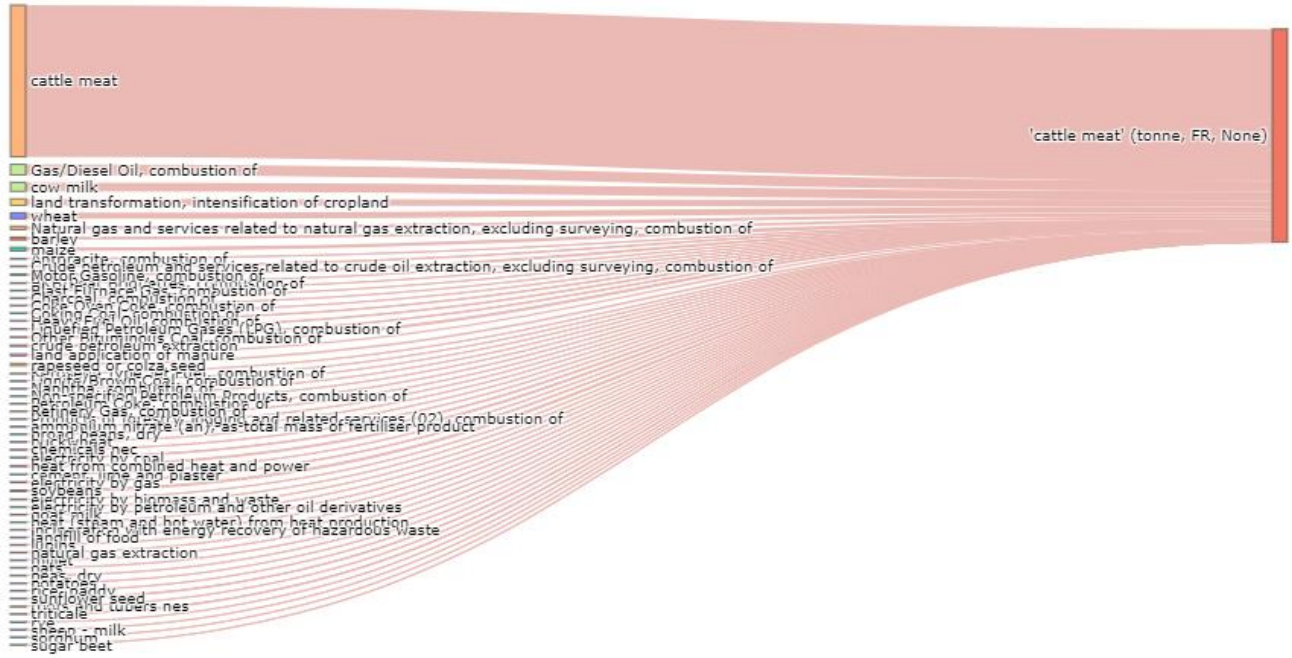


Figure 83: Analyse de contribution de l'activité « viande de bétail » (code "A_ICatmeat|FR") fournie par la France.

Analyse de contribution de l'activité 'electricity by coal' (TJ, CN, None) selon les activités EXIOBASE,
Méthode : IPCC 2021, global warming potential (GWP100) en kg CO2-Eq



Figure 84: Analyse de contribution de l'activité « électricité par le charbon » fournie par la Chine (code : "A_POWC|CN").

9.6.2.2 Rareté de ressources crustales

Dans la Figure 85 ci-dessous, les activités associées aux secteurs transport/alimentation/logement ont été filtrées pour ne garder que le reste. L'axe des abscisses indique la valeur absolue des émissions en kg Si-éq (méthode Crustal, 2020) tandis que l'axe des ordonnées indique les différentes activités d'EXIOBASE.

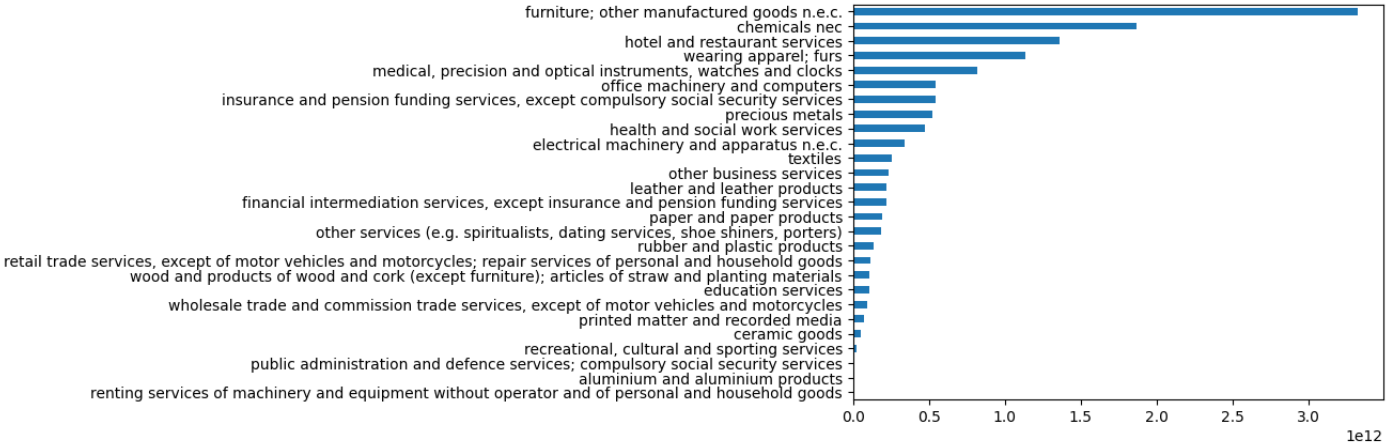


Figure 85: Impact environnemental en rareté de ressources crustales des activités (hors transport/alimentation/logement) provenant de la consommation française globale

D'après la Figure 85, nous pouvons voir que :

1. L'activité « mobilier et autres produits manufacturés, nec » est le plus gros contributeur avec 3.32 Gtonnnes Si-éq, avec une contribution de 25.65%.
2. L'activité « produits chimiques, nec » (« chemicals, nec ») est en deuxième position avec une valeur de 1.87 Gtonnes Si-éq et une contribution de 14.43%. Nous pouvons chercher à décomposer l'activité selon ses composants. L'activité « produits chimiques, nec » est construite à partir de la base de données de l'ONU sur les produits (une description des produits couvertes est donnée en note complémentaire à la fin de cette section).
3. L'activité de "services d'hôte et de restaurant » est en troisième position avec une valeur de 1.36 Gtonnes Si-éq et une contribution de 10.51%. Toutefois, pour cette activité, comme dit précédemment, une analyse plus détaillée montre des tendances ou des mécanismes déjà connus ou étudiés qui n'entrent pas dans le spectre d'intérêt de cette étude (prédominance des activités de production de la nourritures/boissons et du transport).

Note complémentaire : L'activité « produits chimiques, nec » est constitué des éléments suivants (description indiquée selon la nomenclature CPC 1.1) :

- Carboxylic acids and their anhydrides, halides, peroxides and peroxyacids and their halogenated, sulphonated, nitrated or nitrosated derivatives, except salicylic acid and its salts and esters and their salts,
- Organo-sulphur compounds and other organo-inorganic compounds; heterocyclic compounds n.e.c.; nucleic acids and their salts,
- Zinc oxide; zinc peroxide; chromium oxides and hydroxides; manganese oxides; iron oxides and hydroxides; earth colours; cobalt oxides and hydroxides; titanium oxides; lead oxides; red lead and orange lead; inorganic bases n.e.c.; metal oxides, hydroxides and peroxides n.e.c.,
- Colouring matter n.e.c.; inorganic products of a kind used as luminophores,
- Paints and varnishes (including enamels and lacquers); prepared pigments, prepared opacifiers and prepared colours, vitrifiable enamels and glazes, engobes, liquid lustres and similar preparations, of a kind used in the ceramic, enamelling or glass industry; glass frit and other glass in the form of powder, granules or flakes; prepared water pigments of a kind used for finishing leather; prepared driers; pigments dispersed in non-aqueous media, of a kind used in the manufacture of paints; stamping foils; dyes and other colouring matter, put up for retail sale; glaziers' putty, grafting putty, resin cements, caulking compounds and other mastics; painters' fillings; non-refractory surfacing preparations for

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

walls, floors and ceilings; organic composite solvents and thinners n.e.c.; prepared paint or varnish removers,
- Printing ink,
- Lysine and its esters and salts thereof; glutamic acid and its salts; quaternary ammonium salts and hydroxides; lecithins and other phosphoaminolipids; acyclic amides and their derivatives and salts thereof; cyclic amides (except ureines) and their derivatives and salts,
- Provitamins, vitamins and hormones; glycosides and vegetable alkaloids and their salts, ethers, esters and other derivatives; antibiotics,
- Medicaments, for therapeutic or prophylactic uses,
- Other pharmaceutical products or articles for medical or surgical purposes,
- Soap, cleaning preparations, perfumes and toilet preparations,
- Soap; organic surface-active products and preparations for use as soap; paper, wadding, felt and nonwovens, impregnated, coated or covered with soap or detergent,
- Perfume and toilet preparations,
- Essential oils and concentrates, aqueous distillates and aqueous solutions thereof; resinoids; terpenic by-products of the deterpenation of essential oils; mixtures of odoriferous substances of a kind used as raw materials in industry,
- Prepared explosives; safety fuses; detonating fuses; percussion or detonating caps; igniters; electric detonators,
- Chemical elements and compounds doped for use in electronics

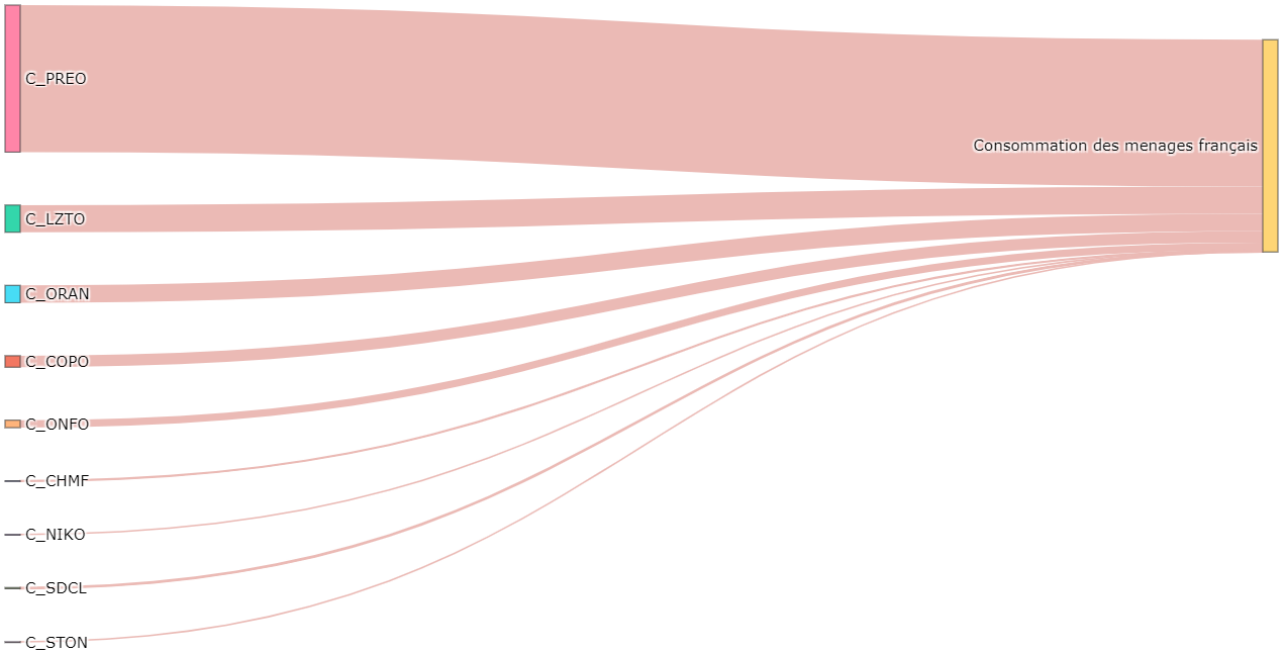


Figure 86: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « soins personnels, protection sociale et marchandises diverses », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

PRO CONFIDENTIEL

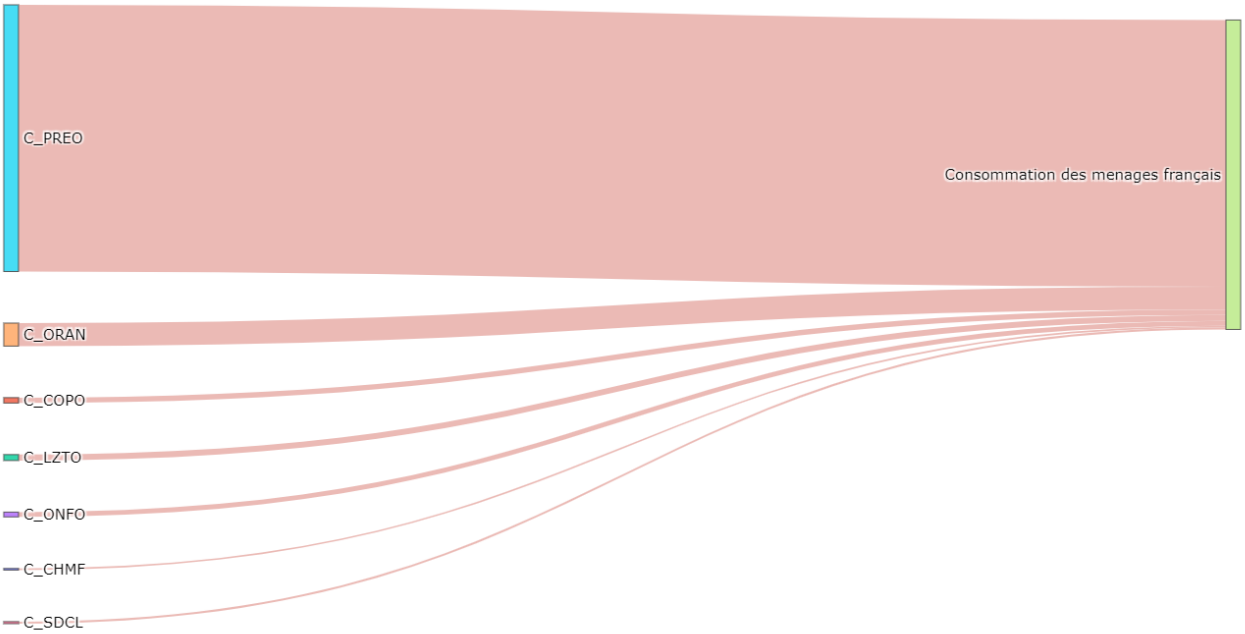


Figure 87: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « ameublement, équipement ménager er entretien courant de la maison », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

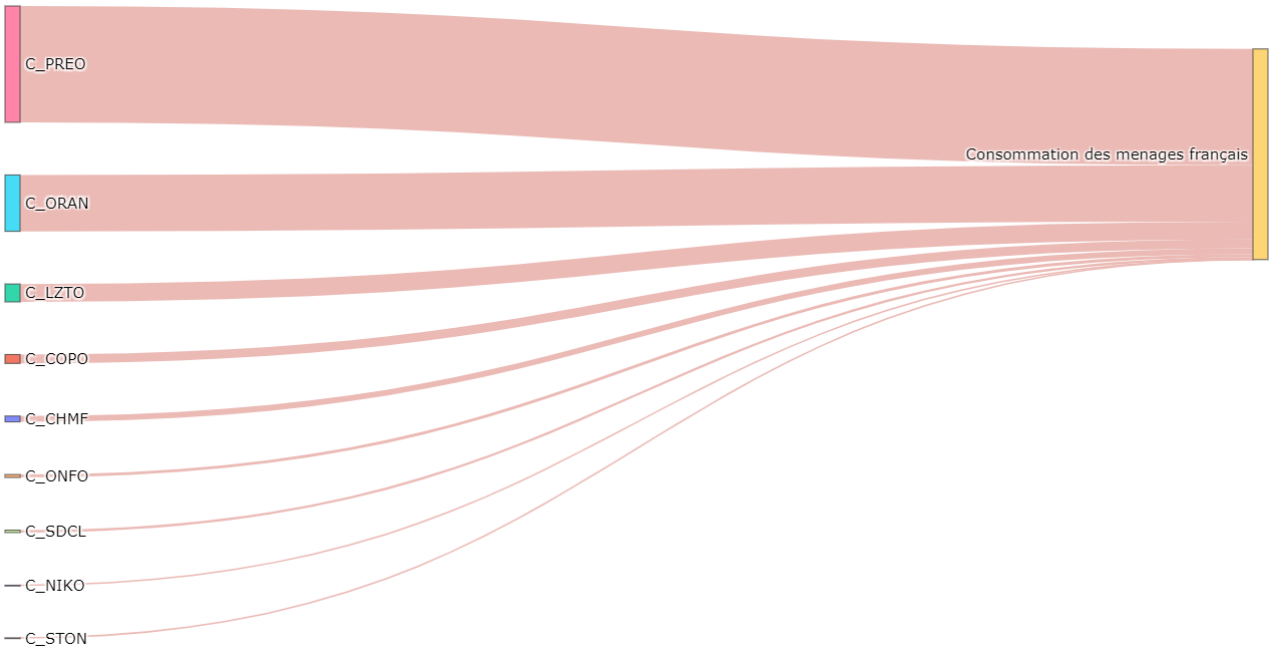


Figure 88: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « vêtements et chaussures », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

