



# Impacts environnementaux des déchets alimentaires issus des ménages Genevois

## Rapport final

Préparé par :

Alexi Ernstoff (Quantis)

Jonathan Ouziel (Quantis)

Sophie Chalumeau (Quantis)

Laura Iten (Quantis)

Thibault Tribolet (Quantis)

Claudio Beretta (ETH Zurich)

Pour :



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

Contact:

Alexi Ernstoff

Sustainability consultant

[alexi.ernstoff@quantis-intl.com](mailto:alexi.ernstoff@quantis-intl.com)

Jonathan Ouziel

Sustainability consultant

[jonathan.ouziel@quantis-intl.com](mailto:jonathan.ouziel@quantis-intl.com)

<b>Titre du document</b>	<b>Rapport final</b>
<b>Version</b>	V8
<b>Date</b>	28.09.2020
<b>Auteur(s)</b>	Alexi Ernstoff: <a href="mailto:alexi.ernstoff@quantis-intl.com">alexi.ernstoff@quantis-intl.com</a> Jonathan Ouziel Sophie Chalumeau Laura Iten Thibault Tribolet Claudio Beretta
<b>Contact client</b>	Flora Madic: <a href="mailto:flora.madic@etat.ge.ch">flora.madic@etat.ge.ch</a>

<b>1. Synthèse de l'étude.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Contexte .....</b>	<b>7</b>
2.1.    Quelle quantité de nourriture gaspillons-nous ? .....	7
2.2.    Pourquoi le gaspillage alimentaire est-il un problème? .....	8
2.3.    Quelles mesures peut-on mettre en place pour lutter contre ce phénomène? .....	9
<b>3. État des lieux .....</b>	<b>11</b>
3.1.    Définitions.....	11
3.2.    Étude de la composition des poubelles à Genève .....	12
3.3.    Déchets évitables et déchets inévitables.....	13
3.4.    Vue d'ensemble des déchets alimentaires genevois .....	17
<b>4. Impacts environnementaux du gaspillage alimentaire.....</b>	<b>19</b>
4.1.    Indicateurs d'Impacts Environnementaux et méthodes .....	21
4.2.    Limites de l'étude et méthodes.....	22
4.3.    Impacts environnementaux évitables liés à la production agricole des aliments .....	23
4.4.    Impacts et bénéfices (impacts évités) environnementaux liés à l'élimination des déchets alimentaires.....	27
4.4.1.    Incinération .....	27
4.4.2.    Méthanisation et production de compost.....	29
4.5.    Comparaison entre le biogaz et l'incinération pour la fin de vie des déchets alimentaires	
31	
<b>5. Scénarios de réduction de l'impact environnemental.....</b>	<b>34</b>
<b>6. Conclusion.....</b>	<b>44</b>
<b>7. Messages principaux et accompagnement du changement .....</b>	<b>46</b>
<b>8. Annexes .....</b>	<b>48</b>

Figure 1: Répartition du gaspillage alimentaire pour les denrées alimentaires consommées en Suisse. Les aliments représentant moins de 1% n'ont pas de label. ....	14
Figure 2: Répartition des déchets alimentaires inévitables pour les denrées alimentaires consommées en Suisse. Pour les légumes et les fruits, ces déchets représentent principalement les épluchures ou les noyaux. Pour les produits animaliers, il s'agit des os, des organes, etc. ....	14
Figure 3: Vue d'ensemble du gaspillage alimentaire et des déchets alimentaires inévitables à Genève – proportions dans les poubelles vertes et noires. La quantité totale est de 40 000 tonnes.....	17
Figure 4: Vue d'ensemble du gaspillage alimentaire (déchets évitables) à Genève – proportion par type de denrées dans les poubelles vertes et noires. ....	18
Figure 5: Comparaison relative des impacts de la production des différents aliments en fonction des indicateurs environnementaux considérés (par kilogramme produit). Le rouge foncé représente les impacts les plus forts et vert foncé représente les impacts environnementaux les plus faibles. ....	24
Figure 6: Comparaison relative des impacts de production des différents aliments pondérés par leur contribution relative au gaspillage alimentaire, en fonction des indicateurs environnementaux considérés (par kilogramme de denrée gaspillée). Le rouge foncé représente les impacts les plus forts et le vert foncé représente les impacts les plus faibles. ....	25
Figure 7: Impacts et bénéfices sur le changement climatique de la fin de vie des différentes denrées alimentaires, en fonction de la poubelle dans laquelle elles sont jetées. La teneur en eau par kg de denrée alimentaire est indiquée par une croix rouge. Les données sont ordonnées par ordre de bénéfices grandissants en fin de vie (incinération et méthanisation). ....	32
Figure 8 : Comparaison de l'empreinte carbone des différents scénarios envisagés. ....	36
Figure 9 : Comparaison de l'impact sur la Qualité de l'air des différents scénarios envisagés. ....	38
Figure 10 : Comparaison de l'impact sur la Qualité des sols des différents scénarios considérés. ....	40
Figure 11 : Comparaison de l'impact sur la Qualité de l'eau des différents scénarios considérés. ....	42

Tableau 1: Quantité de déchets dans le canton de Genève .....	13
<i>Tableau 2 : Quantité de denrées achetées à Genève et les proportions qui sont consommées et jetées. Synthèse de données de Beretta et al. (2019). Les cellules grisées représentent les contributions nulles. ....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 3: Quantités des denrée jetées à Genève et les proportions de déchets évitables et non évitables. Synthèse de données de Beretta et al. (2019). Les cellules gris clair représentent les contributions inférieures à 1%, tandis que les cellules gris foncé sont les denrées considérées comme ne générant aucun déchet inévitable. ....</i>	<i>16</i>
Tableau 4: Scénarios envisagés avec les deux meilleurs (n°1 et n°2) indiqués à chaque fois pour le climat, la qualité de l'air, la qualité des sols et la qualité de l'eau .....	35
Tableau 5: Noms exacts des catégories de Beretta et al. 2019 et de la base de données USDA avec les pourcentages d'eau et de matière sèche utilisées dans cette étude. L'ombrage gris indique des types d'aliments cuisinés.....	48
Tableau 6: Détail des différentes catégories de denrées alimentaires et leur base de données environnementale associée pour les hypothèses de la présente étude .....	51
Tableau 7 : Hypothèses et calculs permettant d'estimer les bénéfices long terme du compost sur le rendement d'une plantation agricole.....	52

# 1. Synthèse de l'étude

Suite à la campagne d'identification de la composition des ordures ménagères incinérées des genevois en 2019, il ressort que les déchets alimentaires représentent un tiers des déchets incinérés. Si l'on considère l'ensemble de la production de déchets ménagers des genevois (incinérés et triés à la source), les déchets alimentaires représentent 22,3% du poids total<sup>1</sup>.

Ces déchets alimentaires se répartissent ainsi :

- 80% sont des déchets évitables – du gaspillage alimentaire absolu – qui sont issus de plats cuisinés non entièrement consommés, d'aliments périmés, et souvent d'aliments jetés encore dans leur emballage d'origine.
- 20% sont des déchets alimentaires inévitables – de cuisine – souvent constitués d'épluchures, d'os, de noyaux, etc.

Cela signifie que 4,5% de la poubelle des genevois est constitué de déchets alimentaires inévitables et que **18% sont du gaspillage alimentaire**.

Afin de réduire au maximum les impacts environnementaux de nos déchets alimentaires, la stratégie est la suivante :

## 1. Réduction du gaspillage alimentaire avec un objectif zéro gaspillage

## 2. Tri des déchets organiques dans la petite poubelle verte.

Dans une approche multicritère des impacts environnementaux (changement climatique, qualité de l'air, de l'eau et des sols), il est préférable de trier le gaspillage non résolu et les déchets inévitables dans la petite poubelle verte en vue de méthanisation et de compostage.

Dans une approche monocritère axée sur la qualité de l'air, ou sur la qualité des sols, ou sur la qualité de l'eau, la petite poubelle verte est également à privilégier. Mais dans une approche monocritère axée sur le changement climatique, il peut être intéressant d'effectuer un tri sélectif afin de jeter les déchets humides (légumes, fruits) dans la petite poubelle verte, et les déchets carnés, céréaliers ou les huiles dans la poubelle noire où ils seront mieux revalorisés via une incinération avec récupération d'énergie.

---

<sup>1</sup> Composition de la poubelle des genevois, l'essentiel en bref, 2019, GESDEC-Etat de Genève

## 2. Contexte

### 2.1. Quelle quantité de nourriture gaspillons-nous ?

Les statistiques mondiales fournies par le département pour l'alimentation et l'agriculture des Nations Unies suggèrent que, de la ferme à l'assiette, environ 30% de la nourriture produite pour être consommée est perdue ou gaspillée. Dans les pays en voie de développement, les pertes (entre les producteurs et les revendeurs) alimentaires sont, de manière générale, plus importantes que le gaspillage (du revendeur au consommateur) alimentaire. À contrario, dans les pays développés, le gaspillage alimentaire au niveau du consommateur est la principale problématique rencontrée.<sup>2</sup> Ce contraste s'explique par des différences structurelles (ex. accès à la réfrigération, prédictions météorologiques, gestion des stocks après la récolte, ...) ainsi que par des mécaniques socio-économiques distinctes. En réponse à cette quantité affolante de nourriture gaspillée, des efforts globaux sont entrepris par diverses organisations non-gouvernementales (telles que la FAO, le WRI ou le WRAP) et gouvernementales (Commission européenne par exemple) afin de comprendre comment mieux mesurer et endiguer le gaspillage alimentaire.

En Suisse, la recherche la plus importante sur le sujet a été menée par Beretta et al. de l'EPF Zürich. Dans une étude récente, Beretta et al. (2019)<sup>3</sup>, a confirmé les grandes quantités de nourriture gaspillées en Suisse au niveau du consommateur et a permis de récolter des informations plus précises sur les différents types d'aliments jetés et non-consommés (ex. légumes ou viandes) et de classer ces déchets alimentaires entre les déchets non-comestibles (les os, les épluchures, ...) et les déchets issus de gaspillage alimentaire (aliments encore propres à la consommation jetés). Aujourd'hui en Suisse, plus de 2,8 millions de tonnes d'aliments sont perdues ou gaspillées sur l'ensemble de la filière alimentaire, y compris les pertes dans les pays de production. Cela correspond à plus de 330 kilogrammes de déchets par habitant et par an. Ces déchets alimentaires représentent à eux seuls plus de 25% de l'impact environnemental de l'alimentation en Suisse.

Au vu de ces chiffres, les déchets alimentaires représenteraient 7% de l'impact environnemental de la consommation suisse ; et le gaspillage alimentaire représenterait 20% de l'impact environnemental de l'alimentation suisse, soit 5,6% de l'impact environnemental de la consommation suisse.

---

<sup>2</sup>SAVE FOOD: Initiative mondiale de réduction des pertes et du gaspillage alimentaires (FAO, 2011) : <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/fr/>

<sup>3</sup>Beretta et al. (2019) : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dechets/guide-des-dechets-a-z/biodechets/types-de-dechets/dechets-alimentaires.html>

## 2.2. Pourquoi le gaspillage alimentaire est-il un problème?

Le gaspillage alimentaire est une problématique à la fois sociale, économique, éthique et environnementale. Ici, ce rapport se concentre principalement sur les aspects environnementaux du gaspillage alimentaire afin d'informer le processus décisionnel de l'État de Genève. En effet, la production de nourriture joue un rôle prépondérant dans plusieurs problématiques environnementales telles que l'utilisation du sol et de l'eau, les émissions de gaz à effet de serre dues à l'agriculture intensive, ainsi que la pollution de l'eau, de l'air et des sols. En Suisse, l'alimentation représente 28% de l'impact environnemental de la consommation.<sup>4</sup> Parallèlement aux efforts faits pour améliorer l'efficacité de l'agriculture globale ou pour réduire la consommation de viande dans les pays développés, la réduction du gaspillage alimentaire sur l'ensemble de la filière est un des leviers principaux pour atteindre les objectifs de durabilité du système alimentaire mondial.<sup>5</sup> Ceci est également valable pour la Suisse. Trois efforts principaux sont nécessaires afin de réduire les impacts environnementaux de l'alimentation :

- 1) réduction de la consommation viande (surtout importée ou nourrie avec des graines importées),
- 2) augmentation de l'efficacité de la production, et
- 3) la diminution du gaspillage.

Finalement, il reste toujours des efforts à faire afin de réduire les impacts liés aux emballages et à l'énergie nécessaire pour la production et le transport des aliments. Mais ces problèmes ne touchent pas seulement le domaine de l'alimentation et nécessitent des solutions globales.

L'impact environnemental du gaspillage alimentaire est présent et même important tout au long du cycle de vie des aliments (production, transformation, distribution, consommation, élimination). Parmi ces différentes étapes du cycle de vie, la production est le contributeur principal aux impacts environnementaux, bien plus que les transports ou les emballages. Cela est d'autant plus vrai lorsque l'on considère d'autres indicateurs que l'empreinte carbone.<sup>6</sup> De plus, certains types d'aliments peuvent avoir plus d'un millier d'impacts environnementaux différents associés seulement à leur production. Par conséquent, si l'un de ces aliments est gaspillé ne serait-ce qu'en toute petite quantité, les impacts environnementaux qui en

---

<sup>4</sup> WWF (2017): [https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2017-09/2017-08-Final\\_Report\\_WWF-Rating\\_2017\\_Food\\_Industry.pdf](https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2017-09/2017-08-Final_Report_WWF-Rating_2017_Food_Industry.pdf)

<sup>5</sup> EAT (2019): [https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet\\_Commission\\_Summary\\_Report.pdf](https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf)

<sup>6</sup> Nemecek et al. (2016): <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1071-3>

découlent peuvent être bien plus élevés que pour des aliments fortement gaspillés mais pour lesquels les impacts environnementaux de la production sont moins importants.<sup>7</sup>

Finalement, le traitement des déchets alimentaires est également un enjeu important. En effet, jeter de la nourriture peut avoir un impact conséquent sur l'environnement, en particulier lorsque les déchets sont accumulés dans des décharges non-contrôlée et dans lesquelles des systèmes de valorisation ne sont pas mis en place. De grandes quantités de gaz à effet de serre sont alors émises lors de la décomposition de ces déchets, notamment du méthane.<sup>8</sup>

Outre les impacts environnementaux, le gaspillage alimentaire a également un coût économique pour les Suisses. D'après l'étude pour l'OFEV de Beretta et al. (2019), le coût annuel du gaspillage alimentaire au niveau du consommateur se monte à plus de 5 milliards de francs au niveau national, soit plus de 600 francs par habitant.

### 2.3. Quelles mesures peut-on mettre en place pour lutter contre ce phénomène?

Une des solutions généralement mises en avant afin de réduire les impacts négatifs des pertes alimentaires est leur revalorisation, mais ces bénéfices ne couvrent qu'une part infime des bienfaits qui pourraient être réalisés en limitant fortement la quantité de nourriture gaspillée par les consommateurs. En effet, les déchets alimentaires dits « évitables » équivalent à près d'une demi tonne de CO<sub>2</sub> émise par habitant et par année. Les résultats de l'étude de Beretta et al. (2019) facilitent la mise en place de mesures précises et ciblées afin de réduire la quantité de déchets provenant du gaspillage alimentaire. Dans ses objectifs de développement durable (Objectif 12: Établir des modes de consommation et de production durables), l'ONU prévoit "d'ici à 2030, de réduire de moitié à l'échelle mondiale le volume de déchets alimentaires par habitant au niveau de la distribution comme de la consommation et réduire les pertes de produits alimentaires tout au long des chaînes de production et d'approvisionnement, y compris les pertes après récolte".<sup>9</sup> Afin d'atteindre cet objectif, il s'agit de réduire les pertes au niveau des consommateurs (ménages, restauration et commerce de détail), mais également de réduire fortement les pertes liées à la production et la transformation de ces aliments. Selon l'étude, la réalisation de cet objectif permettrait une diminution de 40 à 60% de l'impact environnemental des pertes alimentaires en Suisse. Grâce à la mise en place de mesures efficaces dans ce domaine, l'impact environnemental global lié à l'alimentation des suisses reculerait de 10 à 15% par habitant.

