

Février 2019

Estimer les émissions de gaz à effet de serre de la consommation alimentaire : méthodes et résultats

Lucile **Rogissart** | Claudine **Foucherot** | Valentin **Bellassen**

Il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus fort sur la part de l'alimentation dans les émissions de gaz à effet de serre (GES) anthropiques globales, ni sur la part des produits de l'élevage dans les émissions de la consommation alimentaire. A l'issue d'une revue de la littérature sur le sujet, **nous avons estimé à 13,8 GteqCO₂ (± 3,6 GteqCO₂) les émissions totales de la demande alimentaire en 2010, soit 28 % des émissions mondiales tous secteurs confondus. Les émissions générées par la consommation de produits de l'élevage représenteraient 62 % des émissions de la consommation alimentaire avec environ 8,5 GteqCO₂ (± 2,4 GteqCO₂)**. Différentes méthodes encore non harmonisées à l'échelle internationale peuvent être employées pour estimer l'empreinte GES de l'alimentation. Nous décrivons ces méthodes, leurs limites et les différentes bases de données disponibles.

SOMMAIRE

1. L'INVENTAIRE DE PRODUCTION	2	4. LES ÉMISSIONS DE GES DE L'ALIMENTATION : LES ORDRES DE GRANDEUR À RETENIR	8
1. Une prise en compte limitée des émissions globales liées à la consommation alimentaire	2	1. A l'échelle mondiale	8
2. Une méthode qui ne couvre pas les échanges internationaux	3	1. <i>La part de l'alimentation dans les émissions anthropiques globales</i>	8
2. L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE POUR REPRÉSENTER L'EMPREINTE TOTALE DE L'ALIMENTATION	4	2. <i>La contribution des produits de l'élevage aux émissions de la demande alimentaire</i>	9
1. L'ACV produit	4	2. Dans l'Union Européenne	10
1. <i>Un cadre international et des initiatives d'harmonisation à l'échelle européenne et française</i>	4	3. En France	10
2. <i>Les principales difficultés des ACV</i>	4	CONCLUSION	12
3. <i>Les ACV territoriales à l'échelle mondiale</i>	5	RÉFÉRENCES	13
3. L'APPROCHE CONSOMMATION POUR ATTRIBUER LES ÉMISSIONS À UNE POPULATION	6	ANNEXES	14
1. Les ACV territoriales locales	6		
2. Les tables entrées sorties	6		

D'après le GIEC¹, un peu moins d'un quart des émissions anthropiques globales (10 à 11 GteqCO₂) sont générées par le secteur des terres. Cette valeur couvre la production agricole et les autres terres, mais pas les étapes de transport, de transformation ou encore de vente des produits alimentaires. De plus, ce chiffre inclut les émissions associées à des productions non alimentaires comme les biocarburants, la pâte à papier ou le coton. Plusieurs estimations de l'empreinte globale de la consommation alimentaire ont été réalisées, mais celles-ci ne convergent pas toujours. En cause : une absence d'harmonisation des méthodes de comptabilisation des émissions générées par la consommation.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont généralement estimées via **deux grandes familles d'approches** :

- les **approches top-down** – ou **par l'atmosphère** – qui estiment les concentrations totales des différents GES directement dans l'atmosphère. Les approches top-down ne permettent pas à elles seules d'attribuer ces quantités de GES à des sources ou des puits précis – impossible par exemple d'attribuer précisément des quantités de dioxyde de carbone (CO₂) à un ensemble d'installations industrielles ou de véhicules sur un territoire donné. C'est pour cette raison que l'approche top-down ne sera pas traitée dans cette étude.
- les **approches bottom-up** – ou **inventaire** – qui consistent à multiplier des données d'activité avec les facteurs d'émissions ou de puits correspondants. Par exemple, on peut estimer les émissions de GES du secteur routier français en multipliant le nombre de kilomètres parcourus par la quantité moyenne de CO₂ émis par un véhicule routier. Cette approche est tributaire de l'état des connaissances relatives aux processus d'émission – dans notre exemple au processus d'émission de CO₂ par les véhicules routiers – ou de puits de GES. Les résultats de cette méthode sont donc caractérisés par une incertitude qu'il n'est pas toujours simple d'estimer (Montzka, Dlugokencky, et Butler 2011).

Parmi les méthodes bottom-up, on peut distinguer deux grandes approches de comptabilisation des émissions de GES, dont le choix dépend du but poursuivi. Les méthodes de comptabilisation fondées sur la production permettent de faire un état des lieux des différents sources et puits d'émissions sur un territoire donné : les usines, les forêts, les animaux d'élevage, etc. La plupart des politiques nationales d'atténuation du changement climatique reposent sur les résultats de cette approche. C'est aussi elle qui est employée dans les négociations internationales sur le climat pour déterminer les contributions de chaque pays (NDCs² en anglais). Ce sont donc les frontières des pays qui sont retenues pour allouer la responsabilité de chacun dans les émissions globales de GES.

Les **méthodes de comptabilisations fondées sur la consommation** permettent d'identifier la quantité et l'origine géographique des émissions de GES générées par les biens et services consommés par une population. En se focalisant sur l'usage final des consommateurs, ces approches internalisent les échanges d'émissions de GES contenus dans les biens et services importés et exportés par les pays. La responsabilité des acteurs dans les émissions de GES est donc définie au niveau du consommateur et non au niveau du territoire.

Contrairement aux approches fondées sur la production, **les approches fondées sur la consommation ne sont pas harmonisées**. En résultent souvent différents ordres de grandeur d'une fiabilité variable pour le même poste d'émissions de GES. L'objectif de cette étude est d'identifier les enjeux d'une comptabilisation des émissions de la consommation alimentaire, d'en détailler les méthodes employées et de clarifier leurs résultats.

ENCART 1. UNE INCERTITUDE PARTICULIÈREMENT FORTE CONCERNANT LES ÉMISSIONS DE GES DU SECTEUR DES TERRES

Qu'elles soient destinées à des approches production ou consommation, **les estimations des émissions de GES du secteur agricole et de l'UTCATF sont particulièrement incertaines**. Les estimations d'émissions générées par la production agricole végétale ou animale ont une incertitude de l'ordre de ± 30 %, et le secteur UTCATF de l'ordre de ± 50 %. En comparaison, les émissions de CO₂ générés par la combustion d'énergies fossiles comportent une incertitude d'environ 10 % (Tubiello *et al.* 2015).

1 Groupe d'experts intergouvernemental d'étude sur le climat, ou IPCC en anglais pour *Intergovernmental Panel on Climate Change*

2 Pour *Nationally Determined Contributions* en anglais

1. L'inventaire de production

L'inventaire de production a pour objet de **comptabiliser les émissions générées sur un territoire donné, où que soient consommés les produits et services de ce territoire**. Les résultats de cette approche sont majoritairement ceux utilisés dans les négociations climatiques, et les plus fréquemment cités mais sont par construction insuffisants pour estimer l'empreinte GES de l'alimentation.

Contrairement aux autres approches bottom-up, l'approche par inventaire de production a été harmonisée à l'échelle internationale. La base de données reconnue comme la plus fiable est celle de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC³). Il s'agit d'une approche définie par l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique (SBSTA en anglais⁴) de la CCNUCC⁵. Les pays de la CCNUCC doivent suivre les Lignes directrices de l'IPCC (IPCC 2006⁶) pour la notification des émissions et absorptions d'origine anthropique (Encart 2).

ENCART 2. LES TROIS NIVEAUX DE PRÉCISION DE LA MÉTHODE IPCC

Pour comptabiliser les émissions, l'IPCC définit trois « Tiers », autrement dit trois niveaux de complexité méthodologique. Le Tier 1 est la méthode d'estimation la plus simple, basée sur la multiplication d'une donnée d'activité nationale et d'un facteur d'émissions par défaut fourni par l'IPCC. Le Tier 2 implique la recherche d'un facteur d'émission spécifique au territoire concerné tandis que le Tier 3 fait souvent appel à des modèles et/ou sources de données complexes.

1. Une prise en compte limitée des émissions globales liées à la consommation alimentaire

Bien qu'il soit possible d'opter pour d'autres catégorisations de sources et de puits, **la méthode d'inventaire de l'IPCC qui fait référence a distingué cinq grands postes** : énergie, procédés industriels, agriculture, usage des terres, changement d'affectation des terres et forêt (UTCATF⁷), et déchets.