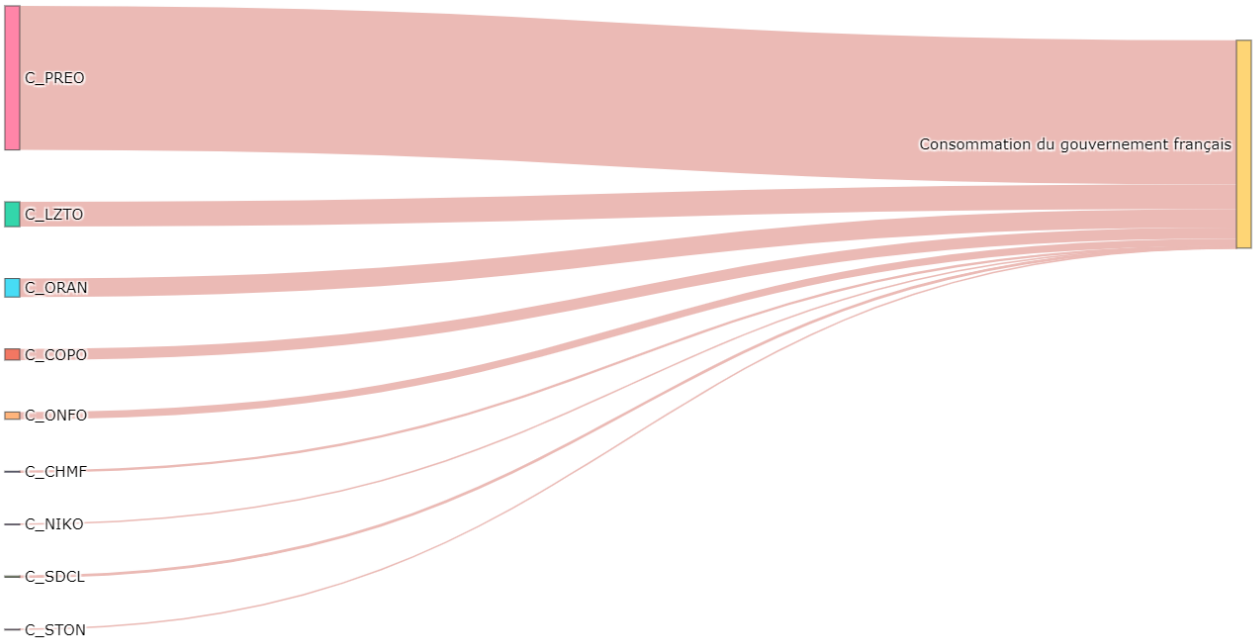


Figure 89: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale de l'Etat français en « soins personnels, protection sociale et marchandises diverse », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

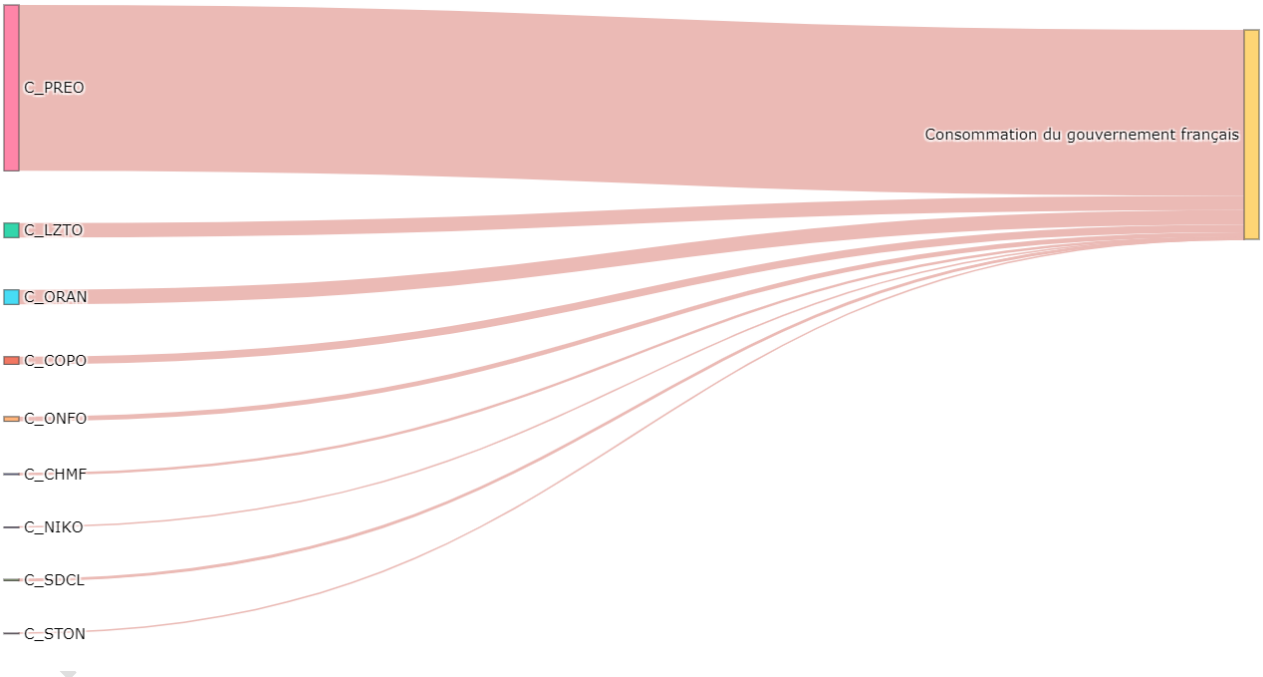


Figure 90: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale de l'Etat français en « santé », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

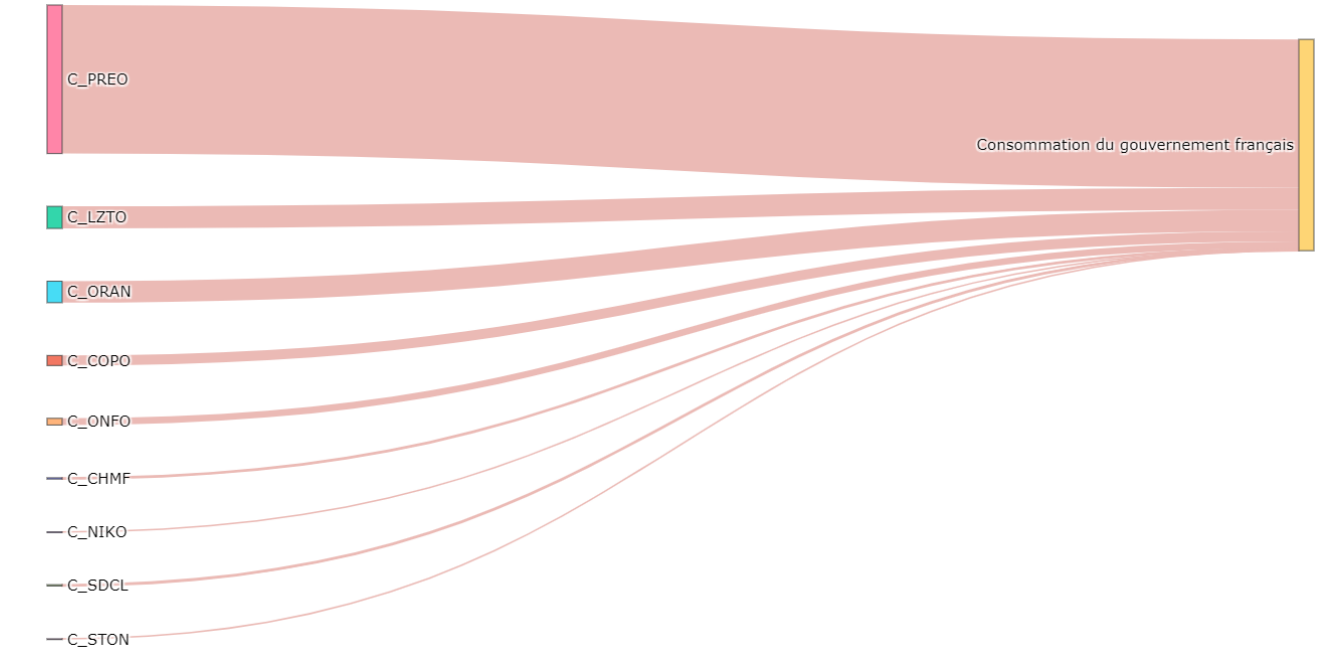


Figure 91: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale de l'Etat français en « éducation », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq.

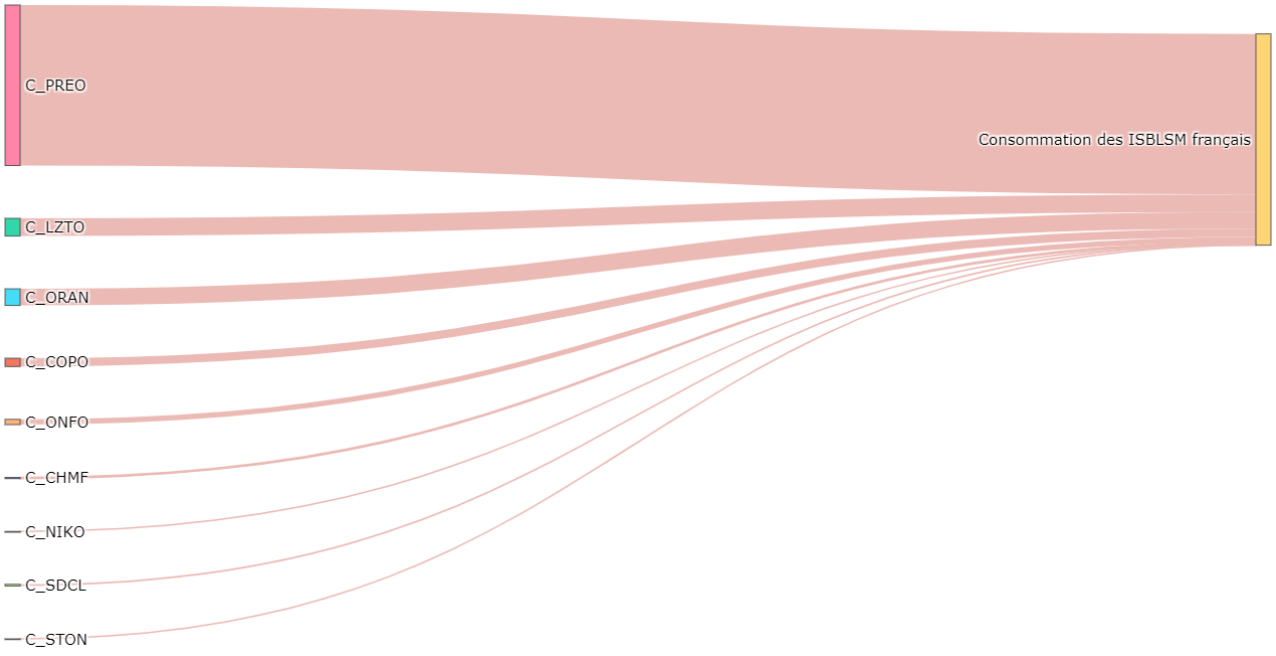


Figure 92: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ISBLSM en « santé », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq.

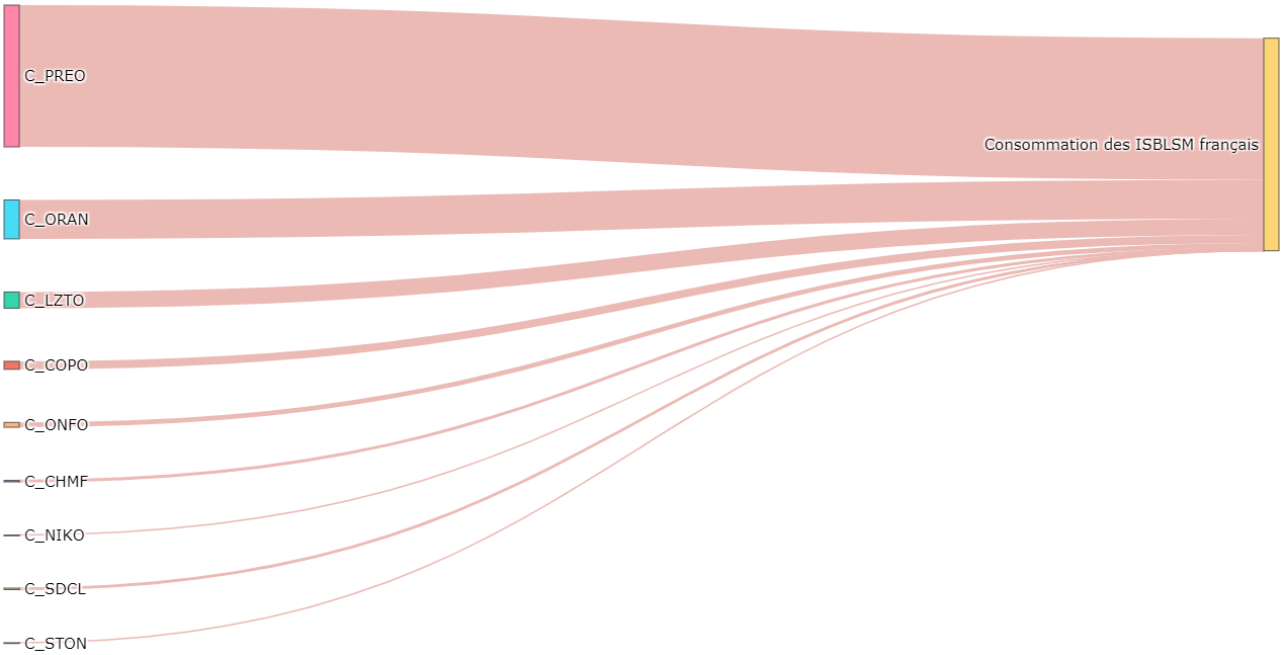


Figure 93: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ISBLSM en « Loisirs et culture », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq.

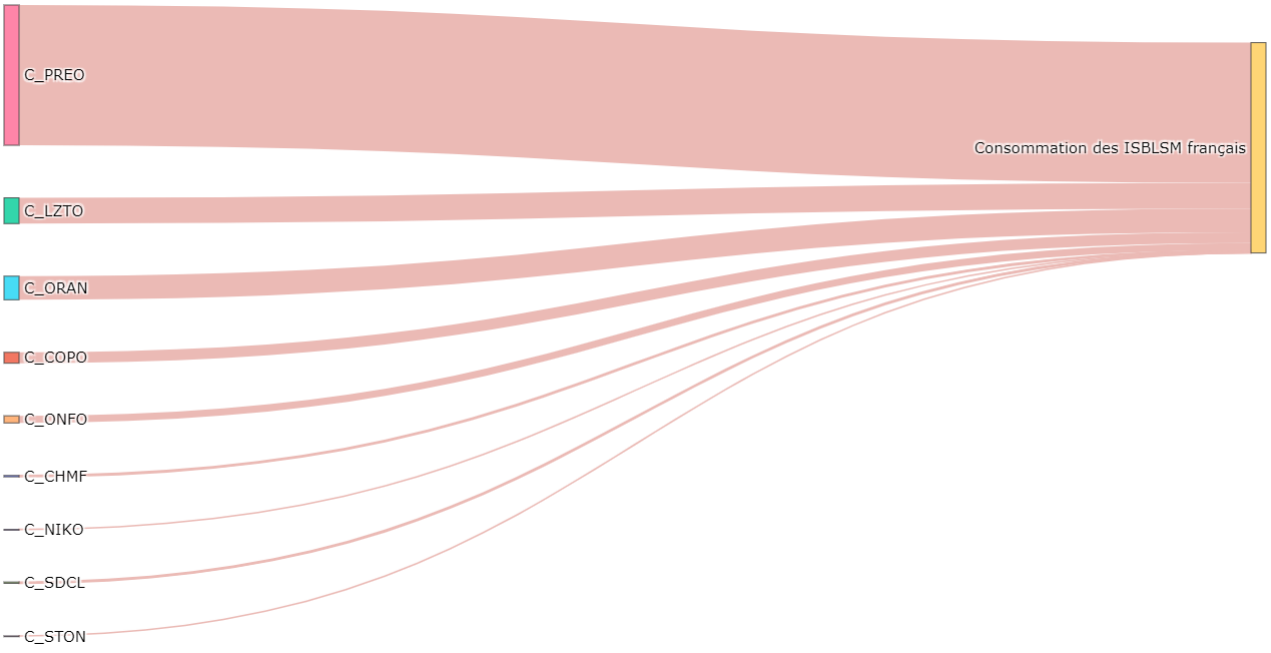


Figure 94: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ISBLSM en « éducation », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq.

9.6.3 Graphiques complémentaires

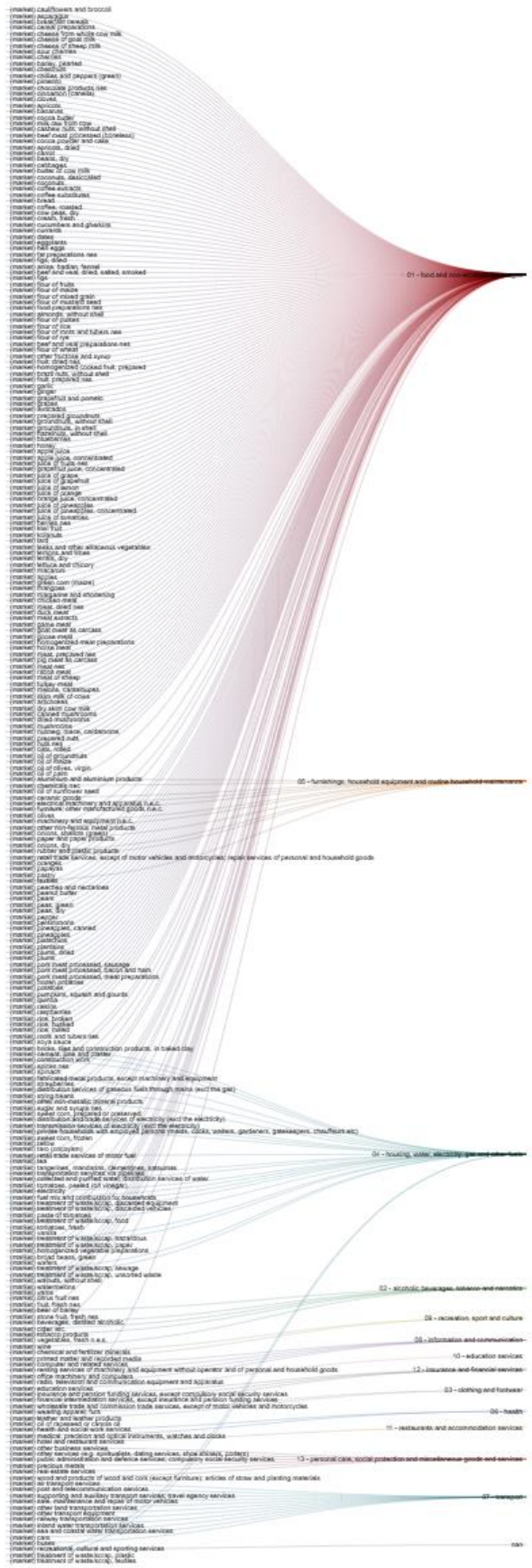


Figure 95: Exemple de diagramme de type Sankey, analyse de contribution de l'impact sur le changement climatique de la demande finale de la France (ménages, État, ISBLSM)

PROVISOIRE CONFIDENTIEL

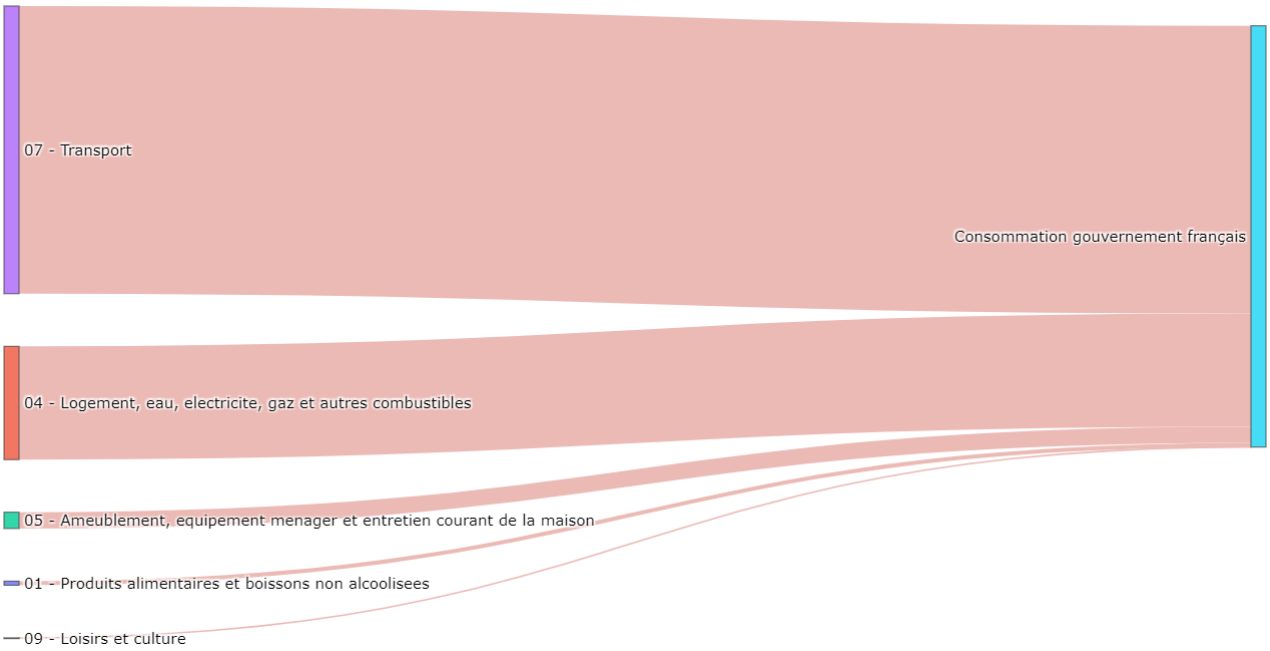


Figure 96: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale de l'État en « soins personnels, protection sociale et marchandises diverses », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq.

