

# Evaluation environnementale des coproduits de la viande : la question de l'allocation des impacts

Un logiciel et une base de données pour le calcul des facteurs d'allocation économique, massique et biophysique pour l'analyse du cycle de vie des coproduits de la viande

**Mots-clés :** Analyse du Cycle de Vie, allocations biophysique, massique et économique, coproduits de la viande

**Auteurs :** Samuel Le Féon<sup>1</sup>, Aurélie Wilfart<sup>2</sup>, Christophe Lapasin<sup>3</sup>, Armelle Gac<sup>4</sup> et Joël Aubin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Chercheur indépendant en analyse environnementale, Pépinière ESS, 23 rue des Chênes, 35630 Langouët, France

<sup>2</sup> SAS, INRAE, Institut Agro, 35000 Rennes, France

<sup>3</sup> Célene, 17, place des vins de France 75012 Paris, France

<sup>4</sup> Institut de l'élevage, 35650 le Rheu, France

**Coordonnées de l'auteur correspondant :** samuel.lefeon@gmail.com

La volonté croissante d'évaluer les impacts environnementaux de l'alimentation et des produits carnés en particulier pose des questions méthodologiques très débattues par les différentes parties prenantes. Cet article traite d'une de ces questions : l'allocation des impacts entre produits et coproduits à la sortie de l'abattoir.

## Résumé :

La répartition des impacts environnementaux entre différents produits d'un système multi-produits est une question cruciale en Analyse du Cycle de Vie (ACV). Les standards (ISO, 2006a, 2006b) recommandent la subdivision, puis la substitution, lorsque cela est possible. Cependant, l'allocation est souvent nécessaire. Elle consiste à allouer aux différents coproduits une part de l'impact total du système, proportionnellement à des valeurs caractérisant le système et les coproduits qu'il génère. Dans cet article, les coproduits désignent l'ensemble des produits sortant du système, comprenant les produits principaux (viande) et les sous-produits (le reste). L'allocation peut ainsi se baser sur des paramètres physiques (tels que la masse, la valeur protéique ou encore la teneur en matière sèche) ou encore sur la valeur économique des coproduits. La variété des paramètres évoqués conduit à de possibles résultats contrastés selon la règle d'allocation utilisée. De ces différences, naissent des discussions entre acteurs et un consensus est souvent difficile à atteindre, comme dans le cas du secteur de la viande. Pour alimenter encore le débat, Chen *et al.* (2017) ont proposé une nouvelle méthode d'allocation basée sur des paramètres biophysiques. En adaptant et développant des méthodes existantes, ce travail propose ainsi d'allouer les impacts environnementaux proportionnellement à l'énergie nécessaire à la croissance, l'entretien et l'activité de chaque tissu. La méthode a été jugée scientifiquement viable mais particulièrement difficile à appliquer du fait de la quantité importante de données nécessaires et de la complexité des modèles de calcul (la répartition de l'énergie dans les tissus dépend en effet par exemple de la race, de l'âge de l'animal ou encore du mode d'élevage). L'article suivant présente le développement d'un logiciel libre pour faciliter le calcul de ces facteurs pour les méthodes d'allocation biophysique, économique et massique. MeatPartTool permet également l'accès à une base de données de facteurs calculés pour nombre d'espèces de bovins et ovins selon les trois méthodes. Ainsi, la base de données créée contient les facteurs d'allocation à la sortie de l'abattoir pour 132 bovins (hors veaux), 54 veaux et 14 ovins. En cela, l'outil et la base de données n'ont pas pour vocation de résoudre le consensus, mais de faciliter le calcul de facteurs d'allocation selon trois méthodes distinctes et pour une grande variété d'animaux afin d'aider les acteurs de la filière à faire des choix éclairés. La base de données a fait l'objet d'un data paper publié (en Open Access) dans une revue à comité de lecture (Le Féon *et al.*, 2020a).

**Abstract: Evaluation of meat co-product allocations as part of Life Cycle Analysis: a new method based on biophysical parameters.**

The sharing of total environmental impacts between the different products of a multi-output system is crucial in Life Cycle Assessment (LCA). If possible, standards recommend subdivision then substitution methods. Allocation rules are however often necessary. With allocation, the total impact is shared between the different coproducts proportionally to a value that characterizes the coproducts. This proportionality can be based on physical values (such as mass, protein, dry matter, etc.) or again the economic value of coproducts. As they are based on various types of parameters, allocation rules can lead to significantly different environmental impact results. This creates debate between stakeholders and a consensus is often difficult to reach, this being the case in several sectors including the meat sector. To fuel the debate even more, Chen *et al.* (2017) proposed a new allocation method based on the energy needed for the growth, maintenance and activity of each tissue. This is called the biophysical allocation. The method has been judged scientifically viable but also particularly difficult to apply due to the amount of data necessary and the complexity of the calculation model. This paper presents a freeware developed to help to easily calculate biophysical, mass and economic allocation factors to allow a fair comparison: MeatPartTool. MeatPartTool also allows access to a large database of allocation factors that comprises beef cattle (132 individuals), calves (54 individuals) and lambs (14 individuals) at the slaughterhouse stage (Le Féon *et al.*, 2020a).