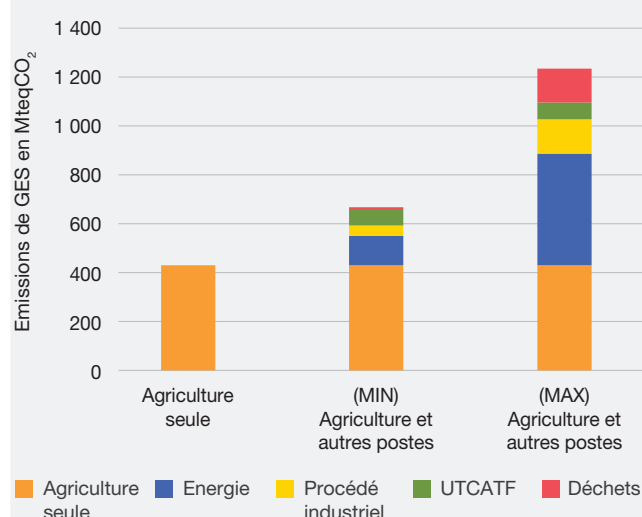
La **catégorie agriculture** de l'IPCC contient principalement les émissions liées à la fermentation entérique et à la gestion des déjections animales, ainsi que les émissions de N₂O générées au champ lors de l'application d'engrais. A l'échelle

mondiale, il est ainsi estimé que cette catégorie agriculture est responsable d'environ 5 GteqCO₂ (Tubiello *et al.* 2015), soit 10,2 % des émissions anthropiques globales (IPCC 2014).

La catégorie agriculture de l'IPCC n'est cependant pas représentative des émissions générées par la consommation alimentaire globale. En effet elle exclue les étapes d'amont (production des machines, des engrais et pesticides, changement d'affectation des terres, etc.) et d'aval (transport, transformation, traitement des déchets, etc.), mais inclue les productions agricoles non alimentaires (textile, carburants, etc.).

Pour les pays de l'Annexe I⁸ uniquement, il est possible de distinguer des émissions liées à l'agriculture dans les autres grandes catégories : les émissions de la déforestation liée à l'activité agricole, les procédés industriels (notamment la production d'engrais et l'industrie agroalimentaire) et une partie de la consommation énergétique de l'agriculture sont comptabilisées dans d'autres catégories de l'inventaire CCNUCC. Pour l'ensemble des pays de l'Union Européenne (UE) par exemple, la catégorie agriculture seule de l'IPCC représentait 430 MteqCO₂ (11 % des émissions totales de l'UE avec UTCATF) tandis qu'en additionnant les autres postes liés à l'agriculture, on obtient des émissions de l'ordre de 670 MteqCO₂ à 1 230 MteqCO₂ (16 % à 31 %) en 2016 (Figure 1, cf. Tableau 2 pour la méthodologie complète).

FIGURE 1. ESTIMATION DES ÉMISSIONS GÉNÉRÉES PAR LE SECTEUR AGRICOLE ET ALIMENTAIRE DANS L'UE EN 2016 SELON LE PÉRIMÈTRE RETENU



Source : IACE à partir des inventaires de la CCNUCC

Méthodologie : MIN est la somme des autres postes liés exclusivement ou quasi-exclusivement à l'agriculture. MAX est la somme des postes en partie liés à l'agriculture. Cf. annexe Tableau 2.

3 Ou UNFCCC en anglais pour *United Nations Framework Convention on Climate Change*

4 Pour *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice*

5 Directive FCCC/SBSTA/2006/9

6 Pour *Intergovernmental Panel on Climate Change* en anglais, ou Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en français

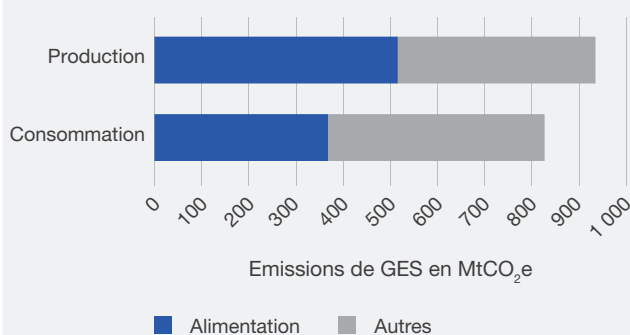
7 Ou LULUCF en anglais pour *Land Use, Land Use Change and Forest*

8 Les pays les plus développés qui ont des obligations de comptabilité carbone plus contraignantes

2. Une méthode qui ne couvre pas les échanges internationaux

La méthode d'inventaire de production nationale **laisse de côté les « échanges » d'émissions incorporés dans le commerce international** qui a pourtant augmenté de 7 % annuellement entre 1980 et 2011 (WTO 2013). De larges écarts peuvent en effet être constatés entre émissions de la production et de la consommation. Par exemple, les émissions du Brésil générées par la production agricole étaient plus importantes que l'empreinte GES alimentaire des brésiliens en 2005 (**Figure 2**). Cette différence s'explique notamment par une balance commerciale largement positive des denrées alimentaire brutes avec 165 Mt d'exportations nettes en 2005 (FAOSTAT 2018).

FIGURE 2. EMISSIONS DE GES DE LA PRODUCTION VS. DE LA CONSOMMATION DU BRÉSIL HORS UTCATF EN 2005



Source : Environmental Footprint Explorers (2018)

- • -

Les données actuelles de l'approche par la production se heurtent donc à deux limites qui ne permettent pas d'estimer les émissions de la demande alimentaire : **l'impossibilité de de couvrir l'empreinte totale** des biens alimentaires d'une part, et **l'impossibilité d'attribuer ces émissions à une population donnée**. Tandis que l'analyse de cycle de vie répond au premier écueil, d'autres stratégies ont été adoptées pour répondre également au second.

- • -

2. L'analyse de cycle de vie pour représenter l'empreinte totale de l'alimentation

Le principe de l'ACV est de **comptabiliser les émissions générées durant le cycle entier du produit** : de la production des intrants à la gestion des déchets.

1. L'ACV produit

1. Un cadre international et des initiatives d'harmonisation à l'échelle européenne et française

L'analyse de cycles de vie (ACV) est un outil destiné à évaluer l'impact environnemental global d'un produit, de sa production à sa consommation finale ou « du berceau à la tombe ». La méthode d'ACV a été harmonisée par la norme ISO 14040 en 1997 (révisée en 2006). Cette norme définit les grands principes mais ne décrit pas les détails techniques de chacune des étapes d'une ACV. En 2013, la norme ISO 14064 définit plus spécifiquement la méthodologie pour le calcul de l'impact climatique ou « empreinte carbone » d'un produit. Une ACV se caractérise par quatre grandes étapes :

1. **La définition du périmètre et des objectifs** : le but de l'étude, les limites du système considéré, l'unité employée (kg, ha, protéine, etc.), et les hypothèses ;
2. **L'inventaire de cycle de vie (ICV)** : il s'agit de collecter les données requises d'après la phase 1. ;
3. **L'estimation d'impact** : les résultats de l'inventaire sont ici distribués dans différentes catégories de manière harmonisée afin de pouvoir comparer les différentes sources d'émissions ;
4. **L'interprétation des résultats** : tirer des conclusions utiles et accessibles pour les décideurs.

La comparabilité des résultats d'ACV est cependant rendue difficile par la multitude d'options méthodologiques laissée par les normes ISO. En Europe, l'ILCD Handbook (JRC 2010) de la Commission Européenne est une référence, mais il ne borne pas beaucoup plus les choix.

L'Union Européenne a donc lancé en 2013 l'initiative Marché unique pour des produits verts⁹, dont la première phase pilote s'est achevée en 2016. L'un des objectifs de cette initiative était de créer une approche globale et harmonisée pour calculer l'empreinte environnementale des produits. Cette approche a été testée sur onze produits alimentaires, et une seconde phase pilote est en cours (Pré sustainability 2015).

En France, l'ADEME a lancé en 2009 le programme Agribalyse, visant à développer une base de données d'ACV publiquement accessible et harmonisée pour les produits agricoles. Il s'agit d'ACV du berceau à la sortie du champ (pour les productions végétales) et à la sortie de l'atelier

(pour les productions animales), qui ne couvrent pas les émissions dues au changement d'affectation des terres. En 2015, 116 ICV de produits agricoles étaient publiquement accessibles, avec 44 ICV de productions animales, et 72 de productions végétales (Colomb *et al.* 2015).

2. Les principales difficultés des ACV

Une comparaison de plusieurs ACV pour un même produit alimentaire a révélé **d'importantes divergences de résultats de manière assez fréquente** (Röös, Sundberg, et Hansson 2014).