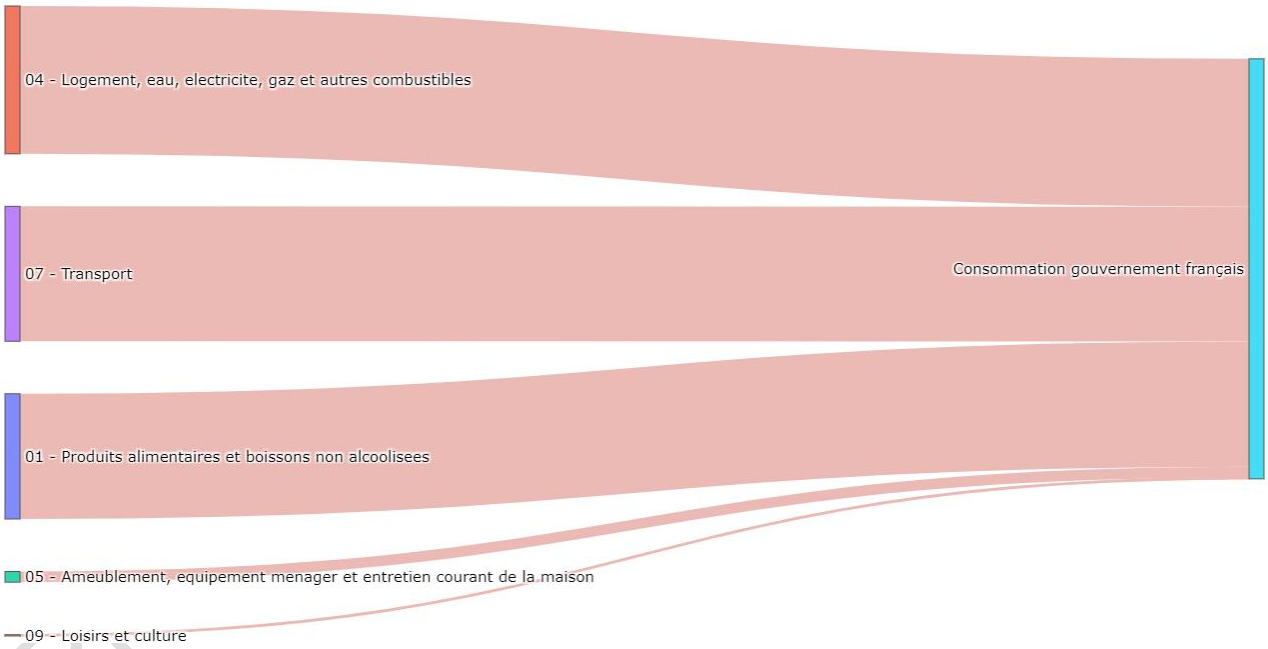


Figure 97: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale de l'Etat en « éducation », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq.

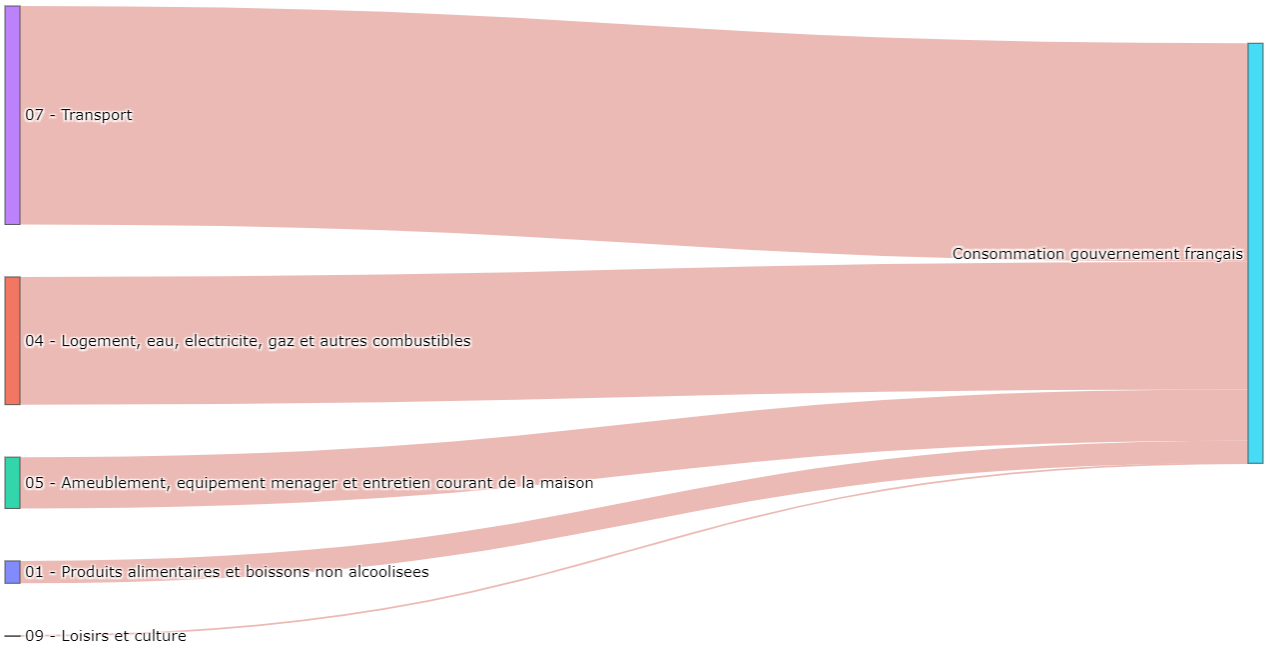


Figure 98: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale de l'Etat en « santé », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq.

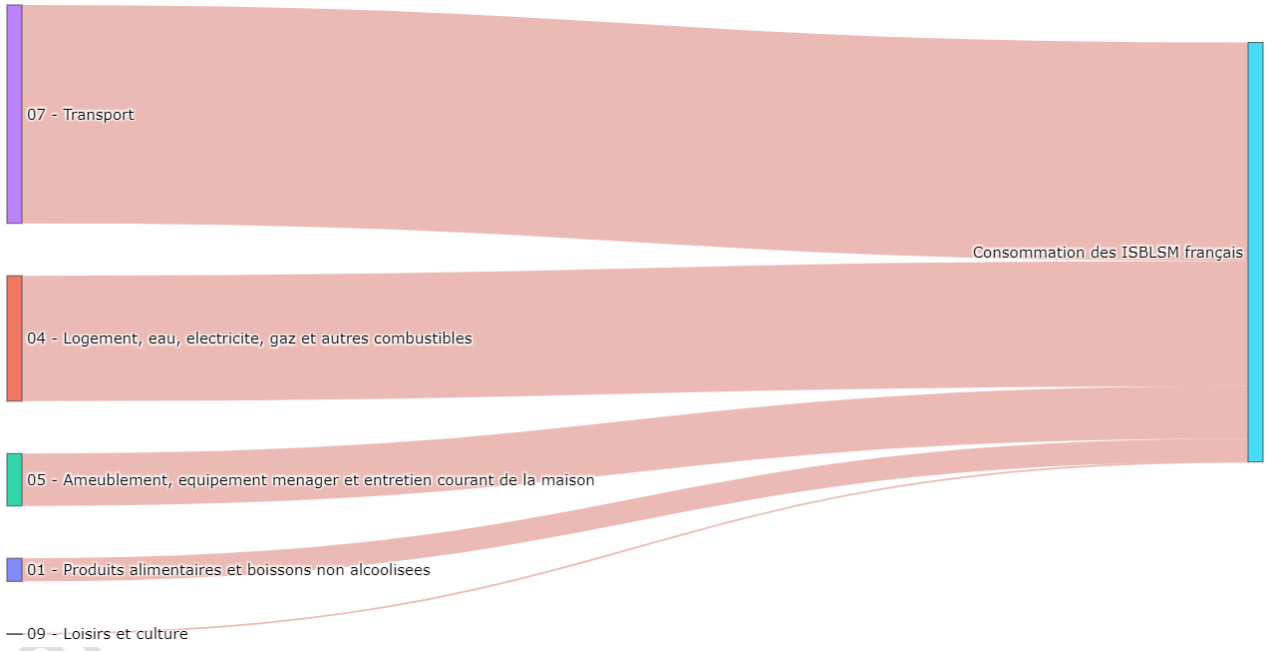


Figure 99: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale des ISBLSM en « santé », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq.

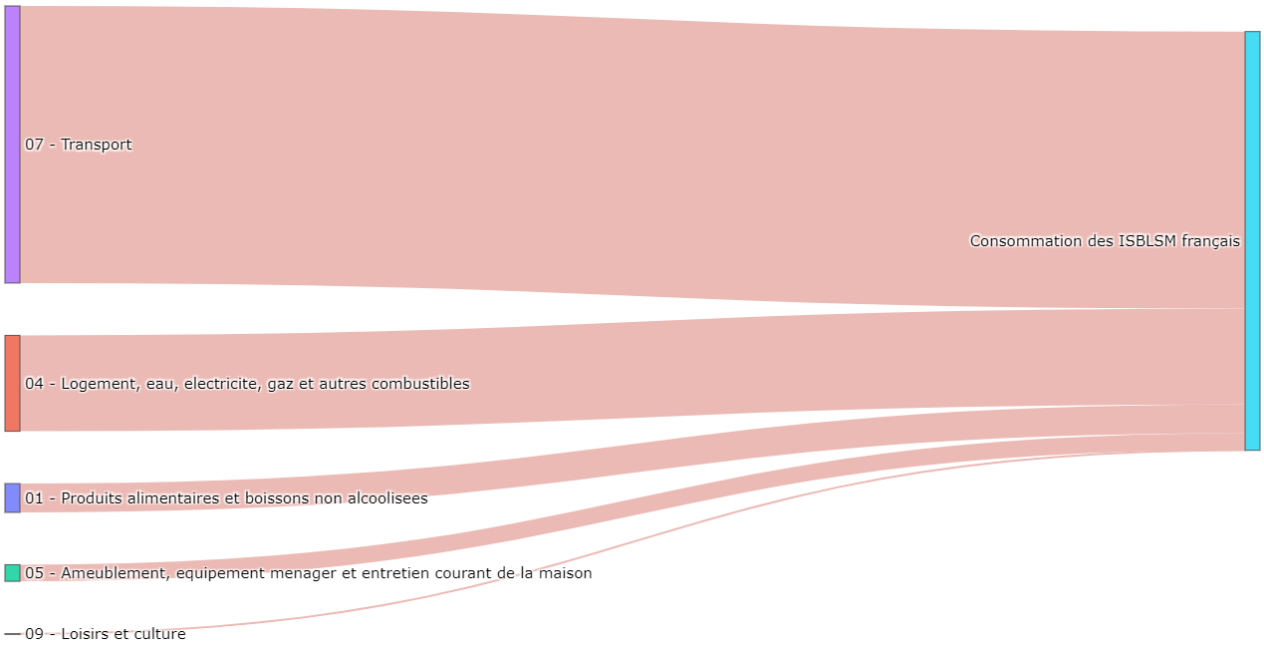


Figure 100: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale des ISBLSM en « loisirs et culture », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq.

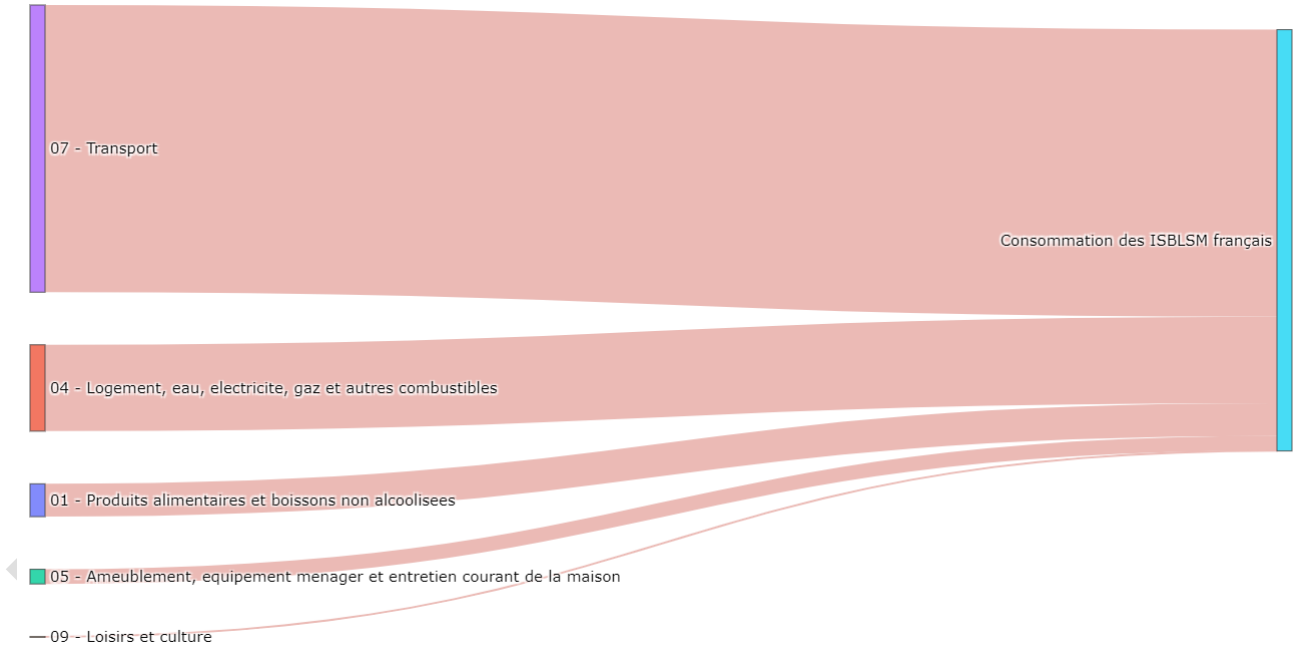


Figure 101: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale des ISBLSM en « éducation », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq.

