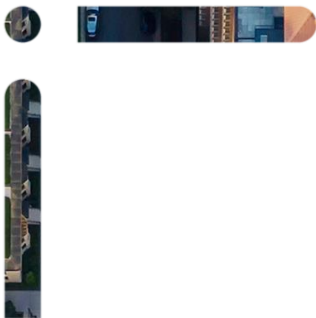




## Rapport technique

# Projet d'affichage d'empreinte carbone à la cafétéria de Polytechnique Montréal : Quantification de l'empreinte carbone des plats de l'automne 2022

---

23 Octobre 2022

CIRAIG



POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL





Ce rapport a été préparé par le Centre international de référence sur le cycle de vie et la transition durable (CIRAIG).

Fondé en 2001, le CIRAIG a été mis sur pied afin d'offrir aux entreprises et aux gouvernements une expertise universitaire de pointe sur les outils du développement durable. Le CIRAIG est un des plus importants centres d'expertise en cycle de vie sur le plan international. Il collabore avec de nombreux centres de recherche à travers le monde et participe activement à l'Initiative sur le cycle de vie du Programme des Nations Unies sur l'Environnement (PNUE) et de la Société de Toxicologie et de Chimie de l'Environnement (SETAC).

Le CIRAIG a développé une expertise reconnue en matière d'outils du cycle de vie incluant l'analyse environnementale du cycle de vie (ACV) et l'analyse sociale du cycle de vie (ASCV). Complétant cette expertise, ses travaux de recherche portent également sur l'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) et d'autres outils incluant les empreintes carbone et eau. Ses activités comprennent des projets de recherche appliquée touchant plusieurs secteurs d'activités clés dont l'énergie, l'aéronautique, l'agroalimentaire, la gestion des matières résiduelles, les pâtes et papiers, les mines et métaux, les produits chimiques, les télécommunications, le secteur financier, la gestion des infrastructures urbaines, le transport ainsi que de la conception de produits « verts ».

## **AVERTISSEMENT**

Les auteurs sont responsables du choix et de la présentation des résultats. Les opinions exprimées dans ce document sont celles des membres de l'équipe de projet et n'engagent aucunement le CIRAIG, Polytechnique Montréal ou l'ESG-UQÀM.

À l'exception des documents du CIRAIG, comme le présent rapport, toute utilisation du nom du CIRAIG, de Polytechnique Montréal ou de l'ESG-UQÀM lors de communication destinée à une divulgation publique associée à ce rapport doit faire l'objet d'un consentement préalable écrit d'un représentant dûment mandaté du CIRAIG, de Polytechnique Montréal ou de l'ESG-UQÀM.

## **CIRAIG**

Centre international de référence sur le cycle  
de vie et la transition durable  
Polytechnique Montréal  
Département de génie chimique  
3333 Chemin Queen-Mary, suite 310  
Montréal (Québec) Canada  
H3V 1A2

[www.ciraig.org](http://www.ciraig.org)



### Avis au lecteur

Ce rapport n'est pas un rapport d'analyse du cycle de vie. C'est un rapport simplifié de quantification d'empreinte carbone pour un projet pilote d'implantation d'affichage d'empreinte carbone.



## Équipe de travail

---

### Réalisation

Titouan Greffe, PhD candidate

Catherine Houssard, ing. Ph.D.

### Direction du projet

François Saunier, M. Sc.

---



## Table des matières

|                                                               |                                                                |           |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>                                                      | <b>MISE EN CONTEXTE .....</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>2</b>                                                      | <b>OBJECTIFS ET DESCRIPTIF DES SYSTÈMES ÉTUDIÉS .....</b>      | <b>2</b>  |
| 2.2                                                           | OBJECTIFS.....                                                 | 2         |
| 2.3                                                           | PLATS ÉTUDIÉS.....                                             | 2         |
| <b>3</b>                                                      | <b>MÉTHODOLOGIE.....</b>                                       | <b>3</b>  |
| 3.1                                                           | L'APPROCHE CYCLE DE VIE .....                                  | 3         |
| 3.2                                                           | L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE .....                                | 3         |
| 3.3                                                           | L'EMPREINTE CARBONE .....                                      | 5         |
| 3.4                                                           | LE BARÈME DE NOTATION .....                                    | 6         |
| <b>4</b>                                                      | <b>PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE .....</b>                              | <b>8</b>  |
| 4.1                                                           | FONCTION ET UNITÉ FONCTIONNELLE .....                          | 8         |
| 4.2                                                           | FRONTIÈRES DU SYSTÈME .....                                    | 8         |
| 4.3                                                           | DONNÉES, HYPOTHÈSES ET LIMITES .....                           | 11        |
| ▪                                                             | Données.....                                                   | 11        |
| ▪                                                             | Hypothèses générales, calculs et limites .....                 | 12        |
| 4.4                                                           | ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE .....                   | 14        |
| <b>5</b>                                                      | <b>RÉSULTATS.....</b>                                          | <b>15</b> |
| 5.1                                                           | COMPARAISON DE L'EMPREINTE CARBONE DES 12 PLATS .....          | 15        |
| 5.2                                                           | NOTE OBTENUE PAR PLAT .....                                    | 15        |
| 5.3                                                           | PRINCIPAUX CONTRIBUTEURS À L'EMPREINTE CARBONE DES PLATS ..... | 16        |
| 5.4                                                           | DÉTAILS DES RÉSULTATS PAR PLAT.....                            | 17        |
| 5.5                                                           | IMPACT DU RIZ DANS L'ASSIETTE .....                            | 22        |
| 5.6                                                           | DÉTAILS DU PLAT IDÉAL FICTIF .....                             | 22        |
| <b>6</b>                                                      | <b>CONCLUSIONS .....</b>                                       | <b>23</b> |
| <b>7</b>                                                      | <b>RÉFÉRENCES .....</b>                                        | <b>24</b> |
| <b>ANNEXE A: DONNÉES, HYPOTHÈSES ET LIMITES PAR PLAT.....</b> |                                                                | <b>26</b> |
| A.1                                                           | BOULETTES VÉGÉS AU CARAMEL DE TOMATE (424 g) .....             | 26        |
| A.2                                                           | DHAL AU LAIT DE COCO (250 g) .....                             | 26        |
| A.3                                                           | DINDE RÔTIE CHORIZO ET PRUNEAU (350 g).....                    | 27        |
| A.4                                                           | FOCACCIA AUX LÉGUMES (372 g).....                              | 28        |
| A.5                                                           | LÉGUMES FARCIS (530 g) .....                                   | 28        |
| A.6                                                           | MASALA DE POMMES DE TERRE DOUCES (314 g) .....                 | 29        |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| A.7 OSSO BUCO DE PORC AU CARMEL DE TOMATE (382 G).....                          | 29 |
| A.8 PARMENTIER À LA VIANDE (344 G) .....                                        | 30 |
| A.9 PARMENTIER LENTILLES, COURGES ET POIREAUX (332 G) .....                     | 31 |
| A.10 PILON DE POULET (616 G) .....                                              | 31 |
| A.11 POULET VÉGÉ CACCIATORE (453 G) .....                                       | 32 |
| A.12 PLAT IDÉAL FICTIF .....                                                    | 33 |
| A.13 QUICHE AUX POIREAUX (408 G).....                                           | 34 |
| A.14 TOMATE EN CANNE : POUR SAUCE TOMATE, TOMATE EN DÉS ET PÂTE DE TOMATE ..... | 34 |

## Liste des tableaux

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 2-1 Menus des plats servis les jeudis .....                                        | 2  |
| Tableau 3-1 Le baromètre de notation.....                                                  | 6  |
| Tableau 4-1 : Inclusions et exclusions du système .....                                    | 9  |
| Tableau 4-2 : Sources de données .....                                                     | 11 |
| Tableau 5-1 : Score pour chaque plat .....                                                 | 16 |
| Tableau 5-2 : Les deux plus grands contributeurs à l’empreinte carbone de chaque plat..... | 17 |

## Liste des figures

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Étapes génériques d’un cycle de vie .....                                                  | 3  |
| Figure 2 : Illustration des étapes du cycle de vie selon ISO 14040 .....                              | 4  |
| Figure 3 Illustration des étapes d’inventaire et d’évaluation des impacts .....                       | 5  |
| Figure 4 : Frontières du système .....                                                                | 8  |
| Figure 5 : Empreinte carbone des plats chauds servis à l'ASaP (automne 2022) .....                    | 15 |
| Figure 6 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 1 .....                              | 18 |
| Figure 7 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 2 .....                              | 19 |
| Figure 8 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 3 .....                              | 20 |
| Figure 9 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 4 .....                              | 21 |
| Figure 10 : Principaux contributeurs à l’empreinte carbone pour le plat idéal fictif végétarien ..... | 22 |



## Abréviations et sigles

|                        |                                                                                          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACV                    | Analyse du cycle de vie                                                                  |
| ASaP                   | Association des services alimentaires de Polytechnique                                   |
| CIRAIG                 | Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services |
| CO <sub>2</sub>        | Dioxyde de carbone                                                                       |
| GES                    | Gaz à effet de serre                                                                     |
| GWP                    | Global Warming Potential                                                                 |
| ICV                    | Inventaire du cycle de vie                                                               |
| ISO                    | Organisation internationale de normalisation                                             |
| kg éq. CO <sub>2</sub> | Kilogramme équivalent de dioxyde de carbone                                              |
| PRG                    | Potentiel de réchauffement global                                                        |

## 1 Mise en contexte

---

L'Association des Services Alimentaires de Polytechnique (ASaP) en partenariat avec l'Association étudiante de Polytechnique (AEP) et le bureau du développement durable de Polytechnique Montréal souhaite sensibiliser les usagers de la cafétéria de Polytechnique Montréal sur l'empreinte carbone des repas qu'ils consomment pour ultimement les encourager à faire des choix plus durables.

Ce projet vise à développer un concept d'étiquetage de l'empreinte carbone des plats servis à la table chaude de la cafétéria de Polytechnique.

Dans ce cadre, le CIRAIG a été mandaté pour quantifier l'empreinte carbone de 12 repas avec une approche cycle de vie. Ce travail a été réalisé en collaboration avec l'OBNL PolyCarbone. PolyCarbone avait pour mission de développer un concept d'affichage d'empreinte carbone à la cafétéria. Ce rapport vient compléter le rapport de la phase pilote de mai 2022 (Blais-gingras & Houssard, 2022) qui visait à développer le système de notation pour la classification des plats et avait permis de quantifier l'empreinte carbone de 10 plats servis durant la session d'été 2022.



## 2 Objectifs et descriptif des systèmes étudiés

### 2.2 Objectifs

Quantifier l'empreinte carbone de 12 plats servis à la cafétéria de Polytechnique Montréal à l'automne 2022 selon le barème établi au printemps 2022 (Blais-gingras & Houssard, 2022) pour caractériser l'empreinte carbone de chaque plat.

### 2.3 Plats étudiés

Au total, les 12 plats de la table chaude du jeudi ont été analysés afin de pouvoir être comparés.

**Tableau 2-1 Menus des plats servis les jeudis**

| Semaine 1                                    | Semaine 2                             | Semaine 3                          | Semaine 4                                      |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Focaccia aux légumes                         | Dhal au lait de coco                  | Quiche aux poireaux                | Masala de pomme de terre douces + riz          |
| Parmentier de lentilles, courges et poireaux | Légumes farcis + riz                  | Poulet végétarien Cacciatore + riz | Boulettes végétales au caramel de tomate + riz |
| Parmentier à la viande                       | Dinde rôtie, chorizo et pruneau + riz | Pilon de poulet Cacciatore + riz   | Osso buco de porc au caramel de tomate + riz   |

Pour la plupart des plats, un choix de féculent est offert (couscous, riz ou mélange de 7 céréales). Le riz a ici été considéré comme accompagnement pour ces plats. Dans le rapport de mai 2022 (Blais-gingras & Houssard, 2022), les résultats étaient également présentés avec un accompagnement de couscous afin d'évaluer le potentiel de réduction d'impact du plat lorsque le riz est remplacé par du couscous. Les différences de résultats d'empreinte carbone en fonction de l'accompagnement sont discutées dans la section discussion.