---

<sup>7</sup> FAO (2013): <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>

<sup>8</sup> Kibler et al. (2018): <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X18300151>

<sup>9</sup> ONU (2020): <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/>

En Suisse, afin d'atteindre l'objectif fixé par l'ODD 12.3, il est crucial d'agir au niveau des ménages, restaurateurs et commerces de détail (où l'impact environnemental des déchets alimentaires est le plus élevé) car c'est là que les mesures se révèlent particulièrement efficaces. Les mesures visant un changement de comportement du consommateur jouent un rôle clé dans cet effort. En effet, de par la sensibilisation et l'éducation il est possible de changer les habitudes du consommateur et ainsi réduire les déchets alimentaires occasionnés dans les ménages. Un changement des habitudes du consommateurs peut également, par effet boule de neige, réduire les pertes occasionnées plus en amont de la filière (par exemple en consommant des aliments produits localement). Bien sûr, c'est en combinant des mesures individuelles citoyennes, des campagnes de sensibilisation et d'éducation soutenues par les pouvoirs publics ainsi que des mesures politiques sur le cadre légal et financier que les meilleurs résultats seront obtenus.

Afin de diriger efficacement les campagnes de sensibilisation et encourager un changement de comportement, il est crucial de comprendre quels types de nourriture sont jetés, de quelle manière ils sont jetés ainsi que les impacts environnementaux associés. Le Canton de Genève peut utiliser les informations fournies dans ce rapport pour diriger ses futures campagnes de sensibilisation de ses citoyens à la problématique du gaspillage alimentaire (ex. compostage domestique, dates de péremption, ...).

## 3. État des lieux

### 3.1. Définitions

Dans la présente étude, 2 grandes catégories de déchets alimentaires sont établies en fonction du type d'aliment et de l'état dans lequel ils se présentent. Ces catégories, jonction des nomenclatures du rapport GESDEC et de l'étude de Beretta et al. (2019), sont présentées ici :

- **Déchets de alimentaires inévitables** : ceux-ci représentent la partie des aliments non-comestibles ou qui ne sont pas considérés comme consommables de manière générale. Sont inclus dans cette catégorie notamment les épluchures de fruits et légumes et les os. Les déchets de cette catégorie ne sont donc pas considérés comme étant du gaspillage alimentaire. Dans le contexte du canton de Genève, ces déchets sont considérés comme inévitables. Dans le contexte mondial et en fonction des habitudes culturelles, il est possible que les parties considérées non-comestibles à Genève soient considérées comme comestibles par d'autres. Cette définition a donc un caractère subjectif.
- **Gaspillage alimentaire** :
  - o **nourriture non-consommée, (évitables)**: ceux-ci représentent les restes de plats qui n'ont pas été finis, ou bien qui ont été jetés après avoir été préparés ou cuisinés. Ils sont considérés comme du gaspillage alimentaire. N.B : Dans le rapport GESDEC, cette catégorie et la précédente ne sont pas différenciées.
  - o **nourriture dans son emballage d'origine (évitables)**: ici sont comptabilisés les produits encore emballés ou dont au moins 75% de l'aliment a été jeté tel quel. Ils sont considérés comme du gaspillage alimentaire. Cette catégorie est considérée à part dans le rapport GESDEC.
- **Déchets alimentaires** : représentent la somme des catégories présentées ci-dessus : déchets alimentaires inévitables + gaspillage alimentaire (nourriture non-consommée ou encore dans son emballage d'origine)

Il est important de noter qu'autant l'étude du GESDEC<sup>10</sup>, que celle de Beretta et al.<sup>11</sup>, cette présente analyse portent sur les déchets alimentaires découlant de la consommation, et non des pertes provenant de l'agriculture (produits non récoltés ou non vendus). Cette analyse se base sur l'étude de la composition de la poubelle genevoise par le GESDEC ainsi que sur les données récoltées par Beretta et al. pour estimer la part des déchets évitables et inévitables, évaluer leurs impacts environnementaux respectifs et mesurer les réductions d'impacts potentielles.

---

<sup>10</sup> Composition de la poubelle des genevois, l'essentiel en bref, 2019, GESDEC-Etat de Genève

<sup>11</sup> Beretta et al. (2019)

### 3.2. Étude de la composition des poubelles à Genève

Le canton de Genève a mis en place la « petite poubelle verte » pour le tri et la valorisation des déchets alimentaires, qui sont utilisés pour la méthanisation (production de biogaz). En théorie, c'est dans cette poubelle que devraient se retrouver tous les déchets alimentaires des ménages, mais dans les faits on en retrouve une majorité dans la « poubelle noire » (poubelles des ordures ménagères). En effet, les déchets ne sont souvent pas triés par le consommateur, et la proportion de déchets alimentaires présente dans les poubelles noires et dans les petites poubelles vertes a été mesurée.

Pour faire cet état des lieux, le rapport du GESDEC, qui présente les résultats de l'analyse de la composition des déchets ménagers du canton de Genève, a été utilisé. Ce rapport a été écrit en 2019 sur la base d'une étude de terrain effectuée cette même année, où des échantillons considérés comme représentatifs des déchets produits par la population genevoise ont été prélevés puis triés en différentes catégories.

Les déchets alimentaires ont été catégorisés dans le rapport du GESDEC de la manière suivante :

- **Déchets de cuisine** : déchets de repas jetés en vrac (fruits, légumes, pâtes, riz, pain, viande, sachets de thé, marc et filtres de café, os, arrêtes de poisson)
- **Déchets de gaspillage alimentaire** : déchets de repas **dans** leur emballage d'origine ou non-consommés (ex. un fruit ou un légume jeté dans son emballage)

En plus de ceci, les aliments entamés à moins de 75% (selon une évaluation qualitative) étaient également considérés dans la catégorie « Déchets de gaspillage alimentaire ». De plus, comme les produits de cette catégorie sont pour la majorité encore dans leur emballage, le poids de ce dernier est pris en compte dans le poids total. Il est estimé qu'il représente en moyenne 14% de la quantité totale comptabilisée dans cette catégorie.

Les quantités de déchets répertoriées sont indiquées dans le Tableau 1 ci-dessous :

Type de déchets	Tonnage total en 2018
Ordures ménagères totale	100 000*
Déchets de cuisines : Nourriture non consommée + déchets de parties non comestibles	40 000*
Nourriture dans l’emballage d’origine	7 000*

Tableau 1: Quantité de déchets dans le canton de Genève

\*Ces valeurs arrondies sont extraites de la version préliminaire du rapport du GESDEC, dans le tableau 7.

Suivant la séparation en trois catégories des différents types de gaspillages, le rapport GESDEC catégorise également ces déchets par « poubelle ». Ainsi la fin-de-vie des déchets de cuisine peut être précisée et séparée entre la méthanisation et l’incinération. Au niveau des chiffres, 19% des déchets sont jetés dans la petite poubelle verte et 81% dans la poubelle noire.

### 3.3. Déchets évitables et déchets inévitables

Grâce aux données de Beretta et al. (2019) nous avons pu estimer la proportion des déchets alimentaires inévitables et des déchets de gaspillage alimentaire pour chaque type de denrée. Ces données sont basées sur un modèle empirique où il est considéré que certaines denrées alimentaires ne peuvent engendrer aucune part de déchets alimentaires inévitables (les pâtisseries ou le riz par exemple). Les proportions liées au gaspillage alimentaire (déchets évitables) (Figure 1) aux déchets alimentaires inévitables (Figure 2) sont présentés par type de denrée. Les chiffres sont détaillés dans le Tableau 2.

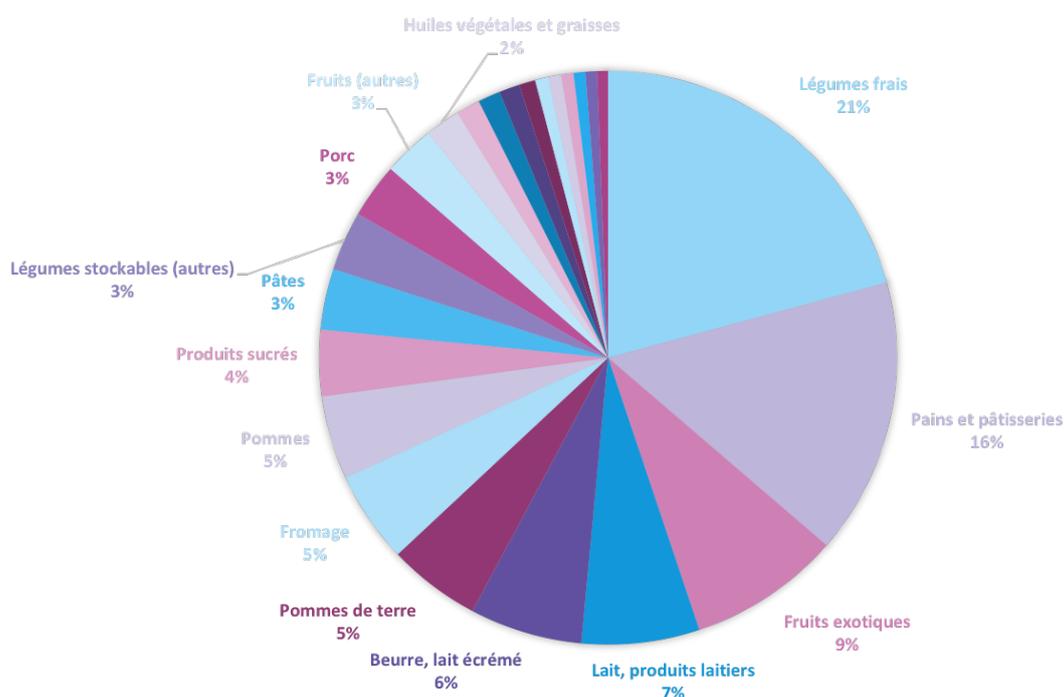


Figure 1: Répartition du gaspillage alimentaire pour les denrées alimentaires consommées en Suisse. Les aliments représentant moins de 1% n'ont pas de label.

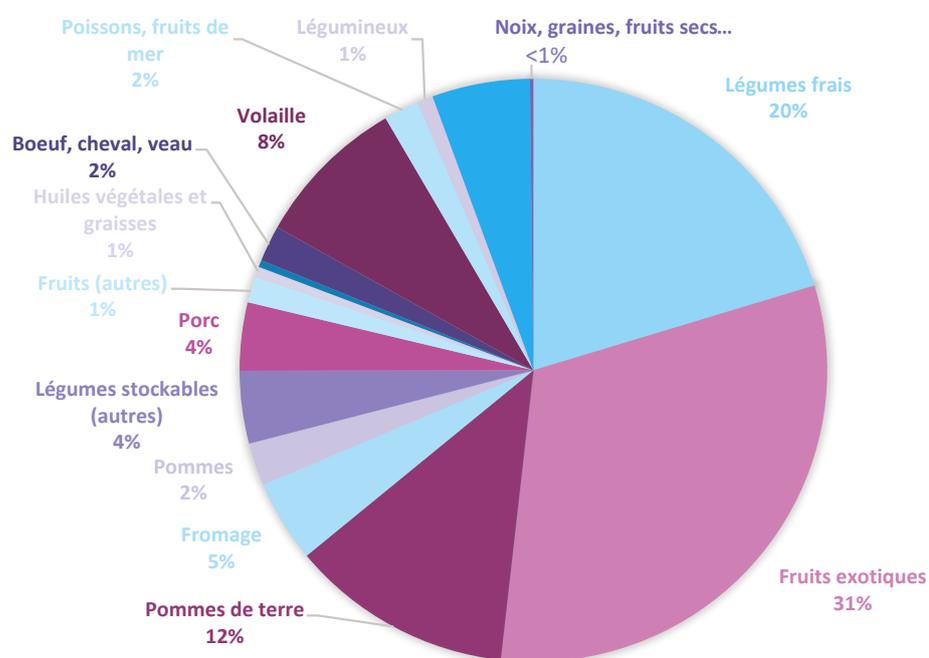


Figure 2: Répartition des déchets alimentaires inévitables pour les denrées alimentaires consommées en Suisse. Pour les légumes et les fruits, ces déchets représentent principalement les épluchures ou les noyaux. Pour les produits animaliers, il s'agit des os, des organes, etc.

Le Tableau 2 synthétise les estimations de quantités des denrées achetées par année et par habitant à Genève (extrapolées des données suisses), et la proportion de ces quantités qui sont soit consommées ou jetées.

Par exemple, pour les légumes frais achetés (34,6 kg/habitant/an en Suisse), 53% sont mangés et 47% sont jetés dont : 38% sont du gaspillage alimentaire et 9% sont des déchets alimentaires inévitables.

Type de denrées	Total acheté par année par habitant (kg)	Aliments consommés	Déchets évitables	Déchets inévitables
		Proportion par kg d'aliments achetés		
Légumes frais	34.6	53%	38%	9%
Pains et pâtisseries	25.2	61%	39%	0%
Fruits exotiques	22.1	54%	24%	22%
Lait, produits laitiers	46.4	91%	9%	0%
Beurre, lait écrémé	49.8	92%	8%	0%
Pommes de terre	20.9	75%	16%	9%
Fromage	23.3	83%	14%	3%
Pommes	8.3	60%	36%	4%
Produits sucrés	19.7	88%	12%	0%
Pâtes	6.8	68%	32%	0%
Légumes stockables (autres)	6.8	60%	31%	9%
Porc	11.6	78%	17%	5%
Fruits (autres)	4.4	54%	41%	5%
Huiles végétales et graisses	8.0	83%	16%	1%
Riz	2.6	68%	32%	0%
Baies	2.9	71%	27%	2%
Bœuf, cheval, veau	6.1	83%	12%	5%
Volaille	4.5	59%	13%	29%
Poissons, fruits de mer	3.5	78%	14%	9%
Légumineux	1.5	60%	31%	9%
Légumes transformés	3.1	86%	14%	0%
Œufs	4.6	73%	9%	18%
Noix, graines, fruits secs	2.6	83%	16%	1%
Jus de fruit exotiques	5.5	93%	7%	0%
Cacao, café, thé, tisane	5.3	94%	6%	0%
Jus de pomme	3.8	93%	7%	0%
Maïs	1.0	76%	17%	7%
Fruits en conserve	0.4	84%	16%	0%
Jus de fruit (autres)	0.9	93%	7%	0%

Tableau 2 : Quantité de denrées achetées à Genève et les proportions qui sont consommées et jetées. Synthèse de données de Beretta et al. (2019). Les cellules grisées représentent les contributions nulles.

Le Tableau 3 présente les quantités totales de déchets alimentaires annuels par habitant, et les proportions de déchets évitables et inévitables. Il est un prolongement du Tableau 2.

Par exemple, un consommateur suisse jette 16,25 kg de légumes frais par an (les 47% du Tableau 2), ce qui représente 16% de la totalité du gaspillage alimentaire et 4% de la totalité des déchets alimentaires inévitables.