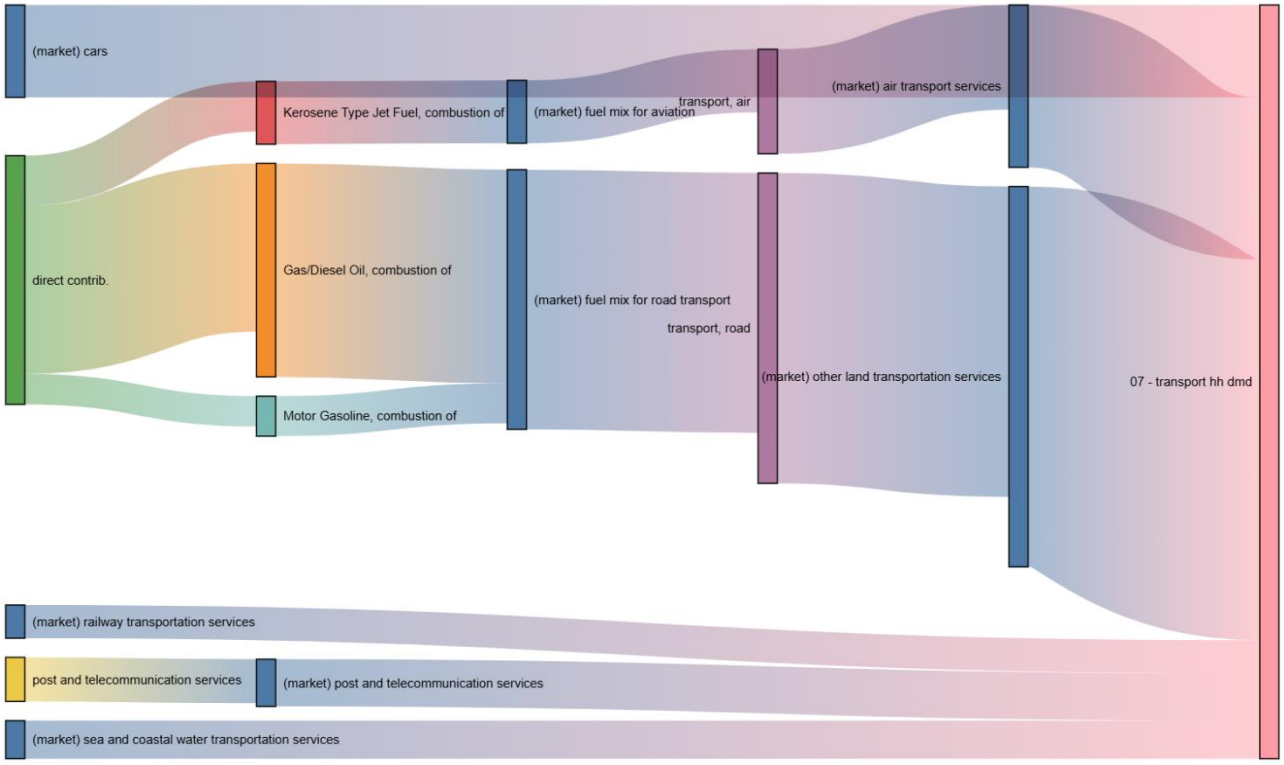


Figure 102: Analyse de contribution en changement climatique de la demande finales des ménages français en transport (catégorie 7 COICOP), (ACV récursive)

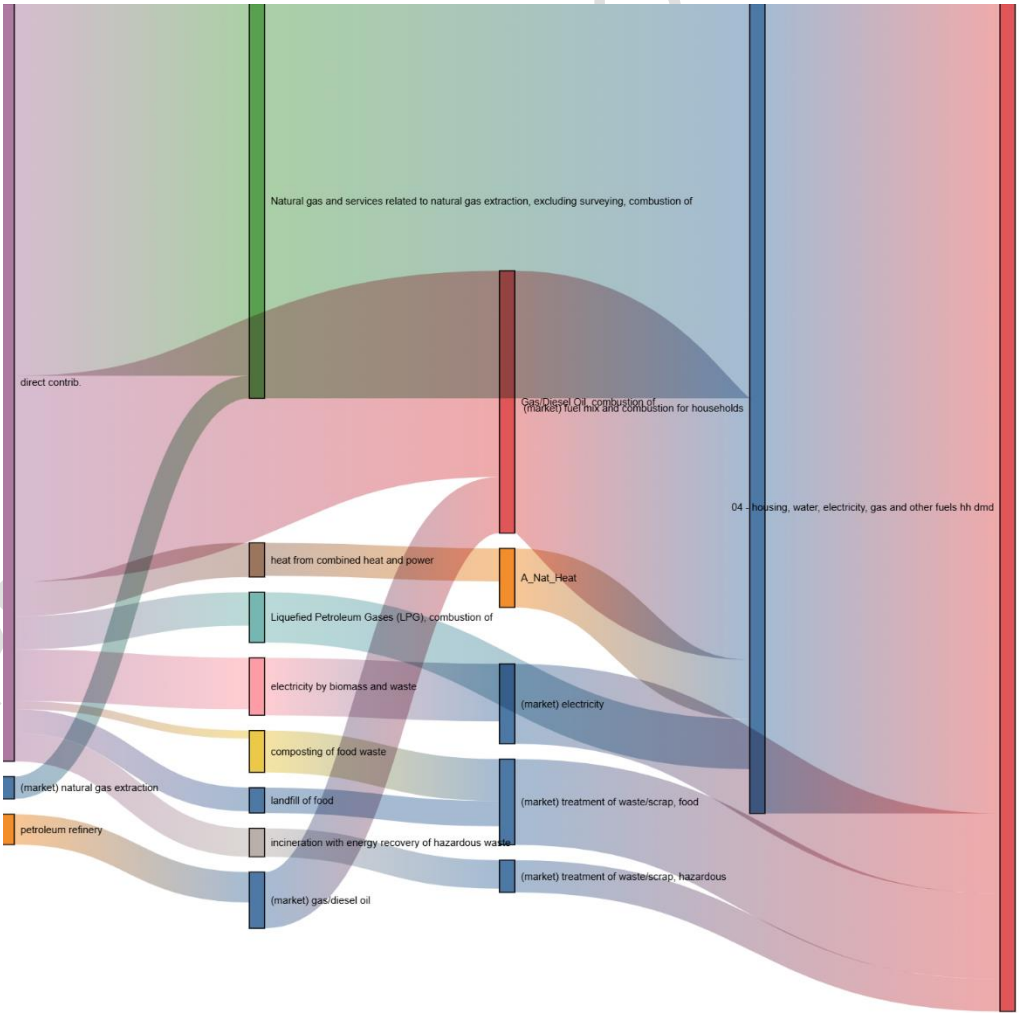


Figure 103: Analyse de contribution en changement climatique de la demande finale des ménages chinois en logement/eau/gaz/électricité (catégorie 4 COICOP) (ACV récursive)

9.7 Annexes VII : Tableaux d'analyse de contribution

9.7.1 Analyses supplémentaires pour la demande française en services immobiliers

Impact sur le changement climatique :

Une ACV supplémentaire de type récursive est appliquée à l'activité « M_REAL|FR » (demande en services immobiliers de la France), tout acteurs confondus. Si on souhaite considérer un certain type de demande finale (État, ménages, etc…), les valeurs absolues changeraient mais les proportions resteraient les mêmes.

Pour l'impact sur le changement climatique, nous pouvons observer que le contributeur majoritaire du marché des services immobiliers reste son activité associée ('A_REAL|FR'). Dans l'ACV de type récursive sur « A_REAL|FR », nous observons que les contributeurs majoritaires sont les travaux de construction à 46,36%, es services d'intermédiation financière à 11,14% et les voitures à 6,07%.

Tableau 17: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de M_REAL|FR (marchés des services immobiliers en France) ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
real estate services	121373.7	90.58%	A_REAL|FR
real estate services	6535.162	4.88%	A_REAL|WA
real estate services	1305.847	0.97%	A_REAL|CN
real estate services	845.7444	0.63%	A_REAL|US
real estate services	790.7391	0.59%	A_REAL|IE
real estate services	350.4123	0.26%	A_REAL|KR
real estate services	307.8456	0.23%	A_REAL|GB
real estate services	284.6466	0.21%	A_REAL|CA
real estate services	239.2193	0.18%	A_REAL|WF
real estate services	232.3242	0.17%	A_REAL|IN

Tableau 18: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_REAL|FR (activités de production des services immobiliers en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
construction work	58450.72	46.36%	M_CONS|FR
financial intermediation services, except insurance and pension funding services	14050.24	11.14%	M_FINT|FR
cars	7654.916	6.07%	M_auto|FR
trucks	7441.262	5.90%	M_truck|FR
other business services	6507.77	5.16%	M_OBUS|FR
computer and related services	6072.861	4.82%	M_COMP|FR
real estate services	4986.984	3.96%	M_REAL|FR
fuel mix and combustion for commercial and public services	4505.328	3.57%	M_heat_commercial|FR
other transport equipment	2164.452	1.72%	M_OTRE|FR
supporting and auxiliary transport services; travel agency services	1997.69	1.58%	M_TAUX|FR

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Impact sur la rareté de ressources crustales :

Lorsqu'une analyse de contribution est effectuée sur l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande française des services immobiliers, nous obtenons le Tableau 19 suivant :

Tableau 19: top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de M_REAL|FR (services immobiliers en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
real estate services	22737843	92.25%	A_REAL|FR
real estate services	846741.4	3.44%	A_REAL|WA
real estate services	255931.2	1.04%	A_REAL|IE
real estate services	162607.7	0.66%	A_REAL|GB
real estate services	125543.1	0.51%	A_REAL|US
real estate services	64262.17	0.26%	A_REAL|CH
real estate services	60156.57	0.24%	A_REAL|CN
real estate services	44015.97	0.18%	A_REAL|JP
real estate services	42999.58	0.17%	A_REAL|CA
real estate services	33708.53	0.14%	A_REAL|DE

À partir du Tableau 19 ci-dessus, nous pouvons observer que l'activité 'A_REAL|FR' possède la plus grande contribution de loin, avec une valeur à 92,25%. Les autres contributeurs étant considérés comme négligeables, un focus est apporté sur 'A_REAL|FR' dont le Tableau 20 de contribution est présenté ci-après :

Tableau 20 : top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de « A_REAL|FR » (activité de production des services immobiliers en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
construction work	13614395	57.65%	M_CONS|FR
cars	1937466	8.20%	M_auto|FR
financial intermediation services, except insurance and pension funding services	1719731	7.28%	M_FINT|FR
trucks	1196868	5.07%	M_truck|FR
real estate services	917258.6	3.88%	M_REAL|FR
medical, precision and optical instruments, watches and clocks	695705.5	2.95%	M_MEIN|FR
other business services	667202	2.83%	M_OBUS|FR
computer and related services	606568	2.57%	M_COMP|FR
electrical machinery and apparatus n.e.c.	441912.2	1.87%	M_ELMA|FR
machinery and equipment n.e.c.	433323.9	1.83%	M_MACH|FR

Du Tableau 20 ci-dessus, nous pouvons voir que, de manière globale, le secteur de la construction possède une contribution significative (57,65%) dans l'activité « A_REAL », elle-même majoritaire en contribution dans « M_REAL|FR » (services immobiliers en France).

Basé sur ces résultats, les premières hypothèses expliquant l'influence importante du secteur de la construction serait la consommation importante de matériel de construction (par exemple : ciment, mortier, béton…) ainsi que les métaux précieux dans les bâtiments eux-mêmes (câblage, éléments électriques, encadrement métallique/aluminuum, etc…)

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.7.2 Analyses supplémentaires de la demande française en services d'hôtellerie et de restauration

Impact sur le changement climatique :

Une ACV de type récursive fournit les résultats suivants :

Tableau 21: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de M_HORE|FR (marché de l'hôtellerie et restauration en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
hotel and restaurant services	141127.9	50.43%	A_HORE|FR
hotel and restaurant services	29767.16	10.64%	A_HORE|CN
hotel and restaurant services	26465.17	9.46%	A_HORE|IN
hotel and restaurant services	12203.11	4.36%	A_HORE|US
hotel and restaurant services	11454.49	4.09%	A_HORE|AU
hotel and restaurant services	6111.467	2.18%	A_HORE|TR
hotel and restaurant services	3996.75	1.43%	A_HORE|ES
hotel and restaurant services	3697.765	1.32%	A_HORE|RU
hotel and restaurant services	3694.239	1.32%	A_HORE|MX
hotel and restaurant services	3560.058	1.27%	A_HORE|CA

Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 21 ci-dessus, le plus grand contributeur de l'activité du marché des services de l'hôtellerie et de restauration est l'activité associée en France « A_HORE|FR », à 50,43%. Comparé à d'autres analyses du même ordre, nous pouvons observer une plus grande dispersion des contributeurs (l'activité française ne représentant ici qu'environ la moitié du marché français). Les contributeurs suivants sont les activités de production de services d'hôtellerie et de restauration en Chine, à 10,64%, puis en Inde, à 9,46%. Les autres contributeurs ayant une valeur inférieure à 5%. Dans le cadre de ce marché, nous pouvons observer une « dispersion internationale » plus importante.

Une ACV supplémentaire de type récursive sur l'activité de production « A_HORE|FR » fournit Tableau 22 suivant :

Tableau 22 : top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_HORE|FR (activité de production d'hôtellerie et restauration en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
beef meat processed (boneless)	36588.88	18.93%	M_Beef_veal|FR
wine	15974.14	8.26%	M_Wine|FR
construction work	14796.56	7.65%	M_CONS|FR
fish and other fishing products; services incidental of fishing	10603.86	5.49%	M_FISH|FR
beer of barley	9448.377	4.89%	M_Beer_barl|FR
fuel mix and combustion for commercial and public services	9307.388	4.81%	M_heat_commercial|FR
treatment of waste/scrap, food	8640.339	4.47%	M_wFood|FR
other land transportation services	7179.314	3.71%	M_TLND|FR

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

milk raw from cow	6561.252	3.39%	M_Catmilk|FR
skim milk of cows	6037.972	3.12%	M_Milk_skim_cow|FR

Encore une fois, d'après le Tableau 22 ci-dessus, nous voyons une dispersion relativement importante parmi les activités (aucune activité ne possède une contribution supérieure à 50% ou similaire). Toutefois, nous pouvons voir que les deux contributeurs majoritaires sont liés à de la nourriture :

1. L'activité de production de viande traitée à 18,93%
2. L'activité de production de vin à 8,26%

Ensuite vient l'activité des travaux de construction à 7,65%.

9.7.3 Analyses supplémentaires de la demande française en production de meubles et autres produits manufacturés

Impact sur le changement climatique :

Une ACV de type récursive fournit le détail des activités contribuant au marché de la production de meubles et autres produits manufacturés M_FURN|FR (Tableau 23) :

Tableau 23: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de M_FURN|FR (marché des meubles et autres produits manufacturés) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
furniture; other manufactured goods n.e.c.	3092.613	16.69%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|CN')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	2707.528	14.61%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|GB')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	2597.88	14.02%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|ES')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	1815.817	9.80%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|IT')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	1709.355	9.22%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|ID')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	976.5245	5.27%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|LU')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	959.9876	5.18%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|DE')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	953.6667	5.15%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|JP')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	547.5986	2.95%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|CZ')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	546.6347	2.95%	('exiobase4_231231', 'A_FURN|FR')

Nous voyons dans le Tableau 23 que les contributeurs du marché en production de meubles et autres produits manufacturés ne sont que les activités associés (au moins les 10 premiers contributeurs). Toutefois, il est à noter que l'activité de production majoritaire pour répondre à la demande française vient de pays autres que la France : de Chine, du Royaume-Uni, de l'Espagne pour ne citer que les trois plus importants. Ceci démontre un caractère important d'importations pour satisfaire cette demande en France.

Le Tableau 24 indique les 10 plus gros contributeurs de l'impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages français en « ameublement et équipements ménagers » (catégorie COICOP 5).

Tableau 24: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le « changement climatique » de « ameublement et équipements ménagers » de la demande des ménages français (ACV standard)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
chemicals nec	3.45E+09	9.39%	A_CHEM|FR
Other Bituminous Coal, combustion of	1.37E+09	3.72%	EF_OTBC|CN
electricity by coal	1.29E+09	3.50%	A_POWC|CN

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying, combustion of	1.15E+09	3.14%	EF_GASE|WA
heat from combined heat and power	1.11E+09	3.01%	A_CHP|IT
electricity by coal	1.1E+09	3.01%	A_POWC|WA
Natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying, combustion of	1.01E+09	2.75%	EF_GASE|FR
Other Bituminous Coal, combustion of	8.6E+08	2.34%	EF_OTBC|WA
electricity by gas	7.62E+08	2.07%	A_POWG|WA
electricity by coal	5.82E+08	1.58%	A_POWC|ID

Impact sur la rareté de ressources crustales :

Tableau 25: top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de « M_FURN\|FR » (marché des meubles et autres produits manufacturés) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
furniture; other manufactured goods n.e.c.	705203.1	25.51%	A_FURN|GB
furniture; other manufactured goods n.e.c.	400642.8	14.49%	A_FURN|CZ
furniture; other manufactured goods n.e.c.	339208.9	12.27%	A_FURN|BE
furniture; other manufactured goods n.e.c.	204750.8	7.41%	A_FURN|WA
furniture; other manufactured goods n.e.c.	137460.8	4.97%	A_FURN|ES
furniture; other manufactured goods n.e.c.	128600	4.65%	A_FURN|CA
furniture; other manufactured goods n.e.c.	96749.04	3.50%	A_FURN|FR
furniture; other manufactured goods n.e.c.	93355.88	3.38%	A_FURN|CN
furniture; other manufactured goods n.e.c.	86466.94	3.13%	A_FURN|CH
furniture; other manufactured goods n.e.c.	76179.88	2.76%	A_FURN|WF

A partir du Tableau 25 de contribution ci-dessus, un premier élément à noter est que le plus gros contributeur – à hauteur de 25,51% - est l'activité produisant les mobiliers et autres biens manufacturés, mais provenant de la Grande-Bretagne et non de la France (qui n'est qu'en septième position à 3,50%). Les deuxièmes et troisièmes positions sont aussi occupées par la même activité, respectivement de la Tchéquie en Belgique, mais à des valeurs bien plus faibles (14,49% et 12,27% respectivement).

L'analyse pour identifier les contributeurs les plus importants pour l'activité « A_FURN|GB » est donné ci-après :

Tableau 26: top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de « A_FURN\|GB » (activité de production de meubles et autres produits manufacturés en Grande Bretagne) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
precious metals	52576058	86.69%	M_PREM|GB
furniture; other manufactured goods n.e.c.	4869551	8.03%	M_FURN|GB
electricity	2659826	4.39%	M_electricity|GB
fabricated metal products, except machinery and equipment	195303.7	0.32%	M_FABM|GB

PROVISOIRE CONFIDENTIEL

D'après le Tableau 26 ci-dessus, nous pouvons voir que le marché des métaux précieux est le contributeur majoritaire (à 86,69%) à l'impact sur la rareté des ressources crustales. Les autres activités ont des contributions inférieures ou quasi-égales à 8%.

Une ACV sur l'activité « A_FURN|GB » montre qu'en terme de flux matière, les flux d'uranium et d'or sont ceux qui impactent le plus l'indicateur de rareté crustale. La présence d'uranium suggère fortement l'influence de la production énergétique d'origine nucléaire. Cette supposition est confirmée par une ACV de type récursive effectuée sur l'activité « M_electricity|GB » où l'on voit que plus de 99% de la valeur provient de l'activité « A_POWN|GB » (production d'électricité d'origine nucléaire, en Grande-Bretagne).

En ce qui concerne les autres métaux précieux, des analyses de contribution supplémentaires montrent une prédominance de l'impact de l'extraction/usage de l'or, et dans une moindre mesure le rhodium. Le rhodium semble être principalement utilisé à travers le monde en tant qu'un des catalyseurs des convertisseurs catalytiques à trois voies des véhicules (ce qui pourrait nous ramener au secteur des transports).

9.7.4 Analyses supplémentaires de la demande française en production de vêtements et de fourrures

Impact sur le changement climatique :

Une analyse de contribution de type ACV récursive fournit le Tableau 27 ci-dessous pour l'activité de production de de vêtements et de fourrures en France.