Les portions varient entre 208 g et 616 g, avec comme moyenne une masse de 397 g, en incluant le riz. Un repas fictif idéal (318 g) a également été modélisé pour fin de comparaison avec les autres plats d'un point de vue d'empreinte carbone. Ce repas fictif est détaillé à la fin de la section 3.

Pour les plats de la table chaude qui ne comprennent pas déjà des légumes, un choix d'accompagnement de salade ou de légumes cuits (variables selon les journées) est offert, alors que pour les plats comprenant déjà un légume dans l'assiette, seule une salade d'accompagnement peut être proposée. Comme l'accompagnement de légumes varie d'un jour à l'autre et que la salade n'est pas nécessairement servie dans l'assiette contrairement au féculent, il a été décidé d'exclure les légumes d'accompagnement et de quantifier l'empreinte carbone de la salade à part.

## 3 Méthodologie

### 3.1 L'approche Cycle de vie

L'approche cycle de vie permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit, service ou comportement sur toutes les étapes de leur cycle de vie (voir Figure 1).

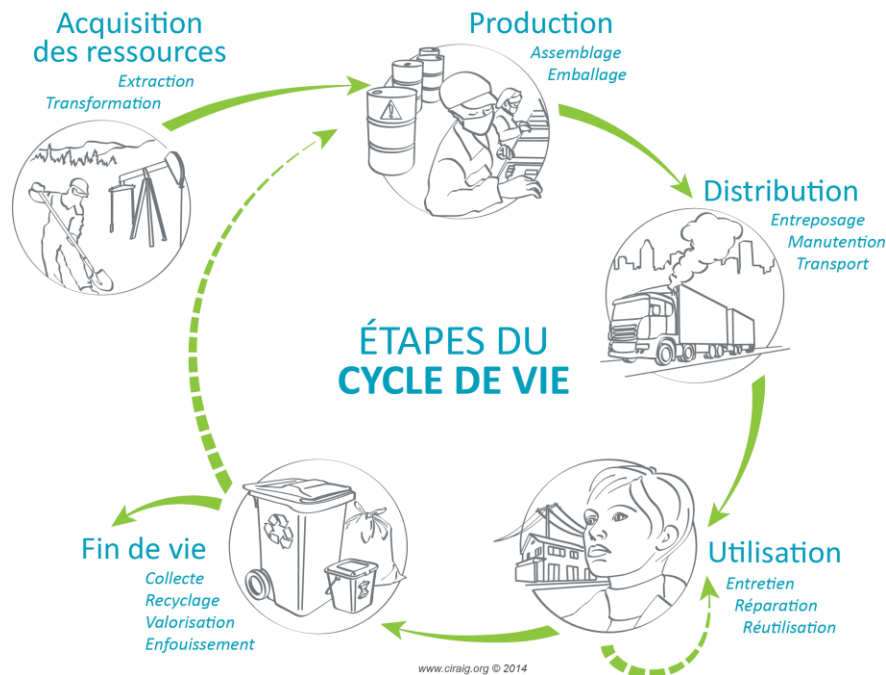
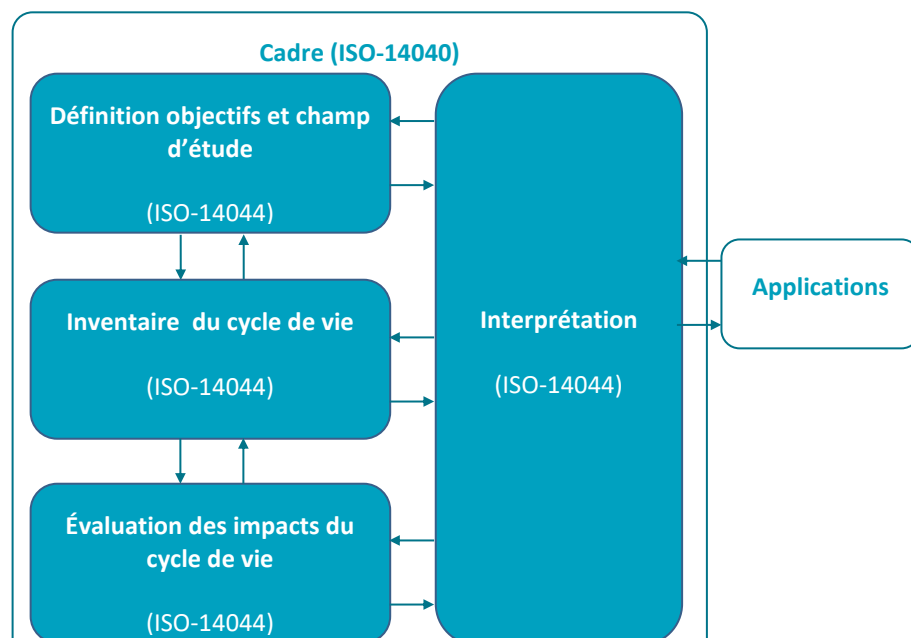


Figure 1 : Étapes génériques d'un cycle de vie

L'approche cycle de vie permet de quantifier une empreinte environnementale complète, et non juste focalisée sur une étape du cycle de vie. En plus de considérer la totalité du cycle de vie du produit qu'elle analyse, elle tient également compte du cycle de vie de tous les éléments nécessaires à l'utilisation de ce produit. Par exemple, l'impact d'un aliment ne se résume pas seulement à la production de l'aliment et au transport lors de sa distribution, mais inclut aussi les étapes de transformation, de conditionnement (emballage), de stockage (telles que la réfrigération) de préparation, de cuisson et de gestion des emballages et des déchets organiques en fin de vie.

### 3.2 L'analyse du cycle de vie

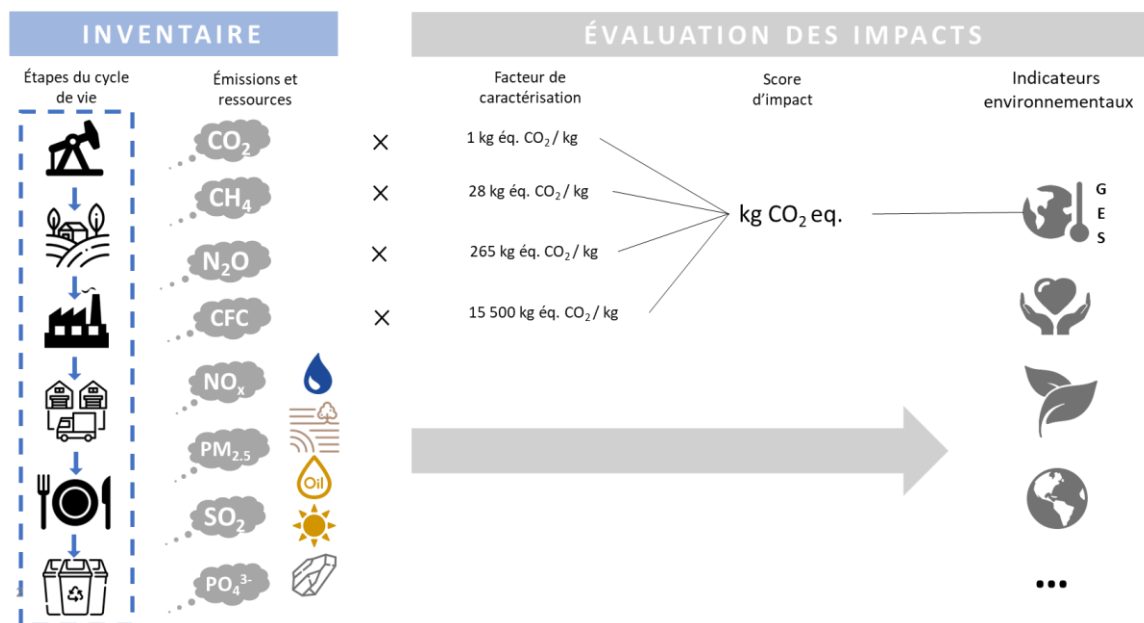
L'analyse du cycle de vie est une méthodologie standardisée par les normes ISO 14040 (ISO, 2006a) et 14044 (ISO, 2006b) qui permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit ou service. Elle se réalise en plusieurs étapes (Figure 2) :



**Figure 2 : Illustration des étapes du cycle de vie selon ISO 14040**

- **L'étape de définition de l'objectif et du champ de l'étude** décrit, entre autres, les frontières du système étudié – c'est-à-dire l'ensemble des étapes du cycle de vies incluses dans l'étude - ainsi que sa fonction et son unité fonctionnelle. La fonction d'un système décrit le besoin auquel il doit répondre, par exemple « Transporter des passagers » pour un véhicule personnel. L'unité fonctionnelle correspond à la quantification de la fonction, par exemple « Transporter un passager sur 1000 km ». Elle permet ainsi de comparer différents systèmes à partir d'une même base de comparaison et est utilisée pour la mise à l'échelle des résultats.
- **L'étape d'inventaire** (ICV) consiste à modéliser le cycle de vie du système étudié afin de comptabiliser l'ensemble des flux économiques (flux de matière et d'énergie) et environnementaux (émissions vers l'environnement et ressources de l'environnement utilisées).
- **L'étape d'évaluation des impacts** permet de convertir les flux environnementaux en scores d'impact pour différents indicateurs environnementaux, dont les changements climatiques font partie.
- Enfin **l'étape d'interprétation** permet d'analyser les résultats pour répondre aux objectifs de l'étude.

La Figure 3 illustre les étapes d'inventaire et d'évaluation des impacts en analyse du cycle de vie.



**Figure 3 Illustration des étapes d'inventaire et d'évaluation des impacts**

Ce rapport n'est pas un rapport d'analyse du cycle de vie complet, mais il se base sur les principales étapes de la méthodologie d'analyse du cycle de vie.

### 3.3 L'empreinte carbone

Le calcul d'une empreinte carbone est un cas particulier d'analyse du cycle de vie ne prenant en compte que l'indicateur environnemental sur les changements climatiques. Lorsque l'on réalise une empreinte carbone, on fait l'inventaire sur le cycle de vie (ICV) de toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES), tels que CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CFC, etc., puis on calcule un score d'impact basé sur le pouvoir de réchauffement global (PRG ou GWP en anglais pour Global Warming Potential), à 100 ans en utilisant la méthode GWP 100 du GIEC (IPCC, 2013). Ce score d'impact s'exprime en kg équivalent de CO<sub>2</sub> (kg éq. CO<sub>2</sub>) et représente l'empreinte carbone du produit.

### 3.4 Le barème de notation

L’empreinte carbone de chaque plat, mesurée en kg éq. CO<sub>2</sub>, est ensuite reportée sur une échelle de notation à 9 paliers, en clin d’œil au barème de Polytechnique bien connu par la communauté. Cette échelle est détaillée dans le Tableau 1.

**Tableau 3-1 Le baromètre de notation**

| Empreinte carbone<br>par plat<br>(kg éq.CO <sub>2</sub> ) | Score |
|-----------------------------------------------------------|-------|
| < 0,3                                                     | A*    |
| 0,3 - 0,39                                                | A     |
| 0,4 - 0,49                                                | B+    |
| 0,5 - 0,59                                                | B     |
| 0,6 - 0,79                                                | C+    |
| 0,8 – 0,99                                                | C     |
| 1 - 1,49                                                  | D+    |
| 1,5 – 1,99                                                | D     |
| ≥ 2                                                       | F     |

Ce barème est inspiré du Carbone-Score de l’entreprise [Ansamble en Europe](#). Le Carbone-Score propose une échelle de notation en cinq couleurs et cinq lettres exprimée à partir de résultats en gramme éq. CO<sub>2</sub>/100 g d’aliment. Le score est basé sur le référentiel de l’ADEME, Base Carbone, de FoodGES et les travaux d’Agribalyse (Colomb et al., 2015).

