



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Diagrammes de flux des filières agricoles françaises du champ à l'assiette : vers la production d'un référentiel commun

Fabrice LEVERT, Julien ALAPETITE, Christophe ALLIOT, Yannick CAREL,
Jean-Yves COURTONNE, Valérie DIOT, Xavier DORNIER, Sophie DROGUE,
Boris DUFLOT, Simon FOURDIN, Anne-Laure LEVET, Sophie MADELRIEUX,
Tiana SMADJA

Working Paper SMART N°25-04

May 2025



Les Working Papers SMART ont pour vocation de diffuser les recherches conduites au sein de l'UMR SMART dans une forme préliminaire permettant la discussion et avant publication définitive. Selon les cas, il s'agit de travaux qui ont été acceptés ou ont déjà fait l'objet d'une présentation lors d'une conférence scientifique nationale ou internationale, qui ont été soumis pour publication dans une revue académique à comité de lecture, ou encore qui constituent un chapitre d'ouvrage académique. Bien que non revus par les pairs, chaque working paper a fait l'objet d'une relecture interne par un des scientifiques de l'UMR SMART et par l'un des éditeurs de la série. Les Working Papers SMART n'engagent cependant que leurs auteurs.

Working Papers SMART aim to promote discussion by disseminating the research carried by SMART members in a preliminary form and before their final publication. These works have been accepted or already presented at a national or international scientific conference, have been submitted to a peer-reviewed academic journal, or are forthcoming as a chapter of an academic book. While not peer-reviewed, each of them has been read by a researcher of SMART and by an editor of the series. The views expressed in Working Papers SMART are solely those of their authors.

Diagrammes de flux des filières agricoles françaises du champ à l'assiette : vers la production d'un référentiel commun

Fabrice LEVERT

SMART, INRAE, 35000, Rennes, France

Julien ALAPETITE

TerriFlux, 38430, Moirans, France

Christophe ALLIOT

BASIC, 75011, Paris, France

Yannick CAREL

Pôle Economie & Stratégie d'exploitation,
Arvalis, 31450, Baziège, France

Jean-Yves COURTONNE

STEEP, LJK, INRIA, Grenoble INP, CNRS,
Université Grenoble Alpes, 38000, Grenoble,
France

Valérie DIOT

Département Economie, IFIP, 35650,
Le Rheu, France

Xavier DORNIER

Pôle Développement, Innovation, Recherche,
IFCE, 19230, Arnac-Pompadour, France

Sophie DROGUÉ

MOISA, Univ Montpellier, CIHEAM-IAMM,
CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD, 34000,
Montpellier, France

Boris DUFLOT

Département Economie, IDELE, 75012,
Paris, France

Simon FOURDIN

Pôle Socio-Economie, ITAVI, 75009, Paris,
France

Anne-Laure LEVET

Direction Prospective et Études
Économiques, CTIFL, 75017, Paris, France

Sophie MADELRIEUX

Université Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM,
38402 St-Martin-d'Hères, France

Tiana SMADJA

Terres Univia, 75008, Paris, France

Remerciements : *Le travail présenté dans cet article a bénéficié du soutien financier de FranceAgriMer et de l'Ademe. Les auteurs remercient également les relecteurs anonymes pour leurs remarques précieuses qui ont permis d'améliorer l'article.*

Auteur pour la correspondance :

Fabrice Levert

INRAE, UMR SMART

4 allée Adolphe Bobierre - CS 61103

35011 Rennes Cedex, FRANCE

E-mail : fabrice.levert@inrae.fr

Téléphone/Phone : +33 (0) 2 23 48 54 02

Les Working Papers SMART n'engagent que leurs auteurs.

The views expressed in the SMART Working Papers are solely those of their authors

Diagrammes de flux des filières agricoles françaises du champ à l'assiette : vers la production d'un référentiel commun

Résumé

Les diagrammes de flux de matières sont un mode de représentation des données de filière permettant de rendre visuel les liens qui relient les acteurs entre eux et leur importance. Le projet RéfFlux (2022-2023) avait pour objet, pour différentes filières françaises représentées par leurs instituts techniques, d'harmoniser leur approche et de se doter d'une méthodologie commune de représentation des données publiques et expertes. Cet article présente la démarche adoptée pour la réalisation d'un référentiel commun aux différentes filières végétales et animales malgré la grande diversité des données, des acteurs, des procédés de transformation et des enjeux. Nous proposons une grille de lecture des diagrammes réalisables et notamment ceux mis en ligne sur le site web du RMT FILARMONI via 3 types d'analyses thématiques possibles : les questions de souveraineté alimentaire et de dépendance des filières, les questions de flux de coproduits en lien avec la bioéconomie et enfin l'adaptation à la consommation des ménages, à domicile et hors foyer. L'objectif principal de ce travail est de contribuer à une meilleure lecture sur l'origine et le devenir des productions végétales et animales en France afin d'éclairer les choix des politiques publiques et des décideurs privés.

Mots-Clés : diagrammes de Sankey, flux de matières, filières agro-alimentaires, dépendance alimentaire, souveraineté, bioéconomie, distribution, RéfFlux

Classification JEL : L22, Q11, Q13

Farm to Fork Flow Diagrams for French Agricultural Sectors: A common template

Abstract

Material flow diagrams are a visual representation of sector data that allows visualizing the size of the relative flows between the different actors. The RéfFlux project (2022-2023) is a project which purpose was, for different French sectors represented by their technical institutes, to equip themselves with a common methodology for representing public and expert data. This article presents the common approach adopted for the creation of a common reference framework for the different plant and animal sectors in a context of great diversity of data, actors, technologies and issues. We propose a reading grid for the diagrams that can be produced, in particular those posted online on the RMT FILARMONI website via 3 types of possible thematic analyses: questions of food sovereignty and sector dependency, questions of co-product flows linked to the bioeconomy and finally adaptation to household consumption, at home and outside the home. We show how this type of tool can contribute to informing the public debate by facilitating dialogue between stakeholders. The main objective of this work is to contribute to a better understanding of the origin and future of plant and animal production in France in order to inform the choices of public policies and private decision-makers.