Type de denrées	Quantité de déchets alimentaires totale par habitant et par an (kg)	Déchets évitables	Déchets inévitables
		Proportion par kg de déchets alimentaires (total)	
Légumes frais	16.25	16%	4%
Pains et pâtisseries	9.84	12%	0%
Fruits exotiques	10.23	7%	6%
Lait, produits laitiers	4.17	5%	0%
Beurre, lait écrémé	3.98	5%	0%
Pommes de terre	5.17	4%	2%
Fromage	3.96	4%	<1%
Pommes	3.34	4%	<1%
Produits sucrés	2.36	3%	0%
Pâtes	2.17	3%	0%
Légumes stockables (autres)	2.74	3%	<1%
Porc	2.53	2%	<1%
Fruits (autres)	2.04	2%	<1%
Huiles végétales et graisses	1.33	2%	<1%
Riz	0.84	1%	0%
Baies	0.85	<1%	<1%
Bœuf, cheval, veau	1.04	<1%	<1%
Volaille	1.87	<1%	2%
Poissons, fruits de mer	0.76	<1%	<1%
Légumineux	0.59	<1%	<1%
Légumes transformés	0.44	<1%	0%
Œufs	1.24	<1%	1%
Noix, graines, fruits secs	0.43	<1%	<1%
Jus de fruit exotiques	0.39	<1%	0%
Cacao, café, thé, tisane	0.31	<1%	<1%
Jus de pomme	0.26	<1%	0%
Maïs	0.25	<1%	<1%
Fruits en conserve	0.07	<1%	0%
Jus de fruit (autres)	0.06	<1%	0%
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>

Tableau 3: Quantités des denrées jetées à Genève et les proportions de déchets évitables et non évitables. Synthèse de données de Beretta et al. (2019). Les cellules gris clair représentent les contributions inférieures à 1%, tandis que les cellules gris foncé sont les denrées considérées comme ne générant aucun déchet inévitable.

### 3.4. Vue d'ensemble des déchets alimentaires genevois

L'agrégation des différentes informations et études précédentes permet de donner une vue globale détaillée du gaspillage alimentaire dans le canton, comme illustré à la Figure 3 où l'on peut apprécier la répartition des différents types de déchets au sein de la poubelle noire et de la petite poubelle verte.

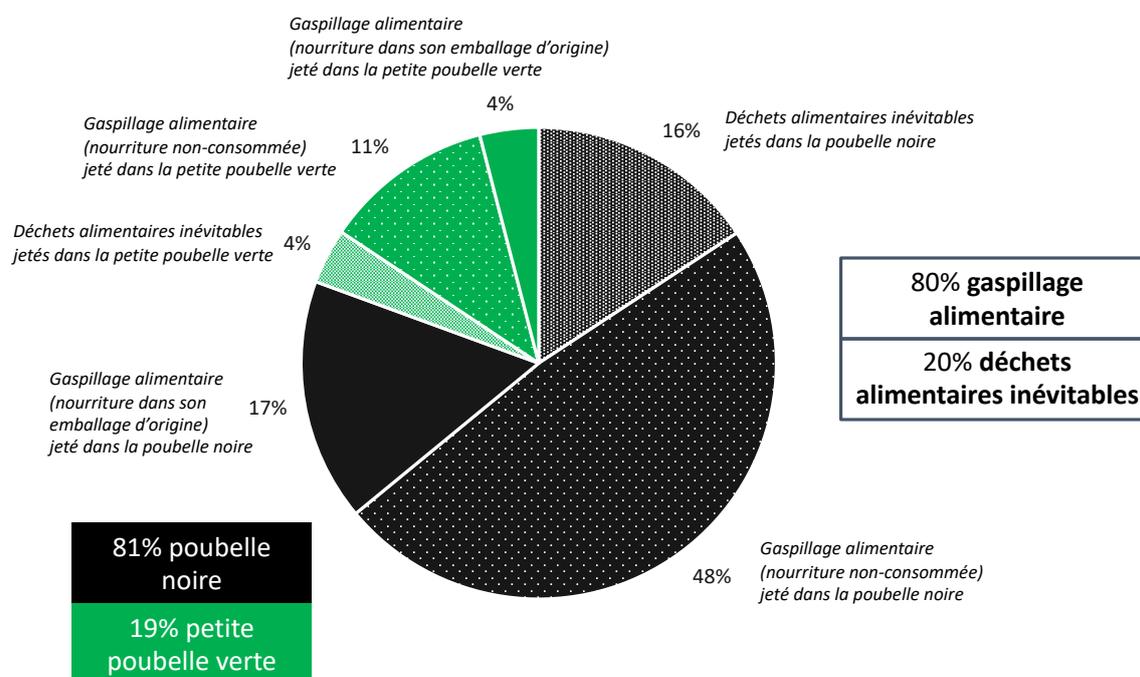


Figure 3: Vue d'ensemble du gaspillage alimentaire et des déchets alimentaires inévitables à Genève – proportions dans les poubelles vertes et noires. La quantité totale est de 40 000 tonnes.

On peut ainsi constater que 80% des déchets alimentaires sont en réalité du gaspillage alimentaire. Les 20% des déchets restants sont donc des déchets alimentaires inévitables. Cette répartition a spécifiquement été constatée au sein de la poubelle noire.

Étant donné un manque d'information quant à la répartition possible au sein de la petite poubelle verte, l'hypothèse a été faite que la répartition entre gaspillage alimentaire et déchets alimentaires inévitables dans cette petite poubelle verte est la même que celle constatée dans la poubelle noire.

On constate également que les déchets alimentaires issus des ménages sont principalement jetés dans la poubelle noire (81%), le reste est jeté dans la petite poubelle verte (19%).

L'étude du GESDEC suggère qu'environ 23% des déchets de ménages sont des déchets alimentaires. **On en conclut que le gaspillage alimentaire correspond à environ 18% des déchets globaux des ménages genevois et que les déchets alimentaires inévitables correspondent à 4,5% des déchets globaux des ménages genevois.**

La Figure 4 permet quant à elle de mieux comprendre quelles sont les denrées alimentaires qui constituent la majorité du gaspillage alimentaire annuel du canton et comment celles-ci sont réparties entre la poubelle noire et la petite poubelle verte.

La petite poubelle verte est minoritaire.

Sur l'ensemble des denrées alimentaires achetées, les légumes frais, les pains et pâtisseries et fruits exotiques sont plus gaspillés en données brutes (plus de 2000 tonnes/an).

Les produits laitiers, les pommes, les produits sucrés, les légumes transformés, le porc et les fruits viennent ensuite.

Le riz, les produits carnés (sauf porc), les poissons, les légumineux, les œufs et jus de fruits sont les moins gaspillés.

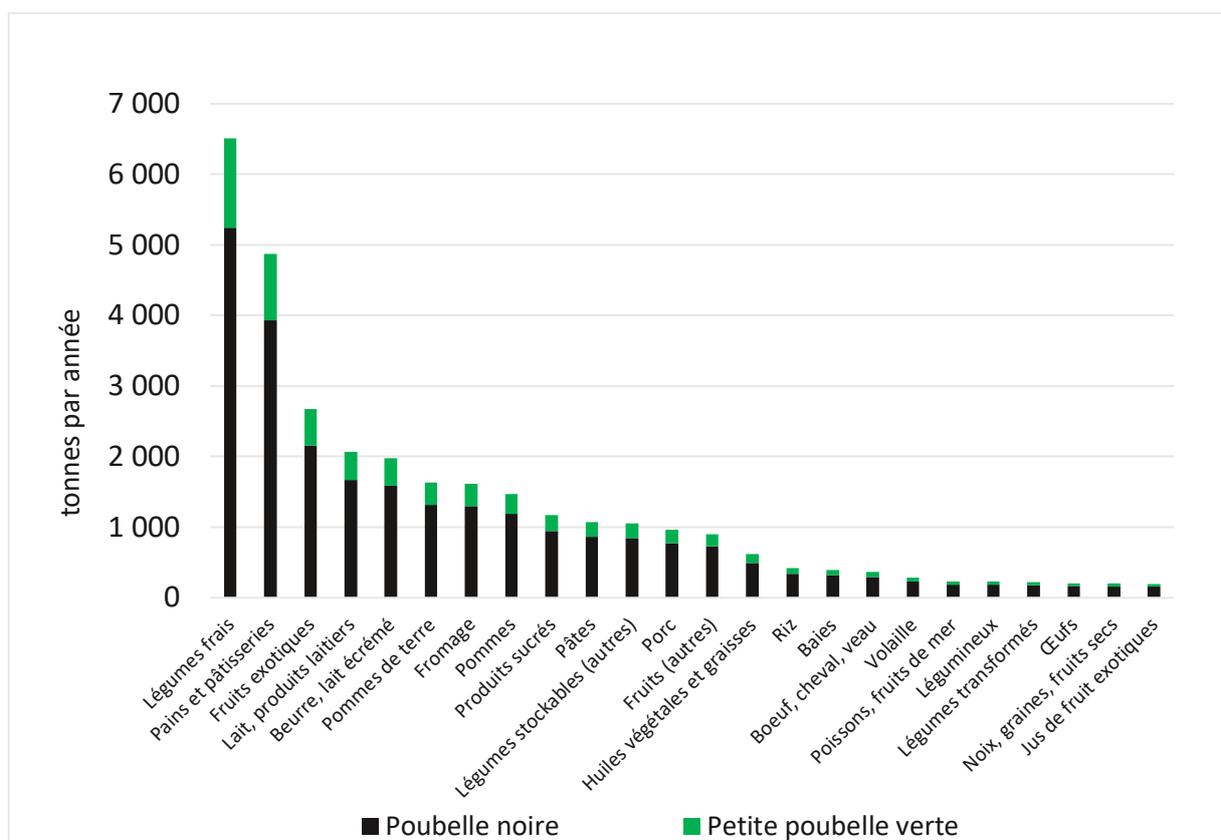


Figure 4: Vue d'ensemble du gaspillage alimentaire (déchets évitables) à Genève – proportion par type de denrées dans les poubelles vertes et noires.

## 4. Impacts environnementaux du gaspillage alimentaire

La présente étude vise à répondre à la question « quel est l'impact environnemental du gaspillage alimentaire dans le canton de Genève ? », afin d'obtenir les informations nécessaires à l'accompagnement du changement de comportement et à l'élaboration de futures campagnes de sensibilisation. Les impacts de la production et du transport dans l'agriculture ont été considérés quand ils étaient pertinents et mesurables (par exemple les produits dont les données sur les processus de traitement et de transformation sont disponibles comme le lait, le beurre, le café, le pain, les pâtes ainsi que les fruits et légumes). En revanche, les valeurs précises d'impacts de l'entier du cycle de vie des produits achetés à Genève (emballages, transport par le consommateur, etc.) n'ont pas été calculées. En effet, au vu de la grande incertitude et du manque de données disponibles, ces informations ne donneraient pas des résultats concrets et significatifs. De plus, ces données ne sont pas cruciales lorsque l'on mesure les bénéfices de la réduction de la quantité de déchets alimentaires. En revanche, les impacts (et les bénéfices) de la valorisation des déchets alimentaires pour méthanisation (avec production de biogaz, de digestat et compost) et de l'incinération (avec récupération de l'énergie) ont été pris en compte.

Dans la section précédente de ce rapport, les données sur la composition des poubelles genevoises (étude GESDEC) ont été rapportées. La part des déchets comestibles et non-comestibles (basé sur la recherche de Beretta) ont été mesurées afin d'identifier les proportions de ces différentes catégories de déchets alimentaires dans la petite poubelle verte et dans la poubelle noire. Ces informations sont cruciales afin de comprendre et mesurer les impacts (et bénéfices) environnementaux liés à l'incinération et à la méthanisation. Ces données ont ensuite été séparées par type d'aliment (tels que légumes, viande, etc.). Ces données sont très importantes afin de comprendre les impacts liés à la production de ces aliments. En Suisse, où une portion des déchets alimentaires sont valorisés par la méthanisation ou par incinération, la source la plus forte de l'impact alimentaire est due à la production agricole. Pour mesurer ces impacts, cette étude combine les données sur les déchets alimentaires aux données des impacts environnementaux liés à l'agriculture.

La section 3 estime les impacts environnementaux de ces différentes catégories de déchets en se basant sur différents indicateurs liés aux émissions de gaz à effet de serre (empreinte carbone), à la qualité de l'air (impacts sur la santé humaine, particules dans l'air), à la qualité du sol (eutrophication des sols due à l'azote, perte de la capacité des sols à supporter la biodiversité) ainsi qu'à la qualité des eaux (impacts sur les milieux aquatiques de la contamination chimique). Les indicateurs utilisés proviennent des méthodes approuvées internationalement pour la pratique de l'ACV. La méthodologie de l'ACV présente toutefois quelques limitations. Par exemple, il n'existe pour l'instant pas encore de méthode pour

calculer l'impact général sur la surface des sols des produits agricoles. Les limitations de l'ACV sont discutées plus en détails dans la section 4.2. Une autre limitation de cette étude réside dans le fait qu'il n'est pas possible dans le cadre de cette recherche de déterminer exactement où la nourriture consommée par les genevois est achetée et jetée. Par conséquent, il n'est pas possible de faire des analyses spécifiques sur des lieux précis, alors que les impacts hydriques ou les impacts sur les écosystèmes varient fortement en fonction de leur localisation.

Comme mentionné précédemment, les impacts et les bénéfices du choix de méthode de valorisation des déchets (méthanisation ou incinération) ont également été étudiés. Pour ces processus de fin-de-vie, seule l'empreinte carbone a été considérée car le principal bénéfice de cette valorisation est le remplacement potentiel d'énergies fossiles (ex. remplacement de la combustion de pétrole pour produire de la chaleur et de l'électricité). Pour ces bénéfices liés à la production énergétique, l'indicateur le plus pertinent est l'empreinte carbone. Les impacts sur les sols, l'eau, la qualité de l'air, l'usage de l'eau et la perte de biodiversité liés à la consommation d'énergie peuvent être importants dans le processus de décision, notamment dans le choix entre des véhicules électriques ou à essence dans une ville (influence sur la qualité de l'air), dans la décision de produire de l'énergie dans un endroit souffrant d'un manque d'eau (augmentation de la pression sur les ressources en eau) ou encore dans le choix d'emplacement pour l'extraction de pétrole ou de gaz. En revanche, ces décisions sont considérées comme étant en dehors du scope de cette recherche qui se concentre sur le processus décisionnel concernant le gaspillage alimentaire et non sur la planification énergétique.

## 4.1. Indicateurs d'Impacts Environnementaux et méthodes

La méthodologie midpoint « Environmental Footprint », développée par la commission européenne, est utilisée dans la présente étude. Cette méthode est reconnue internationalement pour mesurer l'impact environnemental selon les indicateurs suivant:

- **Changement climatique (Empreinte carbone)** : Effets liés aux émissions de gaz à effet de serre tels que  $N_2O$ ,  $CH_4$  et  $CO_2$ , données en unité standardisée de  $kg\ CO_2\text{-eq}$
- **Qualité de l'air** : Émissions de particules et autres impacts sur la qualité de l'air pouvant impacter la santé humaine, données en unité standardisée de toxicité humaine comparée : «nombre de cas» (nombre de cas de maladies causées par les émissions de particules).
- **Qualité des sols** : Eutrophisation terrestre causée par la quantité d'azote pouvant mener à des déséquilibres du microbiote des sols, donnée en unité standardisée de  $N\text{-mol eq}$
- **Qualité de l'eau** : Écotoxicité causée par des pesticides et métaux lourds libérés dans les eaux et conduisant à des déséquilibres et à la mort de certaines espèces sensibles, donnée en unités standardisées d'écotoxicité comparée (CTUe).