Tableau 27: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_GARM|FR (activité de production de vêtements et de fourrures) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg CO_2-éq)	fraction	Code de l'activité
wearing apparel; furs	4789.69	31.19%	A_GARM|WA
wearing apparel; furs	2533.215	16.50%	A_GARM|CN
wearing apparel; furs	2055.225	13.38%	A_GARM|WF
wearing apparel; furs	828.2493	5.39%	A_GARM|IT
wearing apparel; furs	691.7639	4.51%	A_GARM|DE
wearing apparel; furs	558.738	3.64%	A_GARM|GB
wearing apparel; furs	553.3219	3.60%	A_GARM|ES
wearing apparel; furs	513.7372	3.35%	A_GARM|BE
wearing apparel; furs	454.737	2.96%	A_GARM|IN
wearing apparel; furs	445.6266	2.90%	A_GARM|TR

Comme nous pouvons le constater dans le Tableau 27 ci-dessus, il y a une certaine dispersion des contributeurs. Il n'existe pas de contributeur largement dominant (à plus de 50%), le plus important ayant une valeur de 31,19%. Les plus gros contributeurs sont :

1. L'activité de production en Asie (hors Chine) à 31,19%
2. L'activité de production en Chine, à 16,50%
3. L'activité de production en Afrique (hors Afrique du Sud), à 13,38%.

La première position tenue par les pays asiatiques et la Chine n'est guère surprenante du fait de la puissance mondiale de production de la Chine.

Une autre information intéressante est de constater que les émissions dûe à l'activité de production des vêtements et fourrures de France n'apparaît même pas dans le top 10 des pays producteurs. Ainsi plus de 87% des émissions dûe à la demande française en vêtements et fourrures est générée par une production étrangère.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.7.5 Analyses supplémentaires de la demande française en services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale

Impact sur le changement climatique :

En effectuant une ACV de type récursive sur le marché des services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale (« M_PADF|FR ») destinés à la demande globale française, nous obtenons les contributions suivantes :'

Tableau 28: Activités contribuant le plus à l'impact sur le changement climatique de M_PADF|FR (marché des services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale) (ACV récursive) -

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
public administration and defence services; compulsory social security services	214808.4	99.03%	A_PADF|FR
public administration and defence services; compulsory social security services	596.0237	0.27%	A_PADF|US
public administration and defence services; compulsory social security services	232.9822	0.11%	A_PADF|WA

Nous pouvons voir que l'activité de production des services d'administration publique et de défense est le contributeur majoritaire (à plus de 99%).

Une ACV additionnelle de type récursive sur « A_PADF|FR » montre les résultats suivants :

Tableau 29: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_PADF|FR (activités de production de services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale) (ACV récursive) -

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
other land transportation services	80869.71	37.40%	M_TLND|FR
construction work	30145.56	13.94%	M_CONS|FR
fuel mix and combustion for commercial and public services	23168.24	10.71%	M_heat_commercial|FR
other transport equipment	11277.12	5.22%	M_OTRE|FR
office machinery and computers	7805.542	3.61%	M_OFMA|FR
other business services	6828.26	3.16%	M_OBUS|FR
hotel and restaurant services	6010.533	2.78%	M_HORE|FR
research and development services	5161.756	2.39%	M_RESD|FR
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	4745.695	2.19%	M_MARE|FR
cars	4269.045	1.97%	M_auto|FR

Nous pouvons observer une prédominance assez importante des « autres services de transport continentaux », à 37,40%, des travaux de construction à 13,94% et des activités de combustion de carburants à 10,71%. Les autres contributeurs possèdent des valeurs inférieures à 6%.

Impact sur la rareté de ressources crustales :

En effectuant une analyse de contribution, nous obtenons les résultats suivants :

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 30: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_PADF|FR » (marché des services d'administration publique et de défense en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
public administration and defence services; compulsory social security services	19365769	98.86%	('exiobase4_231231', 'A_PADF|FR')
public administration and defence services; compulsory social security services	38348.3	0.20%	('exiobase4_231231', 'A_PADF|US')
public administration and defence services; compulsory social security services	30940.23	0.16%	('exiobase4_231231', 'A_PADF|IE')
public administration and defence services; compulsory social security services	28099.63	0.14%	('exiobase4_231231', 'A_PADF|CH')
public administration and defence services; compulsory social security services	20473.67	0.10%	('exiobase4_231231', 'A_PADF|WA')

Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 30 précédent, le contributeur majoritaire du marché des services d'administration publique et de défense est l'activité de production qui lui est associé « A_PADF|FR », à 98,86%.

En conséquence, l'analyse de contribution sur « A_PADF|FR » nous donne les résultats suivants :

Tableau 31: top 10 des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_PADF|FR » (activité de production des services d'administration publique et de défense en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
construction work	6972655	35.77%	('exiobase4_231231', 'M_CONS|FR')
other transport equipment	1629998	8.36%	('exiobase4_231231', 'M_OTRE|FR')
other land transportation services	1206285	6.19%	('exiobase4_231231', 'M_TLND|FR')
cars	1037071	5.32%	('exiobase4_231231', 'M_auto|FR')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	857903.6	4.40%	('exiobase4_231231', 'M_FURN|FR')
research and development services	742717.5	3.81%	('exiobase4_231231', 'M_RESD|FR')
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	709547.9	3.64%	('exiobase4_231231', 'M_MARE|FR')
other business services	688086.4	3.53%	('exiobase4_231231', 'M_OBUS|FR')
trucks	584749.9	3.00%	('exiobase4_231231', 'M_truck|FR')
post and telecommunication services	462971.4	2.37%	('exiobase4_231231', 'M_PTEL|FR')

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Nous trouvons en priorité l'activité des travaux de construction à 36% et plusieurs activités ensuite associées au transport (« autres équipements de transport », « autres services de transport continentaux », « voitures »). Là encore, une ACV complémentaire de type standard sur l'activité de construction (« A_CONS ») ou sur l'activité « autres équipements de transport (« A_OTRE ») ou sur l'activité « autres services de transport continentaux » (« TLND ») montre une prédominance des flux de matière pour l'or et dans une moindre mesure l'uranium et le rhodium (très probablement lié à la production d'électricité française).

9.7.6 Analyses supplémentaires de la demande française en services éducatifs

Impact sur le changement climatique :

Une ACV de type récursif sur le marché des services éducatifs (M_EDUC|FR) a été réalisée et a fourni les résultats suivants, pour la demande globale française (ménages + État + ISBLSM) :

Tableau 32: Plus gros contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande en M_EDUC|FR (marché des services éducatifs en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
education services	149810.9	98.95%	A_EDUC|FR
education services	685.493	0.45%	A_EDUC|WA
education services	187.0759	0.12%	A_EDUC|GB

Dans ce cas aussi, l'activité associée au marché des services éducatifs est de loin le plus gros contributeur à 98,95%.

Une nouvelle ACV de type récursif sur les activités de services éducatifs (A_EDUC|FR) fournit les détails suivants sur les contributeurs :

Tableau 33: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_EDUC|FR (activité de production des services éducatifs en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
other land transportation services	56585.3	37.47%	M_TLND|FR
construction work	18773.85	12.43%	M_CONS|FR
fuel mix and combustion for commercial and public services	18094.98	11.98%	M_heat_commercial|FR
beef meat processed (boneless)	9584.633	6.35%	M_Beef_veal|FR
other business services	4758.579	3.15%	M_OBUS|FR
hotel and restaurant services	3861.049	2.56%	M_HORE|FR
railway transportation services	3084.218	2.04%	M_TRAI|FR
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	2940.295	1.95%	M_MARE|FR
printed matter and recorded media	2522.61	1.67%	M_MDIA|FR
cars	2353.755	1.56%	M_auto|FR

À partir du Tableau 33 , nous pouvons voir que les plus gros contributeurs sont :

1. Le service de transport continentaux, autres, à 37,47%
2. Les travaux de construction à 12,43%
3. Les activités de combustion de carburant à 11,98%.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Les autres contributeurs possèdent des valeurs inférieures à 6,50%.

Ces résultats sont très similaires à ceux du Tableau 29 sur les contributeurs aux activités de « services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale »

Impact sur la rareté de ressources crustales :

Une analyse de contribution montre là aussi que le plus gros contributeur au marché des services éducatifs reste son activité associée « A_EDUC|FR », à 98,1%.

Tableau 34: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en M_EDUC|FR (marché des services éducatifs en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code de l'activité
education services	10636627	98.07%	('exiobase4_231231', 'A_EDUC|FR')
education services	81038.32	0.75%	('exiobase4_231231', 'A_EDUC|GB')
education services	52943.65	0.49%	('exiobase4_231231', 'A_EDUC|WA')
education services	17675.49	0.16%	('exiobase4_231231', 'A_EDUC|IE')

En poussant l'analyse de contribution au niveau de « A_EDUC|FR », nous obtenons :

Tableau 35: top 10 des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_EDUC|FR » (activité de production des services éducatifs en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
construction work	4342383	40.50%	('exiobase4_231231', 'M_CONS|FR')
other land transportation services	844049	7.87%	('exiobase4_231231', 'M_TLND|FR')
cars	571793	5.33%	('exiobase4_231231', 'M_auto|FR')
other business services	479523.9	4.47%	('exiobase4_231231', 'M_OBUS|FR')
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	439615.3	4.10%	('exiobase4_231231', 'M_MARE|FR')
trucks	322404.2	3.01%	('exiobase4_231231', 'M_truck|FR')
printed matter and recorded media	291054	2.71%	('exiobase4_231231', 'M_MDIA|FR')
collected and purified water, distribution services of water	254033.3	2.37%	('exiobase4_231231', 'M_WATR|FR')
medical, precision and optical instruments, watches and clocks	237439.8	2.21%	('exiobase4_231231', 'M_MEIN|FR')
chemicals nec	231178.3	2.16%	('exiobase4_231231', 'M_CHEM|FR')

Dans le Tableau 35, nous observons que le plus gros contributeur est le marché des travaux de construction en France à 40,50%. Viennent ensuite deux activités liées au transport : « autres services de transport continentaux » et « voitures », à 7,87% et 5,33% respectivement. Les autres activités possèdent des valeurs de contribution inférieures à 5%.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.7.7 Analyses supplémentaires de la demande française en services de santé et de travaux sociaux

Impact sur le changement climatique :

Une ACV de type récursif nous fournit les résultats suivants :

Tableau 36: Plus gros contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande en M_HEAL|FR (marché des services de santé et de travaux sociaux) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
health and social work services	125168.9	98.8%	A_HEAL|FR
health and social work services	703.9	0.56%	A_HEAL|WA

Le Tableau 36 nous montre bien que l'activité associée au marché reste le plus grand contributeur, à 98,8%.

Une analyse ACV supplémentaire, de type récursif, nous donne les résultats suivants :

Tableau 37: top 10 contributeurs des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_HEAL|FR FR (activité de production des services de santé et de travaux sociaux)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
chemicals nec	23069.67	18.26%	M_CHEM|FR
other land transportation services	22163.88	17.54%	M_TLND|FR'
construction work	15199.42	12.03%	M_CONS|FR
fuel mix and combustion for commercial and public services	7461.446	5.90%	M_heat_commercial|FR
treatment of waste/scrap, hazardous	5904.506	4.67%	M_wHazar|FR
hotel and restaurant services	5274.295	4.17%	M_HORE|FR
beef meat processed (boneless)	4664.72	3.69%	M_Beef_veal|FR
radio, television and communication equipment and apparatus	4632.546	3.67%	M_RATV|FR
other business services	4282.763	3.39%	M_OBUS|FR')
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	2662.162	2.11%	M_MARE|FR')

Nous pouvons voir d'après le Tableau 37 précédent que les plus gros contributeurs sont :

1. Les produits chimiques, non-classifiés, à 18,26%
2. Les services de transports continentaux, autres, à 17,54%
3. Les travaux de construction à 12,03%

Les autres contributeurs possèdent des valeurs inférieures à 6% et il n'existe pas de contributeur avec une valeur prédominante (plus de 50% ou autre).

Impact sur la rareté de ressources crustales :

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

La première analyse de contribution montre que le contributeur le plus important au marché des services de santé est son activité associés « A_HEAL », à plus de 98,87% :

Tableau 38: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_HEAL|FR » (marché des services de santé et de travaux sociaux en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
health and social work services	15053561	98.87%	('exiobase4_231231', 'A_HEAL|FR')
health and social work services	60568.88	0.40%	('exiobase4_231231', 'A_HEAL|WA')
health and social work services	32789.69	0.22%	('exiobase4_231231', 'A_HEAL|GB')

Une analyse de contribution plus détaillée de « A_HEAL|FR » présente le Tableau 39 suivant :

Tableau 39: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_HEAL|FR » (activité de production des services de santé et de travaux sociaux en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
chemicals nec	4653784	30.74%	('exiobase4_231231', 'M_CHEM|FR')
construction work	3515620	23.22%	('exiobase4_231231', 'M_CONS|FR')
medical, precision and optical instruments, watches and clocks	832158.1	5.50%	('exiobase4_231231', 'M_MEIN|FR')
radio, television and communication equipment and apparatus	634646.9	4.19%	('exiobase4_231231', 'M_RATV|FR')
cars	569427.9	3.76%	('exiobase4_231231', 'M_auto|FR')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	562029.2	3.71%	('exiobase4_231231', 'M_FURN|FR')
other business services	431575.8	2.85%	('exiobase4_231231', 'M_OBUS|FR')
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	398030.5	2.63%	('exiobase4_231231', 'M_MARE|FR')
other land transportation services	330605.3	2.18%	('exiobase4_231231', 'M_TLND|FR')
real estate services	323248	2.14%	('exiobase4_231231', 'M_REAL|FR')

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 39 ci-dessus, les deux plus gros contributeurs concernent le marché des éléments chimiques en France à 30,74% et le marché des travaux de construction en France à 23,22%. Les autres activités possèdent des contributions à des valeurs inférieures à 6%.

9.7.8 Analyses supplémentaires de la demande française en services récréatifs, culturels et sportifs

Impact sur le changement climatique :

Une ACV de type récursif sur le marché des services récréatifs, culturels et sportifs montre les résultats suivants :

Tableau 40: Plus gros contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande en M_RECR|FR (marché des services récréatifs, culturels et sportifs) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
recreational, cultural and sporting services	289552	96.18%	A_RECR|FR
recreational, cultural and sporting services	5994.362	1.99%	A_RECR|WA
recreational, cultural and sporting services	1646.348	0.55%	A_RECR|GB
recreational, cultural and sporting services	811.9208	0.27%	A_RECR|US
recreational, cultural and sporting services	438.8026	0.15%	A_RECR|CH
recreational, cultural and sporting services	351.6207	0.12%	A_RECR|CA

Nous voyons que l'activité associé au marché est le plus gros contributeur, à 96,18%.

Une ACV de type récursif sur cette activité montre les résultats suivants :

Tableau 41: Top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_RECR|FR (activité de production des services récréatifs, culturels et sportifs) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
other land transportation services	73466.76	24.35%	M_TLND|FR
fuel mix and combustion for commercial and public services	70901.75	23.50%	M_heat_commercial|FR
beef meat processed (boneless)	17001.4	5.63%	M_Beef_veal|FR
construction work	14128.74	4.68%	M_CONS|FR
printed matter and recorded media	13412.64	4.44%	M_MDIA|FR
recreational, cultural and sporting services	9330.187	3.09%	M_RECR|FR
chemicals nec	8974.939	2.97%	M_CHEM|FR
wholesale trade and commission trade services, except of motor vehicles and motorcycles	7941.621	2.63%	M_TDWH|FR
hotel and restaurant services	7143.655	2.37%	M_HORE|FR
other business services	7024.452	2.33%	M_OBUS|FR

Les plus gros contributeurs sont :

1. Le service de transport continentaux, autres, à 24,35%
2. Les activités de combustion de carburant à 23,50%
3. Le marché de production de viande traitée, à 5,63%

Impact sur la rareté de ressources crustales :

Une analyse de contribution du marché des services récréatifs, culturels et sportifs donne les résultats suivants :

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 42: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en M_RECR|FR (marché des services récréatifs, culturels et sportifs) (ACV récursive)

Nom de l'activité	**Résultat (en kg Si-éq)**	**fraction**	**Code de l'activité**
recreational, cultural and sporting services	18867932	91.38%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|FR')
recreational, cultural and sporting services	739248.5	3.58%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|GB')
recreational, cultural and sporting services	547105.7	2.65%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|WA')
recreational, cultural and sporting services	179860.2	0.87%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|CH')
recreational, cultural and sporting services	87982.22	0.43%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|US')
recreational, cultural and sporting services	31060.51	0.15%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|IE')
recreational, cultural and sporting services	29011.72	0.14%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|LU')
recreational, cultural and sporting services	24173.49	0.12%	('exiobase4_231231', 'A_RECR|DE')

Ici aussi, l'activité associé au marché des services récréatifs, culturels et sportifs est le contributeur le plus important à 91,38%. Une analyse de contribution supplémentaire est donc effectuée sur « A_RECR|FR » :

Tableau 43: top 10 des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_RECR|FR » (activité de production des services récréatifs, culturels et sportifs en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	**Résultat (en kg Si-éq)**	**fraction**	**Code base de données et code de l'activité**
construction work	3267971	16.62%	('exiobase4_231231', 'M_CONS|FR')
chemicals nec	1810491	9.21%	('exiobase4_231231', 'M_CHEM|FR')
printed matter and recorded media	1547525	7.87%	('exiobase4_231231', 'M_MDIA|FR')
furniture; other manufactured goods n.e.c.	1481967	7.54%	('exiobase4_231231', 'M_FURN|FR')
other land transportation services	1095860	5.57%	('exiobase4_231231', 'M_TLND|FR')
other business services	707856.8	3.60%	('exiobase4_231231', 'M_OBUS|FR')
renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods	693752.1	3.53%	('exiobase4_231231', 'M_MARE|FR')
precious metals	640206.8	3.26%	('exiobase4_231231', 'M_PREM|FR')
recreational, cultural and sporting services	639915.5	3.25%	('exiobase4_231231', 'M_RECR|FR')

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

post and telecommunication services	594925.9	3.03%	('exiobase4_231231', 'M_PTEL|FR')

Un des résultats à tirer de ce Tableau 43 est la relative dispersion des contributeurs. Le principal contributeur reste les travaux de construction à 16,62%, suivi par les produits chimiques autres, à 9,21% et en troisième position les matières imprimés et médias enregistrés.

Remarque : une analyse rapide et plus détaillée montre que les matières imprimés et médias enregistrés ont un contributeur majoritaire provenant de la Grande-Bretagne (« A_MDIA|GB ») et que cette dernière activité est elle-même particulièrement influencé par le marché anglais de l'électricité.

9.7.9 Analyses supplémentaires de la demande française en travaux de construction

Impact sur le changement climatique :

Du fait que l'activité des travaux de construction réapparaît plusieurs fois (sans avoir toutefois nécessairement une contribution significative), une analyse de contribution un peu plus détaillée est fournie ci-dessous pour l'impact sur le changement climatique.