À titre de référence, l’empreinte carbone d’un repas moyen pris à la maison au Québec est de 1,8 kg éq. de CO<sub>2</sub><sup>1</sup> (CIRAIG & PolyCarbone, 2020) en excluant le gaspillage alimentaire et la gestion des déchets organiques. Ce chiffre élevé s’explique par la place significative de la viande et des produits laitiers dans la diète omnivore québécoise et par le fait que le repas moyen inclus aussi des desserts et des boissons qui ne sont pas pris en considération dans les plats de l’ASaP (Blanchet, Trudel, & Plante, 2009). Les plats de l’ASaP obtenant des notes entre A\* et D+ ont une empreinte carbone inférieure à la moyenne d’un repas moyen avec la diète omnivore actuelle des Québécois. Ces plats sont à privilégier pour réduire l’empreinte carbone de notre alimentation. Les plats obtenant la note F ont une empreinte carbone supérieure à la moyenne. Réduire leur consommation pourrait améliorer significativement l’impact

---

<sup>1</sup> excluant gaspillage et fin de vie. Ces données ne sont pas non plus prises en considération dans les résultats des plats comparés pour cette première édition du projet.



environnemental de notre alimentation.

Un repas fictif idéal a été créé dans le but d’avoir une base de comparaison avec les repas de l’ASaP. La composition du repas est basée sur les ingrédients avec les scores d’impacts les moins élevés pour chaque catégorie d’aliments (Poore & Nemecek, 2018) parmi les ingrédients disponibles dans la base de données ICV de la consommation québécoise (CIRAIG & PolyCarbone, 2020). Le repas comprend des légumineuses, des pommes de terre, du chou, du brocoli, de l’huile et des assaisonnements. Ce repas idéal est basé sur une portion du guide alimentaire canadien (25% de féculent, 25% de protéine, 50% de légumes et/ou fruit) et a une masse de 318 g, soit le poids moyen d’un repas chaud servi à l’ASaP en incluant le féculent. La masse d’huile et d’assaisonnements a été considérée dans le 50% de légumes et/ou de fruit. Le score de ce repas fictif permet de valider que l’échelle de mesure utilisée pour les repas est plausible et serait atteignable pour des repas réalisés à l’ASaP. Pour plus de détails sur ce repas, voir l’annexe A.

## 4 Périmètre de l'étude

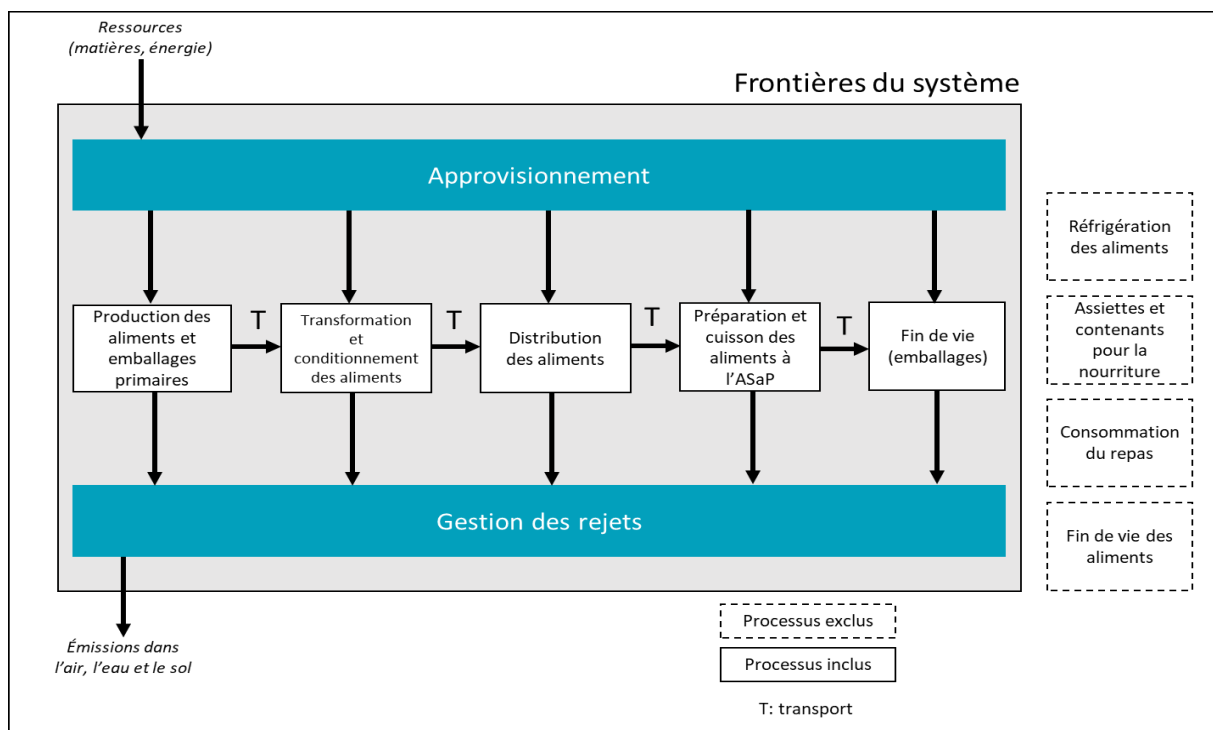
### 4.1 Fonction et unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle est la base de comparaison de l'étude. Elle se traduit ici par une quantité de produit dans le contexte spécifique de l'étude. Pour être en mesure de comparer les plats de la table chaude de l'ASaP entre eux, l'unité fonctionnelle suivante a été choisie :

**Une portion individuelle de repas de la table chaude des services alimentaires de Polytechnique Montréal à la session d'automne 2022.**

### 4.2 Frontières du système

Les frontières du système permettent d'indiquer quelles étapes du cycle de vie sont prises en compte dans l'étude. Certaines étapes du cycle de vie peuvent être incluses ou exclues selon les objectifs de l'étude, les limites de disponibilité des données ou les limites inhérentes au budget d'étude. Les étapes incluses et exclues (en pointillé) sont schématisées dans la Figure 4. Dans le cadre de ce projet, l'objectif était de quantifier l'empreinte carbone des plats servis par l'ASaP. La vaisselle et les infrastructures utilisées pour la consommation du repas ainsi que le potentiel gaspillage (différence entre quantité servie et consommée) ne faisaient pas l'objet de cette étude.



**Figure 4 : Frontières du système**

Le Tableau 2 présente plus en détail les processus inclus et exclus dans le système étudié.

**Tableau 4-1 : Inclusions et exclusions du système**

| Étapes du cycle de vie            | Processus / sous-processus                          | Commentaires                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Production                        | Production des aliments                             | <b>Inclus.</b> Elle tient compte de toutes les opérations nécessaires à la culture et à l'élevage des aliments du champ à la sortie de la ferme et des spécificités reliées aux zones géographiques de production.                                              |
|                                   | Production des emballages primaires                 | <b>Inclus.</b> Elle tient compte de toutes les étapes d'extraction des matières premières jusqu'au produit fini pour les matériaux d'emballage couramment utilisés pour chaque type d'aliment.                                                                  |
|                                   | Production des emballages secondaires et tertiaires | <b>Exclu.</b> L'empreinte carbone des emballages secondaires et tertiaires (par exemple boîtes de carton, palette) est considérée comme négligeable.                                                                                                            |
|                                   | Transport des aliments                              | <b>Inclus.</b> La distance de transport considérée pour chaque ingrédient est basée sur la moyenne du marché québécois (CIRAIG & PolyCarbone, 2020).                                                                                                            |
|                                   | Transport des emballages                            | <b>Exclu.</b> Le transport dans la production des emballages n'a pas été inclus dans le cycle de vie. Cette étape pourrait être considérée comme négligeable, mais elle constitue une limite de l'étude qui pourra être améliorée dans une version subséquente. |
| Transformation et conditionnement | Transformation et conditionnement des aliments      | <b>Inclus.</b> Cela comprend notamment la transformation et le conditionnement des aliments en conserve, mais exclut l'énergie pour la congélation ou la cuisson de certains aliments. (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)                                             |



**Tableau 4-2 : Inclusions et exclusions du système (cont'd)**

| Étapes du cycle de vie | Processus / sous-processus                                                                                      | Commentaires                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distribution           | Transport des aliments avec leurs emballages                                                                    | <b>Inclus.</b> La même distance de transport a été considérée pour tous les ingrédients de chaque plat, soit 100km.                                                                                                                                        |
| Réfrigération          | Réfrigération des aliments                                                                                      | <b>Exclu.</b> Ce processus a été négligé n'étant pas un grand contributeur d'impact selon le calculateur d'Hydro-Québec sur la consommation énergétique d'électroménager. (Hydro-Québec, 2022)                                                             |
| Préparation et cuisson | Préparation et cuisson des repas                                                                                | <b>Inclus.</b> Ce processus considère la même quantité d'énergie pour la préparation de chaque repas, soit 0,44806 kWh/ repas (Favi, Germani, Landi, Mengarelli, & Rossi, 2018).                                                                           |
| Utilisation            | Vaisselles et contenants                                                                                        | <b>Exclu.</b> Non sélectionné dans le périmètre de l'étude.                                                                                                                                                                                                |
| Fin de vie             | Fin de vie des pertes alimentaires sur la chaîne d'approvisionnement (production, transformation, distribution) | <b>Inclus.</b> Ces données sont incluses directement dans les processus de la base de données ecoinvent utilisée pour la partie production et distribution des aliments.                                                                                   |
|                        | Fin de vie des emballages                                                                                       | <b>Inclus.</b> La fin de vie des emballages est répartie entre le recyclage (55%) et l'enfouissement des matières (45%). Le processus représente la fin de vie générique des emballages alimentaires sur le marché québécois (CIRAIG & PolyCarbone, 2020). |
|                        | Gaspillage alimentaire par le consommateur                                                                      | <b>Exclu.</b> Absence de données sur le gaspillage à Polytechnique. Constitue une limite de l'étude et une possibilité d'amélioration future.                                                                                                              |

**Tableau 4-3 : Inclusions et exclusions du système (cont'd)**

| Étapes du cycle de vie | Processus / sous-processus                   | Commentaires                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fin de vie             | Fin de vie des pertes alimentaires de l'ASaP | <b>Exclu.</b> Part de gaspillage alimentaire pour des portions non vendues/servies et pour les pertes alimentaires liées aux rognures, etc. Constitue une limite de l'étude et une possibilité d'amélioration future. |

À noter que les infrastructures relatives à toutes ces étapes ont été également exclues. Elles contribuent généralement à moins de 1% du score d'impact sur tout le cycle de vie d'un produit.

### 4.3 Données, hypothèses et limites

#### Données

Le Tableau 3 présente les sources pour chaque catégorie de données utilisées dans l'étude. Pour plus de détails sur la quantité de chaque ingrédient, se référer à l'annexe A.

**Tableau 4-4 : Sources de données**

| Données               | Sources                                                                                                | Commentaires                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ingrédients des repas | ASaP                                                                                                   | Liste et quantité des ingrédients de chaque plat fourni par l'ASaP.                                                                                                                                                                                                                   |
|                       | Base de données d'inventaire du cycle de vie de l'alimentation québécoise (CIRAIG & PolyCarbone, 2020) | La majeure partie des inventaires du cycle de vie de ces ingrédients est tirée de cette base de données                                                                                                                                                                               |
|                       | Base de données ecoinvent v 3.6 cut-off (Wernet et al., 2016)                                          | Les inventaires du cycle de vie de certains ingrédients (non disponibles dans la base de données d'inventaire québécoise) sont tirés de la base de données ecoinvent v 3.6 cut-off, Agribalyse et la World Food Database. Voir le détail des inventaires du cycle de vie en Annexe A. |
|                       | Base de données Agribalyse (Asselin-Balençon et al., 2020)                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                       | World Food Database (Nemecek et al., 2019)                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

**Tableau 4-5 : Sources de données (cont'd)**

| Données     | Sources                                                       | Commentaires                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Emballages  | Base de données d'Agribalyse (Colomb et al., 2015)            | Proxy pour les emballages basé sur les emballages représentés dans la base de données Agribalyse. (kg d'emballage par kg d'aliment)                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|             | Base de données ecoinvent v 3.6 cut-off (Wernet et al., 2016) | D'après les hypothèses tirées d'Agribalyse, les inventaires du cycle de vie des composants et des processus de fabrication des emballages sont tirés d'ecoinvent v 3.6                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Électricité | Base de données ecoinvent v 3.6 cut-off (Wernet et al., 2016) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Transport   | Base de données ecoinvent v 3.6 cut-off (Wernet et al., 2016) | Pour le transport des aliments (avec leurs emballages), le type de camion considéré pour le transport est un équivalent à un camion 3,5-7,5 tonnes, de norme Euro5, avec un réfrigérant R134a. Le processus de transport par camion est basé sur le marché avec les camions de ce poids et avec cette norme. Le transport des emballages en fin de vie est aussi tiré d'ecoinvent v 3.6, mais le processus est celui d'un camion non réfrigéré. |

### Hypothèses générales, calculs et limites

La majorité des données utilisées pour cette étude sont tirées de la base de données d'ICV de la consommation Québécoise – Axe alimentation version 0 (CIRAIG & PolyCarbone, 2020) qui comprend plusieurs limites, notamment en termes de nombre d'ingrédients disponibles et de qualité des données. Elle est toutefois la base de données la plus représentative de la consommation alimentaire des québécois à ce jour.