Variabilité, incertitude et données encore insuffisantes

Une partie de la variabilité des résultats peut s'expliquer par la **diversité des pratiques de production ou de consommation** pour un même produit. Celle-ci peut toutefois être assez bien contrôlée en définissant des typologies de pratiques pour un même produit. Par exemple pour un même produit « pomme », on peut définir des caractéristiques comme l'usage ou non d'engrais, le mode de transport (avion, bateau, etc.), cuisson ou non, etc. De plus, comme toute méthode d'estimation des émissions de GES, les résultats des ACV comportent **une incertitude relative aux facteurs d'émission**.

Enfin, de nombreuses ACV recourent abondamment à la base de données EcolInvent qui répertorie les résultats d'ACV précédemment réalisées. Le recours à cette base facilite grandement la tâche, mais permet rarement un choix fin : **pour un produit donné, il n'y a bien souvent qu'une ou deux références**, dont les situations de production peuvent être très différentes de celle qui est étudiée.

Divergences méthodologiques

Des divergences de méthodes apparaissent souvent concernant **la modélisation des changements d'affectation des terres (CAT)** directs¹⁰ et indirects¹¹. Afin de limiter ces incertitudes, des normes pour les calculs d'empreinte carbone des produits alimentaires sont développées : le PAS 2050 de la British Standards Institution (BSI 2011), le Greenhouse Gas Protocol Reporting Standard du World Resource Institute et du World Business Council for Sustainable Development (WRI et WBCSD 2011), et ISO 14067 de l'International Standards Organisation (Röös, Sundberg, et Hansson 2014).

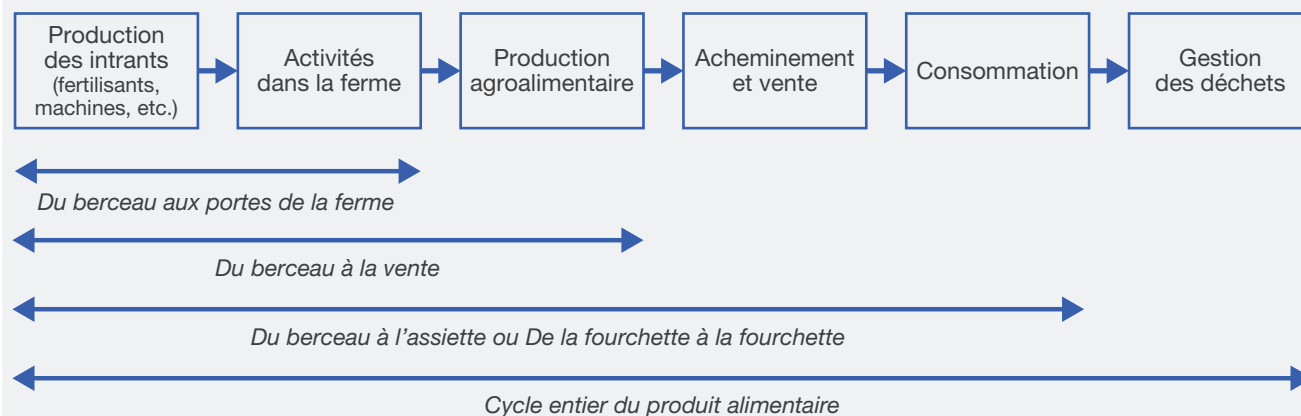
Différentes spécifications du périmètre de l'analyse peuvent également expliquer une partie des écarts de résultats. L'essentiel des analyses s'arrêtent à la porte de la ferme, tandis que les analyses du berceau à l'assiette et a fortiori du berceau à la tombe sont considérablement plus

¹⁰ Les CAT directs (ou LUC en anglais pour *Land Use Change*) concernent les conversions d'un type de terre en terres cultivées ou en pâturages

¹¹ Les CAT indirects (ou iLUC) concernent les conversions de terres induites par la forte croissance d'un type de culture ou d'élevage

⁹ *Single Market for Green Products* en anglais

FIGURE 3. DIFFÉRENTES DÉFINITIONS DU PÉRIMÈTRE D'UNE ACV POUR L'EMPREINTE CARBONE D'UN PRODUIT ALIMENTAIRE



Source : traduction d'après Röö, Sundberg, et Hansson (2014)

rares (Figure 3). En cause : d'une part la grande variabilité des émissions post-ferme (notamment en fonction du type de transport utilisé), et d'autre part l'importance des types de comportements des consommateurs pour les émissions des étapes post-vente (Röö, Sundberg, et Hansson 2014).

L'attribution des émissions pose problème lorsqu'un même système de production génère plusieurs types de produits. C'est le cas notamment de l'industrie du lait, qui produit également de la viande et du fumier. Il est généralement recommandé d'éviter au maximum l'allocation de l'empreinte totale du système aux différents produits ce qui n'est toutefois que rarement possible et satisfaisant. La majorité des ACV allouent les émissions proportionnellement à la valeur économique des différents coproduits qui est un bon proxy de leur part dans la motivation à produire et donc à émettre. Des matrices d'allocation physico-chimique spécifiques à l'industrie du lait ont aussi été développées (Feitz *et al.* 2007) Aims and Scope. Allocation is required when quantifying environmental impacts of individual products from multi-product manufacturing plants. The International Organization for Standardization (ISO). Pour les déjections, il est généralement convenu d'attribuer les émissions liées à leur stockage aux élevages et celles liées à leur épandage aux cultures. Quand la valeur économique des déjections est faible, voire négative, ce choix est discutable.

3. Les ACV territoriales à l'échelle mondiale

Le but de l'ACV territoriale est d'estimer l'empreinte totale de la consommation d'une population donnée. **Lorsque réalisée à l'échelle mondiale, la méthodologie employée pour une ACV territoriale est globalement la même que pour un inventaire de production.** La seule différence réside dans le périmètre des sources d'émissions retenues, qui est plus large que les simples émissions de la phase de production agricole. Autrement dit, les quantités produites (donc consommées) sont multipliées par les facteurs d'émissions propres aux pays de production pour chaque phase du cycle des produits. Les données de facteurs d'émissions employées peuvent être des moyennes nationales ou régionales issues de la littérature (Gerber *et al.* 2013) ou encore tirées d'ACV produits (Poore et Nemecek 2018). C'est la méthode d'ACV territoriale à l'échelle mondiale qui est employée pour l'estimation des émissions présentées en Figure 4 et Figure 5.

- • -

Il est toutefois question dans de nombreux cas d'estimer l'empreinte GES de la consommation alimentaire d'une région, d'un pays ou d'une commune. Prendre en compte l'empreinte des produits n'est alors plus suffisant, il faut également être capable d'identifier quels produits sont consommés par la population étudiée : c'est l'approche consommation.

- • -

3. L'approche consommation pour attribuer les émissions à une population

Afin d'attribuer des émissions de GES à la consommation d'une population, deux grandes méthodologies ont été développées, mais aucune des deux n'a été formellement harmonisée à l'échelle internationale. Les ACV territoriales locales d'une part sont plutôt solides mais requièrent une quantité importante de données ; et les tables entrées sorties d'autre part utilisent des données déjà existantes mais sont sujettes à d'importantes incertitudes.

1. Les ACV territoriales locales

La méthode d'ACV territoriale n'est pas uniquement employée à l'échelle mondiale mais aussi à l'échelle des collectivités locales notamment pour réaliser des bilans d'émissions de GES de ces collectivités (Encart 3). **La méthode se décompose en deux étapes :**

1. Estimer les émissions du cycle entier de la production alimentaire sur le territoire de la population concernée.
2. Ajouter les émissions contenues dans les importations retirer les émissions contenues dans les exportations.

Une telle approche – qui peut également être employée à l'échelle d'un pays ou d'une région – **nécessite ainsi une quantité considérable de données**, notamment sur les facteurs d'émissions des partenaires commerciaux du territoire en question. Comme souligné dans la partie 2, ces données sont encore trop peu abondantes et trop peu harmonisées pour permettre des estimations systématiquement solides.

2. Les tables entrées sorties

Contrairement aux ACV territoriales locales, la méthode des tables entrées sorties emploie des données déjà disponibles. La contrepartie est que les résultats de cette méthode sont très agrégés et présentent encore d'importantes incertitudes (Encart 4).

Cette méthode consiste à **superposer trois couches de données** : (1) les données nationales d'émissions de GES (le plus souvent l'inventaire de production de la CCNUCC, ou les facteurs d'émission de l'IPCC) ; (2) les données nationales de consommation finale ; et (3) les données de commerce international.