## INTRODUCTION

La question environnementale est de plus en plus prégnante dans l'esprit des consommateurs, devenant un critère de choix toujours plus important (Van Der Werf and Colomb, 2021). Les produits alimentaires, et par conséquent la filière agricole, génèrent une part importante des impacts environnementaux. L'agriculture, la production alimentaire et la déforestation seraient responsables de 23% des émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2019). Au-delà des impacts sur le changement climatique, l'agriculture peut participer à générer d'autres effets, soit négatifs tels que l'eutrophisation, l'acidification ou encore la consommation d'énergie primaire ; ou encore positifs par le stockage de carbone ou la préservation de milieux favorables à la biodiversité par exemple.

Afin de mieux évaluer ces impacts négatifs sur l'environnement, les prescripteurs des secteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire se tournent de plus en plus vers les méthodes de quantification telles que l'Analyse du Cycle de Vie (ACV). Une question méthodologique importante se pose lorsqu'on réalise l'ACV d'un système

multi-produits : celle de l'attribution de la bonne charge environnementale à chacun des coproduits sortant du système. C'est précisément l'impact d'un produit (et non celui du système total) qui intéressera souvent le consommateur ou le décideur politique pour faire ses choix.

Le secteur de la viande est directement concerné par ces choix d'allocation puisqu'outre le produit principal qu'est la viande, un animal produit également d'autres coproduits tels que les abats, le cuir ou encore le sang, qui peuvent avoir divers débouchés (alimentaires ou non).

De 2018 à 2020 un projet financé par Interbev et conduit en partenariat entre INRAE, Idele et Céline a permis de construire un outil de calcul et des bases de connaissance pour éclairer les utilisateurs de l'ACV sur les implications de différentes règles d'allocation des coproduits de la viande. Ce travail a aussi été l'occasion de produire des bases de données consolidées des rendements de découpe des différents coproduits bovins et ovins à la porte de l'abattoir selon leur race et leur type.

## I. QUELQUES RAPPELS SUR L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode de quantification des impacts environnementaux potentiels d'un produit (bien ou service) sur l'ensemble des étapes de son cycle de vie, c'est-à-dire de l'extraction des matières premières à la fin de vie (Guinée, 2002). L'ACV évalue les impacts environnementaux de la (ou les) fonction(s) rendue(s) par un système, en se rapportant pour cela à l'unité fonctionnelle. Grâce à son approche « cycle de vie », la méthode permet d'identifier de possibles transferts

d'impacts entre étapes du cycle de vie (fabrication, fin de vie, etc.) ou entre catégories d'impacts environnementaux. Par exemple, elle permettra de s'assurer qu'une action visant à réduire l'impact sur le changement climatique d'un système ne conduit pas à augmenter ses impacts sur l'eutrophisation ou l'acidification. Ainsi, l'ACV permettra d'obtenir une vision exhaustive et contrastée pour aider le décideur à choisir en toute connaissance de cause.

## II. LES ENJEUX DES SYSTEMES MULTI-PRODUITS

L'ACV d'un système multi-produits pose une question majeure : comment répartir l'impact environnemental du système entre les différents coproduits ? En effet, il arrive qu'il soit possible de quantifier les impacts environnementaux du système entier sans pour autant être capable de calculer précisément les impacts propres à chacun des coproduits.

La norme ISO 14044 (2006) définit les exigences et les lignes directrices à suivre lors de la réalisation d'une ACV. Parmi celles-ci, on retrouve la question du choix de la méthode de détermination des impacts de coproduits issus de systèmes de produits. La norme les hiérarchise ainsi :

1. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter l'allocation en utilisant la subdivision ou, à défaut, l'expansion de système ;
2. Si l'allocation est inévitable, il convient d'utiliser une règle d'allocation basée sur les relations physiques qui sous-tendent le lien entre les coproduits ;
3. En dernier recours, on utilisera une règle d'allocation reflétant d'autres relations entre les coproduits du système, telle que la valeur économique.

La subdivision consiste à diviser le système multi-produits en plusieurs systèmes mono-produits.

L'application de cette méthode est souvent rendue difficile, soit par une connaissance imprécise du système puisqu'elle nécessite de connaître précisément chaque sous-processus composant le système, soit par une incapacité à allouer aux sous-systèmes les flux entrants et sortants correspondants (Cederberg and Stadig, 2003; Ekvall and Finnveden, 2001). Dans le cas de la viande, il s'agirait par exemple de connaître précisément la part de l'électricité consommée par le système pour l'éclairage des bâtiments qui a été nécessaire à la fabrication du muscle de l'animal.

La substitution consiste à soustraire à l'impact total du système les impacts de produits équivalents (i.e. remplissant la même fonction que celles des coproduits) pour ne garder que les impacts du produit principal (dans notre cas la viande). Dans de nombreux cas, ces substituts n'existent pas ou seraient trop éloignés des coproduits eux-mêmes et la substitution n'est alors pas possible. Dans le cas de la viande, il faudrait par exemple trouver un produit équivalent aux abats ou au sang, dont on connaîtrait par ailleurs l'impact et qui ne soit pas lui-même un coproduit.