Tableau 44: Top 10 contributeurs des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande finale des français – M_CONS|FR (marché des travaux de construction) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
construction work	227577.5	96.55%	A_CONS|FR
construction work	2639.407	1.12%	A_CONS|WA
construction work	1890.885	0.80%	A_CONS|CN
construction work	707.5528	0.30%	A_CONS|RU
construction work	393.7434	0.17%	A_CONS|WM
construction work	376.6326	0.16%	A_CONS|KR
construction work	268.6302	0.11%	A_CONS|DE
construction work	242.8577	0.10%	A_CONS|GB

Sans surprise, le plus gros contributeur du marché français des travaux de construction reste son marché qui lui est associé (96.55%).

Une analyse de contributions supplémentaire de type ACV récursive fournit les résultats suivants :

Tableau 45: Top 10 contributeurs des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_CONS|FR (activité de production des travaux de construction) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (kg CO_2-éq)	Fraction	Code de l'activité
cement, lime and plaster	52844.57	22.94%	M_CMNT|FR
construction work	38771.13	16.83%	M_CONS|FR
fuel mix and combustion for construction	15550.75	6.75%	M_heat_CONS|FR
basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof	14760.2	6.41%	M_STEL|FR
other business services	11371.24	4.94%	M_OBUS|FR
other land transportation services	11354.31	4.93%	M_TLND|FR
wood and products of wood and cork (except furniture); articles of straw and planting materials	10486.42	4.55%	M_WOOD|FR
bitumen	7925.232	3.44%	M_BITU|FR

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

fabricated metal products, except machinery and equipment	7501.285	3.26%	M_FABM|FR
radio, television and communication equipment and apparatus	5841.746	2.54%	M_RATV|FR

Nous voyons dans le Tableau 45 ci-dessus qu'il s'agit surtout du ciment et des carburants qui impactent le plus l'activité des travaux de construction.

Impact sur la rareté de ressources crustales :

Du fait que l'activité des travaux de construction réapparaît plusieurs fois (sans avoir toutefois nécessairement une contribution significative), une analyse de contribution un peu plus détaillée est fournie ci-dessous pour l'impact sur la rareté des ressources crustales.

Tableau 46: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_CONS\|FR (marché des travaux de construction) (ACV récursive)

name	Score (en kg Si-éq)	fraction	key
construction work	53623567	98.35%	('exiobase4_231231', 'A_CONS|FR')
construction work	332997.6	0.61%	('exiobase4_231231', 'A_CONS|WA')
construction work	96280.5	0.18%	('exiobase4_231231', 'A_CONS|DE')
construction work	79938.64	0.15%	('exiobase4_231231', 'A_CONS|CN')
construction work	77145.24	0.14%	('exiobase4_231231', 'A_CONS|GB')

Sans surprise, le plus gros contributeur du marché français des travaux de construction reste les activités qui lui est associé (98.35%).

Tableau 47: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_CONS\|FR (activité de production des travaux de construction) (ACV récursive)

name	Score (en kg Si-éq)	fraction	key
precious metals	18121078	33.38%	('exiobase4_231231', 'M_PREM|FR')
construction work	8967746	16.52%	('exiobase4_231231', 'M_CONS|FR')
lead, zinc and tin and products thereof	7692093	14.17%	('exiobase4_231231', 'M_LZTP|FR')
fabricated metal products, except machinery and equipment	3647175	6.72%	('exiobase4_231231', 'M_FABM|FR')
copper products	2110507	3.89%	('exiobase4_231231', 'M_COPP|FR')
electrical machinery and apparatus n.e.c.	2036065	3.75%	('exiobase4_231231', 'M_ELMA|FR')
other business services	1145885	2.11%	('exiobase4_231231', 'M_OBUS|FR')
basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof	984562.3	1.81%	('exiobase4_231231', 'M_STEL|FR')
other non-ferrous metal products	979159.1	1.80%	('exiobase4_231231', 'M_ONFM|FR')

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

wood and products of wood and cork (except furniture); articles of straw and planting materials	960170.8	1.77%	('exiobase4_231231', 'M_WOOD|FR')

Nous pouvons voir d'après le Tableau 47 ci-dessus que les activités associées aux métaux précieux (ou leurs traitements) dominent dans leurs contributions.

9.7.10 Analyses supplémentaires de la demande française en production de métaux précieux

Une analyse des flux de matière consommés par l'activité de production de métaux précieux est fourni par le tableau suivant :

Tableau 48: top 10 des flux de matières associés à– M_PREO\|FR (marché de production de métaux précieux) (ACV « standard »)

Code de l'activité	**col_name**	**Quantité**	**Flux matière**	**unité**
A_PREO|WF	precious metal ores and concentrates	4.99E+12	Gold	kilogram
A_PREO|US	precious metal ores and concentrates	1.73E+12	Gold	kilogram
A_ORAN|WA	uranium and thorium ores	1.59E+12	Uranium	kilogram
A_PREO|WL	precious metal ores and concentrates	1.43E+12	Gold	kilogram
A_PREO|ZA	precious metal ores and concentrates	1.32E+12	Rhodium	kilogram
A_PREO|WA	precious metal ores and concentrates	1.21E+12	Gold	kilogram
A_PREO|WL	precious metal ores and concentrates	6.76E+11	Silver	kilogram
A_ORAN|CA	uranium and thorium ores	6.6E+11	Uranium	kilogram
A_PREO|AU	precious metal ores and concentrates	6.3E+11	Gold	kilogram
A_PREO|MX	precious metal ores and concentrates	6.24E+11	Gold	kilogram

Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 48 ci-dessus, le marché français des métaux précieux est principalement alimenté par les activités de production d'or, d'argent, et d'uranium.. Il est à noter également que la France ne se trouve pas dans les 10 plus gros fournisseurs à sa propre demande. La France n'étant pas un pays particulièrement riche en métaux précieux, les imports sont largement dominants et se font principalement depuis l'Afrique (sauf Afrique du Sud), des États-Unis et de l'Asie (sauf Chine) pour les 3 plus gros contributeurs.

Tableau 49: top 10 des flux de matières associés au « M_PREO\|GB » (marché des métaux précieux en Grande-Bretagne)

Type de flux	Nom du flux de matière	Valeur	Unité	Localisation
natural resource	Gold	7.09E+09	kilogram	WF
natural resource	Gold	6.2E+09	kilogram	WA
natural resource	Gold	3.16E+09	kilogram	ES
natural resource	Rhodium	2.27E+09	kilogram	ZA
natural resource	Gold	2.2E+09	kilogram	WL
natural resource	Gold	1.72E+09	kilogram	AU
natural resource	Gold	1.31E+09	kilogram	RU
natural resource	Gold	1.19E+09	kilogram	CN
natural resource	Silver	1.04E+09	kilogram	WL
natural resource	Silver	9.98E+08	kilogram	ES

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.7.11 Analyses supplémentaires de la demande française en services de production de produits chimiques non classifiés

Impact sur la rareté de ressources crustales :

La liste des 10 contributeurs les plus importants est fournie ci-dessous :

Tableau 50: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_CHEM\|FR » (marché des produits chimiques en France) (ACV récursive)

Nom de l'activité	Résultat (en kg Si-éq)	fraction	Code base de données et code de l'activité
chemicals nec	144472.3	73.39%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|FR')
chemicals nec	32357.37	16.44%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|GB')
chemicals nec	8650.782	4.39%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|DE')
chemicals nec	3221.616	1.64%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|JP')
chemicals nec	1825.232	0.93%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|WA')
chemicals nec	980.8059	0.50%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|IE')
chemicals nec	972.3691	0.49%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|NL')
chemicals nec	637.3177	0.32%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|BE')
chemicals nec	611.1996	0.31%	('exiobase4_231231', 'A_CHEM|CN')

Comme nous pouvons l'observer dans le Tableau 50 précédent, le contributeur le plus important dans le marché des produits chimiques en France est l'activité de production qui lui est associée en France, avec 73,39%. Une part non-négligeable (16,44%) provient de la même activité de production, de la Grande-Bretagne cette fois.

Les analyses de contribution ACV de type standard montrent une prédominance des flux matière d'or, d'argent et de rhodium. A noter que les ACV récursives ne sont pas possibles pour A_CHEM.

9.8 Décomposition des activités "de base" d'EXIOBASE

Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, plusieurs fois, pour certaines analyses de contribution, nous atteignons les limites de modélisation d'EXIOBASE dans le sens où un contributeur majoritaire est une activité d'EXIOBASE « de base », qui est un agglomérat de divers éléments et qui ne peut pas être décomposé ou désagrégé, faute de données disponibles ou valables. Une telle activité regroupe plusieurs éléments ne possédant pas de chaînes de valeurs clairement associés et qui donc par défaut sont reliés à des valeurs moyennes d'impact environnemental ou des besoins en intrant proportionnels à leurs volumes. Pour une meilleure modélisation de ces activités, cela requérait dans l'idéal un nouveau projet où cette activité est désagrégée à partir de données primaires, avec une modélisation des activités de production dédiées en amont.

Un exemple typique est l'activité EXIOBASE « chemicals n.e.c. » (produits chimiques, non classé ailleurs). Cette activité a été défini au sein d'EXIOBASE à partir des données de l'ONU et de la classification CPC 1.1. Cette activité constitue une « brique fondamentale » au sein d'EXIOBASE v3.8 qui ne peut être plus désagrégé : une telle désagrégation demanderait une recherche plus poussée des données et de décomposition des flux et nécessiterait un projet à lui seul. Toutefois, les sections suivantes fournissent la liste des flux qui constituent différentes activités EXIOBASE.

Toutes les activités dont leur liste de composant est indiquée ci-dessous font partie des limites intrinsèques de modélisation d'EXIOBASE.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

9.8.1 Activité "A_FURN": "meubles et autres bien manufacturés"

L'activité A_FURN (marché associé "M_FURN" et bien associé "C_FURN") concerne les "meubles et autres biens manufacturés".

La liste des sous-composants de « A_FURN », avec leur équivalent en code CPC, est :

Tableau 51: Tableau des composants de l'activité A_FURN

CPC11Code	Description
38121	Other metal furniture, of a kind used in offices
38122	Other wooden furniture, of a kind used in offices
38130	Other wooden furniture, of a kind used in the kitchen
38140	Other furniture n.e.c.
38320	Other string musical instruments
38520	Dolls representing human beings; toys representing animals or non-human creatures
42120	Doors, windows and their frames and thresholds for doors, of iron, steel or aluminium

Nous pouvons voir que la majorité des mobiliers considèrent des objets en bois (que ce soit du mobilier de bureau, cuisine ou des instruments de musique, voire des poupées). Il y a aussi des mobiliers construits avec du métal et une catégorie « autres meubles, non-classés »[40] qui pourrait inclure une diversité plus grande encore de mobilier et autres objets.

Cette activité peut contenir un spectre relativement large (de la poupée au mobilier de bureau en passant par les encadrements de porte et les instruments de musique) limite parfois l'interprétation et la traçabilité de l'impact environnemental associé à tel ou tel produit. Une désagrégation de cette activité, selon au moins des catégories plus spécifiques (« mobilier de bureau » vs « éléments de bâtiments » par exemple) permettrait d'améliorer la fiabilité d'EXIOBASE. Pour cela, la lacune principale est le manque de données primaires.

9.8.2 Activité « A_CHEM », « les produits chimiques non-classés

L'activité « A_CHEM » (ou son marché associé « M_CHEM » ou le produit associé « C_CHEM ») est une activité qui est mentionnée plusieurs fois dans les sections précédentes.

L'activité « A_CHEM » est défini au sein d'EXIOBASE v3.8 à partir de la classification CPC v1.1. La liste de des sous-composants (aussi basée sur la classification CPC), est donnée ci-dessous dans le Tableau 52.

Tableau 52: Tableau des composants de l'activité A_CHEM

CPC11Code	Description
34140	Carboxylic acids and their anhydrides, halides, peroxides and peroxyacids and their halogenated, sulphonated, nitrated or nitrosated derivatives, except salicylic acid and its salts and esters and their salts
34160	Organo-sulphur compounds and other organo-inorganic compounds; heterocyclic compounds n.e.c.; nucleic acids and their salts
34220	Zinc oxide; zinc peroxide; chromium oxides and hydroxides; manganese oxides; iron oxides and hydroxides; earth colours; cobalt oxides and hydroxides; titanium oxides; lead oxides; red lead and orange lead; inorganic bases n.e.c.; metal oxides, hydroxides and peroxides n.e.c.
34340	Colouring matter n.e.c.; inorganic products of a kind used as luminophores
35110	Paints and varnishes (including enamels and lacquers); prepared pigments, prepared opacifiers and prepared colours, vitrifiable enamels and glazes, engobes, liquid lustres and similar preparations, of a kind used in the ceramic, enamelling or glass industry; glass

[40] n.e.c.: "not elsewhere classified" en anglais

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

	frit and other glass in the form of powder, granules or flakes; prepared water pigments of a kind used for finishing leather; prepared driers; pigments dispersed in non-aqueous media, of a kind used in the manufacture of paints; stamping foils; dyes and other colouring matter, put up for retail sale; glaziers' putty, grafting putty, resin cements, caulking compounds and other mastics; painters' fillings; non-refractory surfacing preparations for walls, floors and ceilings; organic composite solvents and thinners n.e.c.; prepared paint or varnish removers
35130	Printing ink
35220	Lysine and its esters and salts thereof; glutamic acid and its salts; quaternary ammonium salts and hydroxides; lecithins and other phosphoaminolipids; acyclic amides and their derivatives and salts thereof; cyclic amides (except ureines) and their derivatives and salts
35250	Provitamins, vitamins and hormones; glycosides and vegetable alkaloids and their salts, ethers, esters and other derivatives; antibiotics
35260	Medicaments, for therapeutic or prophylactic uses
35290	Other pharmaceutical products or articles for medical or surgical purposes
35300	Soap, cleaning preparations, perfumes and toilet preparations
35321	Soap; organic surface-active products and preparations for use as soap; paper, wadding, felt and nonwovens, impregnated, coated or covered with soap or detergent
35323	Perfume and toilet preparations
35410	Essential oils and concentrates, aqueous distillates and aqueous solutions thereof; resinoids; terpenic by-products of the deterpenation of essential oils; mixtures of odoriferous substances of a kind used as raw materials in industry
35450	Prepared explosives; safety fuses; detonating fuses; percussion or detonating caps; igniters; electric detonators
35470	Chemical elements and compounds doped for use in electronics

Comme nous pouvons le voir dans le tableau ci-dessus, l'activité « A_CHEM » (ou ses dérivés produit et marché) recouvre un assez large spectre de produits allant d'espèces chimiques spécifiques (acide carboxylique, anhydride, composés organo-sulfurés...) à des produits pharmaceutiques (vitamines, médicaments à usage thérapeutique), des produits de toilettes (savon, parfums…) ou encore des produits d'impression (encre d'écriture, matière colorée, peintures…).

Si un futur projet, une telle tâche sortant du cadre de cette étude, doit se focaliser une désagrégation plus détaillée de l'activité « A_CHEM ».la liste des éléments ci-dessus peut être utilisé comme axe indicateur pour la recherche de données primaires ou de chaînes de valeur à modéliser.

9.8.3 Activité « A_CONS », « les travaux de construction »

L'activité « A_CONS » (ou son marché associé « M_CONS » ou le produit associé « C_CONS ») est une activité qui est mentionnée plusieurs fois dans les sections précédentes, surtout dans l'impact sur la rareté des ressources crustales.

L'activité « A_CONS » est défini au sein d'EXIOBASE v3.8 à partir de la classification NACE Rev2.1. La liste de des sous-composants est donnée ci-dessous dans le Tableau 53.

Tableau 53: tableau des sous-composants de "A_CONS"

NACE Rev. 2.1 Code	Level	NACE Rev. 2.1 Heading
F	1	CONSTRUCTION
41	2	Construction of residential and non-residential buildings
41.0	3	Construction of residential and non-residential buildings
41.00	4	Construction of residential and non-residential buildings

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

42	2	Civil engineering
43	2	Specialised construction activities
42.1	3	Construction of roads and railways
43.5	3	Specialised construction activities in civil engineering
42.11	4	Construction of roads and motorways
43.50	4	Specialised construction activities in civil engineering
42.12	4	Construction of railways and underground railways
42.13	4	Construction of bridges and tunnels
42.2	3	Construction of utility projects
42.21	4	Construction of utility projects for fluids
42.22	4	Construction of utility projects for electricity and telecommunications
42.9	3	Construction of other civil engineering projects
42.91	4	Construction of water projects
42.99	4	Construction of other civil engineering projects n.e.c.
42	2	Civil engineering
43	2	Specialised construction activities
43.1	3	Demolition and site preparation
43.11	4	Demolition
43.12	4	Site preparation
43.13	4	Test drilling and boring
43.2	3	Electrical, plumbing and other construction installation activities
43.21	4	Electrical installation
43.22	4	Plumbing, heat and air-conditioning installation
43.23	4	Installation of insulation
43.24	4	Other construction installation
43.3	3	Building completion and finishing
43.31	4	Plastering
43.32	4	Joinery installation
43.33	4	Floor and wall covering
43.34	4	Painting and glazing
43.35	4	Other building completion and finishing
42.9	3	Construction of other civil engineering projects
43.2	3	Electrical, plumbing and other construction installation activities
43.3	3	Building completion and finishing
43.4	3	Specialised construction activities in construction of buildings
43.5	3	Specialised construction activities in civil engineering
43.9	3	Other specialised construction activities
43.41	4	Roofing activities
42.99	4	Construction of other civil engineering projects n.e.c.
43.22	4	Plumbing, heat and air-conditioning installation

PROJET CONFIDENTIEL

43.23	4	Installation of insulation
43.35	4	Other building completion and finishing
43.42	4	Other specialised construction activities in construction of buildings
43.50	4	Specialised construction activities in civil engineering
43.91	4	Masonry and bricklaying activities
43.99	4	Other specialised construction activities n.e.c.

9.8.4 Activité « A_PREO », « les minerais et concentrés de métaux précieux »

L'activité « A_PREO » (ou son marché associé « M_PREO » ou le produit associé « C_PREO ») est une activité qui est mentionnée plusieurs fois dans les sections précédentes, surtout dans l'impact sur la rareté des ressources crustales. Cette activité EXIOBASE est définie à partir de la classification NACE rev.2 (code : 07.29) et comprend l'extraction et la préparation de minerais métalliques non ferreux autres que les minerais d'uranium et de thorium. De plus, elle ne prend pas en compte la production d'oxyde d'aluminium ou de mattes de cuivre ou de nickel. L'activité « A_PREO » contient les éléments suivants :

- aluminium (bauxite)
- cuivre,
- plomb,
- zinc,
- étain,
- manganèse,
- chrome,
- nickel,
- cobalt,
- molybdenum,
- tantalum,
- vanadium etc (le « etc. » est repris directement du document NACE rev2. Le document ne semble pas indiquer une liste exhaustive claire des métaux considérés dans cette catégorie).