Autrement dit, il s'agit d'ajouter un module environnemental (les émissions de GES) aux tables entrée sortie (combinant données de commerce et de consommation) qui existent déjà. **Aucune harmonisation à l'échelle internationale n'a encore été atteinte**, et des écarts considérables subsistent entre les différentes estimations. De plus, la plupart des bases de données ne prennent pas en compte les émissions liées aux changements d'affectation des terres. Enfin, contrairement à une ACV globale, les méthodes de tables entrées sorties ne permettent d'estimer la contribution des produits qu'à un niveau très agrégé (produits agricoles bruts, produits agroalimentaires). Cela tient au fait que cette méthode emploie des données existantes d'échanges commerciaux souvent peu détaillées.

ENCART 3. QUELQUES EXEMPLES À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE ET FRANÇAISE

A l'échelle européenne, quelques estimations ont été proposées pour la consommation des produits de l'élevage (Leip *et al.* 2010, 2015). Concernant l'alimentation totale, Sandström *et al.* (2018) ont estimé à la fois l'empreinte moyenne d'un citoyen de l'UE et l'empreinte moyenne par pays membre de l'UE.

A l'échelle française, Barbier *et al.* (2019) ont proposé une estimation de l'empreinte de l'alimentation des français hors UTCATF. Le périmètre retenu couvre toutes les étapes du berceau à la l'usage final (transports après achat inclus) à domicile et dans la restauration collective. Seuls les emballages et le traitement des déchets ne sont pas pris en compte.

ENCART 4. DES BASES DE DONNÉES AUX RÉSULTATS RELATIVEMENT INCERTAINS

A l'échelle mondiale, on dénombre trois grands comptes multirégionaux entrée-sortie étendues à l'environnement (**EE MRIOT***) : Eora, EXIOBASE et WIOD (Moran et Wood 2014). Ces bases de données couvrent les principaux GES hors UTCATF. De larges écarts de résultats existent entre ces bases de données, des écarts qui restent difficiles à expliquer (Kanemoto, Moran, et Hertwich 2016).

A l'échelle de l'Union Européenne, Eurostat produit des inventaires de consommation et de production avec la méthode des tables entrées sorties. Ces données sont recueillies de manière standardisée dans les pays membres de l'UE depuis 2008. Les usages finaux sont distingués par produits de la *Classification of Products by Activity* (CPA) (Eurostat 2008). Les résultats de cette base de données semblent néanmoins peu exploitables. D'une part, le niveau de détail des catégories de la CPA est très limité : « Produits de l'agriculture, de la chasse et autres services liés », « Poissons et autres produits de la pêche », etc. D'autre part, les résultats reposent sur l'hypothèse forte que les systèmes de productions hors UE sont les mêmes que dans l'UE, ce qui tendrait à sous-estimer les émissions importées. Enfin, la base de donnée exclut les émissions et absorptions provenant du secteur UTCATF ainsi que les émissions indirectes (Eurostat 2017).

En France, le Service de la donnée et des études statistiques (SDES) du Commissariat général au développement durable (CGDD) a produit ses propres estimations en s'appuyant partiellement sur les données d'Eurostat. Celles-ci ont été calculées pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O hors UTCATF en utilisant les données sur les échanges commerciaux, la consommation finale et les émissions de GES de NAMEA air, Eurostat, l'AIE, la FAO, l'INSEE et des douanes (SOeS 2012, 2017). Seulement une partie des données, déjà traitées, est accessible publiquement, et ce à un niveau très agrégé.

* Pour Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables

Diverses méthodes et bases de données existent donc concernant l'estimation des émissions de GES de la demande alimentaire (Tableau 1). Certains tentent même de trouver une méthode alliant approche de production et approche de consommation (Kander *et al.* 2015). Outre

l'incertitude inhérente à l'estimation des émissions du secteur des terres (cf. encadré), cette multitude de sources compliquent l'émergence d'ordres de grandeur relativement consensuels.

TABLEAU 1. SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES DES TROIS MÉTHODES BOTTOM-UP

	Production	Consommation	Empreinte	
		Tables entrées sorties	ACV territoriale	ACV produit
Périmètre	Un système de production	Un ensemble de consommateurs	Un ensemble de consommateurs	Le cycle entier d'un produit
Données requises	Données d'activité x Facteurs d'émission	Données d'activité x Facteurs d'émission + Flux de commerce international* + Consommation finale*	Données d'activité x Facteurs d'émission <i>Si ACV territoriale locale :</i> + Flux de commerce international* + Facteurs d'émission des pays d'importation	Données d'activité x Facteurs d'émission
Méthode harmonisée	Oui (IPCC / CCNUCC)	Non	Non	En cours d'harmonisation
Couvre les échanges internationaux	Non	Oui	Oui	Oui

Source : I4CE

* Données déjà existantes et harmonisées au niveau international

4. Les émissions de GES de l'alimentation : les ordres de grandeur à retenir

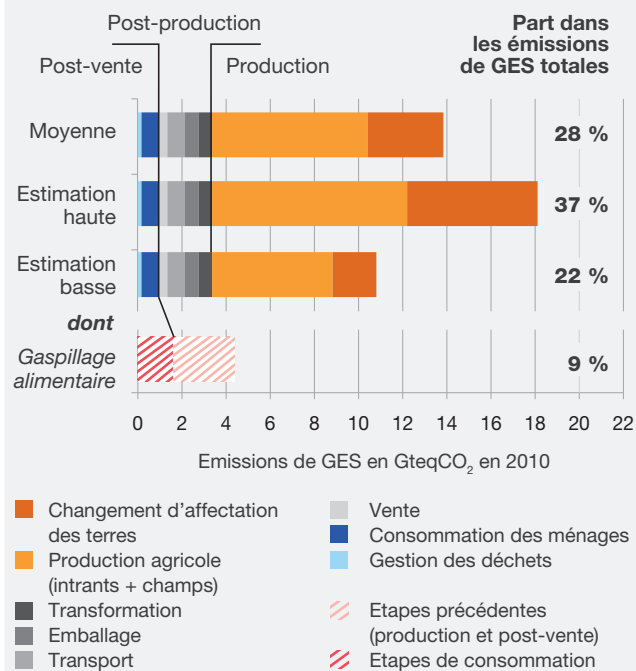
L'absence d'harmonisation des méthodes de comptabilisation de l'empreinte GES alimentaire mène à des résultats divergents et souvent difficiles à comparer. Cette section restitue les résultats d'une analyse de la littérature existante à la fois sur l'empreinte de la consommation alimentaire globale, et sur les émissions liées à la consommation de produits de l'élevage.

1. A l'échelle mondiale

1. La part de l'alimentation dans les émissions anthropiques globales

Les émissions générées par l'alimentation à l'échelle mondiale seraient de l'ordre de 10,8 GteqCO₂ à 18,1 GteqCO₂, soit 22 % à 37 % des émissions anthropiques globales (Figure 4) (cf. annexe Tableau 5 pour plus de précision sur les données retenues). L'essentiel des émissions provient de la phase de production (changement d'affectation des terres et production agricole), tandis que les émissions générées par les étapes de post-production et de post-vente sont relativement limitées à 2,4 GteqCO₂ et 1 GteqCO₂ respectivement. Par ailleurs, si la gestion des déchets constitue le poste le moins émetteur du cycle alimentaire, les émissions contenues dans le gaspillage alimentaire des consommateurs sont loin d'être négligeables avec 1,6 GteqCO₂. Il est à noter que l'estimation des émissions intégrées dans le gaspillage alimentaire est lui-même soumis à l'incertitude qui caractérise chaque poste.

FIGURE 4. LES ÉMISSIONS MONDIALES DE GAZ À EFFET DE SERRE DE L'ALIMENTATION



Sources : I4CE d'après (Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012 ; Poore et Nemecek 2018) (FAO 2013) (FAO, s. d.)

Note : l'incertitude n'apparaît pas sur les émissions des étapes post-production, post-vente et du gaspillage alimentaire car il n'existe à chaque fois qu'une seule estimation fiable pour ces postes d'émission.

MÉTHODOLOGIE

Ces résultats sont issus de deux études parmi les quatre estimations récentes des émissions de GES attribuables à la consommation alimentaire mondiale. Vermeulen, Campbell, et Ingram (2012) d'une part ont réalisé la première estimation avec une ACV territoriale fondée en partie sur des données de la FAO et en partie sur la littérature existante. Poore et Nemecek (2018) d'autre part ont réalisé l'estimation la plus récente avec une ACV territoriale fondée sur une très large base d'ACV produit (plus de 2 000) (cf. annexe Tableau 4 pour plus de précisions). Une fois les différences de périmètres (l'une couvrait les produits de la mer et l'autre non) et de date de référence corrigées, les résultats des deux études apparaissent relativement proches.