#### Ingrédients

Les processus utilisés sont pour la plupart basés sur la valeur moyenne de provenance (locale et importée) selon les volumes du marché québécois moyen, mais il n'est pas possible pour l'instant de distinguer l'impact d'un plat local par rapport à un plat non-local.

Pour modéliser les repas, seuls 59 groupes d'aliments sont actuellement disponibles dans la base de données ICV de la consommation Québécoise. On utilise donc des proxys pour certains aliments qui sont

représentés par un autre aliment du même groupe. Par exemple, le processus de production de la dinde est le même que le processus pour le poulet. (CIRAIG & PolyCarbone, 2020). Pour certains aliments, non disponibles dans la base de données québécoise, les ICVs proviennent de la base de données Agribalyse version 3 (c.-à-d. vinaigre, chorizo, aubergine, courge, poireaux, thym) et de la World Food Database (c.-à-d. gingembre). Ces données ne sont donc pas toutes régionalisées au contexte québécois et pourraient être révisées pour améliorer la précision des résultats lors de futures itérations du projet.

La masse de chaque ingrédient est basée sur les recettes fournies par l'ASaP (Annexe A). Quelques imprécisions pourraient être améliorées dans le futur :

- Tous les ingrédients pourraient être pesés pour renseigner les quantités utilisées avec plus de précision. En effet, les quantités de certains ingrédients ont dû être estimées par manque de données. Il est particulièrement important d'obtenir des données précises pour les protéines animales et celles contenues dans les boulettes et croquettes ainsi que le riz qui contribuent significativement à l'empreinte carbone des plats.
- 50 g de riz a été considéré pour les repas qui ont un accompagnement (donnée fournie par l'ASaP : entre 40 g et 60 g sec, avant cuisson) avec une quantité d'eau de 75 g (donnée fournie par l'ASaP : quantité d'eau entre 1,5 et 2 fois la quantité de féculent)
- Proxy pour herbes et épices
  - Les épices non disponibles dans la base de données ICV de la consommation québécoise, elles ont été remplacées par du sel.
  - La masse des herbes sèches n'est pas la même que celle des herbes fraîches, mais elle est considérée équivalente ici compte-tenu des faibles quantités utilisées.
- Les ingrédients dont les quantités étaient inférieures à celle du sel ont été négligés dans les produits du type croquette (végé-poulet)
- Pour les produits de type croquette, une liste d'ingrédients était disponible, mais les quantités exactes de chaque ingrédient sont basées sur un ratio estimé par l'ASaP.
- La composition des boulettes végé n'était pas disponible. L'approximation a été faite avec de la farine de blé.
- Pour les plats de viande incluant des os (c.-à-d. osso buco et pilon de poulet) la masse de viande et d'os a été estimée de cette façon : 20% d'os pour l'osso buco et 64% d'os pour le pilon de poulet.

### **Emballages**

Les proxys pour les emballages utilisés dans la quantification sont tirés de la base de données Agribalyse, en kg moyen d'emballage par kg d'aliment. Les matériaux d'emballage considérés sont ceux jugés les plus courants pour chaque type d'aliment. Seuls les emballages primaires et les processus de fabrication associés ont été considérés (ex. : plastique thermoformé ou boîtes de conserve). Pour les légumes frais, aucun emballage n'a été considéré (ex. : oignon, ail, légumes, herbes fraîches, etc.). Les emballages secondaires et tertiaires ont été négligés car ils contribuent faiblement aux scores d'impact du cycle de vie des produits alimentaires.

### **Transport**

Un camion réfrigéré est considéré pour le transport de tous les ingrédients, qu'ils soient réfrigérés, secs ou surgelés. La modélisation pourrait être améliorée dans le futur pour plus de précision. Cela diminuerait probablement l'impact environnemental associé au transport de boîtes de conserve, mais augmenterait l'impact associé au transport d'aliments surgelés.

Une distance de transport de 100 km entre le distributeur (fournisseur de l'ASaP) et Polytechnique Montréal a été considérée. Cela correspond à la distance donnée par l'ASaP pour un fournisseur régional. Le poids des emballages a été considéré dans le transport.

Le transport des emballages en fin de vie a été ajouté au processus de chaque repas.

### **Énergie de cuisson et réfrigération**

Étant difficile de recueillir des informations fiables et spécifiques à chaque repas concernant l'énergie utilisée pour la cuisson, la même quantité d'énergie pour la cuisson a été considérée pour tous les repas. Cette donnée provient de la littérature. Dans l'étude de Favi et al. (2018), l'énergie nécessaire à la cuisson d'un repas typique d'une famille italienne a été calculée pour une cuisson au gaz et une plaque à induction (pâtes avec sauce, légume et omelette). La valeur totale est pour un repas d'une famille. Cette étude a été utilisée en première approximation sachant que les repas de l'ASaP sont non seulement cuits, mais également gardé au chaud durant la durée du service du repas.

Total d'énergie nécessaire pour une cuisson à la plaque à induction = 0,44806 kWh pour un repas comprenant des pâtes, de la sauce, un légume et une protéine pour une famille (Favi et al., 2018).

L'énergie de réfrigération est quant à elle négligée. Avec le calculateur d'Hydro-Québec (Hydro-Québec, 2022), il est possible d'estimer que l'énergie utilisée serait très faible et que son score d'impact serait négligeable sur l'ensemble du cycle de vie des repas.

### **Gaspillage alimentaire**

Le gaspillage alimentaire à la cafétéria de Polytechnique n'est pas pris en considération. Cependant, toutes les pertes et gaspillage en amont sur la chaîne d'approvisionnement sont considérées. Les auteurs Fusi et al. (2016) soulèvent dans leur étude qu'une portion non négligeable peut être gaspillée dans un service de traiteur ou une cafétéria, et citent notamment une étude italienne de Risteco réalisée en 2006 dans des écoles à Turin et où 27,5% des assiettes étaient non servies et/ou leur contenu gaspillé (Fusi, Guidetti, & Azapagic, 2016). Dans une étude préliminaire récente, le CIRAIG a évalué que le gaspillage alimentaire réalisé par le citoyen pour des repas pris à la maison, représenterait 17% de l'empreinte carbone de l'alimentation au Québec. L'ajout de la composante du gaspillage constitue donc une possibilité d'amélioration significative du modèle pour quantifier l'empreinte carbone de chaque plat en valeur absolue.

## **4.4 Évaluation des impacts du cycle de vie**

Une seule catégorie d'impact est considérée dans cette étude, celle des changements climatiques. La méthode utilisée pour calculer ce score d'impact est celle de l'IPCC (IPCC, 2013). Elle considère le potentiel de réchauffement global des gaz à effet de serre (GES) sur un horizon de 100 ans selon l'intensité de forçage radiatif des gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , etc.) par rapport à celui du  $\text{CO}_2$  qui constitue la référence. Par exemple, le méthane ( $\text{CH}_4$ ) a un potentiel de réchauffement climatique 28 fois plus élevée que le  $\text{CO}_2$  sur un horizon de 100 ans (IPCC, 2013). L'unité utilisée pour exprimer le score d'impact sur les changements climatiques est le kg éq. de  $\text{CO}_2$ .

Les résultats d'impacts potentiel sur les changements climatiques sont calculés en utilisant le logiciel d'analyse du cycle de vie Activity Browser (Steubing et al., 2020).

## 5 Résultats

### 5.1 Comparaison de l’empreinte carbone des 12 plats

La Figure 5 présente les résultats de l’empreinte carbone en kg équivalent de CO<sub>2</sub> des plats chauds servis le jeudi à la cafétéria de Polytechnique à l’automne 2022. Ils sont classés par ordre décroissants selon leur score d’impact. On remarque qu’il y a une grande variété de plats végétariens. Les plats végétariens ont en général une plus faible empreinte carbone que les plats de viande. Cependant, des proportions élevées de produits laitiers (ex : quiche, foccacia aux légumes) et de riz, de tomates ou de poivrons dans certains plats végétariens (ex : foccacia au légume, poulet végé Cacciatore) expliquent que certains plats végétariens ont un score d’impact plus élevés que des plats de viande blanche (parmentier de viande de dinde, poitrine de dinde rôtie).

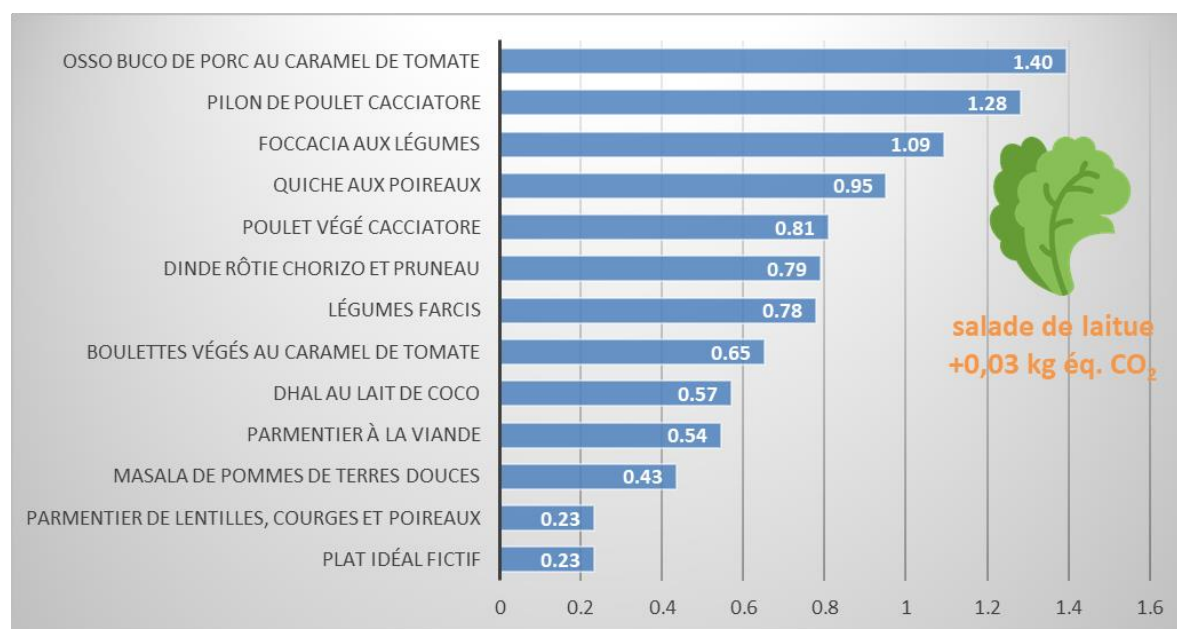


Figure 5 : Empreinte carbone des plats chauds servis à l'ASaP (automne 2022)

L’accompagnement de salade offert avec tous les plats a une empreinte carbone de 0,03kg équivalent de CO<sub>2</sub> et a été considérée séparément de l’empreinte carbone des plats.

### 5.2 Note obtenue par plat

À partir de l’empreinte carbone de chaque plat en kg équivalent de CO<sub>2</sub> et du barème de notation choisi pour les plats, chaque plat reçoit une note de performance. Le parmentier végé servi à la semaine 1 reçoit la note A\*. Il a une intensité carbone similaire à celle du plat fictif idéal. Parmi les plats quantifiés, aucun plat n’a reçu les notes de D ou F à cette session. Cela s’explique par le fait que les plats quantifiés sont des plats végétariens ou à base de viande blanche (dinde, poulet, porc) qui ont une intensité carbone plus faible que des plats à base de viande rouge (Poore & Nemecek, 2018) comme le plat de boulettes de veau quantifié à la session précédente qui obtenait la note de F.