Les indicateurs utilisés sont un sous-échantillon des nombreux indicateurs permettant de quantifier les impacts sur l'environnement. Ils ont été choisis pour donner une vision holistique des impacts et mettre en avant les différences entre les diverses pratiques de déchets et gaspillage alimentaire. Il est important de noter que les émissions de gaz à effet de serre sont libérées dans l'atmosphère globale, ce qui signifie que peu importe l'endroit où la nourriture est cultivée, si des fertilisants et du carburant sont utilisés, les impacts liés à ces gaz sont globaux et ne dépendent pas du lieu de culture. Au contraire, les impacts sur la qualité de l'air, du sol et des eaux sont spécifiques au lieu de culture. Cependant, il semble trop compliqué d'obtenir la localisation exacte des fermes produisant la nourriture qui alimente le canton de Genève. Ces indicateurs doivent donc être calculés par rapport à des archétypes globaux et suisses et interprétés comme des indicateurs raisonnables des impacts relatifs potentiels des différents types de nourriture à l'échelle locale. De manière générale, comme des efforts au niveau sociétal sont entrepris afin de réduire les impacts de notre production alimentaire, des efforts devraient également être faits pour réduire les impacts associés à notre gaspillage alimentaire.

Réduire le gaspillage alimentaire c'est automatiquement réduire les impacts environnementaux liés à la production agricole de ces denrées non consommées, soit une part importante de notre alimentation et donc de nos impacts. Au-delà de la dimension éthique du "on ne jette pas la nourriture", la réduction du gaspillage alimentaire est un levier fort de réduction des impacts environnementaux liés à notre alimentation. C'est aussi à ce titre que les pouvoirs publics peuvent s'en emparer.

## 4.2. Limites de l'étude et méthodes

Cette présente étude se concentre sur les déchets et ne prend pas en compte la complexité du cycle de vie du système agro-alimentaire fournissant de la nourriture au canton de Genève, ce qui nécessiterait une étude postérieure détaillée.

Cependant, pour une analyse pertinente des impacts environnementaux liés au gaspillage alimentaire, il est important de prendre en compte le fait que les catégories d'aliments ont des impacts différents, et donc de considérer dans les calculs la partie où les impacts sont les plus importants et où il y a les plus grandes disparités entre les types d'aliments. L'accent a ainsi été mis sur:

1. la production agricole des différents types d'aliments
2. la méthode d'élimination – en particulier si la nourriture gaspillée est jetée dans la poubelle noire (incinération avec récupération d'énergie) ou dans la petite poubelle verte (méthanisation et récupération de compost)

Afin d'obtenir un compost de qualité, il est nécessaire d'avoir un mix des différentes fractions de déchets. Cependant il est évident que certaines fractions de déchets engendrent des bénéfices relativement faibles sur le compost final (car ils apportent peu de composés azotés sans pour autant apporter une part significative de composés carbonés renforçant la structure des sols).

Dans cette étude, nous avons alloué les bénéfices du compost de manière égalitaire entre les différentes fractions de déchets. Une étude spécifique sur ce sujet serait nécessaire afin de modéliser les bénéfices du compost de manière individuelle (par type de denrée).

### 4.3. Impacts environnementaux évitables liés à la production agricole des aliments

Pour les déchets alimentaires inévitables (os, épluchures, etc.), il est supposé qu'il n'y a pas d'impacts évitables liés à la production agricole (dans le cas où des données sont disponibles pour les produits transformés, ces dernières ont été utilisées). En d'autres mots, personne ne cultive de bananes pour la peau de ces bananes, il n'y a par conséquent pas d'impact associé à la culture de la peau de banane mais seulement à la culture de la banane entière. Pour le gaspillage alimentaire, l'impact de la production de cette nourriture aurait pu être évité. En d'autres mots, éviter le gaspillage d'un kilogramme de bananes éviterait aussi l'impact de sa production. Les impacts de la production retenus ici sont généralement liés à l'activité agricole, à ses différents modes cultureux, et au transport qui y est associé (produits agrochimiques comme des fertilisants et des pesticides, l'incinération de carburants dans les machines agricoles, culture sous serre, etc.).

Dans le cas spécifique de l'élevage, il y a des impacts liés à la production de la nourriture pour les animaux, la vie des animaux (ex : la gestion du fumier), et en particulier des émissions de gaz à effet de serre de la part des ruminants (gaz entériques). L'impact du changement d'affectation des terres (le carbone libéré par exemple lors de la déforestation) est aussi inclus dans ces calculs. Les évidences scientifiques s'accumulent afin de montrer que les impacts environnementaux du changement d'affectation des terres sont très incertains mais aussi très importants ; ils sont en particulier sensibles à l'endroit où la nourriture a été produite et aux dynamiques de marché.

Dans cette étude, la nourriture a été partitionnée en catégories selon les données à disposition sur le gaspillage alimentaire évitable et inévitable comme décrit à la section 3.1. Ces catégories ont été utilisées pour guider la sélection de produits alimentaires représentatifs des impacts de la production agricole, et les données de la World Food LCA Database (WFLDB) de Quantis et de la base de données ecoinvent reconnue internationalement (elle-même contenant des données de la WFLDB) ont été utilisées. La WFLDB est une base de données qui contient les statistiques de production d'aliments courants (utilisation d'énergies fossiles, infrastructure, usage du sol ou encore les pesticides et fertilisants nécessaires à la production d'un kilogramme de l'aliment). Pour les produits animaliers, les impacts liés à la production de fumier et à la fermentation entérique (pour les bovins) sont aussi inclus. Pour cette étude, dans les cas où la base de données contenait des informations globales sur la transformation de certains produits (par exemple la production de lait, de pain, de pâtes ou encore de beurre), ces données ont été utilisées. Dans le but de chiffrer les impacts « moyens » de chaque catégorie de déchets alimentaires, les aliments ont été séparés en groupes représentatifs dont les données sont disponibles sur la WFLDB. La répartition de ces hypothèses et le nom exact des entrées de la base de données (en anglais) sont disponibles en annexe Tableau 5 et Tableau 6.

La Figure 5 synthétise les impacts liés à la production des différentes catégories de denrées alimentaires en fonction des quatre indicateurs environnementaux considérés dans cette étude (par kilogramme de production).

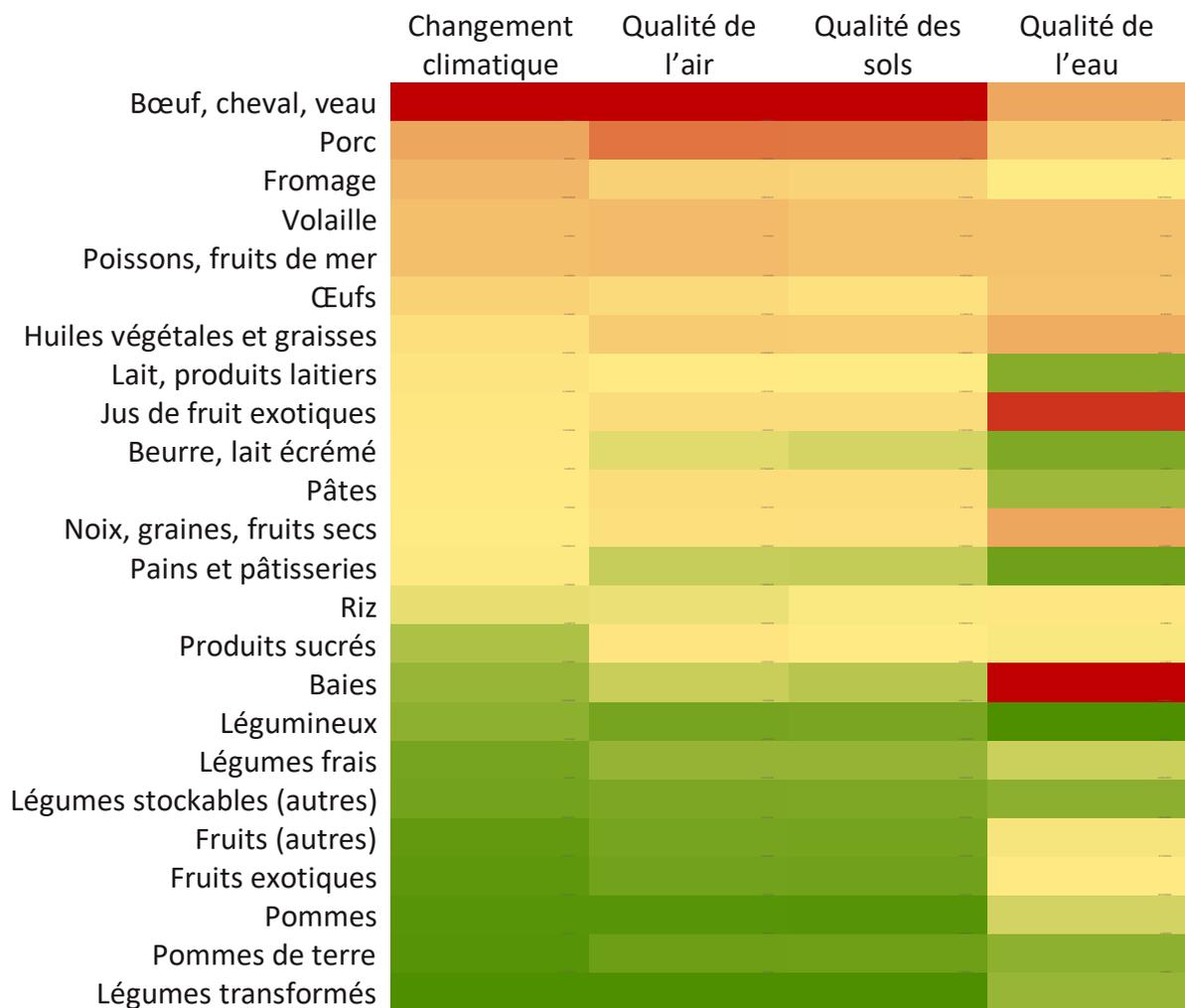


Figure 5: Comparaison relative des impacts de la production des différents aliments en fonction des indicateurs environnementaux considérés (par kilogramme produit). Le rouge foncé représente les impacts les plus forts et vert foncé représente les impacts environnementaux les plus faibles.

Par exemple, la production de bœuf, cheval et veau a un impact environnemental fort sur le climat, la qualité de l'air et la qualité des sols et un impact moyen sur la qualité de l'eau.

De la même manière, la production relative à la catégorie des légumes transformés a un très faible impact sur le climat, la qualité de l'air et la qualité des sols et un impact faible sur la qualité de l'eau.

La Figure 6 synthétise quant à elle les impacts uniquement liés au gaspillage alimentaire. Ceux-ci représentent les impacts environnementaux représentés ci-dessus pondérés par la contribution au gaspillage alimentaire constaté au sein du canton de Genève.

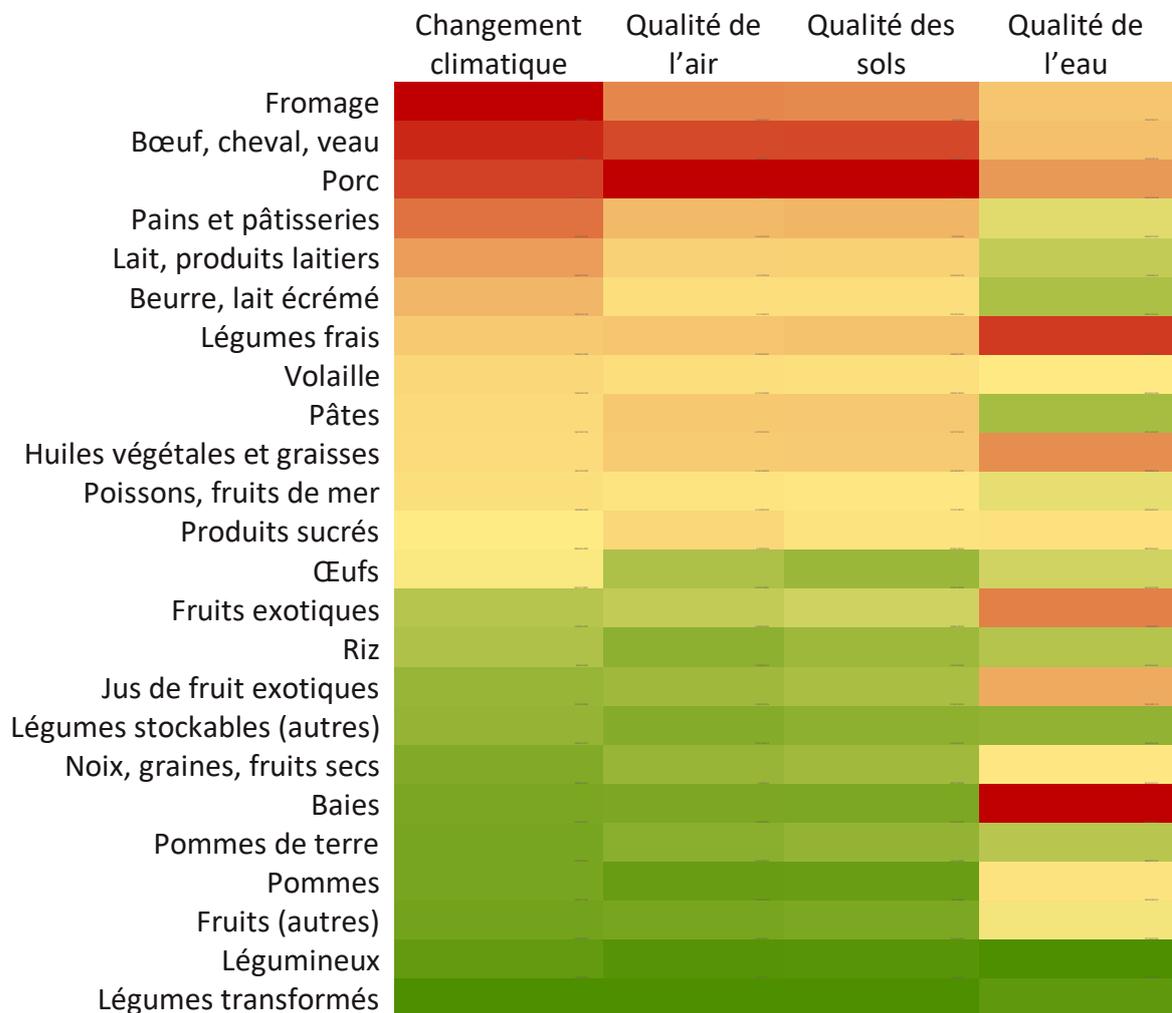


Figure 6: Comparaison relative des impacts de production des différents aliments pondérés par leur contribution relative au gaspillage alimentaire, en fonction des indicateurs environnementaux considérés (par kilogramme de denrée gaspillée). Le rouge foncé représente les impacts les plus forts et le vert foncé représente les impacts les plus faibles.

Par exemple, la production de fromage a un impact environnemental peu fort sur le climat, la qualité de l'air et la qualité des sols et un faible impact sur la qualité de l'eau (Figure 5). En revanche, au vu des quantités achetées, le gaspillage lié au fromage à un impact fort sur le climat, assez fort sur la qualité de l'air et la qualité des sols et peu fort sur la qualité de l'eau (Figure 6).

Comme expliqué précédemment, les impacts additionnels liés au traitement, à la transformation, aux emballages, au transport et à la cuisson ne sont pas spécifiquement calculés dans cette étude. Lorsque des données étaient disponibles pour le traitement et la transformation de certains aliments, ces données ont été utilisées. Si ces autres impacts avaient tous été intégrés, l'empreinte carbone serait potentiellement trois fois plus élevée, surtout pour les aliments nécessitant beaucoup de transformation et de cuisson. En revanche, même si ces autres étapes du cycle de vie étaient intégrées, l'impact sur les autres catégories d'indicateurs choisies (impacts sur l'eau et les sols) resterait bien moindre que l'impact de la production agricole. Dans ce sens, prendre ces impacts en considération pour promouvoir un changement de comportement et réduire les déchets alimentaires peut porter à confusion. En effet, argumenter qu'il est mieux de ne pas gaspiller un aliment qui a subi plus de transformations ou de temps de cuisson (aliments qui utilisent plus d'énergie) par rapport à un aliment cru peut se révéler contre-productif.