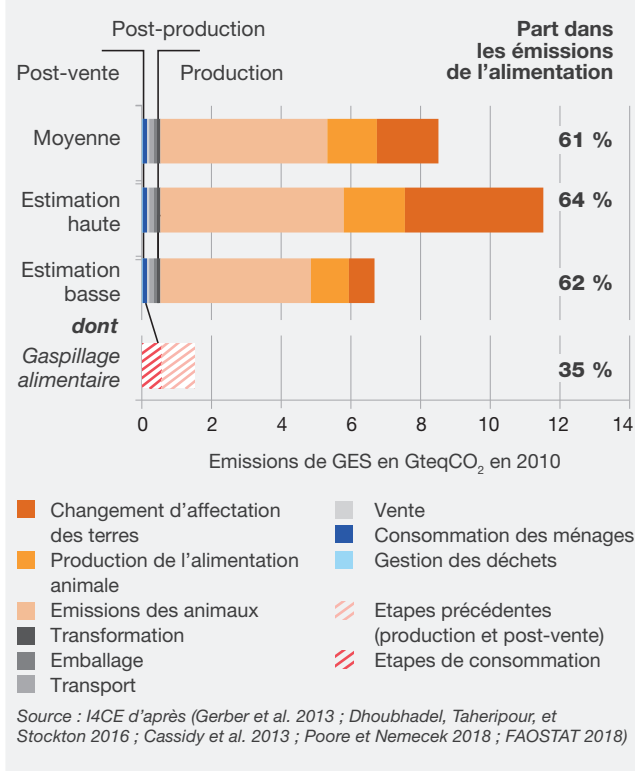
L'importante incertitude qui caractérise l'estimation des émissions liées au changement d'affectation des terres est à souligner : elle est liée à la fois à l'incertitude inhérente aux estimations des émissions de l'UTCATF, ainsi qu'à la difficulté d'attribuer à l'agriculture ou non les changements d'affectation des terres et notamment à la déforestation. Vermeulen, Campbell, et Ingram (2012) fournissent une fourchette de plus ou moins 4 GtCO₂e fondée sur IPCC (2007) d'une part, et de l'hypothèse selon laquelle 75 % des dégradations de forêts sont liées à l'agriculture d'autre part (Blaser et Robledo 2007). Poore et Nemecek (2018) utilisent un modèle* compatible avec les recommandations du GIEC et obtiennent que 61 % des pertes de forêt entre 1990 et 2010 étaient dues à l'agriculture. Les auteurs reconnaissent cependant que leur approche a probablement sous-estimé la contribution de l'agriculture au changement d'affectation des terres. En effet, selon une autre étude, 80 % de la déforestation est liée à l'agriculture (Hosonuma *et al.* 2012). Une moyenne de la valeur haute et basse de Vermeulen, Campbell, et Ingram (2012) et du résultat de Poore et Nemecek (2018) semble ainsi donner un ordre de grandeur convenable (cf. annexe Tableau 5 pour la méthodologie).

* Direct Land Use Change Assessment Tool, version 2013.1

2. La contribution des produits de l'élevage aux émissions de la demande alimentaire

Environ 63 % des émissions de la consommation alimentaire proviennent des produits de l'élevage terrestre avec entre 8,5 GteqCO₂ et 11,5 GteqCO₂ en 2010 (Figure 5). Là encore, l'essentiel des GES sont émis durant la phase de CAT et de production agricole. Pour rappel, la production agricole couvre ici non seulement les émissions générées aux champs, mais également les émissions liées à la production des intrants de production : engrais, pesticides, machines, énergie, etc., Gerber *et al.* (2013), qui fait référence concernant les émissions de la production des produits de l'élevage, estime la contribution de l'élevage de ruminants (bovins, ovins et caprins) à 75 % des émissions totales de la production animale.

FIGURE 5. LES ÉMISSIONS MONDIALES DE GAZ À EFFET DE SERRE DES PRODUITS DE L'ÉLEVAGE



MÉTHODOLOGIE

La **publication** de Gerber *et al.* (2013) fait référence en ce qui concerne les émissions de GES de l'élevage. Cependant cette publication s'arrête aux portes de la ferme. Les estimations couvrant les émissions globales de l'alimentation présentés précédemment peuvent ainsi compléter ces manquements et le cas échéant affiner les ordres de grandeur.

Concernant les émissions liées au changement d'affectation des terres, le résultat présenté est une moyenne de l'estimation de Dhoubhadel, Taheripour, et Stockton (2016), de Poore et Nemecek (2018) et Vermeulen, Campbell, et Ingram (2012). L'estimation des émissions dues au CAT de Gerber *et al.* (2013) n'a pas été retenue car elle ne prend en compte que la conversion de forêts en prairies en Amérique latine, et la conversion de forêts en terres cultivées pour le soja et la palme dans cinq pays (Brésil, Argentine, Paraguay, Indonésie et Malaisie). L'estimation de Vermeulen, Campbell, et Ingram (2012) est incluse pour permettre une cohérence entre l'estimation des émissions des CAT de l'alimentation totale d'une part et de la consommation de produits de l'élevage d'autre part. En effet, Poore et Nemecek (2018) reconnaissent probablement sous-estimer les émissions dues aux CAT de la consommation alimentaire, et l'estimation de Dhoubhadel, Taheripour, et Stockton (2016) est proche de la leur. Inclure les estimations de Vermeulen, Campbell, et Ingram (2012) permet ainsi de contrebalancer cette sous-estimation probable. Ces estimations couvrant l'ensemble de la production agricole, nous avons ici appliqué le taux de 0,67 correspondant à la part des CAT de l'agriculture attribuables à l'élevage déduit de Poore et Nemecek (2018).

Les émissions générées au moment de la production agricole et de la production des intrants sont une moyenne des résultats de Gerber *et al.* (2013) et Poore et Nemecek (2018). Bien que Gerber *et al.* (2013) fasse référence sur le sujet, il est difficile de considérer que les résultats de cette étude soient nécessairement plus fiables que ceux de Poore et Nemecek (2018), les deux méthodologies étant valables et leurs résultats relativement convergents. De plus, Gerber *et al.* (2013) ne couvre que les principales productions de l'élevage : bœufs, vaches et buffles, petits ruminants (ovins et caprins), porc, poule et poulet.

Il n'a pas été trouvé d'estimation spécifique aux produits de l'élevage concernant les **émissions de GES générées après la sortie de la ferme**. Nous avons par conséquent choisi de calculer ces émissions à partir des résultats présentés dans la Figure 4 en faisant l'hypothèse que les facteurs d'émissions post-ferme sont les mêmes pour tous les types de produits. Nous multiplions donc les émissions post-production et post-vente de l'alimentation globale par le pourcentage des produits de l'élevage dans les quantités totales de productions agricoles (13 %) (FAOSTAT 2018). C'est donc la faible part des produits de l'élevage dans la production agricole totale qui explique la si faible contribution de ces produits dans les émissions post-production et post-vente (cf. annexe Tableau 6 pour la méthodologie).

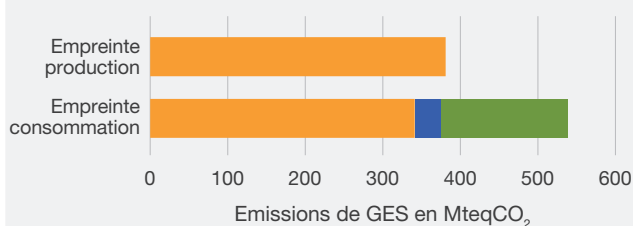
Ces estimations ne couvrent cependant pas les émissions de GES évitées par les activités d'élevage. En effet, on peut considérer l'épandage des déjections des animaux d'élevage comme se substituant aux engrais azotés de synthèse qui émettent des GES durant leur production et leur épandage. Ces émissions évitées sont néanmoins comptabilisées dans les ACV des produits végétaux.

2. Dans l'Union Européenne

Comme mentionné plus haut, **les résultats d'Eurostat concernant l'empreinte GES de la consommation alimentaire de l'UE sont à prendre avec précaution**. Selon la méthodologie d'Eurostat, l'empreinte GES des Européens auraient été de 720 MteqCO₂ en 2010. En comparaison avec les données d'émissions de la production de l'UE la même année, les pays membres auraient importé environ 137 MteqCO₂ via leurs importations nettes de produits agricoles et agroalimentaires. Ce résultat semble surprenant compte tenu (i) de la position d'exportateur net de l'UE, notamment en produits de l'élevage ; (ii) de l'absence des émissions des changements d'affectation des terres dans l'estimation ; et (iii) de l'hypothèse d'Eurostat selon laquelle les facteurs d'émission hors UE sont les mêmes que dans l'UE.