**Tableau 5-1 : Score pour chaque plat**

| Plat ASaP                        | kg éq. de CO <sub>2</sub> / plat | Masse (g) / plat | Score     | g CO <sub>2</sub> /g plat |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------|---------------------------|
| Plat idéal fictif (végé)         | 0.23                             | 318              | <b>A*</b> | 0.7                       |
| Parmentier végé                  | 0.23                             | 332              | <b>A*</b> | 0.7                       |
| Masala de pommes de terre douces | 0.43                             | 314              | <b>B+</b> | 1.4                       |
| Parmentier à la viande           | 0.54                             | 344              | <b>B</b>  | 1.6                       |
| Dhal au lait de coco             | 0.57                             | 250              | <b>B</b>  | 2.3                       |
| Boulettes végés                  | 0.65                             | 424              | <b>C+</b> | 1.5                       |
| Légumes farcis                   | 0.78                             | 530              | <b>C+</b> | 1.5                       |
| Dinde rôtie chorizo et pruneau   | 0.79                             | 350              | <b>C+</b> | 2.3                       |
| Poulet végé Cacciatore           | 0.81                             | 453              | <b>C</b>  | 1.8                       |
| Quiche aux poireaux              | 0.95                             | 408              | <b>C</b>  | 2.3                       |
| Focaccia aux légumes             | 1.09                             | 372              | <b>D+</b> | 2.9                       |
| Pilon de poulet Cacciatore       | 1.28                             | 616              | <b>D+</b> | 2.1                       |
| Osso buco de porc                | 1.4                              | 382              | <b>D+</b> | 3.7                       |

### 5.3 Principaux contributeurs à l’empreinte carbone des plats

On constate que les plus grands contributeurs à l’empreinte carbone sont, dans la majorité des cas, la production et la transformation des ingrédients. Le Tableau 4 présente un résumé des plus grands contributeurs pour chaque plat. Pour les plats comprenant une protéine animale, la viande ou les produits laitiers figurent parmi les ingrédients qui contribuent le plus à l’empreinte carbone du plat (entre 70 et 30% de l’impact total) alors que les œufs ne représentent pas un grand contributeur. Pour les plats végétaliens, le riz est le principal contributeur à l’empreinte carbone des plats qui en contiennent.

**Tableau 5-2 : Les deux plus grands contributeurs à l’empreinte carbone de chaque plat**

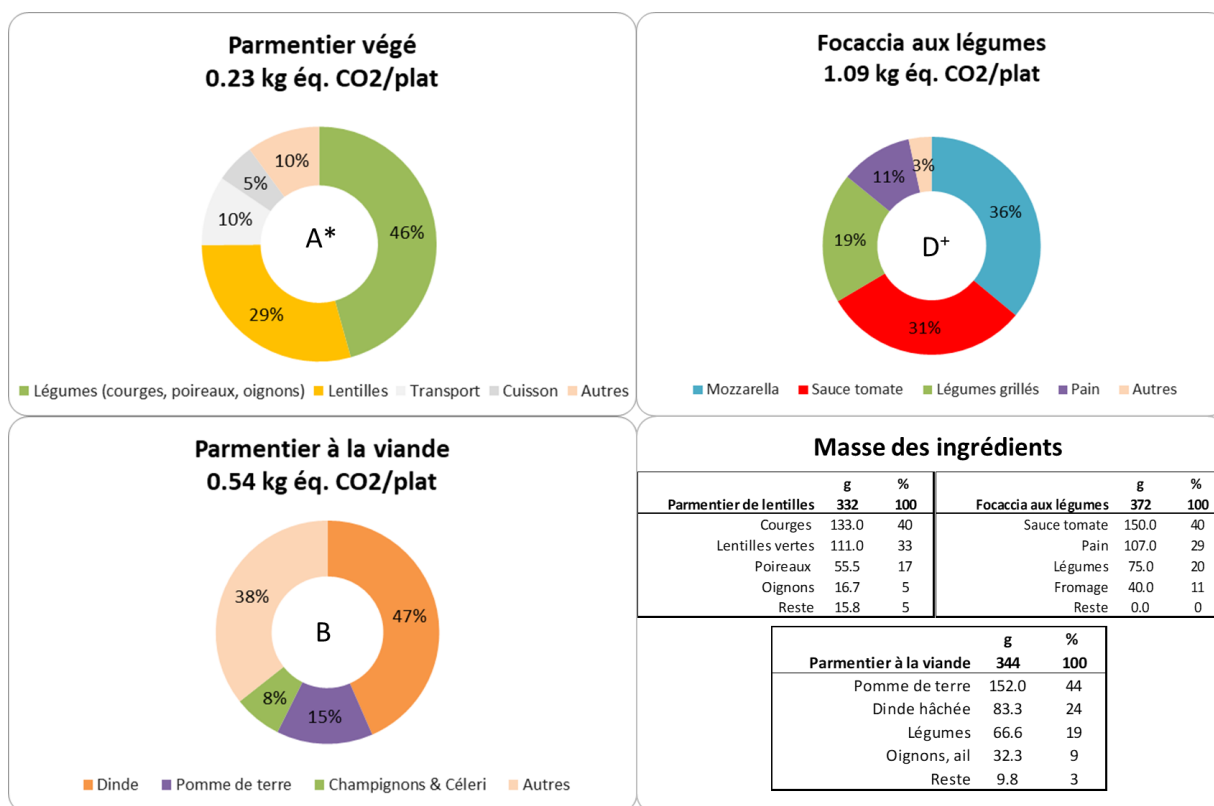
| Plat ASaP                        | Premier contributeur | Deuxième contributeur       |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Plat idéal fictif (végé)         |                      |                             |
| Parmentier végété                | Légumes (46%)        | Lentilles (29%)             |
| Masala de pommes de terre douces | Riz (48%)            | Tomates (15%)               |
| Parmentier viande                | Dinde (47%)          | Pommes de terre (15%)       |
| Dhal au lait de coco             | Légumineuses (35%)   | Tomates (32%)               |
| Boulettes végétés                | Riz (32%)            | Boulette (31%)              |
| Légumes farcis                   | Riz (27%)            | Poivrons (24%)              |
| Dinde rôtie chorizo et pruneau   | Dinde (39%)          | Riz (26%)                   |
| Poulet végété Cacciatore         | Riz (26%)            | Aubergines & Poivrons (26%) |
| Quiche aux poireaux              | Fromage (42%)        | Lait (19%)                  |
| Focaccia aux légumes             | Mozzarella (36%)     | Sauce tomate (30%)          |
| Pilon de poulet                  | Poulet (32%)         | Aubergines & Poivrons (22%) |
| Osso buco de porc                | Porc (71%)           | Riz (15%)                   |

Plusieurs processus ont un faible impact sur le cycle de vie des plats. L’électricité utilisée pour la cuisson, les emballages et la fin de vie des emballages ne sont pas de grands contributeurs. Le transport des ingrédients entre le centre de distribution et Polytechnique n’apparaît pas non plus comme un grand contributeur (moins de 5%) à l’exception des plats de parmentier végété qui a une faible intensité carbone et pour lesquels 100 km de transport du distributeur jusqu’à l’ASaP peut représenter jusqu’à 10% du score d’impact. En effet, plus la production des ingrédients a une intensité carbone faible, plus les autres étapes du cycle de vie, dont le transport, contribuent à l’empreinte carbone du plat.

#### 5.4 Détails des résultats par plat

Les figures suivantes présentent plus en détail les principaux contributeurs à l’empreinte carbone de chaque plat. Les plats sont regroupés par semaine afin d’aider les clients de la cafétéria à faire des choix éclairés. La catégorie *Autres* représente les ingrédients, le transport entre le distributeur et Polytechnique (100 km), la cuisson et les emballages primaires qui contribuent à moins de 5% de l’empreinte carbone du plat. Les tableaux au bas à droite des figures présentent la masse des principaux ingrédients des recettes.



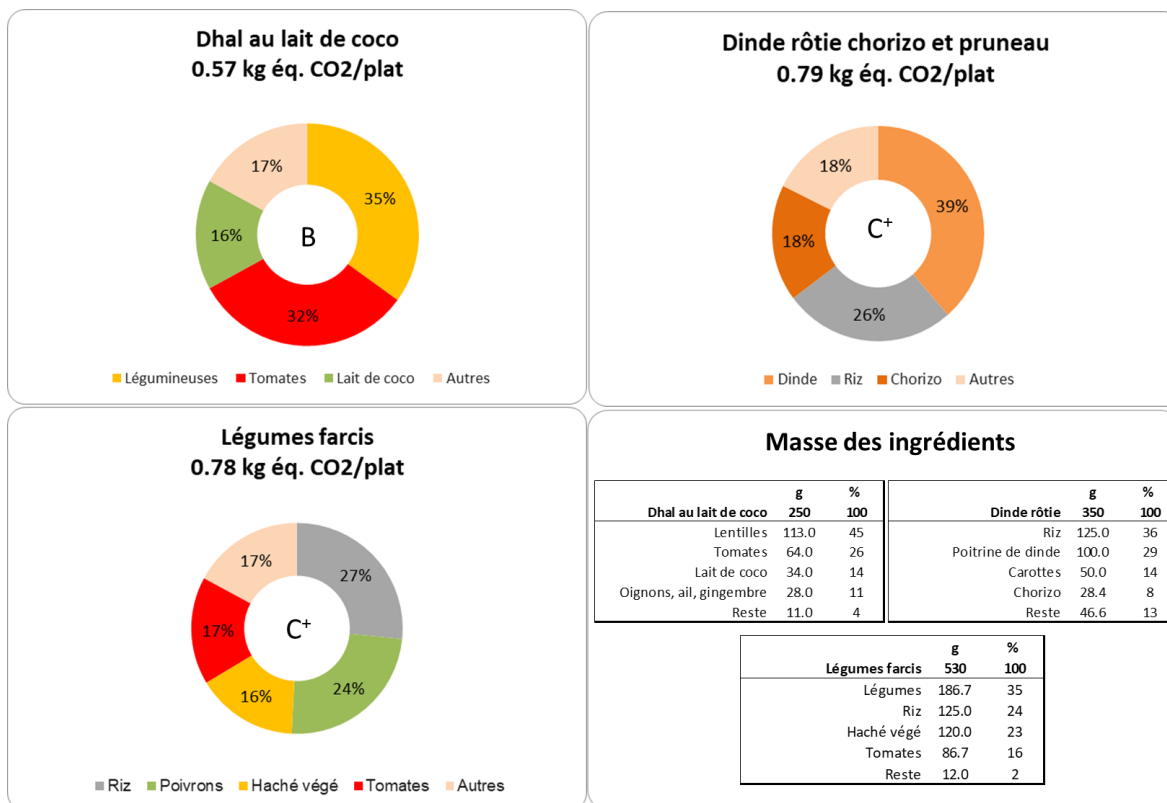


**Figure 6 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 1**

Les plats de la semaine 1 ont un poids variant de 332 à 372 g. L'empreinte carbone du plat de parmentier végétarien (230 g éq. CO<sub>2</sub>) est la plus faible au menu de la semaine 1 mais également à celui des autres semaines. Comme la plupart des ingrédients de ce plat ont une faible empreinte carbone, le transport apparaît comme un contributeur non négligeable 10%.