Il est donc souvent nécessaire d'appliquer les deux derniers points de la norme. La technique consiste à répartir

un certain pourcentage des impacts du système entre les différents coproduits (le produit viande et ses sous-produits). Ces pourcentages sont appelés facteurs d'allocation. Une question se pose alors : comment calculer ces facteurs d'allocation ?

Les facteurs d'allocation sont calculés à partir de certaines grandeurs caractéristiques des coproduits. Ainsi, les impacts pourront par exemple être répartis au prorata d'unités physiques ou de la valeur économique des coproduits. On distingue tout d'abord les règles d'allocation basées sur des grandeurs physiques. On peut citer par exemple :

- Allocation massique : les impacts sont alloués aux coproduits au prorata de leur masse.
- Allocation sur la matière sèche : les impacts sont alloués aux coproduits au prorata de leur masse en matière sèche.
- Allocation énergétique : les impacts sont alloués aux coproduits au prorata de leur contenu énergétique – exprimé en kCal ou MJ.
- Allocation protéique : les impacts sont alloués aux coproduits au prorata de leur contenu en protéines.
- Allocation biophysique : les impacts sont alloués aux coproduits au prorata de la quantité d'intrants nécessaires (ex : énergie nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques d'un animal) à leur fabrication (Chen *et al.*, 2017).

Enfin, non basée sur une grandeur physique, l'allocation économique répartit les impacts entre les coproduits au prorata de leur valeur économique.

Les références bibliographiques démontrant l'influence du choix de la méthode d'allocation sur les impacts d'un produit ne manquent pas (Ayer *et al.*, 2006; Brankatschk and Finkbeiner, 2014; Wiedemann *et al.*, 2015; Toniolo *et al.*, 2017). En effet, il est aisé de comprendre que dans le cas d'un coproduit représentant 40% de la masse totale du système de produits mais 80% de sa valeur marchande, des allocations massique et économique conduiront à des résultats très contrastés (40 et 73 % respectivement).

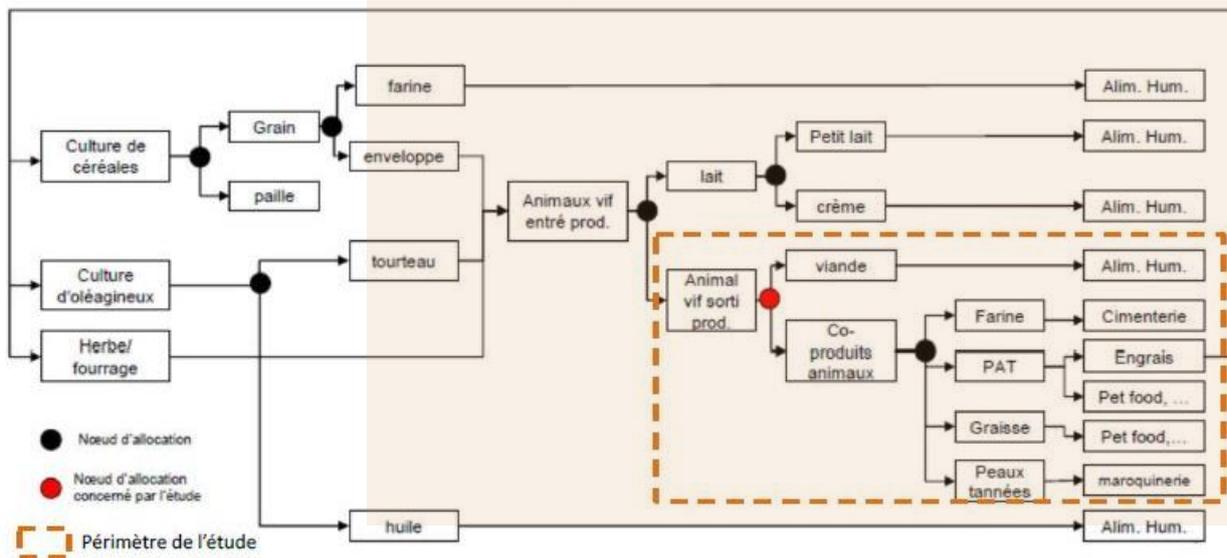
Malgré la préférence de la norme pour les règles d'allocation basées sur des paramètres physiques, l'allocation économique est la plus utilisée dans les productions agricoles (de Vries and de Boer, 2010; Fuchs *et al.*, 2011; Baldini *et al.*, 2017). Elle est particulièrement privilégiée lorsqu'un produit principal est clairement identifié (Ziegler *et al.*, 2003; Ziegler, 2006). Les auteurs défendent ici l'allocation économique, argumentant que l'allocation massique donnerait trop d'importance aux coproduits à destination de l'alimentation des animaux de compagnie (la moitié de la masse pour seulement 2% de la valeur économique) contre ceux à destination de l'alimentation humaine. Les résultats de l'allocation économique ne sont cependant pas toujours transposables dans le temps et l'espace, du fait de la volatilité des prix (Eyjolfsson *et al.*, 2003; Baldini *et al.*, 2017), ce qui constitue un argument supplémentaire à l'utilisation de règles d'allocation basées sur des relations physiques entre coproduits, plus constantes dans le temps et l'espace.