Keywords: agri-food sectors, Sankey diagram, biomass flow, food dependency, sovereignty, bioeconomy, food distribution, RéfFlux

JEL classification: L22, Q11, Q13

1. Introduction - revue de littérature

1.1. Une agriculture au cœur d'enjeux multiples

Au-delà des enjeux territoriaux, sociaux ou démographique du renouvellement de la population agricole, nous nous concentrons sur trois enjeux des filières agricoles : la souveraineté alimentaire, le concours à la transition écologique et énergétique, et la segmentation de la demande alimentaire.

La crise sanitaire, en 2020, puis le conflit russo-ukrainien à partir de 2022 ont remis en lumière des notions comme l'autonomie ou la souveraineté alimentaire, ce dernier terme étant inscrit dans la dénomination du ministère de l'Agriculture en 2022 ainsi que dans le projet de loi d'orientation agricole soumis au Sénat en mai 2024. Malgré le poids de l'agriculture française, première puissance agricole en Europe, la désorganisation des chaînes d'approvisionnement et le renchérissement du coût des matières premières ont révélé des vulnérabilités et des dépendances en matière d'alimentation. Un rapport du Sénat, publié en septembre 2022, soulignait le risque de crise de souveraineté alimentaire au regard du doublement des importations alimentaires depuis 2000 (rapport du Sénat, 2022).

L'agriculture de par l'espace qu'elle occupe est au cœur des enjeux de transition écologique. Au-delà des pratiques agricoles proprement dites, les filières ont un rôle essentiel à jouer de par la diversité des produits et des types de débouchés possibles. La valorisation de matières premières agricoles à vocation énergétique concourt à réduire la dépendance aux énergies fossiles mais pose la question de la concurrence avec les usages alimentaires pour les terres agricoles avec notamment des effets potentiels de pressions pour la recherche de nouvelles terres cultivables et des conséquences en termes de perte de biodiversité, de déforestation et d'émissions de gaz à effet de serre associées. Les filières génèrent cependant des coproduits dont la valorisation contribue à compenser ces effets dans une logique d'économie circulaire mais dont il est parfois difficile d'appréhender l'ampleur en ne se focalisant que sur la partie la plus noble de la chaîne de transformation.

En se focalisant sur le débouché en alimentation humaine, plusieurs études soulignent les évolutions dans le mode de consommation des Français depuis les années 70 avec une segmentation de l'offre et une diversification des lieux de consommation. D'une part, la restauration hors domicile occupe une part de plus en plus importante avec le recours à davantage de plats préparés et des aliments de plus en plus transformés. Nozière-petit et al.

(2018) notent ainsi qu'une part considérable de la consommation nationale se fait sous forme d'ingrédients incorporés peu visibles dans les plats cuisinés. D'autre part, le développement d'une alimentation plus qualitative, de circuits courts ou sous label semble se développer mais la période récente a montré la sensibilité au contexte économique inflationniste. Cette diversité de la demande structure ainsi l'organisation des différents opérateurs des filières depuis les producteurs. La segmentation et les ajustements génèrent ainsi des échanges importants entre opérateurs et structurent une partie des importations.

Pour faire face à ces défis, le pilotage des filières agricoles nécessite une bonne connaissance des flux de matière du champ à l'assiette et l'élaboration d'indicateurs permettant ce suivi et ce pilotage.

1.2. Les analyses de flux de matières : un outil de pilotage des filières

L'analyse des flux de matière est une évaluation systématique des flux et des stocks de matières au sein d'un système défini dans l'espace et le temps. Elle relie les sources, les voies d'acheminement et les puits intermédiaires et finaux d'un matériau (Brunner et Rechberger, 2003).

Les diagrammes de flux de matières sont utilisés dans différents domaines, principalement dans les domaines de l'énergie (Soundararajan et al., 2014 ; Subramanyam et al., 2015), des métaux et du minerais (Nuss et al., 2017) et du bois. Dans le domaine agricole, les diagrammes de flux sont appliqués et utilisés à différents niveaux d'échelles géographiques, d'agrégation de produits ou de niveau de détail concernant les étapes intermédiaires (Courtonne et al., 2015; Saille et al., 2022). Souvent bien développés pour représenter les aspects offre et marchés des produits agricoles, peu d'exercices offrent les informations pertinentes sur les étapes intermédiaires jusqu'à la désagrégation des circuits de distribution du produit final.

Une manière commune d'analyser et de représenter un marché ou une filière agricole consiste à s'appuyer sur les données de bilans d'approvisionnement telles que celles produites par le ministère de l'agriculture pour la France (Agreste, 2023) ou par la FAO pour l'ensemble des pays du monde (Faostat, Bilans alimentaires). Ces données consistent à représenter pour un produit agricole donné, l'ensemble de ses disponibilités (production, importations ou stocks de départ) et l'ensemble de ses utilisations finales (alimentation animale ou humaine, utilisation énergétique, exportations, stocks...), indépendamment de la forme transformée ou

non du produit. L'unité de représentation de base est donc la tonne de produit en équivalent produit primaire car implicitement toutes les données concernant les utilisations finales sous forme transformée sont converties dans leur équivalence ou valeur contenue en produit primaire calculée à partir d'hypothèses sur des coefficients techniques de transformation. Les données de ces tables de bilans d'approvisionnement ne sont donc pas les données réelles de matières, les entrées de produits intermédiaires (ingrédients, eau) et les pertes diverses (coproduits, eau) ne sont pas représentées. L'unité d'analyse et de représentation est donc l'équivalent produit primaire du produit agricole de référence, éventuellement son équivalence en matière sèche (standardisée ou matière sèche utile), en énergie (Calorie) ou en protéine. Csala et Sgouridis (2015) proposent par exemple un outil dynamique pour visualiser les bilans d'approvisionnement des données de bilan de la FAO à partir d'un exercice destiné à estimer les flux énergétiques dans les filières agroalimentaires. Le travail à une échelle plus fine permet généralement de récolter davantage d'informations et de représenter des flux de manière plus détaillée en récoltant les données à caractère obligatoire des différents transformateurs ou en mobilisant des études et de l'expertise au sein des filières. De véritables reconstitutions de flux de matières, respectant les principes d'analyse de flux de matières (Brunner et Rechberger, 2003), sont donc possibles avec représentation détaillée des entrées et pertes de matière dans les filières.