Les principales conclusions que l'on peut tirer des résultats ci-dessus sont les suivantes:

- Même si les légumes et produits céréaliers sont les plus gaspillés, leurs impacts environnementaux à la production sont relativement faibles. Ils ont en effet un rendement par hectare élevé par rapport à d'autres denrées alimentaires, et donc un haut rendement par rapport à la quantité de fertilisants et carburants utilisés pour les activités agricoles.
- Les denrées alimentaires d'origine animale sont généralement les moins gaspillées mais demeurent celles ayant les impacts environnementaux les plus élevés (en particulier pour l'empreinte carbone, la qualité de l'air et la qualité des sols).
- L'empreinte carbone de ces denrées d'origine animale découlent majoritairement de la nourriture nécessaire pour l'alimentation des animaux pendant leur durée de vie ainsi que des émissions directes engendrées par les bovins.
- Les impacts relatifs à la qualité de l'air sont liés aux particules secondaires engendrées par l'utilisation de fertilisants, d'engrais et de fumier.
- Dans cette étude, les impacts sur la qualité de l'eau sont principalement causés par les émissions de pesticides et des émissions de composés cuivrés en provenance des infrastructures agricoles. Les impacts de cette catégorie sont sujets à une plus grande incertitude que pour les catégories précédentes. Ils sont par ailleurs étroitement liés à des pratiques particulières dans la production de certaines denrées alimentaires telles que les légumes, les baies et certains fruits.

## 4.4. Impacts et bénéfices (impacts évités) environnementaux liés à l'élimination des déchets alimentaires

Dans cette étude, il est considéré que tous les déchets des poubelles noires sont incinérés (ce qui permet de récupérer de l'énergie) et que tous ceux de la petite poubelle verte sont revalorisés en usine de production de biogaz, ce qui permet de récupérer de l'énergie ainsi que du digestat et compost. Des données ont été fournies par les autorités genevoises, permettant de comprendre le processus de traitement des déchets utilisé dans le canton.

### 4.4.1. Incinération

Quand les déchets alimentaires (le gaspillage alimentaire et les parties inévitables) ont été jetés dans la poubelle noire, il est supposé que 100% de ces déchets sont incinérés avec le reste des déchets municipaux dans une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) connectée au réseau de chauffage à distance (CADIOM) pour la valorisation thermique. L'impact de l'incinération de la nourriture gaspillée est considéré en prenant en compte les émissions de gaz à effet de serre effectives et celles évitées par compensation de l'énergie produite. Cet indicateur d'empreinte carbone est le plus efficace pour comprendre les impacts et bénéfices de l'incinération. En effet en Suisse, les UIOM sont équipées afin d'avoir un impact limité sur la qualité de l'air, du sol et de l'eau.

Les impacts de l'infrastructure et du transport requis pour incinérer les déchets municipaux ont été considérés, mais ceux-ci se trouvent être négligeables. De plus, les impacts effectifs et évités de la production d'énergie ont également été pris en compte. Selon les données fournies, l'usine d'incinération des Cheneviers IV est très efficace, avec 60% de l'énergie récupérée sous forme de chaleur et 14% récupérée sous forme d'électricité. L'hypothèse a été faite que la chaleur produite par l'incinérateur remplace la combustion de gaz naturel dans une usine industrielle de petite taille. L'électricité produite est considérée comme remplaçant de l'électricité en provenance du réseau électrique européen. En effet, dans un jeu à somme nulle où la Suisse régule en continu ses imports d'électricité, chaque nouvelle source d'électricité injectée sur le réseau genevois a pour conséquence de diminuer l'import d'électricité auprès des pays limitrophes. Ce mix électrique, appelé mix marginal, est principalement composé d'un mélange de gaz naturel et de charbon, et parfois de nucléaire voire d'électricité de sources renouvelables à certaines périodes de l'année. Son empreinte carbone est extrêmement variable mais nous estimons que l'empreinte carbone du mix moyen européen en est un bon proxy (environ 450 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh).

La plupart de la nourriture contient une grande teneur en eau, qui rend difficile sa combustion et donc la production d'énergie. Quand la nourriture est incinérée, l'eau contenue est évaporée avant que l'aliment ne puisse brûler. Cette énergie captée pour brûler des denrées humides est autant d'énergie perdue qui ne pourra pas être récupérée pour produire de l'électricité ou de la chaleur.

Le modèle de la présente étude a été conçu de manière à prendre en compte le pourcentage massique d'eau pour différents types d'aliments, afin d'obtenir une meilleure précision dans la quantification des impacts de l'incinération des déchets selon le type d'aliment. Afin d'obtenir le ratio de matière sèche et humide, des données disponibles dans des bases de données publiques à travers le United States Department of Agriculture (USDA) ont été utilisées. Tous les types d'aliments et leurs ratios de matière humide/sèche supposés sont listés dans le Tableau 5 en annexe de ce document. Les ratios de matières humide et sèche pris en compte correspondent aux entrées des bases de données de « produits cuits » pour les types de produits qui se mangent généralement cuits (viande, pâtes, riz...). Les mêmes ratios sont applicables pour les déchets alimentaires inévitables et le gaspillage alimentaire, c'est-à-dire que la teneur en eau est la même par exemple pour un kilogramme de morceaux de poulet non-consommable que pour un kilogramme de morceaux de poulet consommable. Cette supposition pourra être révisée si des données plus précises devenaient à être disponibles sur la teneur en eau dans les différentes parties des aliments jetés, ce qui n'est pas le cas à notre connaissance.

Il a été calculé (sur la base de lois physiques indiquant la quantité de chaleur requise pour évaporer de l'eau) que l'eau présente dans les aliments requiert un apport énergétique de 2,6 MJ par kilogramme d'eau pour la chauffer et l'évaporer, avant que la matière sèche de l'aliment ne puisse enfin brûler. Au contraire, la matière sèche apporte quant à elle de l'énergie en brûlant à hauteur de 15 MJ d'énergie produite pour un kilogramme de matière sèche. Ainsi, l'estimation est faite qu'un aliment devient intéressant à incinérer (car il peut produire de l'énergie) quand sa teneur en eau est environ inférieure à 80%. Au-delà de cette quantité d'eau, il consomme de l'énergie pour être brûlé ; ce qui est le cas de la plupart des fruits et légumes frais. Dans la Figure 7 les émissions effectives et évitées de gaz à effet de serre issues de l'incinération sont comparées à celles issue de la méthanisation et classées en fonction de leur teneur en eau.

## 4.4.2. Méthanisation et production de compost

### 4.4.2.1. Méthanisation et biogaz

Quand la nourriture est jetée dans la petite poubelle verte, l'hypothèse est faite que le 100% va au digesteur de biogaz cantonal (procédé de méthanisation). Le digesteur est une alternative intéressante pour utiliser les déchets découlant du gaspillage alimentaire car il permet de produire de l'énergie même à partir d'aliments ayant un pourcentage d'eau très important. Certains nutriments (comme l'azote) peuvent également être récupérés en compost et digestat pouvant ensuite être utilisés comme engrais. Comme pour le scénario d'incinération, les impacts de l'infrastructure et du transport nécessaires pour amener les déchets au digesteur ont été pris en compte, mais ils sont approximativement 10 fois plus faibles que pour l'incinération. Des données relatives à la future installation de Pole Bio (en particulier pour le biodigesteur) ont été collectées. Les performances attendues sont une production de 25 GWh d'équivalent biogaz à partir d'une production de 48'000 tonnes de déchets alimentaire par année. La nourriture contient une certaine quantité d'eau qui ne peut pas être convertie en biogaz. Ainsi, de la même manière qu'avec l'incinération, seule la proportion de matière sèche pour estimer l'énergie produite au travers du biogaz a été prise en considération. Le pourcentage de matière sèche de ces 48'000 tonnes est estimé par les autorités aux environs de 20 à 60%. Une moyenne de 40% est choisie et une première estimation de 1,3 kWh d'énergie produite par kilogramme de matière sèche envoyée au biodigesteur est obtenue. Cette énergie est ensuite utilisée pour produire de la chaleur et de l'électricité. Par souci de cohérence, et au vu du manque de données disponibles transmises par les autorités, la même efficacité pour le biodigesteur que pour l'usine d'incinération, soit 60% de l'énergie récupérée sous forme de chaleur et 14% sous forme d'électricité, a été choisie.

En plus de l'énergie, le biodigesteur permet aussi de récupérer du compost, comme décrit précédemment. Dans la présente étude, il est supposé que tout l'azote de la nourriture jetée peut être récupéré sous forme de compost et digestat liquide ou solide.

#### 4.4.2.2. Compost

Aucune donnée n'a été obtenue de la part des autorités à propos du type de fertilisants que pourrait remplacer ce compost dans la pratique. Il est donc considéré que le compost et le digestat peuvent remplacer des fertilisants à base de nitrate d'ammonium, superphosphate, et chlorure de potassium qui sont des fertilisants chimiques communs. Cette hypothèse affecte le résultat, étant donné que le remplacement par un autre fertilisant (par exemple de l'urée) augmente ou diminue les impacts d'un facteur 2 (au maximum).

Chaque kilogramme de déchets alimentaires engendre 0,7 kg de matière organique (compost + digestat) qui pourra être épandu dans les champs agricoles.

##### **Substitution de fertilisants chimiques :**

A la vue des données génériques sur le compost, il est estimé qu'environ 1% de la masse totale des déchets organiques est de l'azote qui permettra de substituer une quantité équivalente de fertilisants chimiques via l'utilisation du compost (c'est-à-dire que 100 kg de digestat permettra de substituer 1 kg d'équivalent azote dans des fertilisants chimiques). Aussi cette même quantité de digestat permettra de substituer environ 0,5 kg de  $P_2O_5$  et 1,5 kg de  $K_2O$ .

##### **Pérennisation du rendement agricole :**

Un autre avantage de l'application du compost dans les champs agricoles est qu'il permet de pérenniser la santé des sols à long terme, par exemple en évitant la perte de la couche superficielle du sol par l'érosion, et de prévenir la dégradation des sols en fournissant des micronutriments.

Il n'existe pas de méthodes permettant de prendre en compte la stabilité des rendements à long terme liée aux amendements organiques sur les sols dans le cadre de l'ACV.

Pour tenter de tenir compte de ces avantages importants dans notre étude, nous avons fait une série d'hypothèses pour calculer la stabilité de rendement à long terme lors de l'application du compost sur une culture de céréales en Suisse ; nous supposons que cette stabilité à long terme évite l'importation future de céréales produites en dehors de la Suisse. Les hypothèses de ce calcul sont énumérées dans le Tableau 7.

L'hypothèse d'un gain d'efficacité de 15 % a été choisie comme une estimation prudente mais significative sans que de meilleures données soient disponibles. Si l'on suppose que le % d'efficacité est aussi bas que 5 % au lieu de 15 % sur la période de 100 ans, le bénéfice diminue pour éviter 0,025 tonne (au lieu de 0,075) de céréales importées par tonne de compost utilisée, et si le % d'efficacité augmente à 95 % (ce qui signifie que si l'on n'ajoute pas de compost, seulement 5 % du rendement peut être soutenu après 100 ans), le bénéfice augmente pour éviter 0,475 tonne de céréales importées par tonne de compost utilisée. L'importation évitée de blé est alors calculée comme un impact évité (sur le changement climatique, la qualité de l'air, la qualité de l'eau et la qualité des sols) et est incluse dans l'estimation des bénéfices de la production de compost à partir de déchets alimentaires.

En définitive, le biogaz permet de produire de l'électricité, de la chaleur et du compost qui permet lui-même de maintenir le rendement des cultures agricoles et de substituer l'utilisation de fertilisants chimiques. Tous ces bienfaits permettent d'éviter les émissions de 0,2 kg CO<sub>2</sub>-eq pour chaque kilogramme de déchets alimentaires envoyé au biodigesteur. Nous avons estimé que le compost appliqué était un mélange homogène de tous les déchets alimentaires valorisés et avons considéré un pouvoir fertilisant égalitaire entre chaque catégorie de déchets.

#### 4.5. Comparaison entre le biogaz et l'incinération pour la fin de vie des déchets alimentaires

Dans cette étude, nous avons comparé les bénéfices de l'incinération et de la méthanisation au travers de la méthodologie d'ACV. Plus spécifiquement pour cette phase du cycle de vie, nous avons interprété les résultats au travers de l'indicateur changement climatique (plus pertinent que d'autres indicateurs tels que la consommation d'eau ou la qualité des sols pour la comparaison de ces deux voies de fin de vie très différentes). Comme décrit dans le précédent chapitre, nous avons fait l'hypothèse d'une teneur de 1% d'azote en moyenne pour le compost issu des déchets alimentaires, ainsi que l'hypothèse que cette teneur en azote était compensée par la non utilisation de fertilisants de type nitrate d'ammonium.

Les bénéfices (impacts évités) de la production de chaleur et d'électricité à partir du biogaz de la filière méthanisation / compostage ont été comptabilisés. Au même titre que les impacts liés aux infrastructures de méthanisation, de compostage et le transport des déchets ont été pris en compte. Pour l'incinération, nous avons également considéré que la teneur en eau dans les déchets alimentaires doit être évaporée avant de réellement pouvoir la biomasse résiduelle, ce qui par essence « vole » de l'énergie à l'incinérateur qui pourrait autrement être exportée vers le réseau afin de compenser les combustibles fossiles.

Au travers de ces résultats, nous pouvons constater que la teneur en eau des différents déchets alimentaires est un paramètre essentiel afin de comparer leurs impacts (ou bénéfices) lorsqu'ils sont jetés soit dans la petite poubelle verte soit dans la poubelle noire (voir Figure 7). Les déchets alimentaires avec une forte teneur en eau (ex : boissons, fruits ou légumes frais) vont nécessiter une énergie importante pour leur combustion, et auront ainsi un impact certain sur le changement climatique. En revanche, les déchets alimentaires avec une faible voire aucune teneur en eau (comme les céréales ou les huiles) vont produire de l'énergie lors de leur incinération et donc avoir un bénéfice plus ou moins important sur le changement climatique. En ce qui concerne la production de biogaz, les déchets alimentaires ayant une forte teneur en eau n'auront pas un impact supérieur mais auront un potentiel de bénéfices moins important (car ils possèdent moins de composés carbonés pouvant être convertis en biogaz ou compost).

Partant de ces généralités, on constate qu'il est essentiel de s'assurer que les déchets alimentaires avec une forte teneur en eau soient envoyés en méthanisation et compost (principalement les fruits et légumes), et donc jetés dans la petite poubelle verte. Cela signifie également que les déchets alimentaires ayant un haut pouvoir calorifique lorsqu'ils sont brûlés (les sucres ou les huiles) induisent des bénéfices significatifs lorsqu'ils sont jetés dans la poubelle noire (voir Figure 7).