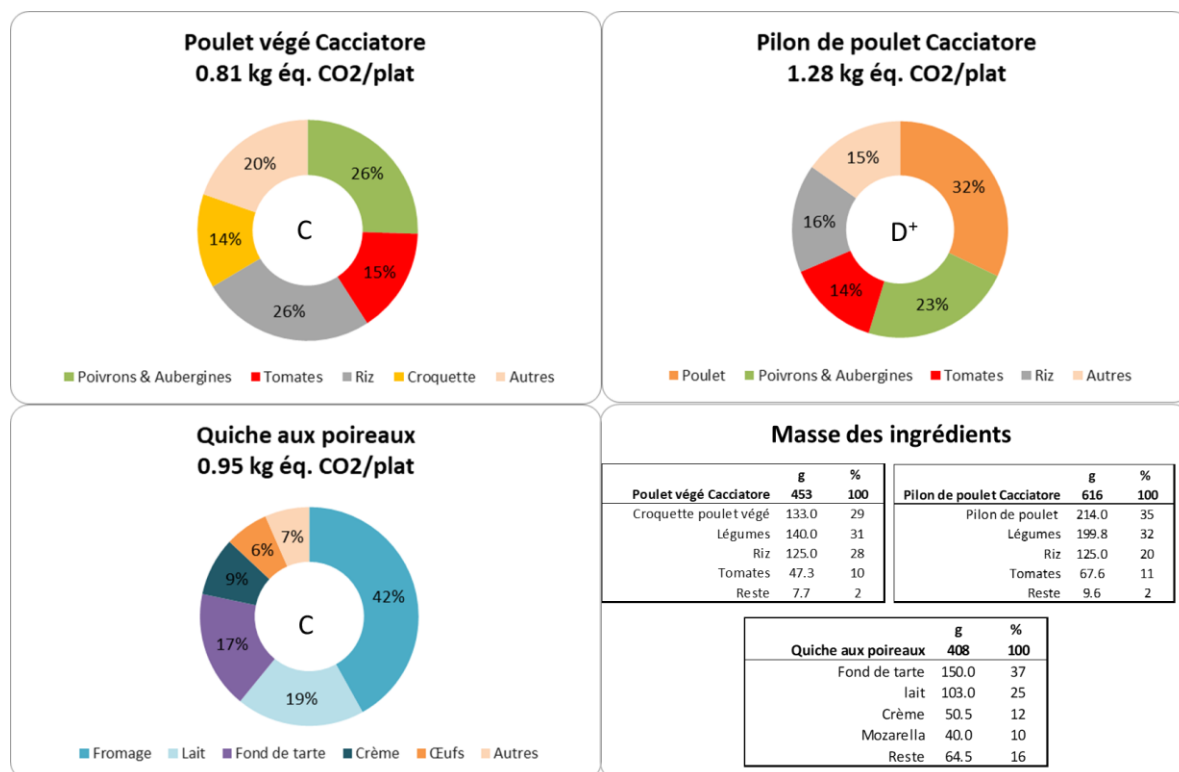
Pour le plat de parmentier à la viande de dinde qui obtient la note de B, le principal contributeur est la dinde qui représente près de 50% de l'empreinte carbone de ce plat. Malgré la proportion élevée de pommes de terre dans le plat (44 % du poids des ingrédients) on constate que cet ingrédient contribue peu à l'empreinte carbone (15%). C'est en effet un aliment connu pour sa faible intensité carbone.

Pour le plat de focaccia aux légumes, les principaux contributeurs à l'empreinte carbone sont le fromage mozzarella (36%) et la sauce tomate (31%). On constate que malgré la faible proportion de fromage dans le plat (11% du poids) l'impact de cet ingrédient domine. Le fromage a en effet une intensité carbone élevée. Elle est près de 2 fois plus élevée que celle de la viande blanche ce qui explique en partie pourquoi le parmentier à la viande obtient une meilleure note que la focaccia aux légumes. Il est à noter que les tomates, en plus d'être présentes en grande quantité dans le plat de focaccia, ont aussi une intensité carbone (par kg de tomate) non négligeable du fait qu'une partie des tomates consommées au Québec sont cultivées en serre qu'il faut chauffer en hiver.



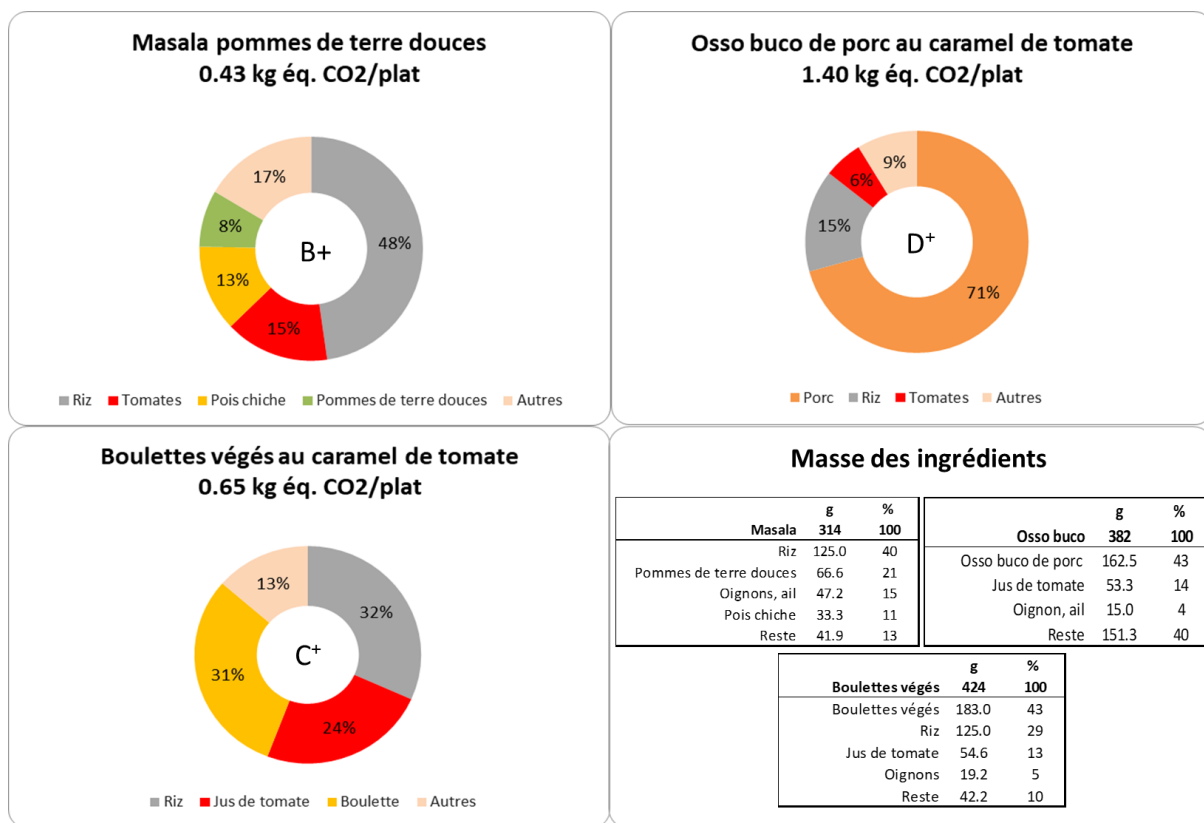
**Figure 7 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 2**

Les plats de la semaine 2 ont un poids variant de 250 à 530 g. Le Dhal de coco obtient la note de B alors que les deux autres plats ont une empreinte carbone équivalente et obtiennent tous les deux la note de C+. Il est intéressant de noter la faible différence d'empreinte carbone entre ces deux derniers plats qui ont pourtant des compositions bien différentes. Pour le plat de dinde rôtie, les protéines animales (la dinde et le chorizo) dominent à plus de 57% l'empreinte carbone du plat. L'impact du chorizo est plus faible (18%) que la dinde (39%) puisque la quantité de chorizo est quatre fois moins importante que celle de la dinde dans le plat. Le riz contribue également à plus d'un quart de l'empreinte carbone de ce plat. Pour, les légumes farcis, les principaux contributeurs à l'empreinte carbone sont également le riz mais aussi les poivrons et tomates. Le type de végétaux et leur quantité (274 g) dans l'assiette peuvent donc avoir un impact non négligeable sur la performance du plat. En effet, les tomates et des poivrons font parties des fruits et légumes ayant la plus haute intensité carbone. Une partie de ceux-ci sont cultivés sous serre ce qui requière de grande quantité d'énergie fossile pour chauffer les serres en hiver.



**Figure 8 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 3**

Les plats servis durant la semaine 3 ont un poids variant de 408 à 616 g. Le poulet végétarien et la quiche obtiennent la note de C, tandis que le pilon de poulet obtient la note de D+. Dans le plat de poulet végétarien le riz, les poivrons et les tomates contribuent à plus de 65% de l'empreinte carbone alors que dans la quiche ce sont les produits laitiers (fromage, lait, crème) qui représentent plus de 70% de l'empreinte carbone, notamment le fromage qui domine à 42%. On remarque que les œufs ne ressortent pas comme des contributeurs majeurs à l'impact du plat. Les œufs sont en effet des protéines animales intéressantes pour leur qualité nutritionnelle et leur faible intensité carbone (Poore & Nemecek, 2018). Dans le plat de pilon de poulet, c'est la viande de poulet qui domine l'empreinte carbone. On lui attribue 32 % de l'impact. Il faut noter que le poids des pilons de poulet (214 g) ne reflète pas directement la quantité de viande disponible dans ce plat puisque 64% des pilons sont constitués d'os. Le poids des os, considérés comme des déchets, n'a pas été pris en considération dans le calcul de l'empreinte carbone du plat. Il est à noter également des variations importantes dans les quantités de légumes servis pour le pilon de poulet et le poulet végétarien. Cette différence en termes de quantité explique également que l'empreinte carbone du pilon de poulet soit plus élevée que celle du poulet végétarien.



**Figure 9 : Empreinte carbone des plats servis pendant la semaine 4**

Les plats servis durant la semaine 4 ont un poids variant de 314 à 424 g. Le plat de masala obtient la note de B+, les boulettes végétariennes C+ et l'osso buco D+. L'osso buco est le plat ayant l'empreinte carbone la plus élevée de tous les plats quantifiés durant la session d'automne 2022. Il reste néanmoins un meilleur choix qu'un plat à base de protéine de bœuf dont l'intensité carbone est en moyenne 10 fois plus élevée que celle du porc (Poore & Nemecek, 2018).

Pour le plat de masala de pommes de terre douces qui a une faible empreinte carbone, le riz contribue à près de 50% de l'impact, suivi des tomates (15%). Le riz est un aliment à haute intensité carbone car sa culture émet des grandes quantités de méthane et d'oxyde nitreux, deux gaz à effet de serre ayant un pouvoir de réchauffement respectivement 28 et 265 fois plus puissant que le dioxyde de carbone. Le riz et les tomates qui représentent 42% du poids de boulettes végétariennes, contribuent à 56% de l'empreinte carbone de ce plat.

Pour le plat d'osso buco, l'ingrédient qui contribue le plus au score d'impact est sans surprise le porc (71%). L'empreinte carbone d'un plat d'osso buco de porc a néanmoins jusqu'à 10 fois moins d'impact que celle d'un osso buco de bœuf. Ainsi, si l'on avait à choisir uniquement entre un Osso buco de bœuf et un Osso buco de porc, il est préférable de choisir le porc.

Actuellement, l'alimentation moyenne d'un québécois représente 2,5 tonnes éq. CO<sub>2</sub> par habitant. Or, pour respecter l'accord de Paris<sup>2</sup> et limiter le réchauffement climatique à moins de 2 degrés Celsius,

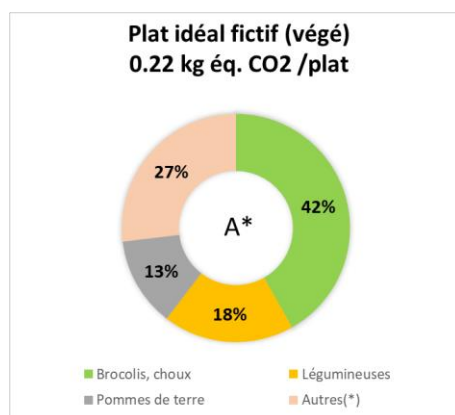
<sup>2</sup> En 2015 à Paris, 195 pays, dont le Canada, ont ratifié un accord pour limiter le réchauffement planétaire à moins de 2 degrés par rapport au

on devra limiter notre budget carbone à 2 tonnes éq. CO<sub>2</sub> par habitant (O'Neill et al., 2018). La réduction de la consommation de viande (en particulier de viande rouge) est un élément clé pour réduire significativement l'empreinte carbone de notre alimentation et se donner une chance de maintenir le climat dans un état relativement stable (Willett et al., 2019).