Les analyses de flux de matière, tout en restant une simplification de la réalité, permettent des analyses plus poussées des filières. Elles fournissent les éléments nécessaires à des analyses thématiques et à leurs représentations graphiques au niveau national. Citons par exemple les travaux sur l'estimation des pertes et gaspillages dans les filières et les chaînes alimentaires tels que ceux réalisés par Caldeira et al. (2019) à l'échelle européenne ou par Alexander et al. (2017) et Wirsenius (2008) à l'échelle mondiale. C'est également un outil pertinent pour étudier les différentes dimensions du métabolisme associé aux systèmes agri-alimentaires (Madelrieux et Redlingshöfer, 2023) que ce soit dans leurs dimensions énergétique (en termes de dépendance aux énergies fossiles), biogéochimique (impacts environnementaux), géographique (impacts liés au commerce), économique ou sociale (emplois). Citons ici les travaux sur l'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France (Barbier et al. 2019), l'empreinte sur les ressources en terre et en eau de l'alimentation européenne (Vanham et al., 2023), les travaux sur les flux d'émission de CO₂ liés à la déforestation inclus dans les échanges commerciaux de produits agricoles et forestiers (Pendrill et al. 2019), les flux d'eau, de terres, de carbone, de matières premières dans les échanges mondiaux (Tukker et al. 2014).

L'échelle d'analyse nationale est pertinente dans la mesure où il s'agit d'une échelle de décision politique et pour laquelle de nombreuses données sont collectées ou disponibles : statistiques agricoles, enquêtes auprès d'entreprises, données douanières... En France, des travaux détaillés ont déjà été réalisés sur la filière bois (Lenglet et al., 2017), sur les filières céréales (Courtonne et al., 2015) et sur les filières de l'alimentation animale pour représenter les flux de matières premières concentrées et fourragères au sein des systèmes d'élevage en France (Cordier et Sailley, 2019; Sailley et al., 2022). Les analyses infra-nationales au niveau territorial nécessitent davantage d'hypothèses sur les flux inter-régionaux (Courtonne et al. 2015 ; Metreau et al., 2021).

L'apport de notre travail est une analyse fine à l'échelle nationale des flux de matière dans les filières françaises. Il est un préalable utile à toute autre forme d'analyse en mettant la lumière sur le devenir de la matière agricole récoltée ou des animaux élevés sur le territoire national, sur l'ensemble des procédés de transformation, les utilisations de produits intermédiaires, importés ou réutilisés jusqu'aux différentes utilisations finales possibles et aux circuits de distribution dans le cas de la consommation humaine.

2. Démarche - méthode

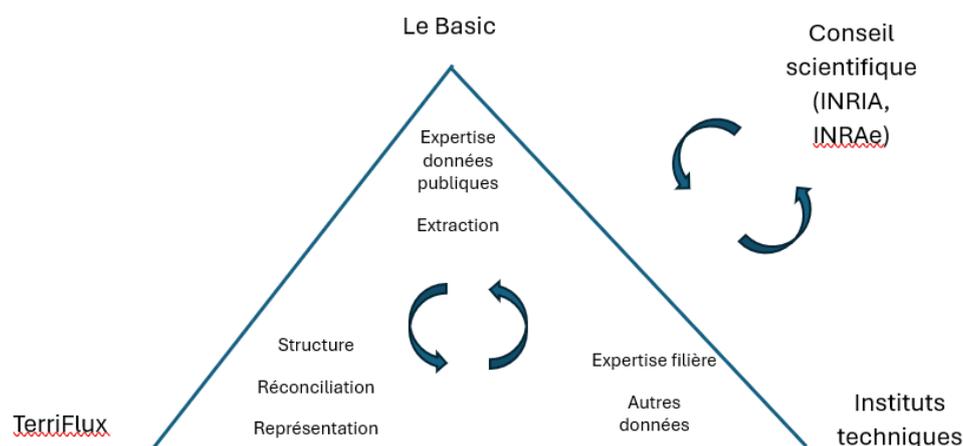
2.1. Une collaboration avec les instituts techniques agricoles dans le cadre du projet RéfFlux

Le travail présenté ici est issu du projet RéfFlux financé par FranceAgriMer et l'ADEME et initié par un groupe de travail sur les cartographies des flux dans les filières agroalimentaires françaises du RMT Filarmoni. Les échanges entre les différents partenaires (Instituts techniques Agricoles (ITA), INRAE, FranceAgriMer) ont révélé une diversité d'approches et d'expériences en matière de représentation des flux dans les filières. L'objectif de ce projet était de poser les fondements d'une méthodologie commune pour la représentation des flux et pour des travaux futurs en se basant sur les travaux et l'expérience de Terriflux et de l'INRIA en matière de modélisation des flux inter-industries et de commerce de matières premières et de produits transformés, et de leurs représentations à l'échelle nationale ou infra-nationale (Courtonne et al. 2019).

Echelonné sur une durée de 10 mois de septembre 2022 à mai 2023, le travail a été divisé en 3 phases successives. Il a permis la réalisation in fine de différents diagrammes concernant 10

filières agricoles françaises pour les années de référence 2015 et 2019 : viande bovine, lait de vache, porc, volaille de chair, œufs, équins (viande et animaux), céréales, oléoprotéagineux, fruits et légumes.