### III. L'ALLOCATION APPLIQUEE AUX PRODUITS DE LA VIANDE

Plusieurs questions d'allocation se posent dans la réalisation d'Analyses du Cycle de Vie de produits carnés. Tout d'abord, en amont de l'élevage, il est nécessaire d'allouer les impacts environnementaux entre les aliments qui seront donnés aux animaux et leurs coproduits (blé/paille, tourteaux/huile, etc.). Ensuite, au cours de l'élevage, certains animaux vont produire, en plus de la viande (ici l'ensemble de l'animal), d'autres denrées alimentaires (œufs, lait). Il s'agira alors d'allouer les impacts environnementaux entre l'animal et les produits qui

sortent du système d'élevage. Enfin, et c'est la partie sur laquelle se concentre ce projet, différents coproduits sont obtenus en sortie d'abattoir, en plus de la viande (ici le muscle commercialisé). Il s'agit alors d'allouer les impacts environnementaux entre ces différents sortants. Ces différentes questions d'allocation, et le périmètre d'étude du cadre de ce projet, sont représentés sur la Figure 1 (Gac *et al.*, 2012) qui représente le cas de la production de viande issue de races laitières.

**Figure 1 : Système de production de viande laitière (Gac *et al.*, 2012) (PAT : Protéines Animales Transformées)**



En sortie d'abattoir, un certain nombre de coproduits a pour destination l'alimentation humaine. Outre la viande (telle que définie par le règlement C/853/2004 (UE, 2004)), c'est le cas par exemple d'une partie des os qui sert à l'obtention de gélatine alimentaire. Les coproduits n'ayant pas pour destination l'alimentation humaine sont dénommés par la réglementation européenne (Règlement CE/1069/2009 (UE, 2009)) et se classent en plusieurs catégories :

**Catégorie 1** : sous-produits liés aux EST (Encéphalopathies Spongiformes Transmissibles), aux résidus de substances toxiques ou aux contaminants pour l'environnement. Ces sous-produits sont traités en tant que déchets. Ils seront classés dans la catégorie « C1-C2 for disposal » dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.

**Catégorie 2** : sous-produits (hors EST) présentant des risques sanitaires (saisies sanitaires par exemple). Comme ceux de catégorie 1, ces sous-produits sont traités en tant que déchets. Ils seront classés dans la catégorie « C1-C2 for disposal » dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.

**Catégorie 3** : sous-produits ne présentant pas de risque sanitaire particulier. Ils ont plusieurs destinations possibles:

- Usine de transformation C3-PAT et graisses extraites (SPA – Sous-Produits Animaux – C3, sang). Ils seront classés dans la catégorie « PAP C3 » (pour Processed Animal Protein) dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.
- Usine de transformation C3 - graisses et cretons (suif, graisses). Ils seront classés dans la catégorie "Fat and Greaves C3" dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.
- Usine de transformation C3 – os (os tendons). Ils seront classés dans la catégorie "Gelatin C3" dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.
- Tannerie - peaux C3 (peaux, masques). Ils seront classés dans la catégorie "Skin tannery C3" dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.
- Les sous-produits à destination de l'alimentation des animaux familiers. Ils seront classés dans la catégorie « Pet Food » dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.

**Hors catégories** : Enfin, les coproduits qui n'entrent pas dans l'une de ces catégories sont épandus en tant que déchets ou envoyés dans une usine de production de biogaz ou de compostage (matières stercoraires – sous-produits animaux C2, déjections animales, refus de traitement des eaux usées – après le premier dégrillage). Ils seront classés dans la catégorie "Spreading/Compost" dans la base de données développée dans le cadre de ce projet.

Il s'agit de répartir l'impact environnemental de l'animal sur l'ensemble de ces coproduits, grâce à des facteurs d'allocation. Des préconisations existent d'ores et déjà dans la littérature et dans un certain nombre de guides de bonnes pratiques. Dans un projet précédent, Gac *et al.* (2012) évaluaient l'ensemble de ces préconisations et tiraient plusieurs conclusions :

- Il n'existe pas de consensus quant à la règle d'allocation à privilégier selon les sources étudiées ;
- L'allocation économique, de par sa facilité de mise en œuvre et son lien avec les marchés économiques reste celle privilégiée par le plus grand nombre de sources ;

- Une étude croisée des différentes règles d'allocation existantes est nécessaire (ce qui est proposé dans la suite du projet précité).

La difficulté de parvenir à un consensus entre acteurs est intrinsèquement liée aux implications politiques, économiques et stratégiques de ces choix (Wilfart *et al.*, 2021). La poursuite des développements méthodologiques et la production de connaissances scientifiques sont donc encouragées. Des comparaisons factuelles et argumentées des différentes méthodes sont ainsi produites (Espagnol *et al.*, 2017; Wilfart *et al.*, 2021). La production de données et méthodes se poursuit également, en parallèle des discussions politiques.