L'étude de Sandström *et al.* (2018) confirme cette intuition : selon cette ACV territoriale locale, la **consommation alimentaire des citoyens de l'UE-28 aurait généré 540 MteqCO₂ en 2010**, changements d'affectation des terres compris. D'après les auteurs, l'Union Européenne aurait été importateur net d'environ 160 MtCO₂e via sa consommation alimentaire, essentiellement en raison des changements d'affectation des terres dans les pays d'importation (Figure 6).

FIGURE 6. LES ÉMISSIONS DE GES GÉNÉRÉES PAR LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE DE L'UE-28 EN 2010



■ Produits agricoles (intranants + champs - carburants)
■ Transports internationaux
■ Changement d'affectation des terres

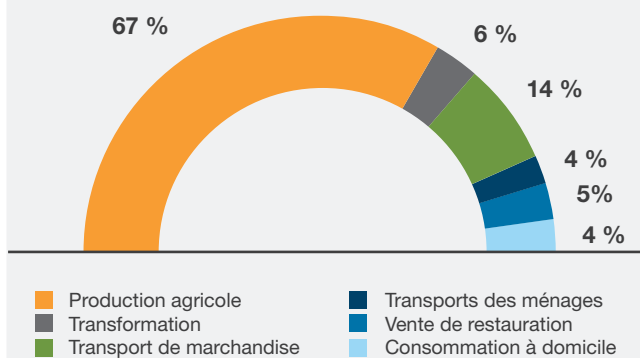
Source : Sandström *et al.* (2018)

Par ailleurs, toujours selon la même étude, **82 % des émissions de GES de la consommation alimentaire européenne proviendrait des produits de l'élevage** (hors produits de la mer, usage de carburant à la ferme et toutes émissions post-ferme hors transport international).

3. En France

D'après Barbier *et al.* (2019), **la consommation alimentaire des français représente 163 MteqCO₂ soit 24 % de l'empreinte GES totale des français**. Environ 65 % de ces émissions proviendraient de l'étape de production agricole, tandis que les transports seraient responsables d'environ 20 % de cette empreinte, et la phase de consommation de 15 % (Figure 7).

FIGURE 7. ÉMISSIONS DE GES DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE FRANÇAISE



Source : Barbier *et al.* (2019)

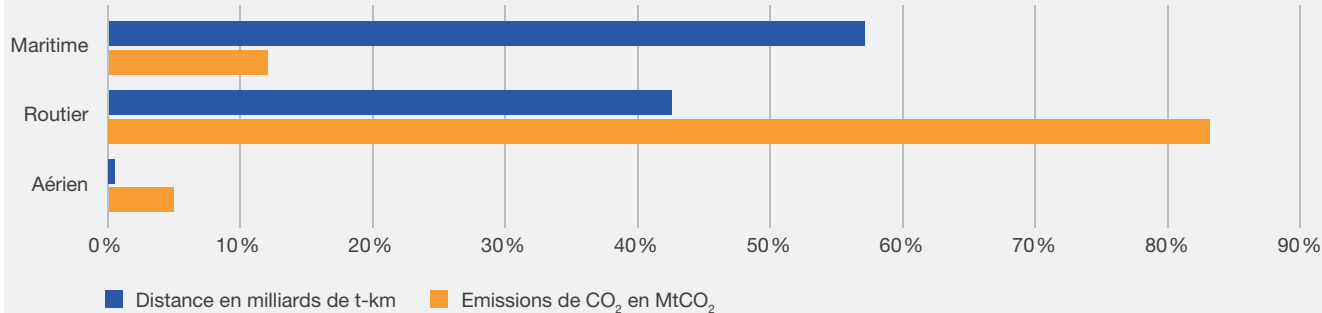
Réduire la part des produits de l'élevage dans l'alimentation reste une option incontournable car ils représentent 70 % des émissions de la consommation alimentaire¹². Cependant, **les auteurs soulignent également l'importance du secteur résidentiel-tertiaire et des transports dans les émissions de la consommation alimentaire** : près de la moitié des émissions de l'alimentation sont du CO₂.

D'une part, **la consommation énergétique représente plus de 20 % des émissions générées au stade de production agricole** : la moitié provient de l'utilisation directe d'énergie (carburant et chauffage des bâtiments), l'autre moitié des consommations indirectes (engrais, produits phytosanitaires, fabrication du matériel, construction des bâtiments).

D'autre part, les émissions des transports de marchandises (de la production à la vente) et des ménages (de la vente au foyer) sont conséquentes. **Bien que l'essentiel des denrées alimentaires soient acheminées par voie maritime, les transports routiers représentent plus de 80 % des émissions du transport de marchandises** (Figure 8).

¹² Calcul des auteurs en allouant les émissions aux étapes de la vente en détail et du consommateur final au prorata du poids des produits animaux dans la consommation totale. Barbier *et al.* (2019) ne mentionnent explicitement que la part des produits animaux dans les émissions agricoles, soit 85 %.

FIGURE 8. DISTANCES ET ÉMISSIONS DES TRANSPORTS DE MARCHANDISES ALIMENTAIRES EN FRANCE



Source : Barbier et al. (2019)

Environ 80 % des déplacements des ménages visent les achats (le reste visant la restauration), et ces déplacements se font presque exclusivement en voiture.

Enfin, les quantités de CO₂ émises par la phase de vente et restauration d'une part et par la consommation à domicile d'autre part sont comparables. Malgré une consommation énergétique similaire, **les petits établissements liés à l'alimentation (restaurants, petits commerces, cafés etc.) émettraient davantage de CO₂ que les établissements de la grande distribution** du fait de leur consommation de gaz. De plus, un repas hors domicile serait deux fois plus intense en CO₂ qu'un repas à domicile, en raison des usages énergétiques non spécifiques à la production alimentaire (chauffage, éclairage, etc.).

Les émissions de GES de la consommation alimentaire française (109 MteqCO₂) seraient par ailleurs légèrement inférieures aux émissions de la production agricole française (118 MteqCO₂). Comme le soulignent les auteurs, il s'agit d'une estimation basse de l'empreinte de la consommation alimentaire, notamment car le secteur UTCATF n'a pas pu être couvert. Les émissions contenues dans les produits alimentaires importés auraient été plus importantes si l'UTCATF avait pu être pris en compte. L'étude confirme que la phase de production agricole représente l'essentiel de l'empreinte GES de l'alimentation des français, et mets l'accent sur la réduction de la demande énergétique.

Conclusion

Il n'existe pas à ce jour de méthode harmonisée pour comptabiliser l'empreinte de la consommation alimentaire. **L'empreinte GES de l'alimentation** à l'échelle mondiale – c'est-à-dire les émissions générées sur la totalité du cycle des produits alimentaires – **peut être estimée grossièrement à 13,8 GteqCO₂ (± 3,6 GteqCO₂)** soit près de 30 % des émissions globales. Cette première estimation souffre néanmoins d'une forte incertitude à chacune des étapes du cycle des produits. Près de 62 % de cette empreinte est attribuable aux produits de l'élevage, avec encore de fortes incertitudes. Cette forte incertitude pourrait être réduite notamment via :

- une meilleure information sur les causes des changements d'affectation des terres ;
- une amélioration des connaissances relatives aux facteurs d'émission des secteurs UTCATF et Agriculture ;
- davantage de données relatives aux facteurs d'émissions dans les pays émergents et en développement, et aux consommations énergétiques dans les industries de la transformation alimentaire et des emballages.

La comptabilisation se complique encore davantage à l'échelle d'une région, d'un pays ou d'une collectivité car l'empreinte GES doit alors être corrigée des flux commerciaux. Les deux méthodes les plus utilisées à ce jour résultent alors d'un compromis entre fiabilité des résultats et disponibilité des données. Les tables entrées sorties reposent sur des données disponibles et harmonisées mais leurs résultats sont encore relativement peu fiables. Avec le développement de nouvelles données (notamment la multiplication d'ACV produits), davantage d'ACV territoriales

locales sont menées. L'empreinte moyenne d'un Européen a alors été estimée à 1,1 teqCO₂ (UTCATF inclus), et celle d'un français à au moins 1,7 teqCO₂ (UTCATF exclus).