Figure 1 : schéma synthétique du fonctionnement du projet RéfFlux



Le rôle des partenaires dans le projet est synthétisé dans la figure 1. Dans un premier temps, les différents participants au projet ont suivi une journée de formation pour se familiariser avec l'outil et la méthode développés par Terriflux et l'INRIA (Courtonne et al., 2019) pour le traitement et la réconciliation des données et pour la production de diagrammes de Sankey. Dans un processus itératif d'échanges entre les ITA et les modélisateurs de Terriflux, sous le contrôle d'un comité scientifique (INRAE, INRIA, CIRED), la première phase a constitué en la formalisation de la structure des différentes filières et l'élaboration d'une version initiale produite à partir de données publiques extraites par Le Basic. Une seconde phase a permis la production d'une version plus élaborée bénéficiant de l'expertise des ITA pour l'apport de données complémentaires et la qualification de la qualité des données utilisées. Enfin la dernière étape a conduit à la production et la livraison de diagrammes finalisés spécifiques à chacune des différentes filières avec leurs jeux de données associés.

2.2. Périmètre de découpage des filières

La démarche méthodologique des différentes étapes (définition de la structure de la filière, collecte des données publiques ou expertes, réconciliation, analyse et visualisation des résultats) a été décrite chez Saille et al. (2021) ou Courtonne et al. (2024). Nous précisons ici les principaux arbitrages méthodologiques consistant à définir : le périmètre de l'analyse, le

niveau de détail des produits et secteurs d'activité couverts, la désagrégation de la demande, le choix des unités et de la période de référence.

Les diagrammes produits concernent les filières à partir de la production de la matière première jusqu'au réseau de distribution en alimentation humaine. En amont, nous ne traitons pas des facteurs et intrants de productions y compris les cheptels animaux par exemple, vers l'aval, l'analyse s'arrête généralement à un certain niveau de transformation au-delà duquel le produit n'est plus identifiable car incorporé dans des produits d'assemblage complexe (produits alimentaires très transformés, produits d'assemblages des industries agro-alimentaires (IAA), plats préparés...). Nous ne traitons pas non plus dans ce travail du lien entre les filières végétales et animales, supposant la segmentation de l'alimentation par espèces animales traité chez Saille et al. (2021) par exemple.

Le périmètre étudié est celui des secteurs de transformation et non celui des acteurs qui peuvent regrouper différentes activités (abattage et découpe par exemple). En règle générale, les flux sont exprimés en tonnes de produit et représentent donc à partir d'une graine, d'un fruit ou d'un légume récolté, d'un animal abattu l'ensemble des processus de transformation et les différents débouchés des produits et des coproduits. Dans les filières animales, les abats sont exclus de l'analyse car difficilement identifiables par espèces dans les données statistiques disponibles.

La demande humaine est désagrégée dans la mesure du possible en distinguant les achats des consommateurs en points de vente (grande distribution et magasins spécialisés), des achats en vente directe et de la consommation en restauration hors domicile (RHD). Comme évoqué précédemment, lorsque le produit est mélangé et qu'il n'est plus identifiable dans les achats, nous considérons les industries agro-alimentaires (IAA) comme un débouché final. Selon les différentes filières, nous allons le plus loin possible en fonction des données disponibles dans l'expression des autres débouchés que ce soit dans l'alimentation des animaux de rente (consommation en direct sur la ferme ou utilisation par les fabricants d'aliments du bétail (FAB)), l'alimentation des animaux de compagnie, les semences, les usages énergétiques, les utilisations comme fertilisants, etc... Les différentes pertes le long des filières sont représentées mais, du fait du périmètre choisi, les pertes et gaspillages au niveau des ménages après achats sont exclus de l'analyse.

La période de référence commune est l'année civile. Il s'agit de la période sur laquelle les données sont majoritairement disponibles pour les enquêtes après des entreprises et pour les

secteurs de la production animale. Pour les productions végétales, où l'année campagne est plus communément utilisée en fonction du calendrier de récolte, cela conduit à des représentations pouvant sembler inhabituelles et à un exercice dans la construction pour distinguer la production récoltée de la production réellement collectée par les organismes stockeurs et mise sur les marchés. Les flux représentent également les volumes stockés et autoconsommés sur la ferme ainsi que les variations de stocks au niveau des organismes stockeurs (OS). Concernant le commerce, l'ensemble des échanges est représenté selon le type de produit ou le degré de transformation. Dans le cadre de ce travail, nous avons choisi arbitrairement de ne pas nous intéresser aux partenaires commerciaux dans les importations et les exportations même si les données sont généralement disponibles.

2.3. Les données pour la représentation des flux

L'harmonisation a consisté également à se baser sur des données communes pour les maquettes préliminaires. Les données de production proviennent de la statistique agricole annuelle (Agreste), les données de commerce international de Comtrade éventuellement complété de sources douanières. Au sein des filières, pour les produits manufacturés, les données de production proviennent de la base européenne PRODCOM. Cette enquête ne concernant que les entreprises d'au moins 20 salariés, le dispositif ESANE (Elaboration des Statistiques annuelles d'entreprise) permet d'extrapoler ces données pour améliorer le taux de couverture. Pour les coproduits et leur valorisation, les informations de base proviennent du rapport RESEDA de l'ADEME (2016). Enfin, au niveau de la demande, l'accès des différents instituts techniques à différentes enquêtes dont le panel KANTAR permet d'estimer les volumes vers les différents débouchés.

En complément de ces données, les ITA peuvent disposer de données provenant d'observatoires au niveau des entreprises ou d'enquêtes spécifiques sur certains segments de la consommation. La disponibilité d'informations particulières permet d'illustrer des éléments spécifiques à certaines filières. Ainsi les diagrammes de la filière œufs permettent de distinguer les flux selon le mode production (ex. plein air, bio, ...), la filière cheval propose une vue des cohortes animales selon l'usage des chevaux (ex. galopeurs, trotteurs, ...), la filière lait propose des vues dans différentes unités d'analyse pour distinguer les flux de ces deux principaux constituants valorisés sur les marchés (matières grasses et protéines du lait).