En 2010, une nouvelle méthode d'allocation biophysique a été développée, basée sur l'énergie nécessaire à la production des coproduits, dans le cas de la production laitière (IDF, 2010; van der Werf and Nguyen, 2015). Le calcul des facteurs d'allocation se base sur la physiologie de l'animal et en particulier sur l'énergie métabolique nécessaire à la production des différents coproduits (énergie pour la croissance, l'entretien et l'activité des tissus, énergie nécessaire à la lactation et la gestation). Le périmètre d'étude de cette méthode d'allocation s'arrête à la sortie de la ferme. Chen *et al.* (2017) ont développé, sur ce modèle, une méthode permettant de calculer des facteurs d'allocation à la sortie de l'abattoir, c'est-à-dire, pour l'ensemble des coproduits issus de l'abattage de l'animal, et ayant des destinations diverses (alimentation humaine, alimentation animale, tannerie, etc.). L'amont, et donc les autres coproduits potentiels (tel que le lait) sont exclus de ce périmètre. Il n'est alors plus question de l'énergie nécessaire à la lactation et la gestation, mais uniquement de celle utile pour la croissance, l'entretien et l'activité des tissus qui composent ces coproduits. Plus de détails sur la méthodologie de calcul et sur les valeurs de paramètres utilisées sont disponibles en lisant Chen *et al.* (2017).

L'application de la méthode biophysique se heurte à la complexité des calculs (en comparaison des allocations économique et massique) et au manque de données permettant le calcul des facteurs d'allocation. Espagnol *et al.* (2017) comparaient les méthodes d'allocation physique, économique et biophysique selon 7 critères (cohérence, applicabilité, robustesse, sensibilité, facilité de mise en œuvre, interprétation et reconnaissance). La méthode d'allocation biophysique obtenait des notes sensiblement inférieures aux deux autres types de méthodes, du fait, principalement, des difficultés liées à sa complexité et à sa consommation importante de données. Malgré cela, elle apparaissait comme une méthode scientifiquement pertinente et une alternative possible aux allocations physique et économique.

Le projet qui a été financé par Interbev visait donc à répondre aux deux problématiques – complexité de calcul et manque de données – appliquées aux bovins et ovins, en:

- Proposant un outil de calcul ergonomique permettant de construire les clés d'allocations biophysique, massique et économique ;
- Proposant des bases de données de référence des différents coproduits de découpe, proportions et facteurs d'allocations pour différents types et races de bovins, veaux et ovins.

## IV. LE LOGICIEL DE CALCUL DES FACTEURS D'ALLOCATION

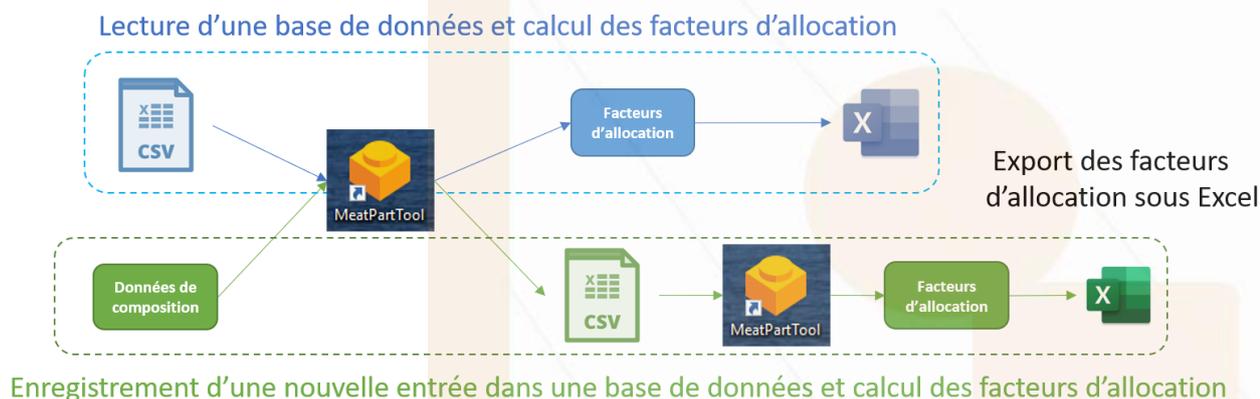
Les fonctionnalités de l'outil de calcul ont été définies par le Comité de pilotage du projet comme suit (Figure 2) :

- Permettre le calcul de facteurs d'allocation économique, massique et biophysique ;
- Permettre d'accéder aux données de la base de données développée dans le cadre de ce projet, ou de toute autre base de données développée ultérieurement ;
- Permettre de créer un jeu de données propre et de l'ajouter à la base de données ;

- Permettre l'export des résultats (clés d'allocation) sous Excel.

Ces fonctionnalités doivent être remplies dans un cadre ergonomique et compréhensible du plus grand nombre. Le logiciel sera par ailleurs fourni avec un tutoriel. Il sera mis gratuitement à disposition de tout utilisateur intéressé sur une plateforme de téléchargement par l'un des partenaires du projet (la plateforme MEANS de l'INRAE et le dataverse DATA INRAE).

**Figure 2 : Schéma des fonctionnalités requises du logiciel MeatPartTool v4**



Le choix d'un logiciel avec une interface indépendante a été fait. L'interface fait le lien entre le code informatique et l'utilisateur sans que ce dernier puisse modifier le premier, a priori. Il est néanmoins possible d'accéder au code pour le modifier, mais cela se fait dans une démarche consciente de versionnage (i.e. de création d'une nouvelle version plus optimisée). Les codes de la version mise à disposition des utilisateurs sont donc figés, permettant de garantir les résultats issus de la version approuvée par le consortium du projet uniquement (i.e. celle mise à disposition en ligne) et non ceux qui pourraient être issus d'une version transformée par un utilisateur. La version approuvée (mise à disposition en ligne via la plateforme MEANS) pourra évoluer à l'avenir.