Il s'agit encore une fois d'une première approximation : en plus des sources d'incertitudes déjà mentionnés, les résultats sont également fortement dépendants du niveau d'information sur les biens importés. Les émissions des changements d'affectation des terres sont notamment particulièrement plus difficiles à attribuer. Prenons en effet le cas d'un pays producteur de soja dont une partie de la surface est cultivée depuis longtemps en soja et une autre a nécessité de la déforestation. Une prise en compte précise des émissions de l'UTCATF du pays importateur nécessiterait de connaître la part de soja issu de la déforestation dans le total des importations. De même pour les émissions des transports si le pays importe le même produit par voie maritime et aérienne.

Les inventaires de productions ont probablement été choisis comme base des négociations climatiques parce que les pays ont un contrôle direct et disposent de données sur les émissions ayant lieu sur leur territoire. Comptabiliser l'empreinte de la consommation alimentaire nécessite d'une part de pouvoir tracer le cycle entier de la consommation alimentaire, et d'autre part de disposer de données relativement précises sur les échanges internationaux et la consommation finale d'une population. Estimer avec fiabilité les empreintes GES nationales permettrait cependant une définition alternative de la responsabilité des pays vis-à-vis du changement climatique.

Remerciements :

Vincent Dameron (MAA),
Thomas Uthayakumar (WWF).

Références

- Barbier, Carine, Christian Couturier, Prabodh Pourouchottamin, Jean-Michel Cayla, Marie Silvestre, et Ivan Pharabod. 2019. « L’empreinte énergétique et carbone de l’alimentation en France de la production à la consommation ».
- Blaser, Jürgen, et Carmenza Robledo. 2007. « Initial Analysis on the Mitigation Potential in the Forestry Sector ». Prepared for the UNFCCC Secretariat. Bern.
- BSI. 2011. « PAS2050 : Specification for the Assessment of the Life Cycle GHG Emissions of Goods and Services ».
- Cassidy, Emily S, Paul C West, James S Gerber, et Jonathan A Foley. 2013. « Redefining Agricultural Yields : From Tonnes to People Nourished per Hectare ». *Environmental Research Letters* 8 (3) : 034015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034015>.
- Colomb, V, S Aït-Amar, C Basset-Mens, A Gac, G Gaillard, Agroscope ART, P Koch, et al. 2015. « AGRIBALYSE : Bilan et enseignements », février, 53.
- Dhoubhadel, Sunil P., Farzad Taheripour, et Matthew C. Stockton. 2016. « Livestock Demand, Global Land Use Changes, and Induced Greenhouse Gas Emissions ». *Journal of Environmental Protection* 07 (07) : 985-95. <https://doi.org/10.4236/jep.2016.77087>.
- Eurostat 2018. "CPA 2008 - Statistical classification of products by activity" <https://ec.europa.eu/eurostat/web/cpa-2008>
- ———. 2017. « Air emission accounts and intensities, Reference Metadata in Euro SDMX Metadata Structure (ESMS) ». http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/env_ac_ainah_r2_esms.htm.
- FAO. 2013. « Food wastage footprint, impacts on natural resources, summary report ».
- ———. s. d. « Food Wastage Footprint & Climate Change », 4.
- FAOSTAT. 2018. « Data - Trade - Crops and livestock products ». <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>.
- Feitz, Andrew J., Sven Lundie, Gary Dennien, Marc Morain, et Michael Jones. 2007. « Generation of an Industry-Specific Physico-Chemical Allocation Matrix. Application in the Dairy Industry and Implications for Systems Analysis (9 Pp) ». *The International Journal of Life Cycle Assessment* 12 (2) : 109-17. <https://doi.org/10.1065/lca2005.10.228>.
- Genty, Aurélien, Iñaki Arto, et Frederik Neuwahl. 2012. « Final Database of Environmental Satellite Accounts : Technical Report on Their Compilation », avril.
- Gerber, Pierre J., Henning Steinfeld, Benjamin Henderson, Anne Mottet, et Carolyn Opio, éd. 2013. *Tackling Climate Change through Livestock : A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Rome : FAO.
- Hosonuma, Noriko, Martin Herold, Veronique De Sy, Ruth S De Fries, Maria Brockhaus, Louis Verchot, Arild Angelsen, et Erika Romijn. 2012. « An Assessment of Deforestation and Forest Degradation Drivers in Developing Countries ». *Environmental Research Letters* 7 (4) : 044009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044009>.
- IPCC. 2006. « Introduction ». In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- ———. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ———. 2014. *Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change ; Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. New York, NY : Cambridge Univ. Press.
- Kander, Astrid, Magnus Jiborn, Daniel D. Moran, et Thomas O. Wiedmann. 2015. « National Greenhouse-Gas Accounting for Effective Climate Policy on International Trade ». *Nature Climate Change* 5 (5) : 431-35. <https://doi.org/10.1038/nclimate2555>.
- Kanemoto, Keiichiro, Daniel Moran, et Edgar G. Hertwich. 2016. « Mapping the Carbon Footprint of Nations ». *Environmental Science & Technology* 50 (19) : 10512-17. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03227>.
- Leip, Adrian, Gilles Billen, Josette Garnier, Bruna Grizzetti, Luis Lassalle, Stefan Reis, David Simpson, et al. 2015. « Impacts of European Livestock Production : Nitrogen, Sulphur, Phosphorus and Greenhouse Gas Emissions, Land-Use, Water Eutrophication and Biodiversity ». *Environmental Research Letters* 10 (11) : 115004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/11/115004>.
- Leip, Adrian, Franz Weiss, Tom Wassenaar, Ignacio Perez, Thomas Fellmann, Philippe Loudjani, Francesco Tubiello, David Grandgirard, Suvi Monni, et Katarzyna Biala. 2010. « Evaluation of the livestock sector’s contribution to the EU greenhouse gas emissions (GELS) – final report. » European Commission, Joint Research Centre.
- Montzka, S. A., E. J. Dlugokencky, et J. H. Butler. 2011. « Non-CO₂ Greenhouse Gases and Climate Change ». *Nature* 476 (7358) : 43-50. <https://doi.org/10.1038/nature10322>.
- Moran, Daniel, et Richard Wood. 2014. « Convergence between the Eora, WIOD, EXIOBASE, AND OpenEU’s Consumption-Based Carbon Accounts ». *Economic Systems Research* 26 (3) : 245-61. <https://doi.org/10.1080/09535314.2014.935298>.
- Poore, J., et T. Nemecek. 2018. « Reducing Food’s Environmental Impacts through Producers and Consumers ». *Science* 360 (6392) : 987-92. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>.
- Pré sustainability. 2015. « PEF : a game changer in LCA ». <https://www.pre-sustainability.com/news/pef-series-a-game-changer-in-lca>.
- Rööß, Elin, Cecilia Sundberg, et Per-Anders Hansson. 2014. « Carbon Footprint of Food Products ». In *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Volume 1*, édité par Subramanian Senthilkannan Muthu, 85-112. Singapore : Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_4.
- Sandström, Vilma, Hugo Valin, Tamás Krisztin, Petr Havlík, Mario Herrero, et Thomas Kastner. 2018. « The Role of Trade in the Greenhouse Gas Footprints of EU Diets ». *Global Food Security* 19 (décembre) : 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.007>.
- Schmidt, Jannick Hoejrup, et Stefano Merciai. 2014. « Life Cycle Assessment of the Global Food Consumption », 12.
- Service des données et études statistiques. 2017. « Ménages & Environnement - Les chiffres clés – Édition 2017 ». Les chiffres clés Datalab. Commissariat général au développement durable.
- SOeS. 2012. « L’Empreinte carbone de la consommation des Français, évolution de 1990 à 2007 ». *Observations et statistiques Environnement*, mars.
- Tubiello, Francesco N., Mirella Salvatore, Alessandro F. Ferrara, Jo House, Sandro Federici, Simone Rossi, Riccardo Biancalani, et al. 2015. « The Contribution of Agriculture, Forestry and Other Land Use Activities to Global Warming, 1990-2012 ». *Global Change Biology* 21 (7) : 2655-60. <https://doi.org/10.1111/gcb.12865>.
- Vermeulen, Sonja J., Bruce M. Campbell, et John S.I. Ingram. 2012. « Climate Change and Food Systems ». *Annual Review of Environment and Resources* 37 (1) : 195-222. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>.
- Wood, Richard, Konstantin Stadler, Tatyana Bulavskaya, Stephan Lutter, Stefan Giljum, Arjan de Koning, Jeroen Kuenen, et al. 2014. « Global Sustainability Accounting—Developing EXIOBASE for Multi-Regional Footprint Analysis ». *Sustainability* 7 (1) : 138-63. <https://doi.org/10.3390/su7010138>.
- WRI, et WBCSD. 2011. « Greenhouse Gas Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard ».
- WTO, éd. 2013. *Factors Shaping the Future of World Trade*. World Trade Report 2013. Geneva.