La modélisation des flux nécessite la mise en œuvre de techniques systématiques de réconciliation des données pour combler les informations manquantes et traiter les données

incohérentes en se basant sur des intervalles de confiance afin de ne pas sur-interpréter les résultats (Courtonne et al., 2019). Ces techniques sont mises en œuvre à partir des données renseignées par les partenaires dans les fichiers Excel téléchargeables avec les diagrammes.

L'ensemble de cette démarche partagée pour la représentation des flux permet ainsi la construction de différents types de diagrammes permettant d'appréhender les enjeux évoqués précédemment. Chacune des 10 filières étudiées propose donc un ensemble de diagrammes réalisés avec différents niveaux de détail ou d'agrégation selon ses spécificités. Généralement, un diagramme maître très détaillé est proposé et certaines vues ont été travaillées pour illustrer certaines particularités ou certains niveaux d'agrégation. Un menu permet également de réaliser des filtres basiques pour modifier l'année de référence (2015 ou 2019) par exemple ou modifier le niveau de détail.

Pour illustrer les possibilités permises par cette approche en termes d'analyse et de pilotage des filières, nous proposons une grille de lecture des diagrammes sur trois dimensions : l'analyse de l'autonomie et de la dépendance des filières, l'analyse des différents débouchés des produits et coproduits et l'analyse de la consommation humaine au travers des modes de distribution et de la segmentation des filières.

Cette clé de lecture est appliquée dans la section suivante à différentes filières à partir de diagrammes mis en ligne sur le site web du RMT Filarmoni.

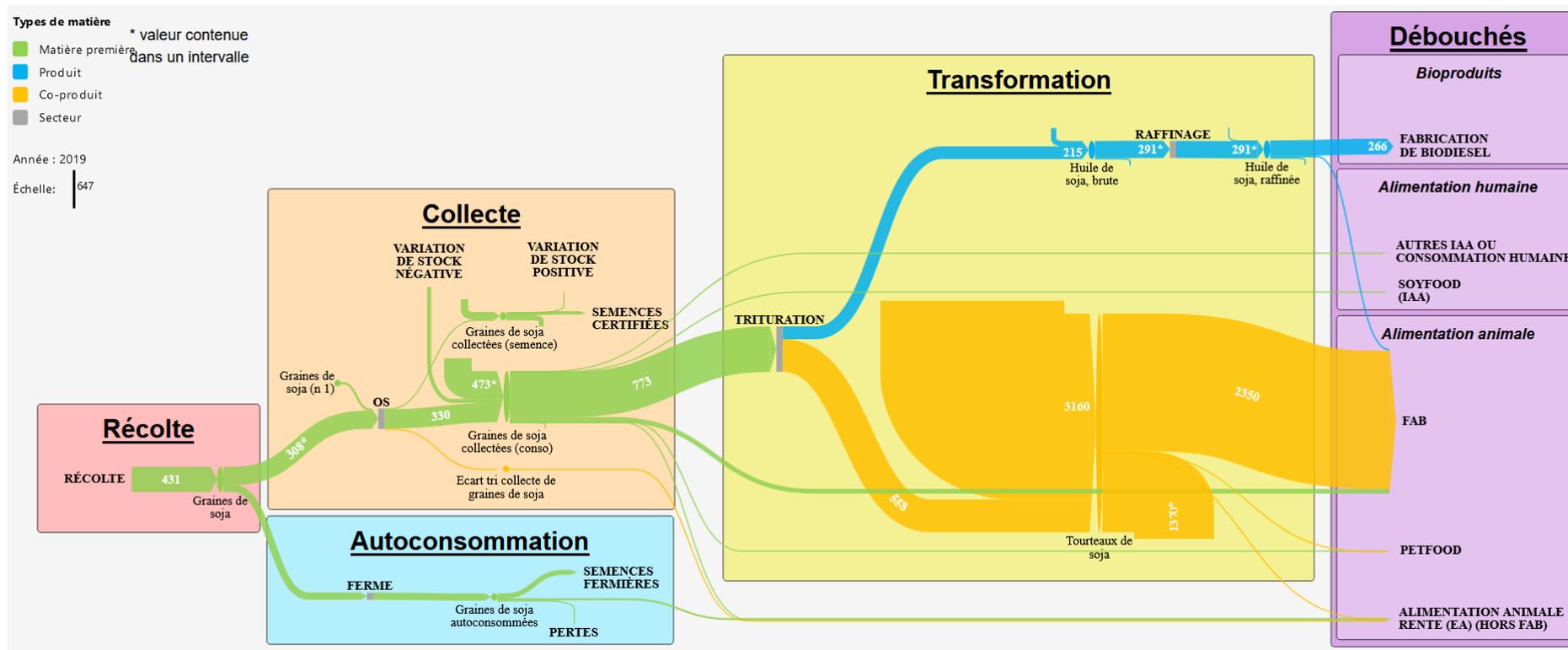
3. Résultats

3.1. Souveraineté alimentaire et dépendance aux importations

Les diagrammes permettent de mettre en lumière l'importance des flux relatifs d'importation et d'exportation des produits aux différents stades de transformation et de rendre compte de la dépendance des filières et de leurs vulnérabilités potentielles.

Le diagramme de Sankey relatif aux flux de soja (Figure 2) illustre par exemple la grande dépendance aux importations (flux provenant du dessus) de cette filière. Le diagramme montre l'importance des importations en tonnage de tourteaux de soja mais également l'importance relative des importations de graines de soja qui sont en grande partie triturées sur le territoire pour produire du tourteau. La mise en perspective avec d'autres graines oléagineuses permet d'appréhender des structures différentes de filières avec des degrés d'autonomie variables selon les produits.