Le langage informatique retenu est Python. Le logiciel a été développé sous licence libre, GPLv3. Le logiciel n'étant pas à vocation commerciale, cela permet d'ouvrir la porte à des développements futurs.

Le logiciel fournit une interface et un modèle de calcul permettant d'obtenir les facteurs d'allocation, mais l'utilisateur reste maître et responsable des données avec lesquelles il le nourrit.

Le logiciel requiert d'ouvrir une base de données \*.csv pour fonctionner. Une base de données de référence, développée dans le cadre du projet, sera fournie avec le logiciel. L'utilisateur pourra ensuite, s'il le souhaite, créer ses propres bases de données. Il pourra également ajouter de nouvelles entrées à la base de données de référence. Il pourra transformer la base de données en ajoutant/supprimant directement des lignes au fichier \*.csv ou par l'intermédiaire du logiciel. Cette deuxième solution est conseillée car plus intuitive et permettant d'éviter un certain nombre d'erreurs (de compréhension ou de saisie).

## V. LA BASE DE DONNEES

La première étape a été de déterminer une nomenclature permettant d'identifier les individus. Chaque individu sera ainsi identifié par :

- **son espèce** : deux espèces d'animaux ont été sélectionnées dans le cadre de ce projet (bovin, ovin), mais d'autres pourraient être éventuellement rajoutées dans le futur. Il a été décidé de créer également une catégorie à part pour les veaux ;
- **sa race** (exemple pour les bovins : charolaise, limousine, etc.) ;
- **sa catégorie** (exemple pour les gros bovins : jeune bovin, vache de réforme, bœuf et génisse) ;
- **son mode d'élevage** (pâturage ou étable, par exemple).

Trois paramètres principaux ont été dégagés comme permettant de différencier les individus d'une même espèce : le poids à l'abattage, le rendement carcasse et le coefficient d'activité. Dès lors, la base de données a été construite en modifiant des données génériques bovin disponibles (Gac *et al.*, 2012). Les entrées suivantes ont été modifiées d'un individu à l'autre :

- **Poids à l'abattage**
- **Rendement carcasse** : il représente le rapport entre le poids de carcasse froide et le poids vif avant abattage.
- **Le coefficient d'activité** : il varie selon le mode d'élevage retenu. Les coefficients proviennent du

rapport du GIEC sur les émissions des élevages (IPCC, 2006). Ainsi, un animal restant en bâtiment d'élevage aura un coefficient d'activité nul tandis qu'un animal en élevage extensif aura un coefficient d'activité non nul (et donc une énergie d'activité nécessaire plus importante).

- **Pourcentage du poids des tissus dans le poids total** : cette variable est modifiée en fonction du rendement carcasse. Si le rendement carcasse est plus grand que le

$$BW\%_{i,j} = BW\%_{i,générique} * \frac{\text{Rendement Carcasse}_j}{\text{Rendement Carcasse}_{générique}} \text{ pour les tissus de la carcasse}$$

$$BW\%_{i,j} = BW\%_{i,générique} * \frac{\text{Rendement Carcasse}_{générique}}{\text{Rendement Carcasse}_j} \text{ pour les autres tissus}$$

avec  $BW\%$  (Empty Body Weight) le pourcentage du poids total,  $i$  le tissu et  $j$  l'individu

Au total, les données ont été collectées et compilées dans la base de données pour 120 bovins, 42 veaux et 4 ovins. En ce qui concerne les bovins, 10 races, 6 catégories (veau de lait, veau rosé, jeunes bovins, génisse, vache de réforme et bœuf) et trois modes d'élevage (en bâtiment, au pâturage ou en grands pâturages) sont considérés ; et pour les ovins : trois catégories d'agneaux (rustique en bergerie, lourd en bergerie, lourd à l'herbe), deux catégories de brebis (lait et moyenne), avec trois modes d'élevage (bâtiment, pâturage en plaine ou pâturage vallonné).

Pour caractériser les coproduits de découpe à l'abattoir, les bovins sont découpés en 59 coproduits, les veaux en 24

rendement carcasse de l'individu générique, la part de chaque tissu de la carcasse est augmentée proportionnellement. La part des autres tissus est inversement diminuée. De manière analogue, si le rendement carcasse est plus petit que le rendement carcasse de l'individu générique, la part de chaque tissu de la carcasse est diminuée proportionnellement. La part des autres tissus est inversement augmentée.

coproduits et les ovins en 28 coproduits. Les listes de coproduits, initialement en français, a été traduite en anglais pour une utilisation plus large.

Ces données font l'objet d'un dépôt de publication scientifique sous la forme d'un data paper en open access (Le Féon *et al.*, 2020a). Elles sont aussi directement consultables en utilisant le logiciel et la base de données fournis, via la plateforme MEANS (Le Féon *et al.*, 2020b) ou via le dataverse DATA INRAE (<https://doi.org/10.15454/552QFN>).