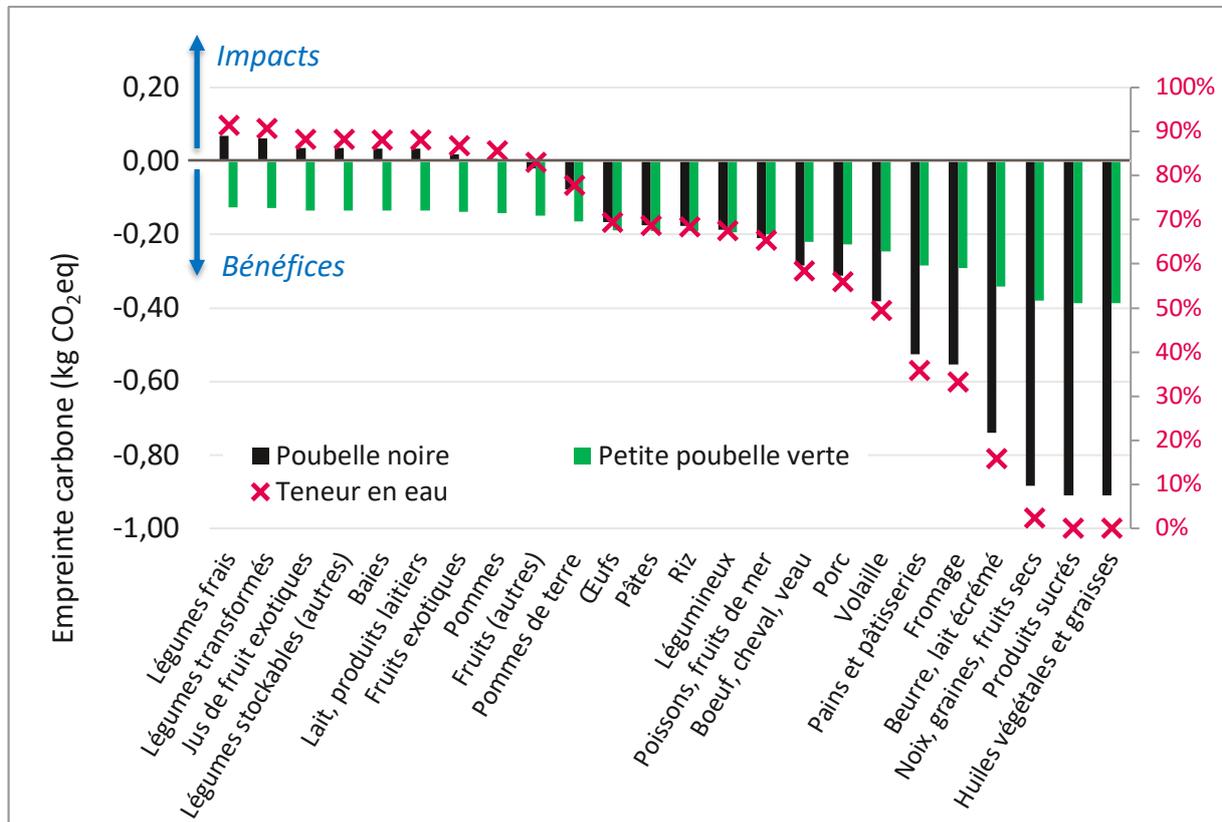


Figure 7: Impacts et bénéfices sur le changement climatique de la fin de vie des différentes denrées alimentaires, en fonction de la poubelle dans laquelle elles sont jetées. La teneur en eau par kg de denrée alimentaire est indiquée par une croix rouge. Les données sont ordonnées par ordre de bénéfices grandissants en fin de vie (incinération et méthanisation).

Par exemple, les déchets de légumes frais ont un impact de + 0,07 kg CO<sub>2</sub>-eq en incinération (poubelle noire) et un bénéfice (impact évité) de -0,13 kg CO<sub>2</sub>-eq en méthanisation / compostage (petite poubelle verte). La croix rouge indique que les légumes frais ont en moyenne une teneur en eau de 90%. On observe une corrélation entre la faible teneur en eau des déchets alimentaires et les bénéfices qu'ils induisent lorsqu'ils sont incinérés.

Comme mentionné en au chapitre 4.2, les bénéfices du compost et digestat sur la qualité des sols sont divers : rétention d'eau, porosité totale, stabilité de la structure, résistance au compactage, capacité d'échange cationique, effet sur le pH, biomasse microbienne, activité microbienne, effets fertilisants, etc. Ces bénéfices étant difficile à quantifier – aucune méthodologie standardisée n'existant sur ce sujet – seul le pouvoir fertilisant du compost et donc sa substitution de fertilisants chimiques (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) a été considéré dans cette étude. Nous avons également inclus dans cette étude une augmentation du rendement des terres agricoles lorsque du compost est utilisé dans les champs au lieu de fertilisants chimiques. Ce gain de rendement se traduit par une augmentation de production de céréales (dans le cas présent, du blé) en Suisse -> ce qui permet d'éviter l'importation d'une quantité équivalente hors Suisse. Sur la base d'avis d'expert, et sans plus d'informations à disposition, nous avons évalué à 15% la perte de production céréalière sur 100 ans pour une production agricole n'utilisant pas de compost.

Pour cette raison les résultats de cette étude doivent être utilisés avec précaution lorsqu'il s'agit de comparer la méthanisation/compostage des déchets alimentaires avec l'incinération.

Les principales conclusions que l'on peut tirer sont les suivantes:

- 1) Le bénéfice sur le changement climatique de l'incinération ou de la méthanisation/compostage des déchets alimentaires dépend de leur teneur en eau.
- 2) La teneur en eau des déchets alimentaires est un paramètre essentiel qui conditionne les avantages de la méthanisation par rapport à l'incinération (dans le cas du changement climatique).
- 3) Les déchets alimentaires à forte teneur en eau (fruits, légumes, jus, produits laitiers) ont grand intérêt à être correctement triés pour aller en méthanisation/compostage. En effet, ils augmentent énormément la qualité du compost et du digestat, alors qu'ils ont un faible rendement énergétique lorsqu'ils sont incinérés.
- 4) Les déchets alimentaires à faible teneur en eau (produits sucrés, huiles et graisses) engendrent un bénéfice plus important lorsqu'ils sont envoyés à l'incinération, permettant la co-production de chaleur et électricité.
- 5) Sur des bases plus qualitatives, la méthanisation/compostage est donc une voie de revalorisation à privilégier pour les déchets alimentaires pour lesquels les bénéfices apparents de la méthanisation/compostage et de l'incinération sont similaires (œufs, riz et pâtes cuisinés, légumineux, viandes en général – qui sont des aliments ni trop « secs » ni trop « humides »).

## 5. Scénarios de réduction de l'impact environnemental

Plusieurs scénarios sont issus de comportements des ménages liés au gaspillage alimentaire. Selon les différents types de comportements concernant le gaspillage et de tri des déchets, les impacts et les bénéfices environnementaux varient. Ce chapitre en mesure les effets afin de déterminer la recommandation la moins impactante pour l'environnement.

Les 4 scénarios envisagés se déclinent selon différents paramètres de gaspillage, de tri et de traitement des déchets alimentaires.

Les types de gaspillage envisagés sont actuel, sélectif, réduit de 50% et réduit à zéro.

- Le **gaspillage actuel** reflète la situation de gaspillage des genevois en 2019 (81% des denrées gaspillées sont jetées dans la poubelle noire et les 19% restants sont jetées dans la petite poubelle verte).
- Le **gaspillage sélectif** représente le cas où les consommateurs s'appliqueraient à ne gaspiller aucun aliment dont les impacts de production sont relativement élevés (pas de gaspillage des produits carnés et des produits laitiers).
- Le **gaspillage réduit de 50%** représente le cas où la situation actuelle est réduite de moitié.
- Le **gaspillage zéro** représente le cas où l'entier de la part évitable du gaspillage est évité. Ne reste que les épiluchures, os, peau de poulet, etc.

Les types de tri et traitement envisagés sont actuel, sélectif ou dans la petite poubelle verte.

- Le **tri actuel** reflète la situation de tri des déchets alimentaires des genevois en 2019 (81% des déchets alimentaires dans la poubelle noire et 19% dans la petite poubelle verte).
- Le **tri sélectif** représente un comportement où les consommateurs mettent leurs déchets à forte teneur en eau (fruits et légumes) dans la petite poubelle verte et le reste dans la poubelle noire.
- Le tri « tout dans la petite poubelle verte » représente un comportement où les consommateurs mettent tous leurs déchets alimentaires dans la petite poubelle verte.

Les scénarios envisagés sont les suivants:

	Tri actuel	Tri sélectif	Tri petite poubelle verte
Gaspillage actuelle	x	x	x
Gaspillage zéro	x	Climat n°1	Qualité de l'air n°1 Qualité des sols n°1 Qualité de l'eau n°1
Gaspillage réduit de 50%	x	x	Qualité de l'eau n°2
Gaspillage sélectif	x	Climat n°2	Qualité de l'air n°2 Qualité des sols n°2

Tableau 4: Scénarios envisagés avec les deux meilleurs (n°1 et n°2) indiqués à chaque fois pour le climat, la qualité de l'air, la qualité des sols et la qualité de l'eau

L'étude des impacts de ces différents scénarios de comportement des ménages combine l'impact environnemental du gaspillage essentiellement lié à la production des denrées alimentaires avant consommation et l'impact ou le bénéfice environnemental lié à la gestion des déchets alimentaires post consommation, selon un traitement de fin de vie par compostage-biogaz et/ou par incinération avec valorisation thermique (récupération de chaleur avec un chauffage à distance); selon les catégories de déchets ( humide ou gras). Les humides sont par exemple, les épluchures et les gras, les os et les peaux de poulet.

Les graphiques ci-après détaillent les impacts environnementaux liés au changement climatique, à la qualité de l'air, à la qualité des sols et à la qualité de l'eau.

- les **impacts de la production** des denrées alimentaires gaspillées sont représentés en **marron**. Une réduction de ces impacts reflète une diminution stricte du gaspillage.
- Les **bénéfices** (impacts évités via la production de biogaz, d'électricité ou de chaleur en fin de vie) du **tri actuel** sont représentés en **jaune**.
- Les **bénéfices du tri sélectif** sont représentés en **bleu**.
- Les **bénéfices du tri « tout dans la petite poubelle verte »** sont représentée en **vert**.

Les impacts nets sont représentés par un losange **rouge**. Cet impact est calculé par les impacts du gaspillage alimentaire lié à la production des denrées moins les bénéfices produits en fin de vie selon les différents types de gestion des déchets alimentaires.

Les valeurs au-dessus de '0' représentent les impacts de la production des denrées alimentaires gaspillées. Les valeurs négatives représentent quant à elles les bénéfices issus des différents modes de gestion des déchets.

Les impacts liés aux activités agricoles sont significativement plus importants que les bénéfices potentiels en fin de vie, même avec un tri appliqué des déchets alimentaires.

La Figure 8 ci-dessous permet de comparer l'impact des différents scénarios envisagés sur l'indicateur relatif au **changement climatique**.

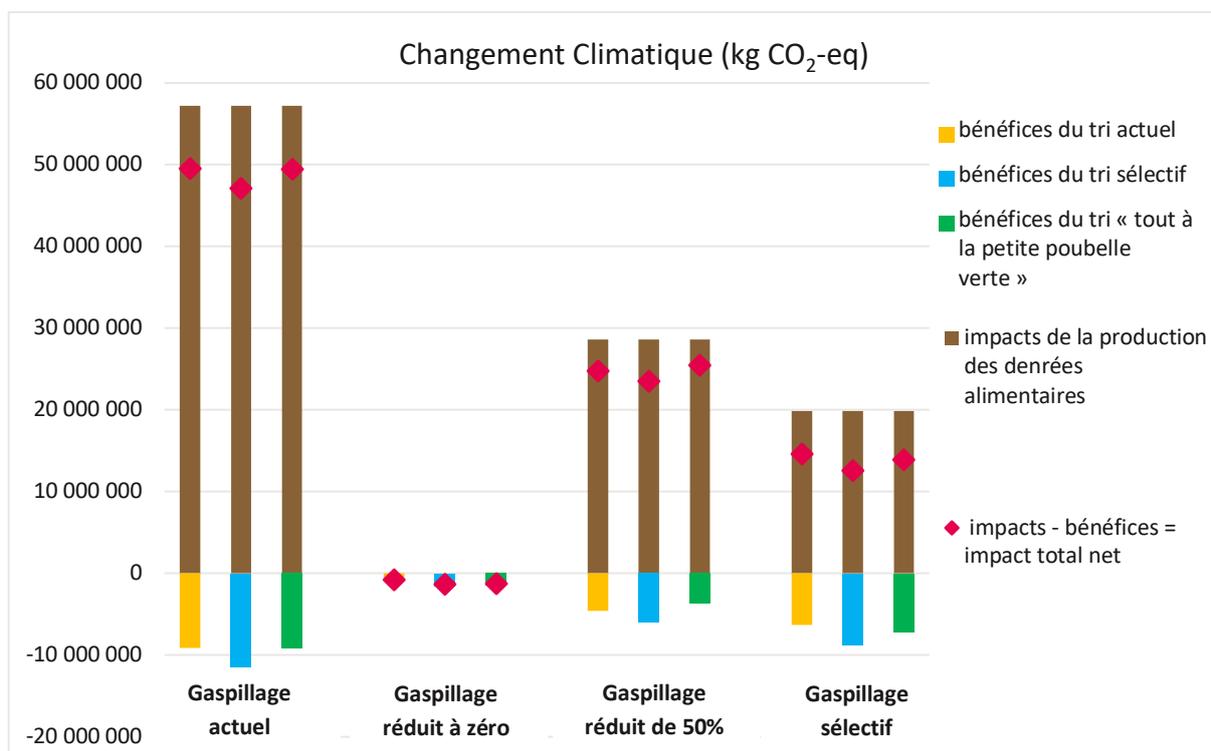


Figure 8 : Comparaison de l'empreinte carbone des différents scénarios envisagés.

Pour le changement climatique, les résultats relatifs aux scénarios de gaspillage montrent que, après le gaspillage réduit à zéro, le gaspillage sélectif reste plus avantageux que le gaspillage réduit de 50%.

Pour ce qui est des différents scénarios de tri, il s'avère que le tri sélectif est le plus avantageux.

**Dans le scénario de gaspillage actuel**, environ 40 000 tonnes de déchets de organiques sont gaspillées au sein du canton genevois. L'impact climatique de la production agricole associée aux denrées alimentaires qui seront finalement gaspillées s'élève à 57 000 tonnes de CO<sub>2</sub>-eq. Le tri actuel permet de compenser ces émissions à hauteur de 9 000 tonnes de CO<sub>2</sub>-eq. Le bénéfice est similaire avec un tri « tout dans la petite poubelle verte ». Un gain supplémentaire de 3 000 tonnes de CO<sub>2</sub>-eq est constaté dans le cas où un tri sélectif serait effectué, ce qui amènerait la fin de vie à compenser environ 20% de l'empreinte carbone relatif à la production de denrées alimentaires gaspillées.

**Dans le scénario de gaspillage réduit à zéro**, le gaspillage est éradiqué et donc les impacts de productions relatifs à du potentiel gaspillage sont nuls. Les bénéfices en fin de vie résultent du traitement des déchets inévitables, qui s'élèvent à environ 8 000 tonnes de déchets organiques. Le tri sélectif de ces déchets inévitables engendrerait un bénéfice de l'ordre de 1 000 tonnes de CO<sub>2</sub>-eq. Dans ce scénario, le tri sélectif est légèrement plus avantageux qu'un tri « tout dans la petite poubelle verte ».

**Dans le scénario de gaspillage réduit à 50%**, les impacts de la production agricole sont par définition également réduits de 50% par rapport au scénario de gaspillage actuel. Environ 24 000 tonnes de déchets organiques sont revalorisées en fin de vie dans ce scénario (20 000 tonnes issues du gaspillage et 4 000 tonnes de déchets inévitables). Dans ce scénario, le tri sélectif est le plus avantageux.

**Dans le scénario de gaspillage sélectif**, une éradication du gaspillage relatif aux produits carnés et laitiers permet une réduction de 65% de l'impact climatique de la production agricole. Cette réduction significative est engendrée par le non gaspillage de 8 000 tonnes de produits carnés et laitiers. Ainsi on peut constater que seulement 20% des denrées gaspillées sont responsables de 65% des impacts de la production agricole. Dans ce scénario, le tri sélectif est le plus avantageux.

**En conclusion, le scénario le moins impactant en termes de changement climatique est le scénario où le gaspillage est réduit à zéro et où les déchets inévitables restants sont triés via un tri sélectif (les déchets à forte teneur en eau dans la petite poubelle verte, et le reste dans la poubelle noire).**

La Figure 9 ci-dessous permet de comparer l'impact des différents scénarios envisagés sur l'indicateur relatif à la **qualité de l'air**.