Figure 2 : Flux du soja en France (en milliers de tonnes de produit, 2019)

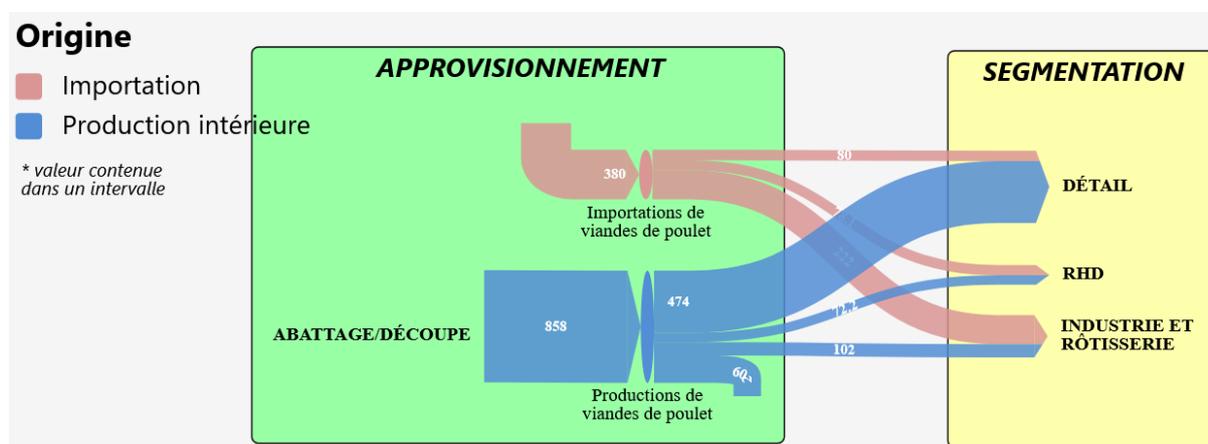


Légende : OS : organismes stockeurs ; IAA : Industrie agroalimentaire ; FAB : Fabricants d'aliment du Bétail ; PETFOOD : Fabricants d'aliments pour animaux de compagnie

De manière plus fine, les diagrammes de flux peuvent permettre de rendre visibles les «importations cachées», que ce soit au regard des types de mise en marché (quelle est la part de produit d'origine importée selon le lieu où j'achète le produit) ou du degré de transformation des produits (quelle est la part de produit importé selon la forme sous laquelle je consomme le produit).

L'illustration des circuits de commercialisation du poulet (Figure 3) permet d'apprécier la part issue d'importation dans les consommations finales selon les circuits de distribution. Elle fait apparaître l'importance relative des produits d'origine importée majoritaires dans l'industrie de transformation et la rôtisserie ainsi que dans la RHD alors que la consommation de poulet est très majoritairement d'origine nationale dans la vente de détail. Ce fait stylisé confirme une plus grande vigilance du consommateur sur l'origine du produit lorsqu'il effectue l'acte d'achat avec un accès au produit brut alors qu'il n'a pas forcément accès à cette information en consommation en dehors du domicile ou lorsque la volaille est transformée.

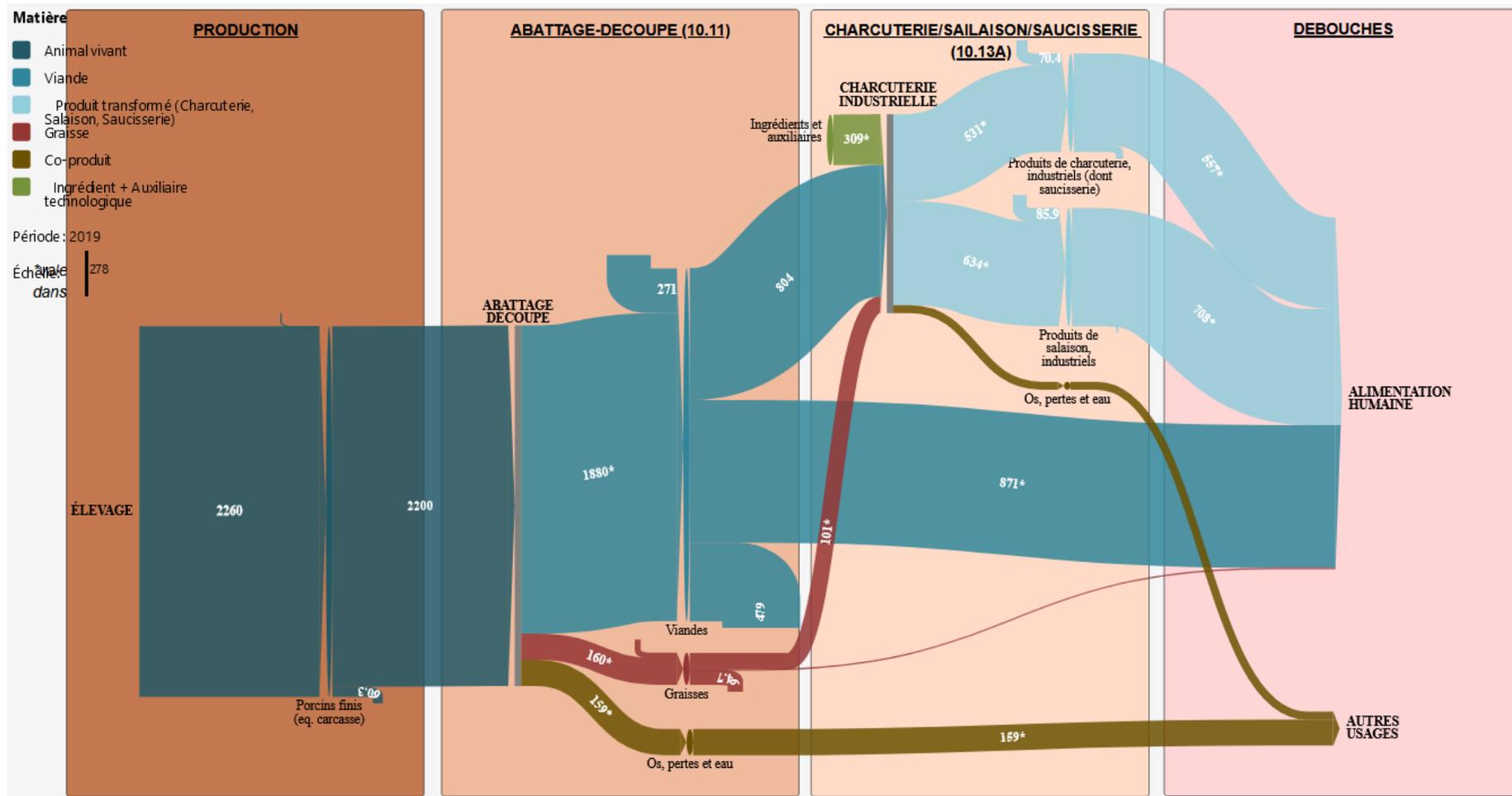
Figure 3 : Flux de la viande de poulet en France - détail par circuits de commercialisation (en millier de tonnes de produit, 2019)