### 5.5 Impact du riz dans l'assiette

Une portion de riz de 125 g (50 g de riz sec) a une empreinte carbone de 207 g éq. CO<sub>2</sub>. Pour les plats qui ont un choix de féculent, il est possible de remplacer le riz, par un féculant ayant une plus faible intensité carbone. En remplaçant par exemple, le riz par du couscous, l'empreinte carbone évitée est de l'ordre de 140 g éq CO<sub>2</sub> par plat.

### 5.6 Détails du plat idéal fictif



**Figure 10 : Principaux contributeurs à l'empreinte carbone pour le plat idéal fictif végétarien**

Pour le plat idéal fictif végétarien qui a été quantifié dans ce projet, les légumes occupent 50% de l'assiette et compte pour 42% de l'empreinte carbone du plat, les légumineuses occupent 25% de l'assiette et contribue à 18% de l'empreinte carbone du plat et le féculent (pommes de terre) occupe 25% de l'assiette et contribue à 13% de l'empreinte carbone du plat. Du côté des étapes du cycle de vie qui sont rassemblé dans la catégorie Autres, c'est le transport qui contribue en majeure partie, avec près de 9% de l'empreinte carbone du plat.

---

*niveau de température observé au début de l'air préindustriel i.e. en 1900. Limiter cette hausse de température moyenne au niveau planétaire est essentiel pour maintenir le climat, et nos sociétés, dans un état relativement stable (Rockström et al., 2009). Pour respecter cet accord, l'ensemble de ces pays, et donc les citoyens, doivent respecter un budget d'émissions de gaz à effet de serre. Ce budget est estimé entre 1.6 et 2 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> par personne par an (O'Neill et al., 2018)*

## 6 Conclusions

---

Les objectifs du projet étaient de quantifier l’empreinte carbone et de noter 12 plats servis la table chaude de la cafétéria de Polytechnique Montréal les jeudis de la session d’automne 2022. La quantification a été réalisée avec une approche cycle de vie. Le choix du système de notation sélectionnés dans le projet rappelle le barème de Polytechnique Montréal : A\*, A, B+, B, C+, C, D+, D et F.

En comparant les plats entre eux, un plat se rapproche du plat idéal en termes d’empreinte carbone et obtient un score de A\*, à savoir : le parmentier végétarien. Son empreinte carbone est de 0,23 kg équivalent CO<sub>2</sub>. À l’autre bout de l’échelle, les plats d’osso buco de porc, de pilon poulet et de foccacia aux légumes obtiennent la note D+.

Dans l’ensemble, les plats végétariens ont une moins grande empreinte carbone que les plats avec de la viande mais la foccacia aux légumes et la quiche aux poireaux qui contiennent une quantité importante de produits laitiers, notamment du fromage, ont une empreinte carbone plus élevée que certains plats à base de viande blanche comme le parmentier à la viande de dinde ou le plat de dinde rôtie.

Comme beaucoup d’autres étude dans le domaine de l’alimentation, les résultats démontrent que les principaux contributeurs à l’empreinte carbone de chaque plat sont les ingrédients, en particulier les protéines animales et le riz. Le transport, les emballages et la cuisson des aliments contribuent peu à l’empreinte carbone des plats.

Les résultats sont basés sur les données génériques de la base de données d’inventaire du cycle de vie de la consommation québécoise (version 0) développée par le CIRAIG en partenariat avec PolyCarbone (CIRAIG; PolyCarbone, 2020). Cette base de données est la seule qui permet de refléter la réalité moyenne québécoise pour modéliser les processus des différentes étapes du cycle de vie de l’alimentation au Québec. Cette base de données est toutefois amenée à évoluer afin d’en améliorer la précision. Les résultats de cette étude pourraient également évoluer, notamment en améliorant la précision des données sur les quantités d’ingrédients inclus dans les recettes. La prise en compte du gaspillage alimentaire à la cafétéria le l’AsaP, pour l’instant exclus de l’analyse, constitue également un axe d’amélioration important pour la quantification de l’empreinte carbone des plats. De plus, favoriser des actions de réduction du gaspillage pourrait être un levier significatif pour réduire l’empreinte carbone des plats consommés à la cafétéria de Polytechnique.

Finalement, ce rapport s’ajoute à celui de la phase pilote réalisée au printemps 2022 (Blais-gingras & Houssard, 2022). Ainsi, l’empreinte carbone de 20 plats chauds servis à la cafétéria de Polytechnique a déjà pu être quantifiée et de nouveaux plats pourront graduellement être intégrés aux résultats au cours des prochaines sessions.

## 7 Références

- Asselin-Balençon, A., Broekema, R., Teulon, H., Gastaldi, G., Houssier, J., Moutia, A., ... Colomb, V. (2020). *AGRIBALYSE v3.0: the French agricultural and food LCI database*.
- Blais-Gingras, L., Houssard, C., Saunier, F. (2022). Rapport technique; Projet d’affichage d’empreinte carbone à la cafétéria de Polytechnique Montréal; Phase pilote : Quantification de l’empreinte carbone des plats de l’été 2022.
- Blanchet, C., Trudel, J., & Plante, C. (2009). *La consommation alimentaire et les apports nutritionnels des adultes québécois*. Retrieved from [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/931\\_RapportNutritionAdultes.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/931_RapportNutritionAdultes.pdf)
- CIRAIG, & PolyCarbone. (2020). *Base de données d’inventaire du cycle de vie de la consommation québécoise, Version 0 –*.
- Colomb, V., Ait, S. A., Mens, C. B., Gac, A., Gaillard, G., Koch, P., ... Van Der Werf, H. M. G. (2015). AGRIBALYSE®, the French LCI Database for agricultural products: High quality data for producers and environmental labelling. *OCL - Oilseeds and Fats*, 22(1), 8–10. <https://doi.org/10.1051/ocl/20140047>
- Dekamin, M., Kheiralipour, K., & Keshavarz Afshar, R. (2021). Energy, Economic, and Environmental Assessment of Coriander Seed Production Using Material Flow Cost Accounting and Life Cycle Assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21585-0>
- Favi, C., Germani, M., Landi, D., Mengarelli, M., & Rossi, M. (2018). Comparative life cycle assessment of cooking appliances in Italian kitchens. *Journal of Cleaner Production*, 186, 430–449. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.140>
- Fusi, A., Guidetti, R., & Azapagic, A. (2016). Evaluation of environmental impacts in the catering sector: The case of pasta. *Journal of Cleaner Production*, 132, 146–160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.074>
- Hydro-Québec. (2022). Calculer la consommation des électroménagers.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, ... P. M. Midgley, Eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- ISO. (2006a). *ISO 14040: Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre, Organisation internationale de normalisation*.
- ISO. (2006b). *ISO 14044: Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices, Organisation internationale de normalisation*.
- Kassu, K. T., Dawit, H. H., Wubengeda, A. Y., Almaz, A. T., & Asrat, M. T. (2018). Yield and yield components of coriander under different sowing dates and seed rates in tropical environment. *Advances in Horticultural Science*, 32(2), 193–203. <https://doi.org/10.13128/ahs-21304>
- La cuisine de Ponpon, Conserves de sauce tomate avec 200kg de tomates. (2017).
- O’Neill, D. W., Fanning, A. L., Lamb, W. F., & Steinberger, J. K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 1(2), 88–95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>

Nemecek, T., Bengoa, X., Rossi, V., Humbert, S., Lansche, J., & MOURON, P. (2019). *World Food LCA Database: Methodological guidelines for the life cycle inventory of agricultural products. Version 3.5.* (1), 88. Retrieved from [https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/11/WFLDB\\_MethodologicalGuidelines\\_v3.5.pdf](https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/11/WFLDB_MethodologicalGuidelines_v3.5.pdf)

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., ... Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>

Steubing, B., de Koning, D., Haas, A., & Mutel, C. L. (2020). The Activity Browser — An open source LCA software building on top of the brightway framework. *Software Impacts*, 3(December 2019), 100012. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2019.100012>

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C.J.L., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* (London, England) 393, 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)



## ANNEXE A: DONNÉES, HYPOTHÈSES ET LIMITES PAR PLAT

---

Les plats apparaissent par ordre alphabétique dans cette section.

### A.1 Boulettes végés au caramel de tomate (424 g)

Plat de 4 boulettes végétal servie avec du riz. La recette initiale de l'ASAP était pour 52 portions.

- Boulettes végés (183 g)
- Jus de tomate (54.6 g)
- Sucre (19.2 g)
- Vinaigre de xérès (19.2 g)
- Oignons (19.2 g)
- Ail (3.8 g)
- Riz (125 g)

Hypothèses :

- Proxy pour les boulettes végétal = farine
- Proxy pour vinaigre de xérès = vinaigre balsamique
- Oignon et ail viennent du même processus « Food manufacturing, onion, garlic and leek, CA-QC » de la base de données de consommation du Québec du CIRAIG & PolyCarbone
- 2 kg de tomates pour faire 1 kg de jus de tomates

### A.2 Dhal au lait de coco (250 g)

Plat de dhal au lait de coco. La recette initiale de l'ASaP était pour 70 portions de, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas. Aucun d'accompagnement de féculent (riz ou couscous) n'est servi dans l'assiette.

Ingrédients:

- Lentilles corail réhydraté (113 g)
- Oignons hachés (14 g)
- Ail haché (7 g)
- Gingembre haché (7 g)
- Tomates en dés (64 g)
- Garam masala (3 g)
- Curcuma (4 g)
- Lait de coco (34 g)

- Huile végétale (0,002L, estimé à 2 g)
- Eau (0,042L)
- Feuille de laurier (estimé à 3 g)

#### Hypothèses:

- Eau pour l'hydratation des lentilles : 84 g avec 50% d'évaporation à la cuisson
- Proxy pour les lentilles avec processus pour noix et légumineuses : « Market for ingredient, nuts and legumes, CA-QC » (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Processus ail = même processus que pour les oignons (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Proxy huile végétale = huile de tournesol (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Proxy masse volumique de l'huile est environ égale à 1
- Proxy laurier : « Market for ingredient, lettuce and other leafy greens, CA-QC » (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)- Donnée de l'ASaP : 4 feuilles de Laurier pour 70 portions. Hypothèse de 20g dans la recette de 70 portions, et donc de 0,3g par portion)
- Lait de coco : Certaines données dans la littérature sont beaucoup plus petites que la valeur utilisée ici, mais considèrent un produit comparable au lait d'amande. Texture et produit ne sont pas les mêmes que le lait de coco ici utilisé. Proxy utilisé : huile de coco (« market RoW »), pour prendre en considération l'impact de la production du coco. Donnée à améliorer dans le futur.
- Épices : Proxy avec du sel

### A.3 Dinde rôtie chorizo et pruneau (350 g)

Plat de dinde rôtie avec chorizo et pruneaux. La recette initiale de l'ASaP était pour 80 portions, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

#### Ingrédients:

- Poitrine de dinde (100 g)
- Riz (125g)
- Chorizo (28.4 g)
- Pruneaux (12.5 g)
- Carotte (50 g)
- Oignon (25 g)
- Ail (6.25 g)
- Thym (0.04 g)
- Laurier (0.025 g)
- Sel (2.5 g)
- Poivre (0.625 g)

#### Hypothèses:

- Processus oignon est le même que le processus pour l'ail (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Proxy pour la dinde est « poulet » (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)

- Proxy pour pruneaux est « raisin » (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Proxy pour la feuille de laurier est le sel (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Emballage pour sel, poivre, pruneaux, carottes et chorizo : 0.05 kg polypropylène/kg ingrédient (Asselin-Balençon et al., 2020)
- Emballage dinde : 0.05 kg polystyrène/kg ingrédient (Asselin-Balençon et al., 2020)

#### A.4 Focaccia aux légumes (372 g)

Plat de focaccia aux légumes. La recette initiale de l'ASaP était pour 1 portion.