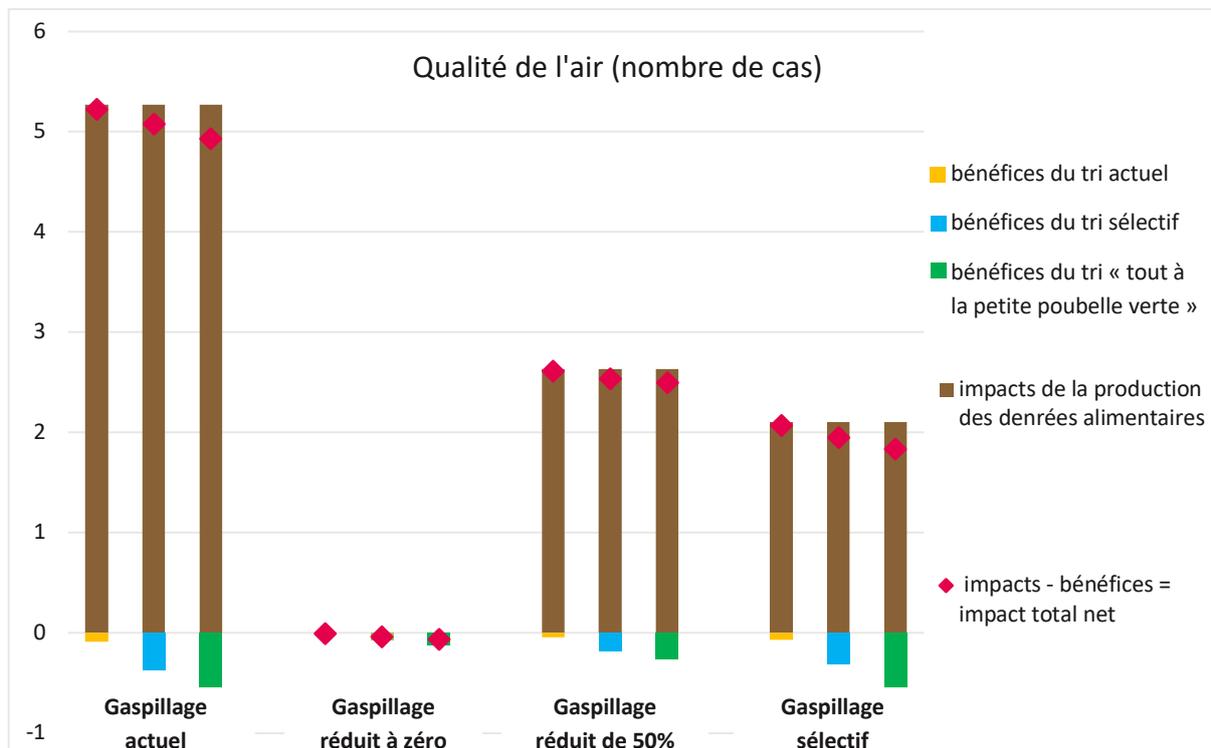


Figure 9 : Comparaison de l'impact sur la Qualité de l'air des différents scénarios envisagés.

Pour l'indicateur environnemental relatif à la qualité de l'air, les résultats relatifs aux scénarios de gaspillage suivent la même tendance que pour le changement climatique ; à savoir que, après le gaspillage zéro, le gaspillage sélectif reste plus avantageux que le gaspillage réduit de 50%.

Pour ce qui est des différents scénarios de tri, il s'avère que le tri « tout dans la petite poubelle verte » est celui qui engendre le plus de bénéfices en fin de vie. Ceci s'explique grâce à l'obtention d'une quantité plus importante de compost et digestat, qui substitue in fine une plus grande quantité de fertilisants chimiques – responsables de la majorité des impacts sur la qualité de l'air (en particulier des impacts dominés par les effets de particules secondaires suite à l'application de fertilisants sur les cultures).

**Dans le scénario de gaspillage actuel**, un tri « tout dans la petite poubelle verte » engendre 7 fois plus de bénéfices sur la qualité de l'air en fin de vie que le tri actuel. Cette même tendance et ordre de grandeur s'observent dans les autres scénarios de gaspillage.

**Dans les scénarios de gaspillage réduit à zéro, de gaspillage réduit à 50% et de gaspillage sélectif**, le tri « tout dans la petite poubelle verte » est le plus avantageux.

Le tri « tout dans la petite poubelle verte » permet de compenser 7% des impacts relatifs à la production des denrées alimentaires gaspillées dans le scénario de gaspillage actuel. Cette compensation s'élève à 13% des impacts relatifs à la production des denrées alimentaires dans le scénario de gaspillage sélectif.

En ce qui concerne la qualité de l'air, on constate une répartition homogène des bénéfices engendrés par la substitution de fertilisants et les bénéfices engendrés par la pérennisation du rendement agricole au fil du temps.

**En conclusion, le scénario le moins impactant en termes d'impacts sur la qualité de l'air est le scénario où le gaspillage est réduit à zéro et où les déchets inévitables restants sont triés via un tri « tout dans la petite poubelle verte » (aucun déchet organique n'est jeté dans la poubelle noire).**

La Figure 10 ci-dessous permet de comparer l'impact des différents scénarios envisagés sur l'indicateur relatif à la **qualité des sols**.

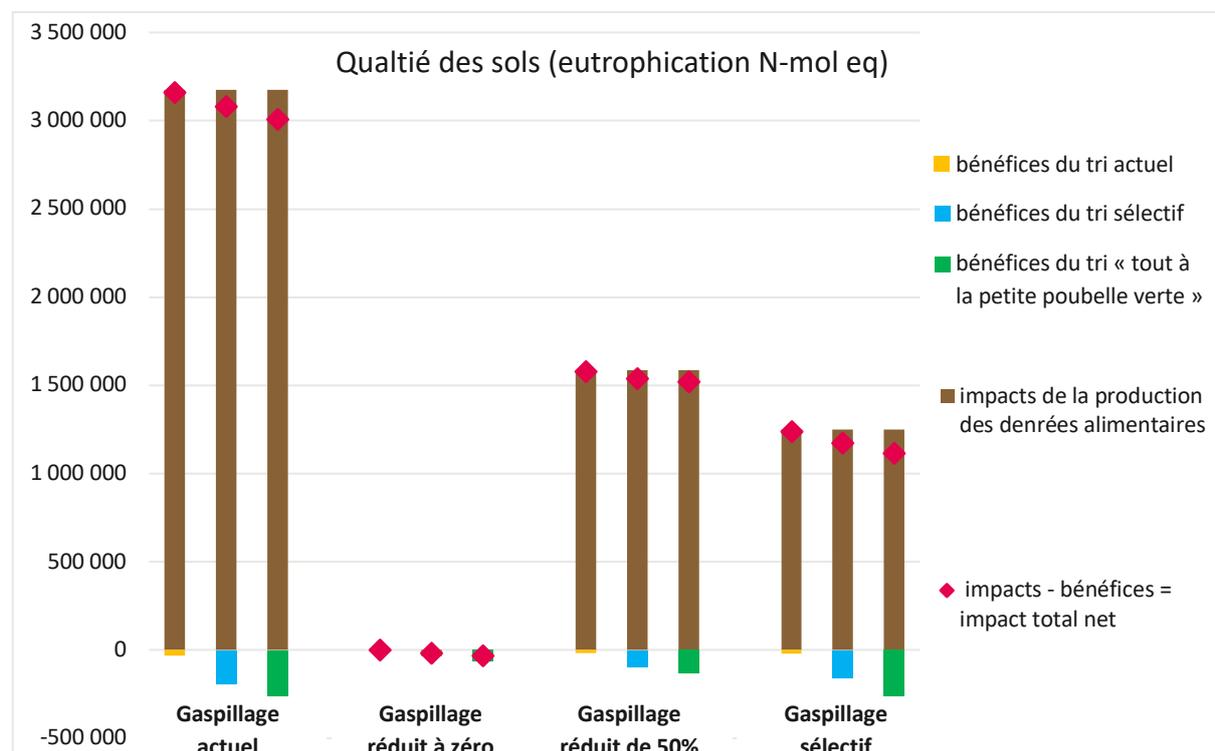


Figure 10 : Comparaison de l'impact sur la Qualité des sols des différents scénarios considérés.

Pour l'indicateur environnemental relatif à la qualité des sols, les résultats relatifs aux scénarios de gaspillage suivent la même tendance que pour le changement climatique et la qualité de l'air ; à savoir que, après le gaspillage réduit à zéro, le gaspillage sélectif reste plus avantageux que le gaspillage réduit de 50%.

Pour ce qui est des différents scénarios de tri, il s'avère que le tri « tout dans la petite poubelle verte » est celui qui engendre le plus de bénéfices en fin de vie. Ceci s'explique grâce à l'obtention d'une quantité plus importante de compost et digestat, qui substitue in fine une plus grande quantité de fertilisants chimiques – responsables de la majorité des impacts sur la qualité des sols (en effet la présence de produits ammoniacés dans ces fertilisants causent une eutrophisation accrue des milieux environnants).

**Dans le cas du scénario de gaspillage actuel**, un tri « tout dans la petite poubelle verte » engendre 10 fois plus de bénéfices sur la qualité des sols en fin de vie que le tri actuel. Cette même tendance et ordre de grandeur s'observent dans les autres scénarios de gaspillage.

**Dans les scénarios de gaspillage réduit à zéro, de gaspillage réduit à 50% et de gaspillage sélectif**, le tri « tout dans la petite poubelle verte » est le plus avantageux.

Le tri « tout dans la petite poubelle verte » permet de compenser 6% des impacts relatifs à la production des denrées alimentaires gaspillées dans le scénario de gaspillage actuel, alors que le tri actuel compense moins de 0,5% des impacts de production.

En ce qui concerne la qualité des sols, on constate une répartition homogène des bénéfices engendrés par la substitution de fertilisants et les bénéfices engendrés par la pérennisation du rendement agricole au fil du temps.

**En conclusion, le scénario le moins impactant en termes d'impacts sur la qualité des sols est le scénario où le gaspillage est réduit à zéro et où les déchets inévitables restants sont triés via un tri « tout dans la petite poubelle verte » (aucun déchet organique n'est jeté dans la poubelle noire).**

*Les résultats pour cet indicateur sont sensibles à la location géographique ou les produits agrochimiques sont utilisés. Ceci engendre une plus grande incertitude sur les résultats en comparaison à des indicateurs comme le changement climatique ou la qualité de l'air.*

La Figure 11 ci-dessous permet de comparer l'impact des différents scénarios envisagés sur l'indicateur relatif à la **qualité de l'eau**.

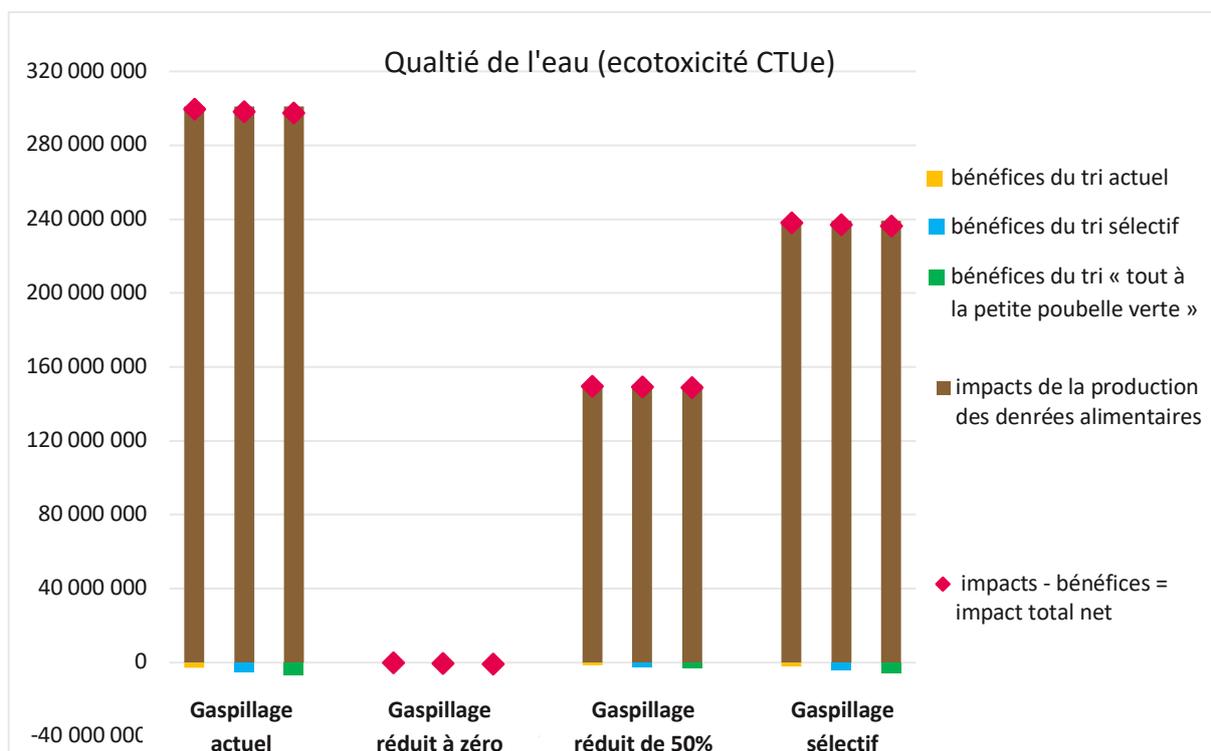


Figure 11 : Comparaison de l'impact sur la Qualité de l'eau des différents scénarios considérés.

Les impacts sur l'indicateur qualité de l'eau sont dominés par les produits agrochimiques utilisés dans la production des fruits et légumes. Par conséquent, et contrairement aux autres indicateurs présentés ci-dessus, il semble préférable de réduire de 50% le volume total associé au gaspillage plutôt que de d'adopter une approche sélective du gaspillage (qui ne réduirait que le gaspillage associé aux produits carnés et laitiers – issus de la production animale).

Il résulte que les impacts sur la qualité de l'eau liés à la production des denrées alimentaires gaspillées ne sont pas sensiblement différents de la situation actuelle lorsque l'on procède à du gaspillage sélectif (réduction de l'impact de production d'environ 20%).

Les bénéfices engendrés par la fin de vie, quel que soit le mode de tri, sont très faibles. En effet, le tri « tout dans la petite poubelle verte » qui est la solution engendrant le plus de bénéfices, ne compense que de 1% les impacts liés à la production des denrées alimentaires gaspillées, aussi bien dans le scénario de gaspillage actuel que dans le scénario de gaspillage réduit de 50%.

Pour cet indicateur, les bénéfices du compost sont principalement engendrés par l'augmentation du rendement agricole sur la durée (contribuant à hauteur de 85% des bénéfices). Les 15% restants sont des bénéfices associés à la substitution des fertilisants chimiques.

**Dans l'ensemble des scénarios de gaspillage, le tri « tout dans la petite poubelle verte » est le plus avantageux.**

**En conclusion, le scénario le moins impactant en termes d'impacts sur la qualité de l'eau est le scénario où le gaspillage est réduit à zéro et où les déchets inévitables restants sont triés via un tri « tout dans la petite poubelle verte » (aucun déchet organique n'est jeté dans la poubelle noire).**

*Cet indicateur est plus incertain que les indicateurs changement climatique et qualité de l'air, car très sensibles à la nature des produits agrochimiques utilisés, qui peut être très disparate d'une culture ou d'une région à l'autre.*

## 6. Conclusion

Les 4 catégories d'impacts considérées dans cette étude (changement climatique, qualité de l'air, qualité des sols et qualité de l'eau) montrent que la diminution des impacts environnementaux résulte davantage de la réduction du gaspillage alimentaire que du tri des déchets alimentaires en fin de vie.