Légende : RHD : Restauration Hors Domicile

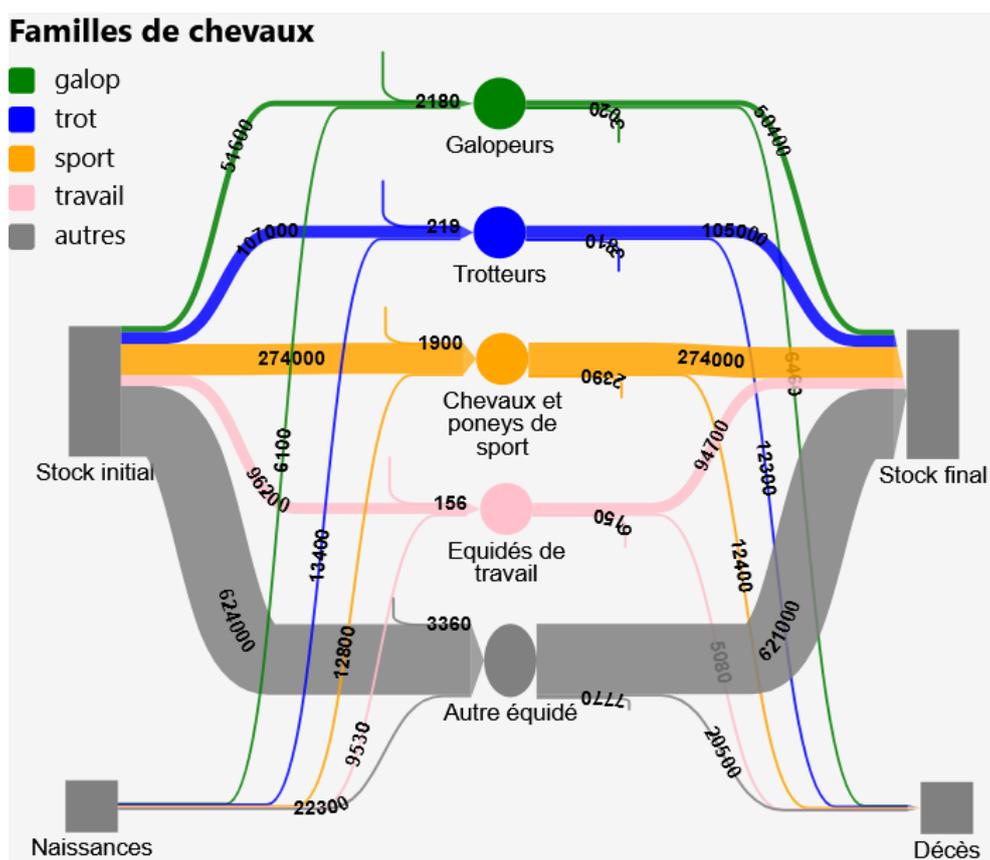
Le diagramme du porc de la figure 4 permet de suivre le niveau de transformation des produits échangés. Au stade abattage-découpe, il apparaît que les exportations de viande surpassent les importations. L'observation plus détaillée révèle que les importations sont principalement constituées de pièces de découpes de viandes désossées tandis les exportations portent surtout sur des pièces avec os, de moindre valeur ajoutée. Cette tendance à dépendre de produits à plus forte valeur ajoutée apparaît également dans la phase de transformation suivante (charcuterie, salaison, saucisserie), où les importations de produits finis de salaison sont supérieures aux exportations.

Figure 4 : Flux de la viande porcine en France - Vue d'ensemble (en millier de tonnes de produit, 2019)



Autre exemple dans le cas de la filière cheval globalement exportatrice nette en termes d'effectifs d'animaux vivants. La filière propose une vue des cohortes d'animaux vivants par type de spécialisations des équidés (Figure 5). Pour chacune des catégories d'usage sont représentés l'origine et le devenir des animaux présents sur l'année civile. Cette vue permet de quantifier, en partie gauche sur une année donnée, les animaux issus d'importation relativement aux naissances et aux animaux plus âgés déjà présents. En partie droite, le devenir du cheptel illustre le poids relatif des exportations, des décès (naturel ou abattage) et du renouvellement naturel pour reconstituer le stock national. La filière cheval apparaît ainsi comme exportatrice nette d'animaux sur tous les types d'usage. Elle est particulièrement active sur les secteurs des équidés de travail et des galopeurs, avec de 5 à 6 % des chevaux exportés.

Figure 5 : Flux des chevaux vivants en France (par familles de chevaux, en nombre d'équidés, 2019)



Concernant les données statistiques commerciales disponibles, il existe une ambiguïté entre le concept communautaire, qui intègre tous les flux d'importation et d'exportation du pays, et le concept national qui ne tient pas compte des flux qui n'entrent pas en contact avec les filières nationales. En règle générale, le concept communautaire est appliqué et il est donc important sur des pays de transit de distinguer ces flux. La filière fruit et légumes, très concernée par le transit de fruits et légumes du Sud de l'Europe vers les pays du Nord, est particulièrement concernée. Les données d'importation/ré-exportation de la base de données COMTRADE n'étant pas disponibles pour les fruits et légumes, cette distinction repose aujourd'hui sur des hypothèses à partir de la superposition des calendriers de production, d'importation et d'exportation de la France vis-à-vis du reste du monde.