- Focaccia romarin (1 quart de pain = 107.5g)
- Sauce tomate (150 g)
- Mozzarella râpé (40 g)
- Légumes grillés méditerranéen Bonduelle (75 g)

Hypothèses :

- Proxy pour mozzarella = fromage moyen sur le marché québécois
- Proxy pour Focaccia romarin = farine + eau
- Proxy légumes grillés = poivrons
- Pour 1 kg de sauce tomate, il faut 1.5 kg de tomate

#### A.5 Légumes farcis (530 g)

Plat de légumes farcis. La recette initiale de l'ASaP était pour 3 portions de, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion, est présentée plus bas.

Ingrédients:

- Tomates (86.67 g)
- Courgettes (93.34 g)
- Poivrons orange (66.67 g)
- Haché végétal (120 g)
- Oignon (26.67 g)
- Ail (6.67 g)
- Thym (0.33 branche)
- Sel (3.33 g)
- Poivre (1.67 g)
- Riz (125 g)

Hypothèses:

- Poids moyen d'une tomate = 130 g
- Poids moyen courgette = 280 g
- Poids poivron = 200 g
- Thym = 3g/branche
- Le jeu de donnée pour le thym est tiré de la base de données Agribalyse 3x "Thyme, dried, processed in FR | Ambient (long) | Glass | at supermarket/FR"
- Le haché végé est approximé en haricots rouge (100g), farine (15g) et huile (5g), tiré de la base d'inventaires du cycle de vie du Québec construite par le CIRAIG et PolyCarbone

## A.6 Masala de pommes de terre douces (314 g)

Plat de masala pommes de terre douces. La recette initiale de l'ASaP était pour 90 portions, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

Ingrédients:

- Pommes de terre douce (66.6 g)
- Pois chiche (33.3 g)
- Gingembre (11.1 g)
- Ail (2.77 g)
- Oignons en dés (44.4 g)
- Garam masala (2.22 g)
- Curcuma (1.67 g)
- Tomates en dés (21.9)
- Coriandre (5.04 g)
- Riz (125 g)

Hypothèses:

- Proxy pommes de terre douces = pommes de terre
- Production de gingembre vient du jeu de données « "Ginger, fresh, at farm (WFLDB)/CN » de la World Food Database.
- Production de coriandre en Iran, importé au Québec. Dans la littérature, seul l'étude de Dekamin et al. (2021) fournissait une évaluation de l'impact carbone de la production de coriandre à l'hectare. Et l'étude de Kassu et al. (2018) fournit les rendements des feuilles de coriandre et des graines, ce qui a permis d'allouer les impacts sur les feuilles de coriandre utilisées dans le plat.
- Proxy pour garam masala et curcuma = sel

## A.7 Osso buco de porc au caramel de tomate (382 g)

Plat d'osso Bucco porc caramel de tomate. La recette initiale de l'ASaP était pour 80 portions de 257g chacun, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

#### Ingrédients:

- Osso buco de porc (162.5 g) avec l'os
- Riz (125g)
- Jus de tomate (53.25 g)
- Sucre (12.5 g)
- Vinaigre de xerès (12.5 g)
- Oignon (12.5 g)
- Ail (2.5 g)
- Sel (1 g)
- Poivre (0.5 g)

#### Hypothèses:

- Processus ail = même processus que pour oignon (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Processus sauce tomate = même processus générique de tomates en canne
- Proxy vinaigre de xerès = vinaigre balsamique (jeu de données Agribalyse 3x qui se nomme "Vinegar, balsamic, processed in FR | Ambient (average) | Already packed - Glass | at supermarket/FR")
- 20% d'os

### A.8 Parmentier à la viande (344 g)

Plat de parmentier avec de la dinde. La recette initiale de l'ASaP était pour 120 portions de 344 g la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

#### Ingrédients:

- Dinde hachée (83.3 g)
- Purée de pommes de terre (152 g)
- Beurre dans purée (6 g)
- Sel dans purée (2 g)
- Oignons (8.3 g)
- Ail pelé (24 g)
- Champignons (33.3 g)
- Carottes en dés (16.67 g)
- Céleri en cube (16.67 g)
- Sel (1.25 g)
- Poivre (0.83 g)

#### Hypothèses:

- Processus ail = même processus que pour oignon (et oignon rouge)
- Processus pour la dinde = « poulet » (CIRAIG & PolyCarbone, 2020)
- Processus céleri = même que champignons

- Pour 160g de purée de pommes de terre, il y a 152g de pommes de terre, 6g de beurre et 2g de sel.

### A.9 Parmentier lentilles, courges et poireaux (332 g)

Plat de parmentier végétal. La recette initiale de l'ASaP était pour 90 portions, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

Ingrédients:

- Lentilles vertes (111 g)
- Courges en cube congelés (133 g)
- Poireaux hachés congelés (55.5 g)
- Paprika fumé (1.67 g)
- Oignons jaunes (16.67 g)
- Ail pelé (2.78 g)
- Thym frais (11.1 g)

Hypothèses:

- Processus oignon = même processus que pour l'ail et oignon vert
- Proxy paprika = sel (à améliorer dans le futur)
- Processus thym tiré d'Agribalyse 3x "Thyme, dried, processed in FR | Ambient (long) | Glass | at supermarket/FR"

### A.10 Pilon de poulet (616 g)

Plat de pilon de poulet avec champignons et légumes. La recette initiale de l'ASaP était pour 70 portions, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

Ingrédients:

- Pilon de poulet (214 g)
- Riz (125g)
- Champignon (57 g)
- Oignon (28.6 g)
- Poivrons rouges (57 g)
- Courgettes (28.6 g)
- Aubergines (28.6g)
- Ail (0.7 g)
- Tomates en dés (62 g)
- Concentré tomates (5.6 g)
- Thym (0.34 g)
- Huile (3.2 g)
- Sel (2.54 g)

- Poivre (0.57 g)
- Vinaigre blanc (2.25 g)

Hypothèses:

- Proportion d'os dans un pilon : 55 % du poids ->
- Processus oignon = même processus que pour l'ail
- Proxy pour vinaigre blanc est le vinaigre balsamique, fourni par Agribalyse (version 3x) (Asselin-Balençon et al., 2020)
- Processus vinaigre considéré comme équivalent au processus de vin

### A.11 Poulet végété Cacciatore (453 g)

Le poulet végétarien cacciatore avec champignons et légumes est servi avec du riz. La recette initiale de l'ASaP était pour 100 portions, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

Ingrédients:

- Croquette de poulet végétarien (135 g)
- Riz (125 g)
- Champignon (40 g)
- Oignon (20 g)
- Poivrons rouges (40 g)
- Courgettes (20 g)
- Aubergines (20 g)
- Ail (0.5 g)
- Tomates en dés (43.4 g)
- Concentré tomates (3.9 g)
- Thym (0.24 g)
- Huile (2.3 g)
- Sel (2.36 g)
- Poivre (0.4 g)
- Vinaigre blanc (1.5 g)

Hypothèses:

- Processus oignon = même processus que pour l'ail
- Proxy pour vinaigre blanc est le vinaigre balsamique, fourni par Agribalyse (version 3x) (Asselin-Balençon et al., 2020)
- Processus aubergine tiré d'Agribalyse (version 3x) «Eggplant au gratin (oven grilled), processed in FR | Chilled | PP | at supermarket/FR»
- Liste d'ingrédients du végété-poulet croustillant (fournie par l'ASaP pour la session d'été 2022) : Eau, farine enrichie, isolat de protéine de soya, huile de canola, gluten de blé, farine de riz, farine de grain antique: blé khorasan, amarante, millet, quinoa, assaisonnement, sel marin, méthylcellulose, son d'avoine, avoine, phosphate dipotassique, sel, extrait de levure, Amidon de pomme de terre, vinaigre distillé, sucre de canne, sucre, épices, huile de soya, levure, colorant en poudre, arômes naturels, protéines de pois, vitamines et minéraux: maltodextrine

de tapioca, oxyde de magnésium, orthophosphate ferrique, Pantothénate de calcium, chlorhydrate de pyridoxine, chlorhydrate de thiamine, riboflavine, gluconate de cuivre.

- Hypothèse pour la croquette végété :
  - Référence pour le végété poulet de marque Gardein
  - Hypothèse: ingrédients considérés jusqu'au sel seulement (le reste est négligeable)
    - Eau (hypothèse 30% masse)
    - Farine enrichie (hypothèse farine, 30% masse)
    - Isolat de protéine de soya (hypothèse soya RoW dans ecoinvent, 30% masse)
    - Huile de canola (hypothèse huile de soya GLO dans ecoinvent, 5% masse)
    - Gluten de blé (hypothèse farine)
    - Farine de riz (hypothèse farine) - cette donnée pourrait être améliorée dans une future version étant donné que le riz et le blé n'ont pas la même empreinte carbone. Il s'agit toutefois ici d'une petite quantité, c'est pourquoi la farine a été considéré comme proxy dans cette première version.
    - Farine de grain antique: blé de Khorasan, amarante, millet, quinoa (hypothèse farine)
    - Assaisonnement – négligeable
    - Sel marin (hypothèse 5% masse)

## A.12 Plat idéal fictif

Repas basé sur une portion du guide alimentaire canadien (25% de féculent, 25% de protéine, 50% de légumes) avec l'utilisation d'huile et d'assaisonnements. La masse d'huile et d'assaisonnements a été considérée dans le 50%. Les meilleurs ingrédients par catégorie ont été identifiés à partir de l'étude de Poore et Nemecek (2018). Les protéines sont des pois; le féculent est soit des pommes de terre, du pain (blé et seigle) ou du maïs; les légumes sont des légumes racines, des oignons ou des poireaux ou des légumes de la famille des brassicacées (chou, brocolis, etc.). (Poore & Nemecek, 2018).

À partir du poids moyen des repas chauds de l'ASaP, soit 318g (incluant féculent) et des ingrédients tirés de l'étude de Poore et Nemecek, il a été possible d'assembler ce plat à partir de la base de données ICV du Québec (CIRAIG & PolyCarbone, 2020).

Ingrédients:

- Légumineuses ( $318 \text{ g} \times 25\% = 79.5 \text{ g}$ )
  - Ratio masse hydratée / masse sèche = 2,1 pour des pois chiches
  - Masse sèche =  $795 \text{ g} / 2,1 = 37.9 \text{ g}$
  - Eau (pour les légumineuses) :  $(318 \times 25\% - 379) \text{ g} = 41.6 \text{ g}$
- Pommes de terre ( $318 \text{ g} \times 25\% = 79.5 \text{ g}$ )
- Chou / brocolis ( $318 \text{ g} \times 50\% - 5 \text{ g de sel/herbes/huile} = 144 \text{ g}$ )
- Herbes fraîches (5 g)
- Sel (5 g)



- Huile (5 g)

Hypothèses:

- Assaisonnement : Sel & poivre + herbes
  - Transport : équivalent aux autres recettes
  - Énergie cuisson : équivalent aux autres recettes
  - Emballages : équivalent aux autres recettes
- Masse emballage = 0.01034kg

### A.13 Quiche aux poireaux (408 g)

Plat de quiche aux poireaux. La recette initiale de l'ASaP était pour 60 portions, la masse de chaque ingrédient a été ramenée pour une seule portion et est présentée plus bas.

Ingrédients:

- Fond de tarte (150 g)
- Œufs (22.4 g)
- Lait (103 g)
- Crème (50.5 g)
- Mozzarella (40 g)
- Sel (1.33 g)
- Poivre (0.33 g)
- Poireaux (40 g)

Hypothèses :

- Proxy pour mozzarella = fromage moyen sur le marché québécois
- Poids du fond de tarte 150 g

### A.14 Tomate en canne : pour sauce tomate, tomate en dés et pâte de tomate

Le même processus a été utilisé pour les tomates en dés, la pâte de tomate et la sauce tomate en canne pour tous les plats concernés.

Hypothèses :

- Hypothèse tomate: « market » pour le Québec
- Hypothèse pour la canne (les emballages ont été considérés dans le processus du plat, et non dans le processus de tomates) : tiré d'Agribalyse pour un processus de légumes en canne.
  - 0,1kg d'emballage pour 1kg de tomate

- 
- 1kg de tomates cuites = 2kg de tomates crues (“La cuisine de Ponpon, Conserves de sauce tomate avec 200kg de tomates,” 2017)