### Gaspillage :

La présente étude a montré que le gaspillage alimentaire évitable, c'est-à-dire de gaspillage de nourriture comestible qui auraient dû être mangée, a des impacts environnementaux importants. Comme pour les impacts de la nourriture consommée, ceux du gaspillage alimentaire sont liés en particulier à la production agricole des aliments, et sont donc plus importants pour la viande et les produits d'origine animale.

Concernant la fraction évitable des déchets alimentaires, soit le gaspillage alimentaire au sens strict, **environ un quart (26%) est jeté directement dans son emballage d'origine ou dans son intégralité (pour les fruits et légumes par exemple)**. On peut supposer que cela correspond à des aliments pour lesquels la date de péremption est dépassée ou qui n'ont pas été cuisinés. Les trois quarts (74%) restants sont jetés sans que l'on sache pourquoi, on peut donc supposer que ce sont des restes de cuisine dus à des plats cuisinés en trop grande quantité ou à une mauvaise estimation de l'appétit.

Afin de préserver la qualité de l'air des sols et de l'eau, **il est donc recommandé le gaspillage zéro, notamment pour les produits carnés et laitiers** puisque c'est la production animale qui est la plus impactante en agriculture.

Une suppression complète du gaspillage des produits carnés et laitiers engendre un bénéfice plus important que la réduction de moitié du gaspillage globale, sauf dans le cas de l'indicateur sur la qualité de l'eau.

Ceci dit, réduire de 50% l'ensemble du gaspillage alimentaire ou bien éradiquer complètement le gaspillage des denrées carnés et laitières engendrent dans les deux cas un bénéfice similaire dans le contexte genevois. Ceci suggère qu'une campagne focalisée sur les produits carnés et laitiers n'aurait pas plus de bénéfices qu'une campagne globale sur la réduction du gaspillage.

### **Tri des déchets alimentaires :**

Pour ce qui est de la revalorisation par le tri et le traitement en fin de vie, les bénéfices en termes de changement climatique sont très similaires entre la production de biogaz et l'incinération, **et la filière à privilégier dépend du type de denrée.**

Le **changement climatique** est ici l'indicateur environnemental le **plus pertinent afin de refléter les bénéfices engendrés par les différents scénarios de fin de vie** des déchets alimentaires (puisque les déchets permettent de récupérer in fine soit du biogaz, de la chaleur ou de l'électricité).

Cependant, la filière méthanisation-compostage donne également des bénéfices environnementaux certains sur la qualité de l'air, de l'eau et surtout des sols avec le compost épandu sur les terres agricoles. Ces bénéfices sur le long terme sont difficiles à quantifier au travers de la méthodologie d'Analyse du Cycle de Vie, il est donc important de continuer à privilégier cette filière quand bien même l'incinération montrerait des bénéfices légèrement supérieurs à la production de biogaz.

Pour les trois indicateurs relatifs à la **qualité de l'air, des sols et de l'eau** ; l'ensemble des scénarios envisagés montrent que les **bénéfices en fin de vie sont faibles** comparés aux bénéfices résultant d'une réduction quelconque du gaspillage alimentaire.

Si l'on adopte une **approche multicritère**, sans accorder plus d'importance à un indicateur qu'un autre, **le tri « tout dans la petite poubelle verte »** est celui qui apporte le plus de bénéfices environnementaux.

Il est aussi à noter que le **compostage donne également des bénéfices environnementaux** relatifs à la qualité de l'air, de l'eau et surtout des sols qui pour **certains sont impossibles à quantifier au travers des méthodes d'ACV actuelles** (en termes d'amélioration de la qualité des sols par exemple). Il est donc important de continuer à privilégier cette filière quand bien même le rendement énergétique du biogaz est légèrement inférieur à celui de l'incinération.

## 7. Messages principaux et accompagnement du changement

Sur la base des résultats précédents, les recommandations en termes de réduction de l'impact environnemental global pour des campagnes de sensibilisation sont se fondent sur deux axes très complémentaires :

### 1. Éviter le gaspillage alimentaire (part évitable, 80% des déchets alimentaires) en visant le gaspillage réduit à zéro

Avec les précisions suivantes :

- Éviter le gaspillage des restes de plats cuisinés, car ils représentent la quantité la plus grande donc la plus facile à réduire. Aussi parce que les plats cuisinés ont nécessité une cuisson (énergie), ce qui augmente davantage l'empreinte carbone.
- Éviter le gaspillage dû au dépassement de la date de péremption ; qui concerne souvent les produits laitiers et carnés, ayant un fort impact environnemental de production.
- Éviter le gaspillage des produits céréaliers. Ces produits sont gaspillés en plus grande quantité, il existe donc un haut potentiel de réduction dans cette catégorie.
- Éviter le gaspillage des fruits et légumes, même si ces denrées sont généralement les moins impactant à produire (sauf pour l'indicateur qualité de l'eau liée à l'écotoxicité).
- Éviter le gaspillage du poisson car la surpêche est un très gros problème pour la biodiversité (même si les indicateurs disponibles en ACV ne permettent pas de faire ressortir cette problématique dans les résultats.)

### 2. Trier les déchets alimentaires via la petite poubelle verte (part inévitable, 20% des déchets alimentaires)

Avec les précisions suivantes :

- Trier le gaspillage non résolu, tant que le zéro gaspillage n'est pas atteint.
- Trier l'ensemble des déchets alimentaires (gaspillage non résolu et déchets inévitables) dans la petite poubelle verte car le traitement méthanisation-compostage est le traitement qui apporte le plus de bénéfices environnementaux si l'on considère globalement le climat, la qualité de l'air, la qualité des sols et la qualité de l'eau.
- Pour un focus eau : Trier l'ensemble des déchets alimentaires dans la petite poubelle verte pour un maximum d'effets bénéfiques sur la qualité de l'eau.
- Pour un focus air : Trier l'ensemble des déchets alimentaires dans la petite poubelle verte pour un maximum d'effets bénéfiques sur la qualité de l'air.
- Pour un focus sols : Trier l'ensemble des déchets alimentaires dans la petite poubelle verte pour un maximum d'effets bénéfiques sur la qualité des sols.
- Pour un focus climat : Trier de manière sélective :

- les déchets des fruits et légumes (épluchures, trognons ou gaspillage non résolu de denrées humides) dans la petite poubelle verte (et non dans la poubelle noire) pour éviter les impacts causés par l'incinération de matières humides et pour générer un compost de qualité.
- les huiles, les produits céréaliers et les restes de viande et de poisson (os, peaux grasses) dans la poubelle noire dédiée à l'incinération et la récupération d'énergie qui apporte le plus de bénéfice pour le climat.

## 8. Annexes

Noms de Beretta et al. 2019	Noms de la base de données USDA	Matière sèche (%)	Eau (%)
Vegetal oils and fats	Oil,corn and canola	100.00	0.00
Sugar	Sugars,granulated	99.98	0.02
Nuts, seeds, oleiferous fruits	Almonds,dry rstd,wo/salt	97.59	2.41
Butter, buttermilk, skimmed milk	Butter,with salt	84.13	15.87
Cheese, whey	Cheese,gruyere	66.81	33.19
Bread and pastries	Bread,cracked-wheat	64.20	35.80
Meat co-product from butter	Beef sausage,pre-cooked	56.25	43.75
Poultry	Chicken,broilers or fryers,meat&skn,ckd,fried,batter	50.61	49.39
Pork	Pork sausage,link/patty,red fat,ckd,pan-fried	44.12	55.88
Beef, horse, veal	Beef,ground,70% ln meat / 30% fat,loaf,ckd,bkd	41.63	58.37
Fish, shellfish	Salmon,coho,wild,ckd,moist heat	34.61	65.39
Legumes	Soybeans,green,raw	32.50	67.50
Rice	Rice,white,long-grain,reg,enr,ckd	31.56	68.44
Pasta	Pasta,homemade,made w/egg,ckd	31.29	68.71
Eggs without co-product poultry	Egg,whl,ckd,fried	30.53	69.47
Maize	Corn,swt,yel,ckd,bld,drnd,wo/salt	26.59	73.41
Canned fruits	Fruit salad,tropical,cnd,hvy syrup,sol&liquids	23.22	76.78
Potatoes	Potatoes,bld,ckd in skn,skn,wo/salt	20.75	79.25
Other fresh table fruits	Kiwifruit,grn,raw	16.93	83.07
Other fresh fruit juices	Grape juc,cnd or btld,unswtnd,wo/ added vit c	15.49	84.51
Table apples	Apples,raw,with skin	14.44	85.56
Exotic and citrus table fruits	Oranges,raw,all comm var	13.25	86.75
Milk, other dairy	Milk,whl,3.25% milkfat,w/ added vitamin d	11.87	88.13
Berries	Blackberries,raw	11.85	88.15
Other storable vegetables	Carrots,raw	11.71	88.29
Exotic and citrus fruit juices	Orange juice,raw	11.70	88.30
Processed vegetables	Beans,shellie,cnd,sol & liquids	9.31	90.69
Fresh vegetables	Spinach,raw	8.60	91.40
Cocoa, coffee, tea	Beverages,coffee,ready to drk,vanilla,lt,milk bsd,swtnd	7.94	92.06
Apple juice	Beverages,cranberry-apple juc drk,lo cal,w/ vit c added	4.80	95.20

Tableau 5: Noms exacts des catégories de Beretta et al. 2019 et de la base de données USDA avec les pourcentages d'eau et de matière sèche utilisées dans cette étude. L'ombrage gris indique des types d'aliments cuisinés.

Ci-après la répartition des catégories de déchets alimentaires avec leur label anglais au sein de la base de données environnementale utilisée (WFLDB – ecoinvent). Les données à l'échelle globale possèdent l'attribut « GLO U » tandis que les archétypes européens possèdent l'attribut « RER U ». Cela signifie que des mix globaux et européens ont été utilisés (eux même pondérés par la production totale par pays). Ceci est assez représentatif d'un mode de consommation suisse puisque la Suisse importe une quantité significative de denrées alimentaires.

Food name	WFLDB Database entry	Proportion or factor if applicable	Note if applicable
Table apples	Apple, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Apple juice	Apple, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	10	Dilution factor (assumed 10 kg of apple per kg of apple juice)
Other fresh table fruits			
	Apricot, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.5	Proportions of market mix
	Pear, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.5	
Other fresh fruit juices		10	Dilution factor (assumed 10 kg of "other fresh table fruits" per kg of fruit juice)
Berries			
	Blueberry, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	Proportions of market mix
	Raspberry, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Strawberry, open field, macro tunnel, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Cranberry, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Raspberry, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
Exotic and citrus fruit juices		10	Dilution factor (assumed 10 kg of "exotic and citrus table fruits" per kg of fruit juice)
Exotic and citrus table fruits			
	Lemon, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	Proportions of market mix
	Mandarin, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Orange, fresh grade, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Peach, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Banana, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
Canned fruits			Average of all fruits
Potatoes	Potato, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Fresh vegetables			
	Asparagus, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	Proportions of market mix
	Onion, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	
	Carrot, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	

	Tomato, fresh grade, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	
Legumes	Soybean, at farm (WFLDB 3.4)/US U		
Other storable vegetables			Average of potatoes, fresh vegetables, and legumes
Processed vegetables	Tomato, processing grade, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Bread and pastries	Bread, from wheat flour, at plant (WFLDB 3.4)/GLO U		
Pasta	Pasta, dried, from durum wheat, at plant (WFLDB 3.4)/GLO U		
Rice	Rice, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Maize	Sweet corn, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.5	
Sugar			
	Sugar, from sugar beet, at sugar refinery (WFLDB 3.4)/GLO U	0.5	Proportions of market mix
	Sugar, from sugarcane, at sugar refinery (WFLDB 3.4)/GLO U	0.5	
Vegetal oils and fats			
	Linseed oil, at oil mill (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	Proportions of market mix
	Olive oil, at oil mill (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Palm oil, crude, at oil mill (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Rapeseed oil, at oil mill (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
	Sunflower oil, at oil mill (WFLDB 3.4)/GLO U	0.2	
Nuts, seeds, oleiferous fruits			
	Almonds, in shell, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	Proportions of market mix
	Linseed, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	
	Olive, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	
	Peanut, in shell, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.25	
Milk, other dairy			
	Raw milk, production mix, at farm (WFLDB 3.4)/CH U	0.33	Proportions of market mix
	Cream, 40% fat, pasteurised, at dairy (WFLDB 3.4)/RER U	0.33	
	Soft cheese, Camembert-style, at dairy (WFLDB 3.4)/RER U	0.33	
Meat co-product from milk	Beef cattle, from dairy farm, live weight, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Meat co-product from cheese	Beef cattle, from dairy farm, live weight, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Butter, buttermilk, skimmed milk	Buttermilk, at dairy (WFLDB 3.4)/RER U		
Cheese, whey	Whey, from hard cheese production, at dairy (WFLDB 3.4)/RER U		
Meat co-product from butter	Beef cattle, from dairy farm, live weight, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		
Eggs without co-product poultry	Chicken egg, in barn single tiered, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U		

Meat from laying hens	Chicken, fresh meat, at slaughterhouse (WFLDB 3.4)/GLO U		
Pork	Pork, fresh meat, at slaughterhouse (WFLDB 3.4)/GLO U		
Poultry	Chicken, fresh meat, at slaughterhouse (WFLDB 3.4)/GLO U		
Beef, horse, veal	Beef, fresh meat, at slaughterhouse (WFLDB 3.4)/GLO U		
Cocoa, coffee, tea			
	Tea, dried, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.33	Proportions of market mix
	Coffee, green beans, at farm (WFLDB 3.4)/GLO U	0.33	
	Cocoa powder, at plant (WFLDB 3.4)/RER U	0.33	
Fish, shellfish	Chicken, fresh meat, at slaughterhouse (WFLDB 3.4)/GLO U		No fish data available, but studies show similar to chicken when farm raised due to feed inputs

*Tableau 6: Détail des différentes catégories de denrées alimentaires et leur base de données environnementale associée pour les hypothèses de la présente étude*

Hypothèses (H) et calculs (C)	Valeur	Unité
H : Rendement d'une culture céréalière locale	5	t/ha.an
H : Échelle de durée de production	100	an
H : % de perte de rendement sur 100 ans causé par la dégradation du sol si non utilisation de compost	15	%
C : Quantité de culture céréalière sauvée sur 100 ans si utilisation de compost	37,5	t/ha
H : Quantité de compost ajoutée chaque année	5	t/ha.an
Calc : Quantité totale de compost utilisée sur 100 ans	500	t compost / ha
C : Gain de culture céréalière par tonne de compost linéarisé sur 100 ans	0,075	t céréale / t de compost
H : Quantité de compost (et digestat) produite par tonne de déchets alimentaires	0,75	t compost / t déchets alimentaires
C : Quantité supplémentaire de culture céréalière produite par tonne de déchets alimentaires utilisée pour du compost	0,056	t céréale / t déchets alimentaires utilisée pour du compost
H : Quantité de céréales non produite hors Suisse par tonne de déchets alimentaires utilisée pour du compost	0,056	t céréale / t déchets alimentaire utilisée pour du compost
C : Empreinte carbone par tonne de céréales importée	600	kg CO <sub>2</sub> -eq
C : Impacts sur la qualité de l'air par tonne de céréales importée	6E-05	Cas de maladie (causes respiratoires)
C : Impacts sur la qualité de l'eau par tonne de céréales importée	1000	Écotoxicité (CTUe)
C : Impact sur la qualité des sols par tonne de céréales importée	40	Eutrophisation terrestre (Nmol-eq)

Tableau 7 : Hypothèses et calculs permettant d'estimer les bénéfices long terme du compost sur le rendement d'une plantation agricole