## VI. QUELQUES RESULTATS CLES

Si l'on observe tout d'abord les résultats rapportés aux catégories de destination, les coproduits à destination de l'alimentation humaine représentent la plus grande part de l'impact environnemental, quelle que soit la méthode d'allocation sélectionnée. Cette part est néanmoins très variable selon la méthode. Chez les bovins, elle atteint 51% pour l'allocation biophysique, 56% pour l'allocation massique, et 85% pour l'allocation économique (respectivement 63%, 70% et 92%, pour les veaux). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus précédemment par Chen *et al.* (2017). Si l'on excepte l'allocation économique – pour laquelle les facteurs d'allocation sont naturellement élevés pour les coproduits à destination de l'alimentation humaine – les allocations massique et biophysique montrent également des différences significatives. Notamment, la part d'impact attribuée aux coproduits à destination des Protéines Animales Transformées (PAP C3) est beaucoup plus importante pour l'allocation biophysique (14,9%) que pour l'allocation massique (6,0%). A contrario, les facteurs d'allocation massique sont plus importants pour les coproduits à destination des catégories PET FOOD (5,2%, contre 3,1% en biophysique) et GELATIN C3 (9,6% contre 6,3% en biophysique).

Concernant l'allocation biophysique, certaines valeurs ressortent comme particulièrement importantes par rapport aux autres méthodes. Il s'agit notamment de certains coproduits nécessitant une importante quantité d'énergie pour l'entretien métabolique. Par exemple, l'intestin grêle représente presque 7,5% de l'impact total (contre 1,5% pour l'allocation massique et 0% pour l'allocation économique).

Afin d'observer la variabilité des résultats au choix de race et de catégorie, la part des coproduits à destination de l'alimentation humaine a été calculée pour chaque individu. Les résultats varient relativement peu d'une race à l'autre à catégorie constante (de 49% à 53% pour les génisses). Cependant, une différence existe bien. Cette différence, faible en relatif, pourra, en valeur absolue, représenter un impact environnemental important rapporté à l'ensemble des coproduits consommés en alimentation humaine.

La variabilité des résultats entre les catégories de bovin, à race constante, est du même ordre. Ce résultat est probablement lié au manque de données différenciées entre catégories (hormis le rendement carcasse et le poids à l'abattage). Ainsi, il serait intéressant, à l'avenir, de mener une collecte de données encore plus exhaustive (coefficients de Gompertz notamment pour différencier les taux de croissance). L'ensemble des tables sont disponibles et accessibles via le data paper publié (Le Féon *et al.*, 2020a).

## VII. CONCLUSION

Le travail mené a permis l'obtention d'un logiciel visant à faciliter les calculs de facteurs d'allocation économique, massique et biophysique pour les coproduits des viandes de bovins (dont veaux) et ovins. Le logiciel est mis à disposition des utilisateurs souhaitant calculer leurs propres facteurs d'allocation pour ces catégories d'animaux.

Outre les aspects calculatoires, la difficulté principale pour obtenir ces facteurs d'allocation est la quantité importante de données à récolter (notamment pour l'allocation biophysique). Aussi, afin de faciliter leur utilisation, une base de données a été créée, contenant différents modèles de bovins, veaux et ovins. Ainsi, un utilisateur pourra s'il le souhaite utiliser directement ces données, certifiées par le consortium du projet ou les adapter (s'en servir comme base) pour créer ses propres jeux de données.

Les différences de résultats obtenus avec les différentes méthodes d'allocation dans le cadre de ce projet sont notables, ce qui confirment les résultats de la littérature.

Utiliser l'une ou l'autre des méthodes d'allocation n'est donc pas anodin et doit être justifié. Ce travail, en offrant la possibilité d'utiliser trois méthodes d'allocation pour l'ACV des coproduits de la viande, pourra alimenter les débats scientifiques et techniques sur le sujet.

L'usage de ces facteurs d'allocation dans l'ACV sont spécifiques à l'étape d'abattage et ne présage pas du bilan environnemental total de l'animal. Ce dernier est lié à d'autres paramètres (tels que le mode d'élevage, l'alimentation, la zone géographique, etc.) qui ne sont pas considérés ici. Une hiérarchisation des facteurs d'allocation entre deux individus ne suppose rien de la hiérarchisation des impacts environnementaux de ces mêmes individus.

Il serait intéressant, à l'aune de ce qui a été fait sur les facteurs d'allocation, de poursuivre la collecte des données d'inventaires (et donc des bilans environnementaux) propres à un grand nombre d'individus (race, catégories ou modes d'élevage différents), afin de pouvoir apprécier plus finement les différences.