Annexes

TABLEAU 2. MÉTHODOLOGIE DÉTAILLÉE DE L'ESTIMATION STRICTE ET LARGE DES ÉMISSIONS DE GES DE L'AGRICULTURE À PARTIR DES DONNÉES CCNUCC

Postes et sous postes				MIN	MAX
Energie Combustion fossile					
	Industries manufacturières et construction	1.A.2.e	Agroalimentaire, boissons et tabac	X	X
	Transport	Transport routier	1.A.3.b.ii	Camionnettes	X
			1.A.3.b.iii	Poids lourds et bus	X
	Autres secteurs	Agriculture, sylviculture et pêche	1.A.4.c.i	Moteurs stationnaires	X X
			1.A.4.c.ii	Véhicules hors routes et autres machines	X X
			1.A.4.c.iii	pêche	X X
Procédés industriels					
	Industrie minérale	2.A.2	Lime Production	X	X
	Industrie chimique	2.B.1	Production d'ammoniac	X	X
	Usage de produits	2.F.1	Réfrigération et air conditionné		X
	Autres	2.H.2	Agroalimentaire et boissons	X	X
Agriculture				X	X
UTCATF					
	Terres cultivées	4.B.1	Terres cultivées restant des terres cultivées	X	X
		4.B.2	Terres converties en terres cultivées	X	X
	Prairies	4.C.1	Prairies restant des prairies	X	X
		4.C.2	Terres converties en prairies	X	X
Déchets					
	5.A. Déchets solides				X
	Traitement biologique de déchets solides	5.B.1	Compostage	X	X
		5.B.2	Digestion anaérobie dans des usines de biogas		X
	5.C Incinération et bûlage de déchets solides				X
	5.D Traitement des eaux usées				X

Source : I4CE

TABLEAU 3. COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES DE TROIS EE MRIO

	Eora26v199.82	EXIOBASE3	WIOD
Période couverte	1970-2015	1995-2012	1995-2009
Pays couverts	183 pays	43 pays (90 % du PIB mondial) & 5 régions « Reste du monde »	EU-27 ⁽¹⁾ & 13 autres pays ⁽²⁾ & « Reste du monde »
Gaz couverts	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO ₂ et non-CO ₂ (détail indisponible)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Secteurs d'activité	Environ 15 000 secteurs	163 industries	Secteurs de l'IPCC
Base d'émission utilisée	EDGAR	Estimations combinant des données d'activité et les facteurs d'émission d'Eurostat, en utilisant la méthodologie de l'IPCC et EMEP/EEA ⁽³⁾	Energie : données IEA Autres secteurs ⁽⁴⁾ : Données nationales si disponibles Si non, estimation par la méthodologie de l'IPCC

Source : (Kanemoto, Moran, et Hertwich 2016) (Genty, Arto, et Neuwahl 2012) et (Wood et al. 2014)

(1) Avant l'intégration de la Croatie

(2) Australie, Brésil, Canada, Chine, Inde, Indonésie, Japon, Corée, Mexique, Russie, Taïwan, Turquie, Etats-Unis

(3) Pour European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency

(4) Emissions fugitives des carburants, procédés industriels, usage de produits (peinture, produits d'entretien, etc.), agriculture, déchets et autres sources anthropiques

TABLEAU 4. CARACTÉRISTIQUES DES ESTIMATIONS EXISTANTES DES ÉMISSIONS DE GES DE L'ALIMENTATION MONDIALE, ET RAISONS DE LEUR REJET POUR CETTE ÉTUDE

	(Vermeulen, Campbell et Ingram 2012)	(Tilman et Clark 2014)	(Poore et Nemecek 2018)	(Schmidt et Merciai 2014)
Méthode	ACV territoriale			Tables entrées sorties
Données	Données FAO et littérature scientifique	Base d'ACV produit et littérature scientifique		EXIOBASE v2
Année de référence	Milieu des années 2000	2009	2010 environ	2004
Produits couverts	Tous sauf produits de la mer	Tous	Tous	Tous
Retenu ou non	Retenu	Rejeté	Retenu	Rejeté
Raison du rejet si rejeté / Détail de la méthodologie si retenu	Les données employées sont celles de la FAO sur la production agricole mondiale. Pour les autres postes, les auteurs ont utilisé les estimations de la littérature.	(Poore et Nemecek 2018) utilisent la même méthode mais les résultats sont plus récents et la base de donnée d'ACV produit est considérablement plus large (2 278 contre 555).	Les données employées sont majoritairement celles des ACV produit retenues. Néanmoins, certains manques sont complétés avec des estimations de la littérature existante.	Comparés aux résultats de (Gerber et al. 2013) spécifiques aux produits de l'élevage, ceux de (Schmidt et Merciai 2014) sont toujours largement supérieurs, même une fois les différences de périmètres et d'année de référence corrigés. Or les résultats de (Gerber et al. 2013) font référence : ils résultent d'une modélisation détaillée des flux de biomasse dans le système de l'élevage. D'autre part les concepteurs d'EXIOBASE v2 ont eux-mêmes reconnu une forme d'échec concernant les émissions de l'agriculture et de l'UTCATF.

Source : I4CE

TABLEAU 5. SOURCES DES DONNÉES UTILISÉES POUR L'ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GES DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE MONDIALE

Étapes du cycle	Données utilisées	Raisons
Changement d'affectation des terres (CAT)	Moyenne de la fourchette haute et basse de (Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012) et de (Poore et Nemecek 2018)	(Poore et Nemecek 2018) admettent une probable sous-estimation des émissions dues aux CAT.
Production agricole		Il est difficile de trancher entre les deux méthodes pour l'estimation de la production agricole.
Transformation	(Poore et Nemecek 2018)	Pour beaucoup de ces postes, (Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012) ont utilisé une seule estimation nationale et l'ont extrapolée à l'échelle mondiale. Par ailleurs les estimations de (Poore et Nemecek 2018) sont plus récentes.
Transport		
Emballage		
Vente		
Consommation	(Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012)	Les estimations de (Poore et Nemecek 2018) s'arrêtent à la vente.
Gestion des déchets		
Hors cycle		
Gaspillage alimentaire	(FAO 2013) (FAO, s. d.)	Seule estimation fiable connue.

Source : I4CE

TABLEAU 6. SOURCES DES DONNÉES UTILISÉES POUR L'ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GES DE LA CONSOMMATION DES PRODUITS DE L'ÉLEVAGE

Étapes du cycle	Données utilisées	Raisons
Changement d'affectation des terres (CAT)	Moyenne de (Dhoubhadel, Taheripour, et Stockton 2016), de (Poore et Nemecek 2018) et de (Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012) dont les résultats sont multipliés par 0.67 (la part de la déforestation due à l'élevage parmi la déforestation due à l'agriculture d'après (Poore et Nemecek 2018))	L'exclusion de (Gerber <i>et al.</i> 2013) s'explique par l'incomplétude des CAT couverts : uniquement la conversion de forêts en prairies en Amérique latine, et la conversion de forêts en terres cultivées pour le soja et la palme au Brésil, Argentine, Paraguay, Indonésie et Malaisie. L'inclusion des résultats de (Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012) permet de garder une cohérence entre les résultats d'émission pour l'alimentation globale et pour les produits de l'élevage, ainsi que de représenter la forte incertitude qui caractérise ce poste. Sans cette inclusion, les émissions des CAT de l'élevage auraient été vraisemblablement sous-estimés.
Production agricole	Moyenne de (Gerber <i>et al.</i> 2013) et (Poore et Nemecek 2018)	Il est difficile de trancher en faveur de l'une ou l'autre des méthodologies.
Transformation	Prorata des estimations de (Poore et Nemecek 2018) ou (Vermeulen, Campbell, et Ingram 2012) selon les cas	Absence d'estimations des émissions de GES post-ferme spécifiques aux produits de l'élevage.
Transport		
Emballage		
Vente		
Consommation	(FAO 2013) (FAO, s. d.)	Seule estimation fiable connue, donne la part des produits de l'élevage dans l'empreinte du gaspillage alimentaire.
Gestion des déchets		

Source : I4CE



www.i4ce.org