Ici aussi, la nomenclature COICOP n'offre pas d'équivalent idéal pour les consommations de métaux (précieux) dans des appareils technologiques, les machines de production, voitures et autres. Les seules mentions de ce genre de métaux sont pour la joaillerie et les montres.

Toutefois, il n'est guère surprenant de voir ici que les métaux précieux ont une contribution significative dans la rareté des ressources crustales.

Les autres contributeurs sont aussi liés aux terres rares et/ou métaux :

- C_LZTO : pour l'étain, le zinc et le plomb
- C_ORAN : pour l'uranium et le thorium
- C_COPO : pour le cuivre (minerais et concentrés)
- C_NIKO : pour le nickel et ainsi de suite…

Surtout dans le cadre d'analyse d'impact sur les ressources (avec par exemple la catégorie d'impact de rareté en ressources crustales), un projet cherchant à désagréger ces flux et leurs chaines de production selon chaque métal ou en tout cas les plus précieux, permettrait d'affiner les interprétations possibles.

Ceci serait d'autant plus pertinent que les facteurs de caractérisation entre les différents métaux (de la liste ci-dessus) peuvent varier considérablement. À titre d'exemple, l'or a un facteur de caractérisation à 220 000 000,0 kg Si-éq/kg alors que l'aluminium a une valeur de 3,4 kg Si-éq/kg et le cuivre a une valeur de 10 000,0

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

kg Si-éq/kg. Par souci de détails, la liste des facteurs de caractérisation pour les flux considérés dans la méthode de rareté de ressources crustales est donnée ci-dessous :

Tableau 54: Valeurs de facteurs caractérisation selon les flux dans la méthode rareté de ressources crustales

Flux:	Facteur de caractérisation	Unité
Aluminium	3.4	kg Si-eq/kg
Anhydrite	170	kg Si-eq/kg
Antimony	1400000	kg Si-eq/kg
Arsenic	110000	kg Si-eq/kg
Barium	620	kg Si-eq/kg
Basalt	1.5	kg Si-eq/kg
Beryllium	150000	kg Si-eq/kg
Bismuth	1600000	kg Si-eq/kg
Borax	2900	kg Si-eq/kg
Boron	26000	kg Si-eq/kg
Cadmium	3500000	kg Si-eq/kg
Caesium	140000	kg Si-eq/kg
Calcite	19	kg Si-eq/kg
Calcium	6.2	kg Si-eq/kg
Cerium	6600	kg Si-eq/kg
Chromium	2100	kg Si-eq/kg
Chrysotile	2.8	kg Si-eq/kg
Cinnabar	8100000	kg Si-eq/kg
Clay, bentonite	1.4	kg Si-eq/kg
Clay, unspecified	0.82	kg Si-eq/kg
Coal, brown	170	kg Si-eq/kg
Coal, hard	180	kg Si-eq/kg
Cobalt	11000	kg Si-eq/kg
Colemanite	4100	kg Si-eq/kg
Copper	10000	kg Si-eq/kg
Diatomite	0.47	kg Si-eq/kg
Dolomite	21	kg Si-eq/kg
Dysprosium	79000	kg Si-eq/kg
Erbium	130000	kg Si-eq/kg
Europium	260000	kg Si-eq/kg
Feldspar	2.5	kg Si-eq/kg
Fluorine	510	kg Si-eq/kg
Fluorspar	250	kg Si-eq/kg
Gadolinium	76000	kg Si-eq/kg
Gallium	18000	kg Si-eq/kg

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Gangue	2.8	kg Si-eq/kg
Germanium	22000	kg Si-eq/kg
Gold	2.2E+08	kg Si-eq/kg
Granite	2.4	kg Si-eq/kg
Graphite	140	kg Si-eq/kg
Gravel	2.8	kg Si-eq/kg
Gypsum	130	kg Si-eq/kg
Hafnium	76000	kg Si-eq/kg
Holmium	370000	kg Si-eq/kg
Indium	5400000	kg Si-eq/kg
Iridium	7.6E+09	kg Si-eq/kg
Iron	5.4	kg Si-eq/kg
Kaolinite	0.82	kg Si-eq/kg
Kieserite	160	kg Si-eq/kg
Lanthanum	14000	kg Si-eq/kg
Laterite	1.2	kg Si-eq/kg
Lead	26000	kg Si-eq/kg
Lithium	18000	kg Si-eq/kg
Lutetium	940000	kg Si-eq/kg
Magnesite	23	kg Si-eq/kg
Magnesium	10	kg Si-eq/kg
Manganese	370	kg Si-eq/kg
Mercury	9400000	kg Si-eq/kg
Molybdenum	350000	kg Si-eq/kg
Neodymium	14000	kg Si-eq/kg
Nickel	4800	kg Si-eq/kg
Niobium	35000	kg Si-eq/kg
Oil, crude	200	kg Si-eq/kg
Olivine	3.5	kg Si-eq/kg
Osmium	6.9E+09	kg Si-eq/kg
Palladium	1.9E+08	kg Si-eq/kg
Perlite	1.7	kg Si-eq/kg
Phosphorus	650	kg Si-eq/kg
Platinum	1.9E+08	kg Si-eq/kg
Potassium	19	kg Si-eq/kg
Praseodymium	5800	kg Si-eq/kg
Pumice	1.8	kg Si-eq/kg
Pyrite	380	kg Si-eq/kg
Pyrolusite	230	kg Si-eq/kg
Rhenium	1.5E+09	kg Si-eq/kg

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Rhodium	4.7E+09	kg Si-eq/kg
Rubidium	5800	kg Si-eq/kg
Ruthenium	4.7E+08	kg Si-eq/kg
Samarium	74000	kg Si-eq/kg
Sand, unspecified	2.1	kg Si-eq/kg
Scandium	13000	kg Si-eq/kg
Selenium	2200000	kg Si-eq/kg
Shale	0.82	kg Si-eq/kg
Silicon	1	kg Si-eq/kg
Silver	5100000	kg Si-eq/kg
Sodium	12	kg Si-eq/kg
Sodium chloride	730	kg Si-eq/kg
Sodium nitrate	840	kg Si-eq/kg
Sodium sulfate	160	kg Si-eq/kg
Spodumene	670	kg Si-eq/kg
Steatite	2.2	kg Si-eq/kg
Stibnite	1000000	kg Si-eq/kg
Strontium	880	kg Si-eq/kg
Sulfur	700	kg Si-eq/kg
Sylvite	580	kg Si-eq/kg
Talc	2.2	kg Si-eq/kg
Tantalum	400000	kg Si-eq/kg
Tellurium	57000000	kg Si-eq/kg
Terbium	470000	kg Si-eq/kg
Thallium	570000	kg Si-eq/kg
Thorium	51000	kg Si-eq/kg
Thulium	1000000	kg Si-eq/kg
Tin	170000	kg Si-eq/kg
Titanium	67	kg Si-eq/kg
Tungsten	280000	kg Si-eq/kg
Ulexite	3500	kg Si-eq/kg
Uranium	220000	kg Si-eq/kg
Vanadium	2000	kg Si-eq/kg
Vermiculite	2.2	kg Si-eq/kg
Ytterbium	150000	kg Si-eq/kg
Yttrium	15000	kg Si-eq/kg
Zinc	3900	kg Si-eq/kg
Zirconia, as baddeleyite	1600	kg Si-eq/kg
Zirconium	2100	kg Si-eq/kg

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

10 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arvidsson, R., Söderman, M. L., Sandén, B. A., Nordelöf, A., André, H., & Tillman, A. M. (2020). A crustal scarcity indicator for long-term global elemental resource assessment in LCA. International Journal of Life Cycle Assessment, 25(9), 1805–1817. https://doi.org/10.1007/s11367-020-01781-1

Beylot, A., Vaxelaire, S., & Villeneuve, J. (2016). Reducing gaseous emissions and resource consumption embodied in french final demand: how much can waste policies contribute? Journal of Industrial Ecology, 20(4), 905-916. Disponible à : https://doi.org/10.1111/jiec.12318

Beylot, A., Boitier, B., Lancesseur, N., & Villeneuve, J. (2016). A consumption approach to wastes from economic activities. Waste management, 49, 505-515. Disponible à : https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.023

Beylot, A., Boitier, B., Lancesseur, N., & Villeneuve, J. (2018). The Waste Footprint of French Households in 2020: A Comparison of Scenarios of Consumption Growth Using Input-Output Analysis. Journal of Industrial Ecology, 22(2), 356-368. Disponible à : https://doi.org/10.1111/jiec.12566

Brondízio, E. Sonnewend., Settele, Josef., Díaz, Sandra., & Ngo, H. Thu. (2019). The global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).

Bulle, C., Margni, M., Patouillard, L. et al. IPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method. Int J Life Cycle Assess 24, 1653–1674 (2019). https://doi.org/10.1007/s11367-019-01583-0

Cluster Chimie Verte Occitanie. (2017). Les 12 principes de la chimie verte . https://www.clusterchimieverte.fr/la-chimie-verte/les-12-principes-de-la-chimie-verte/

Commission européenne. (2025, March 25). Garantir et diversifier l'accès aux matières premières dans l'UE : la Commission européenne sélectionne 47 projets stratégiques. Représentation En France. https://france.representation.ec.europa.eu/informations/garantir-et-diversifier-lacces-aux-matieres-premieres-dans-lue-la-commission-europeenne-selectionne-2025-03-25_fr

Consilium. (2025, March 21). Législation sur les matières premières critiques. https://www.consilium.europa.eu/fr/infographics/critical-raw-materials/

European Commission. (2023, March 16). Critical Raw Materials Act. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en

Eurostat. Glossaire (2024). Disponible à : Catégorie:Glossaire - Statistics Explained (consulté le 10 octobre 2024)

Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts M., et al. (2009). ReCiPe 2008 – A life cycle impact assessment method. Report I : Characterisation.

Halme, K., Piirainen, K. A., Vekinis, G., Sievers, E.-U., & Viljamaa, K. (2012). Substitutionability of Critical Raw Materials . https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2012/492448/IPOL-ITRE_ET(2012)492448_EN.pdf

Haut conseil pour le climat (2020). Maîtriser l'empreinte carbone de la France. Publié le 06 octobre 2020.

Heijungs, R., Sun, S. The computational structure of life cycle assessment. Int J LCA 7, 314 (2002). https://doi.org/10.1007/BF02978899

Heijungs, R., Yang Y., Park HS (2022). A or I-A? Unifying the computational structures of process- and IO-based LCA for clarity and consistency. https://doi.org/10.1111/jiec.13323

Hu, J., Moghayer, S., Reynes, F. (2018). Policy options for a resource efficient economy. Report about integrated scenario interpretation EXIOMOD. Disponible à : https://www.ucl.ac.uk/polfree/publications/publications-2014/report-d37b.pdf

Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F. et al. (2017) ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Int J Life Cycle Assess 22, 138–147. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y

INSEE. (2024). Enquête Nationale Budget de Famille. Disponible sur : https://www.insee.fr/fr/metadonnees/source/serie/s1194

INSEE. (2025, January 14). Population au 1er janvier 2016.

Ivanova, D., Stadler, K., Steen-Olsen, K., Wood, R., Vita, G., Tukker, A., & Hertwich, E. G. (2016). Environmental impact assessment of household consumption. Journal of Industrial Ecology, 20(3), 526-536. Disponible à : https://doi.org/10.1111/jiec.12371

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. Environmental Research Letters, 12(5), 054013. Disponibe à : https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa6da9

Jolliet, O., Müller-Wenk, R., Bare, J., Brent, A., Goedkoop, M., Heijungs, R., Itsubo, N., Peña, C., Pennington, D., Potting, J., Rebitzer, G., Stewart, M., De Haes, H.U., Weidema, B., 2004. The LCIA midpoint-damage framework of the UNEP/SETAC life cycle initiative. Int J LCA 9, 394. https://doi.org/10.1007/BF02979083

Légifrance. (2025, April 30). Chapitre Ier : Contrôle des produits chimiques (Articles L521-1 à L521-24) . Code de l'environnement. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006159280

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., L. Connors, S., Péan, C., Chen, Y., Goldfarb, L., I. Gomis, M., Robin Matthews, J. B., Berger, S., Huang, M., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., K. Maycock, T., Waterfield, T., Leitzell, K., & Caud, N. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Merciai, S. (2023). EXIOBASE 4 : methodology. 2.-0 LCA consultants report.

Merciai, S. (2024). BONSAI IO : An open source platform for product footprinting. Présentation effectuée au Industrial Ecology Day. Le 21 novembre 2024.

Mekonnen M.M., Gerben-Leenes, P.W., Hoekstra A.Y. (2016). Future electricity: The challenge of reducing both carbon and water footprint. Science of Total Environment 569-570. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.204

Meyer, M., Hirschnitz-Garbers, M., Distelkamp, M.(2018). Contemporary Resource Policy and Decoupling Trends – Lessons learnt from Integrated Model Assessment. Sustainability. Disponible à : https://doi.org/10.3390/su10061858

Miller, R. E. and Blair, P. D (2009). Input–Output Analysis: Fundations and Extensions. iSBN: 9780521517133.

Ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique. (2025). Quel est le PIB de la France ?

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT). (2024). *Les grands enjeux de la SNBC*. [en ligne] Disponible sur : https://concertation-strategie-energie-climat.gouv.fr/les-grands-enjeux-de-la-snbc-3 [consulté le 24 février 2025].

Ministères Ecologie, Energie et Territoires (MEET) (2023). Feuille de route de décarbonation du cycle de vie du bâtiment. Janvier 2023. Disponible sur : Décarbonation du bâtiment

Ministère de la Transition Ecologique (MTE) (2021). La loi anti-gaspillage dans le quotidien des français : Concretement ça donne quoi ? Document de référence. Septembre 2021.

Ministère des Territoires, Ecologie et Logement (MTEL) (2018). Stratégie nationale bas carbone (SNBC). Disponible à : Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) | Ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine

Mutel, C. (2017). Brightway: An open source framework for Life Cycle Assessment. Journal of Open Source Software, 12:2. https://doi.org/10.21105%2Fjoss.00236.

Office for National Statistics. (2024, October 8). Population estimates for the UK, England, Wales, Scotland and Northern Ireland: mid-2023.

Ottelin, J., Ala-Mantila, S., Heinonen, J., Wiedmann, T., Clarke, J., & Junnila, S. (2019). What can we learn from consumption-based carbon footprints at different spatial scales? Review of policy implications. Environmental Research Letters, 14(9), 093001. Disponible à : https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2212/meta

Préfète de la Mayenne. (2024, January 8). Zéro artificialisation nette (ZAN) : comment protéger les sols ? . Les Services de l'État En Mayenne. https://www.mayenne.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Amenagement-durable-urbanisme-construction-patrimoine/Planification/Zero-artificialisation-nette-ZAN-comment-proteger-les-sols

SDES (2023). L'empreinte carbone de la France de 1995 à 2022. Publié le 20 octobre 2023. Disponible à : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lempreinte-carbone-de-la-france-de-1995-2022

Suh S. (2009). Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology. Eco-Efficiency in Industry and Science, vol 23. Springer, Dordrecht. Disponible à: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5737-3_38

UK Parliament. (2025, January 17). Gross domestic product (GDP): Economic indicators. House of Commons Library.

Union Européenne (2016). Règlement (UE) 2016/792 du Parlement européen et du Conseil du 11 mai 2016 relatif aux indices des prix à la consommation harmonisés et à l'indice des prix des logements, et abrogeant le règlement (CE) No 2494/95 du Conseil. Disponible au L_2016135FR.01001101.xml

United Nations. (2018). Classification of Individual Consumption According to Purpose (COICOP) 2018. https://unstats.un.org/unsd/classifications/unsdclassifications/COICOP_2018_-_pre-edited_white_cover_version_-_2018-12-26.pdf

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Weidema B. P. and Schimidt J. H. (2010). Avoiding allocation in Life Cycle Assessment Revisited. Journal of Industrial Ecology. **https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00236.x**

Weidema B, Mutel C, Merciai S, Schmidt J, de Saxcé M, Muñoz I et al. (2017). BONSAI: Big Open Network for Sustainability Information. Peu d'éléments OS disponibles à ce jour. Disponible à : https://bonsai.uno/

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1: Nomenclatures ECOICOP et COICOP 2018 au niveau 1 19

Tableau 2 : Impact sur le changement climatique et la rareté des ressources crustales fournis par le modèle EEMRIO selon les 13 postes de consommation de la nomenclature COICOP 2018 22

Tableau 3 : Application numérique de l'allocation de l'impact sur le changement climatique de l'alimentation à chaque ménage de l'enquête 24

Tableau 4 : Agrégation des postes de consommation ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 5 : Modalités des facteurs socio-économiques étudiés..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 6 : Catégories d'impact retenues pour les sections 3, 5, et 6 31

Tableau 7 : Correspondance entre EXIOBASE et COICOP – exemple de la catégorie 05 « 05 – Ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » 34

Tableau 8: Top 10 des activités contributrices à l'impact sur le changement climatique pour répondre à la consommation française des ménages (« ACV standard ») 66

Tableau 9: top 10 des produits/services consommés par la demande finale des ménages français contribuant à l'impact sur le changement climatique (IPCC 2021, ACV récursive) – F_HOUS|FR..... 67

Tableau 10: top 10 des produits / services consommés par la demande finale de l'État français contribuant à l'impact sur le changement climatique (ACV récursive) - F_GOVE|FR 81

Tableau 11: top 10 des activités qui contribuent à l'impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM français (ACV récursive) -F_NPSH|FR 85

Tableau 12: top 10 des activités contribuant à l'impact de rareté des ressources crustales crustale pour la demande finale des ménages français (ACV récursive) - F_HOUS|FR 95

Tableau 13: top 10 contributeurs en activités pour l'indicateur d'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale de l'Etat français (ACV récursive) - F_GOVE|FR..... 103

Tableau 14: activités qui contribuent le plus à l'indicateur d'impact sur la rareté crustale de la demande finale des ISBLSM français (ACV récursive) - F_NPSH|FR 107

Tableau 15 : Valeurs d'impact sur la rareté de ressources crustales, selon les types de demandes finales françaises et les flux de matière consommé..... 136

Tableau 16 : Détail des flux de matières consommés par la demande finale française 145

Tableau 17: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de M_REAL|FR (marchés des services immobiliers en France) ACV récursive) 162

Tableau 18: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_REAL|FR (activités de production des services immobiliers en France) (ACV récursive) 162

Tableau 19: top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de M_REAL|FR (services immobiliers en France) (ACV récursive)..... 163