## Références

- Ayer N.W., Tyedmers P.H., Pelletier N.L., Sonesson U., Scholz A. (2006). Co-product allocation in life cycle assessments of seafood production systems: Review of problems and strategies. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12, 480-487.
- Baldini C., Gardoni D., Guarino M. (2017). A critical review of the recent evolution of Life Cycle Assessment applied to milk production. *Journal of Cleaner Production* 140, 421-435.
- Brankatschk G., Finkbeiner M. (2014). Application of the Cereal Unit in a new allocation procedure for agricultural life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production* 73, 72-79.
- Cederberg C., Stadig M. (2003). System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 8, 350-356.
- Chen X., Wilfart A., Puillet L., Aubin, J. (2017). A new method of biophysical allocation in LCA of livestock co-products: modeling metabolic energy requirements of body-tissue growth. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22, 883-895.
- De Vries M., de Boer I.J.M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128, 1-11.
- Ekvall T., Finnveden, G. (2001). Allocation in ISO 14041—a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 9, 197-208.
- Espagnol S., Gac A., Chen X., Renouard A., Aubin J., Wilfart A. (2017). Allocations pour l'affectation de l'impact environnemental entre les produits et co-produits carnés. Rapport pour FranceAgrimer, 81 pages. [https://idele.fr/?eID=cmis\\_download&oID=workspace://SpacesStore/f79965d1-abe1-4486-a195-6789727b916e](https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/f79965d1-abe1-4486-a195-6789727b916e)
- Eyjolfsdottir H., Jonsdottir H., Yngvadottir E., Skuladottir B. (2003). Environmental effects of fish on the consumer dish - Life cycle assessment of icelandic frozen cod products. Report 06-03, Icelandic Fisheries Laboratories and Technological Institute of Iceland ITI 0305/HTD05 8UI0002, 48 p. <http://www.matis.is/media/utgafa/Verkefnaskyrsla0603.pdf>
- Fuchs F., Sidot G., Waroquiers C. (2011). Propositions pour faire évoluer les outils d'Analyse de Cycle de Vie des produits d'origine agricole. *Innovations Agronomiques*, 17, 213-226. <https://www6.inrae.fr/ciag/content/download/3734/35934/file/Vol17-16-Fuchs.pdf>
- Gac A., Tribot-Laspière P., Lapasin C., Scislawski V., Chevillon P., Guardia S., Ponchant P., Nassy G. (2012). Recherches de méthodes d'évaluation de l'empreinte carbone des produits viande. Compte-rendu final 00 12 33 023 de l'Institut de l'Élevage. [https://idele.fr/?eID=cmis\\_download&oID=workspace://SpacesStore/78d5a715-7ec3-4098-ad2e-961c7d9edcf1](https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/78d5a715-7ec3-4098-ad2e-961c7d9edcf1)
- Guinée J.B. (2002). Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards (Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic Publishers).
- IDF (2010). Bulletin of the IDF n°445/2010, The World, A common carbon footprint approach for dairy. The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. <http://www.ukidf.org/documents/bulletin445.pdf>
- IPCC (2006). Chapter 10: Emissions from livestock and manure management. In IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 87 pages. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf)
- IPCC (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 874 pages. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>
- ISO (2006a). ISO-14040:2006 Environmental management—life cycle assessment—principles and framework: International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/37456.html>

ISO (2006b). ISO 14044:2006 environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines. <https://www.iso.org/standard/38498.html#:~:text=ISO%2014044%3A2006%20specifies%20requirements,and%20critical%20review%20of%20the>

Le Féon S., Aubin J., Gac A., Lapasin C., Wilfart, A. (2020a). Allocation factors for meat coproducts: dataset to perform life cycle assessment at slaughterhouse. Data in Brief 106558.

Le Féon S., Aubin J., Wilfart A., Chen, X. (2020b). MeatPartTool: Source Code. <https://www6.inrae.fr/means/Outils-d-analyse-multicritere/MeatPartTool>

Poore J., Nemecek T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science, 360, 987–992.

Toniolo S., Mazzi A., Pieretto C., Scipioni A. (2017). Allocation strategies in comparative life cycle assessment for recycling: Considerations from case studies. Resources, Conservation and Recycling, 117, 249–261.

UE (2004). Règlement (CE) N° 853/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:226:0022:0082:FR:PDF>

UE (2009). Règlement (CE) N° 1069/2009 du Parlement Européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) no 1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:FR:PDF>

Van der Werf H.M.G., Nguyen T.T.H. (2015). Construction cost of plant compounds provides a physical relationship for co-product allocation in life cycle assessment. International Journal of Life Cycle Assessment, 20, 777–784.

Cette référence citée en introduction n'est pas dans la liste

Van Der Werf H., Colomb V. (2021). Améliorer l'impact environnemental de son assiette. Pour la science. <https://www.pourlascience.fr/sd/environnement/ameliorer-l-impact-environnemental-de-son-assiette-21677.php>

Wiedemann S.G., Ledgard S.F., Henry B.K., Yan M.-J., Mao N., Russell, S.J. (2015). Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. International Journal of Life Cycle Assessment, 20, 463–476.

Wilfart A., Gac A., Salaün Y., Aubin J., Espagnol S. (2021). Allocation in the LCA of meat products: is agreement possible? Cleaner Environmental Systems, 2, 100028.

Ziegler F. (2006). Environmental Life Cycle Assessment of seafood products from capture fisheries. Thesis from Göteborg University, Department of Marine Ecology. ISBN: 9789189677272.

Ziegler F., Nilsson P., Mattsson B., Walther Y. (2003). Life Cycle assessment of frozen cod fillets including fishery-specific environmental impacts. International Journal of Life Cycle Assessment, 8, 39-47.