Tableau 20 : top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de « A_REAL|FR » (activité de production des services immobiliers en France) (ACV récursive) 163

Tableau 21: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de M_HORE|FR (marché de l'hôtellerie et restauration en France) (ACV récursive) 164

Tableau 22 : top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_HORE|FR (activité de production d'hôtellerie et restauration en France) (ACV récursive)..... 164

Tableau 23: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de M_FURN|FR (marché des meubles et autres produits manufacturés) (ACV récursive) 165

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 24: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le « changement climatique » de « ameublement et équipements ménagers » de la demande des ménages français (ACV standard) 165

Tableau 25: top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de « M_FURN|FR » (marché des meubles et autres produits manufacturés) (ACV récursive) 166

Tableau 26: top 10 des activités contribuant à l'impact sur la « rareté des ressources crustales » de « A_FURN|GB » (activité de production de meubles et autres produits manufacturés en Grande Bretagne) (ACV récursive) 166

Tableau 27: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_GARM|FR (activité de production de vêtements et de fourrures) (ACV récursive) 167

Tableau 28: Activités contribuant le plus à l'impact sur le changement climatique de M_PADF|FR (marché des services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale) (ACV récursive) - 168

Tableau 29: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de A_PADF|FR (activités de production de services d'administration publique, de défense et de sécurité sociale) (ACV récursive) -..... 168

Tableau 30: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_PADF|FR » (marché des services d'administration publique et de défense en France) (ACV récursive)..... 169

Tableau 31: top 10 des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_PADF|FR » (activité de production des services d'administration publique et de défense en France) (ACV récursive)..... 169

Tableau 32: Plus gros contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande en M_EDUC|FR (marché des services éducatifs en France) (ACV récursive)..... 170

Tableau 33: top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_EDUC|FR (activité de production des services éducatifs en France) (ACV récursive) 170

Tableau 34: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en M_EDUC|FR (marché des services éducatifs en France) (ACV récursive)..... 171

Tableau 35: top 10 des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_EDUC|FR » (activité de production des services éducatifs en France) (ACV récursive) 171

Tableau 36: Plus gros contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande en M_HEAL|FR (marché des services de santé et de travaux sociaux) (ACV récursive) 172

Tableau 37: top 10 contributeurs des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_HEAL|FR FR (activité de production des services de santé et de travaux sociaux) 172

Tableau 38: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_HEAL|FR » (marché des services de santé et de travaux sociaux en France) (ACV récursive) 173

Tableau 39: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_HEAL|FR » (activité de production des services de santé et de travaux sociaux en France) (ACV récursive)..... 173

Tableau 40: Plus gros contributeurs à l'impact sur le changement climatique de la demande en M_RECR|FR (marché des services récréatifs, culturels et sportifs) (ACV récursive) 174

Tableau 41: Top 10 des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_RECR|FR (activité de production des services récréatifs, culturels et sportifs) (ACV récursive) 174

Tableau 42: plus gros contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en M_RECR|FR (marché des services récréatifs, culturels et sportifs) (ACV récursive) 175

Tableau 43: top 10 des contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_RECR|FR » (activité de production des services récréatifs, culturels et sportifs en France) (ACV récursive) 175

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Tableau 44: Top 10 contributeurs des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande finale des français – M_CONS|FR (marché des travaux de construction) (ACV récursive) 176

Tableau 45: Top 10 contributeurs des activités contribuant à l'impact sur le changement climatique de la demande en A_CONS|FR (activité de production des travaux de construction) (ACV récursive).. 176

Tableau 46: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_CONS|FR (marché des travaux de construction) (ACV récursive) 177

Tableau 47: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « A_CONS|FR (activité de production des travaux de construction) (ACV récursive)..... 177

Tableau 48: top 10 des flux de matières associés à– M_PREO|FR (marché de production de métaux précieux) (ACV « standard »)..... 178

Tableau 49: top 10 des flux de matières associés au « M_PREO|GB » (marché des métaux précieux en Grande-Bretagne)..... 178

Tableau 50: top 10 contributeurs à l'impact sur la rareté des ressources crustales de la demande en « M_CHEM|FR » (marché des produits chimiques en France) (ACV récursive)..... 179

Tableau 51: Tableau des composants de l'activité A_FURN..... 180

Tableau 52: Tableau des composants de l'activité A_CHEM 180

Tableau 53: tableau des sous-composants de "A_CONS" 181

Tableau 54: Valeurs de facteurs caractérisation selon les flux dans la méthode rareté de ressources crustales 184

FIGURES

Figure 1 : Phases de l'étude..... 13

Figure 2 : Tableau d'entrées-sorties (matrice des transactions et de demande finale) (note : valeurs illustratives)..... 15

Figure 3 : Tableau d'entrées-sorties avec extensions environnementales 16

Figure 4 : Représentation globale de l'outil fourni..... 25

Figure 5 : Exemple de modélisation de la chaine d'approvisionnement du fromage au lait de vache | source : Merciai (2023)..... 27

Figure 6 : Données du type « marché », niveau produit | source : Merciai (2024) 28

Figure 7 : Données du type « marché », niveau chaleur | source : Merciai (2024) 28

Figure 8 : Impacts end-point globaux de la consommation Française sur la santé humaine (DALY) (a) obtenus par la méthode ReCiPe (gauche) et (b) obtenus par la méthode Impact Word + (droite) 35

Figure 9 : Impacts end-point globaux de la consommation Française sur la qualité des écosystèmes (a) obtenus par la méthode ReCiPe (en espèces.an) (gauche) et (b) obtenus par la méthode Impact Word + (en PDF.m².an) (droite)..... 37

Figure 10 : Impacts end-point globaux de la consommation Française sur la disponibilité de ressources naturelles (US dollars) 38

Figure 11 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur le changement climatique (kg CO_2-éq). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total). 38

Figure 12 : Top 10 des pays/régions à l'origine des émissions de GES générées par la consommation française 40

Figure 13 : Origine des émissions de GES associées aux importations française..... 41

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Figure 14 : Contribution des catégories de biens et services consommés par la demande finale des ménages, de l'État et des ISBLSM en France, pour l'impact sur le changement climatique, en kg CO_2-éq. 42

Figure 15 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur les particules fines (en kg $PM_{2.5}$-éq). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total). 43

Figure 16 : Top 10 des pays à l'origine des émissions de particules fines générées par la consommation française 44

Figure 17 : Origine des émissions de particules fines liées aux importations nécessaires pour satisfaire la demande finale française 45

Figure 18 : Contribution des catégories de biens et services consommés par la demande finale des ménages, de l'Etat et des ISBLSM en France, pour les émissions de particules fines, en kg $PM_{2.5}$-éq. 46

Figure 19 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur l'usage des terres (en ha*an). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total). 47

Figure 20 : Top 10 des pays où se localisent les impacts de la consommation française sur l'usage des terres 48

Figure 21 : Origine des impacts des importations françaises sur l'usage des terres 48

Figure 22 : Contribution des catégories de biens et services pour la demande finale des ménages, de l'Etat et des ISBLSM en France, pour l'usage des terres, en m^2*an 50

Figure 23 : Impact midpoint de la consommation Française (tous vecteurs de demande confondus) sur la rareté des ressources crustales (en kg Si-éq, appelé avec le terme anglais « Crustal Scarcity Indicator 2020»). Les pointillés rouges indiquent la valeur si les deux composants (« France » et « ailleurs ») étaient combinés (résultat total). 51

Figure 24 : Top 10 pays des pays où se localisent les impacts de la consommation française sur la rareté de ressources 52

Figure 25 : Origine des impacts des importations françaises sur la rareté des ressources crustales .. 52

Figure 26 : Contribution des catégories de biens et services pour la demande finale des ménages, de l'Etat et des ISBLSM en France, pour l'indicateur d'impact sur la rareté des ressources crustales, en kg Si-éq. 53

Figure 27 : Analyse hotspot des impacts environnementaux de la demande finale française selon les phases de cycle de vie 55

Figure 28 : Part des dépenses de consommation des ménages par fonction 57

Figure 29: Ecarts de structure de consommation entre les 20% des ménages les plus aisés et les 20% les plus modestes en 1979 et 2017 58

Figure 30: Inégalités de dépenses selon le décile de niveau de vie et la taille de l'unité urbaine 58

Figure 31 : Contribution des facteurs socio-économiques aux dépenses des ménages 59

Figure 32 : Profils de dépense moyen annuels selon les déciles de niveau de vie et la taille de l'unité urbaine 60

Figure 33: comparaison de la contribution à l'impact sur le changement climatique de chaque catégorie de produits COICOP consommée par les 3 vecteurs de demande finale française. 62

Figure 34 : comparaison de la distribution de l'impact changement climatique par catégorie de produits COICOP consommés par la demande finale des ménages français, américains (USA), britanniques (GB), et chinois (GWP) 65

Figure 35 : Contribution des produits/activités d'EXIOBASE à l'impact induit par la demande finale des ménages sur le changement climatique (en kg CO_2-éq.) 67

Figure 36: Capture d'écran illustrant des contributions directes 69

Figure 37: Exemple d'effet de boucle avec des activités de production (caractère illustratif) 69

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Figure 38: Exemple d'espace blanc dans un diagramme de type Sankey dans les analyses de contribution 70

Figure 39: exemple de diagramme de type Sankey avec une valeur de "cut-off" bien plus faible et par conséquent une désagrégation bien plus forte, ce qui rend le graphique plus difficilement lisible..... 70

Figure 40: Sankey avec les catégories COICOP de produits consommés par les ménages français à droite (en « target ») et la nomenclature EXIOBASE pour tous les contributeurs (en « source »)..... 71

Figure 41 : Décomposition de l'impact sur le changement climatique selon la chaine d'approvisionnement associée à la satisfaction de la demande finale des ménages en « soins personnels, protection sociale et autres biens et services » (en kg CO_2-éq.)..... 73

Figure 42: contributeurs relatifs des activités de services immobiliers inclus dans la demande finale des ménages français (ACV récursive) en impact changement climatique 74

Figure 43: Décomposition de l'impact sur le changement climatique selon la chaine d'approvisionnement associée à la satisfaction de la demande finale des ménages en « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement » (en kg CO2-éq) 76

Figure 44 : Décomposition de l'impact sur le changement climatique selon la chaine d'approvisionnement associée à la satisfaction de la demande finale des ménages en services de « restaurants et services d'accommodation » (en kg CO_2-éq.)..... 78

Figure 45: Diagramme Sankey décomposant l'impact de la consommation de l'Etat français sur le changement climatique (en kg CO_2-éq) 80

Figure 46: Diagramme de type Sankey décomposant l'impact de la consommation des ISBLSM sur le changement climatique en fonction des activités EXIOBASE..... 84

Figure 47 : Inégalités de dépenses et d'impact sur le changement climatique selon le décile de niveau de vie 87

Figure 48 : Répartition des dépenses et de l'impact sur le changement climatique par poste de consommation 87

Figure 49 : Coefficients de déformation " impact sur le changement climatique" selon les postes de consommation 88

Figure 50 : Profil moyen de dépenses et d'empreinte carbone par ménage selon le décile de niveau de vie ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 51: Comparaison entres les 3 types de demande finale françaises (rareté des ressources crustales) 90

Figure 52: Comparaison de la distribution de l'impact sur la rareté des ressources crustales par catégorie de produits COICOP consommées par la demande finale des ménages français, américains, britanniques et chinois (rareté des ressources crustales) 92

Figure 53: Diagramme de type Sankey avec les catégories COICOP de produits à droite (en « target ») et la nomenclature EXIOBASE pour tous les contributeurs (en « source ») pour la demande finale des ménages français (Indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq) 94

Figure 54: Contribution pour la demande finale des ménages en « soins personnels, protection sociale et autres biens et services », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 96

Figure 55: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « ameublement, équipement ménager et entretien courant du logement », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq. 98

Figure 56: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « vêtements et chaussures », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 100

Figure 57: Diagramme de Sankey des impacts sur la rareté des ressources crustales (en kg Si-éq) de la demande finale de l'État français. 102

Figure 58: diagramme de type Sankey de l'impact sur la rareté des ressources crustales (en kg Si-éq) de la demande finale des ISBLSM français 106

Figure 59 : Répartition des dépenses et de l'impact sur la rareté des ressources crustales par poste de consommation 110

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Figure 60 : Coefficients de déformation pour l'"impact sur la rareté des ressources crustales" selon les postes de consommation 110

Figure 61 : Profil moyen de dépenses et d'impact ressources crustales par ménages selon le décile de niveau de vie 111

Figure 62 : Répartition de l'impact sur le changement climatique et la rareté des ressources crustales par poste de consommation 113

Figure 63 : Impacts rareté des ressources crustales et changement climatique pondérés au plan national pour chacun des 12081 ménages de l'enquête 114

Figure 64 : Impacts sur la rareté des ressources crustales et sur le changement climatique désagrégés selon trois groupes de postes de consommation 115

Figure 65 : Impact de la rareté de ressources crustales et impact sur le changement climatique pour les quatre typologies de ménages étudiées 116

Figure 66: [IMPACT World+] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP 138

Figure 67: [ReCiPe] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP 139

Figure 68: [IMPACT World+] Impact sur le changement climatique de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP 139

Figure 69: [ReCiPe] Impact sur le changement climatique de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP 140

Figure 70: [IMPACT World+] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM, selon les postes de consommation COICOP 140

Figure 71: [ReCiPe] Impact sur le changement climatique de la demande finale des ISBLSM, selon les postes de consommation COICOP 141

Figure 72: [IMPACT World+] Impact sur l'usage des ressources minérales de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP 142

Figure 73: [ReCiPe] Impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale des ménages français, selon les postes de consommation COICOP 142

Figure 74: [IMPACT World+] Impact sur l'usage des ressources minérales de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP 143

Figure 75: [ReCiPe] Impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale de l'Etat français, selon les postes de consommation COICOP 143

Figure 76: [IMPACT World+] Impact sur l'usage des ressources minérales de la demande finale des ISBLSM français, selon les postes de consommation COICOP 144

Figure 77: [ReCiPe] Impact sur la rareté des ressources crustales de la demande finale des ISBLSM français, selon les postes de consommation COICOP 144

Figure 78 : Flux de matières premières consommées pour répondre la demande finale française. La catégorie « Autres » désigne d'autres flux de minéraux. 145

Figure 79 : Impacts de la consommation Française par catégorie d'impacts, par vecteur de demande finale et par groupe de produits consommés par les ménages 147

Figure 80: Impact environnemental en changement climatique des activités (hors transport/alimentation/logement) provenant de la consommation française globale 148

Figure 81: Analyse de contribution de l'activité « combustion de gaz/diesel/pétrole » (code "EF_DOIL|FR") fournie par la France 149

Figure 82: Analyse de contribution de l'activité « combustion de gaz/diesel/pétrole » fournie par des pays du Proche et Moyen-Orient (code "EF_DOIL|WM"). 149

Figure 83: Analyse de contribution de l'activité « viande de bétail » (code "A_lCatmeat|FR") fournie par la France. 150

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

Figure 84: Analyse de contribution de l'activité « électricité par le charbon » fournie par la Chine (code : "A_POWC|CN"). 151

Figure 85: Impact environnemental en rareté de ressources crustales des activités (hors transport/alimentation/logement) provenant de la consommation française globale 151

Figure 86: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « soins personnels, protection sociale et marchandises diverses », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 152

Figure 87: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « ameublement, équipement ménager er entretien courant de la maison », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 153

Figure 88: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ménages en « vêtements et chaussures », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 153

Figure 89: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale de l'Etat français en « soins personnels, protection sociale et marchandises diverse », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 154

Figure 90: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale de l'Etat français en « santé », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 154

Figure 91: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale de l'Etat français en « éducation », pour l'indicateur de rareté de ressources crustales, en kg Si-éq. 155

Figure 92: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ISBLSM en « santé », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq. 155

Figure 93: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ISBLSM en « Loisirs et culture », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq. 156

Figure 94: Contribution des produits/activités d'EXIOBASE pour la demande finale des ISBLSM en « éducation », pour l'indicateur de rareté des ressources crustales, en kg Si-éq. 156

Figure 95: Exemple de diagramme de type Sankey, analyse de contribution de l'impact sur le changement climatique de la demande finale de la France (ménages, État, ISBLSM) 157

Figure 96: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale de l'État en « soins personnels, protection sociale et marchandises diverses », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq. 158

Figure 97: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale de l'Etat en « éducation », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq. 158

Figure 98: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale de l'Etat en « santé », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq. 159

Figure 99: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale des ISBLSM en « santé », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq. 159

Figure 100: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale des ISBLSM en « loisirs et culture », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq. 160

Figure 101: Contribution des catégories COICOP pour la demande finale des ISBLSM en « éducation », pour l'indicateur de changement climatique, en kg CO2-éq. 160

Figure 102: Analyse de contribution en changement climatique de la demande finales des ménages français en transport (catégorie 7 COICOP), (ACV récursive) 161

Figure 103: Analyse de contribution en changement climatique de la demande finale des ménages chinois en logement/eau/gaz/électricité (catégorie 4 COICOP) (ACV récursive) 161

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

SIGLES ET ACRONYMES

ACV	Analyse du Cycle de vie (ISO 14040)
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AGEC	Loi Anti-Gaspillage pour une Économie Circulaire
DALY	Disability Adjusted Life Years
DEC	Direction Économie Circulaire
EE	Extensions Environnementales
EE-IO	IO Étendues à l'Environnement – *Environmentally Extended IO*
EE-MRIO	MRIO Étendues à l'Environnement – *Environmentally Extended MRIO*
FC	Facteur de caractérisation
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HIO	Analyse IO hybride – *Hybrid Input-Output*
ICV	Inventaire du Cycle de Vie (ISO 14042) – *Life Cycle Inventory*
ISBLSM	Institutions sans but lucratif au service des ménages
IOA	Analyse Entrées-Sorties – *IO Analysis*
IOT	Tableau Entrées-Sorties – *IO Table*
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISBLSM	Institut Sans But Lucratif au Service des Ménages (NPSH en anglais sur Exiobase pour « Non-profit institutions serving households »)
LCA	Analyse du Cycle de Vie – *Life Cycle Assessment*
LCI	Inventaire du Cycle de Vie – *Life Cycle Inventory*
MR	Multi-Régionale
ODD	Objectif de Développement Durable
PDF	Potentiallly Disappeared Fraction

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

SDES	Service des données et études statistiques
SNBC	Stratégie Nationale Bas-Carbone
SUTs	Table d'Offre et Demande – Supply and Use Tables

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols… - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'**ADEME**

FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard

HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

PROVISOIRE - CONFIDENTIEL