Signalons enfin que dans le cadre de Réfflux, nous avons fait le choix de ne pas mettre en évidence les pays d'origine ou de destination avec lesquels s'effectuent les échanges alors que les informations sont généralement disponibles. Cette utilisation peut évidemment être envisagée à l'avenir pour illustrer des relations de dépendance particulière ou de diversité des partenaires commerciaux. A titre d'exemple, le diagramme du porc distingue les flux d'échange avec les pays européens des échanges avec les pays tiers.

3.2. Concurrence entres usages, bioéconomie et coproduits

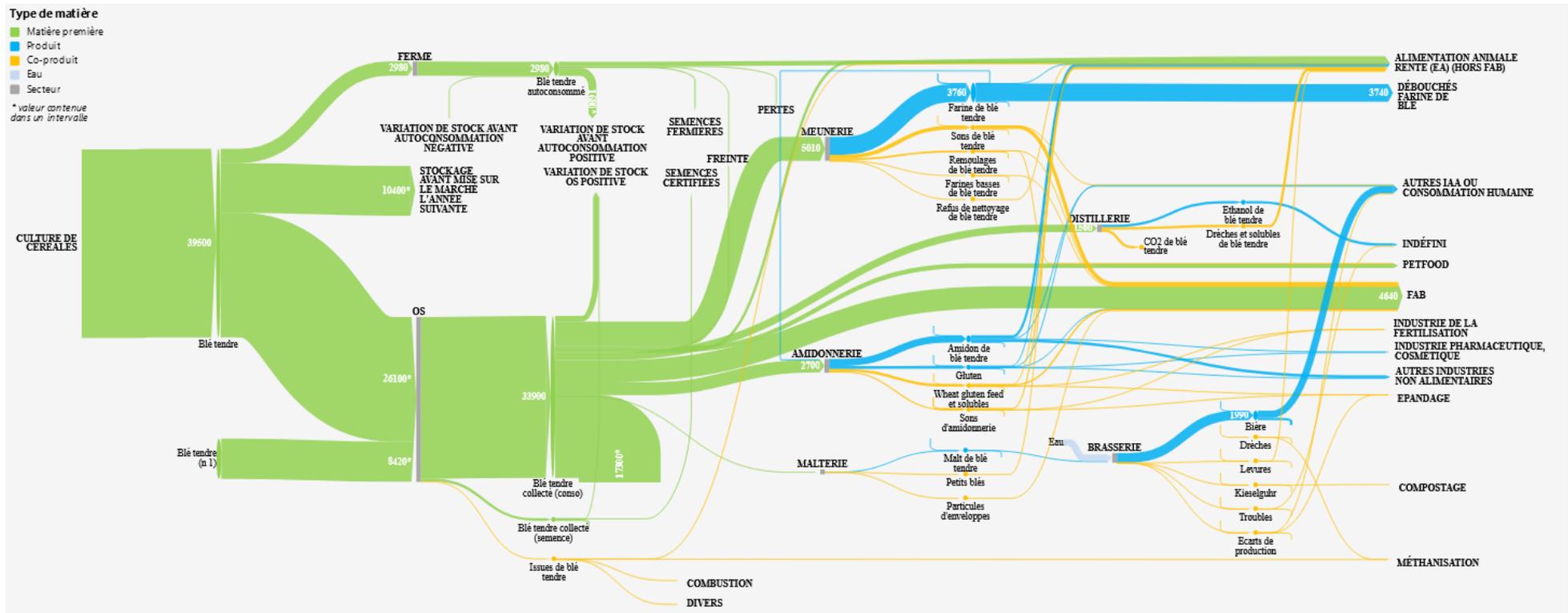
Les diagrammes permettent la vision d'ensemble d'une filière avec la diversité des débouchés possibles du produit primaire et de tous les produits et coproduits issus des processus de transformation. La taille relative des flux permet d'apprécier d'un coup d'œil les ordres de grandeurs des différents débouchés en alimentation humaine sous ses différentes formes, en alimentation animale en direct ou via les fabricants d'aliments du bétail, ou encore vers d'autres usages de la bioéconomie (cosmétique, énergie, fertilisation...). Il s'agit ainsi d'un élément d'appréciation des risques de concurrence d'usage en permettant de clarifier ce qui relève de la valorisation non-alimentaire directe d'une matière première ou de la valorisation de coproduits.

Le diagramme du blé tendre (Figure 6) permet d'apprécier les flux de matière première (en vert), des produits (en bleu) et des coproduits (en jaune). Apparait également l'adjonction d'eau dans le processus de fabrication de la bière. Cette image permet d'illustrer la complexité de la filière au travers de 5 secteurs de transformation : la meunerie, l'amidonnerie, la distillerie, la malterie et la brasserie. La taille des débouchés peut surprendre au final avec une représentation assez faible de l'alimentation humaine. Un calcul d'indicateur à partir de ce

diagramme permet par exemple d'estimer que 54 % du blé collecté est exportée. Parmi les utilisations domestiques, la consommation humaine sous toutes ses formes (farine, amidon, gluten, son ou bière) ne représente que l'équivalent de 25 % de la biomasse de grain de blé tendre collecté. L'essentiel de la graine (59 %) est consommé au final en alimentation animale sous forme de graine, de produits ou de coproduits directement à la ferme ou sous forme d'aliments formulés. Les industries non alimentaires et le secteur de l'éthanol consomment un peu plus de 9 % de la biomasse blé et 6 % sont destinés aux autres usages (semences, méthanisation, compostage, épandage...). La variété des coproduits et des usages possibles sur cette seule filière interroge sur les concurrences ou les synergies possibles (en mutualisant des procédés de transformation) sur certains débouchés. Ces concurrences ou synergies sont également à considérer avec la variété des produits et co-produits disponibles dans les autres filières. A une échelle territoriale, Marty et al. (2022) ont ainsi montré la fragilité d'une filière luzerne déshydratée qui utilisait les mêmes deshydratateurs que de la pulpe de betterave utilisée en alimentation animale mais détournée désormais pour la méthanisation.

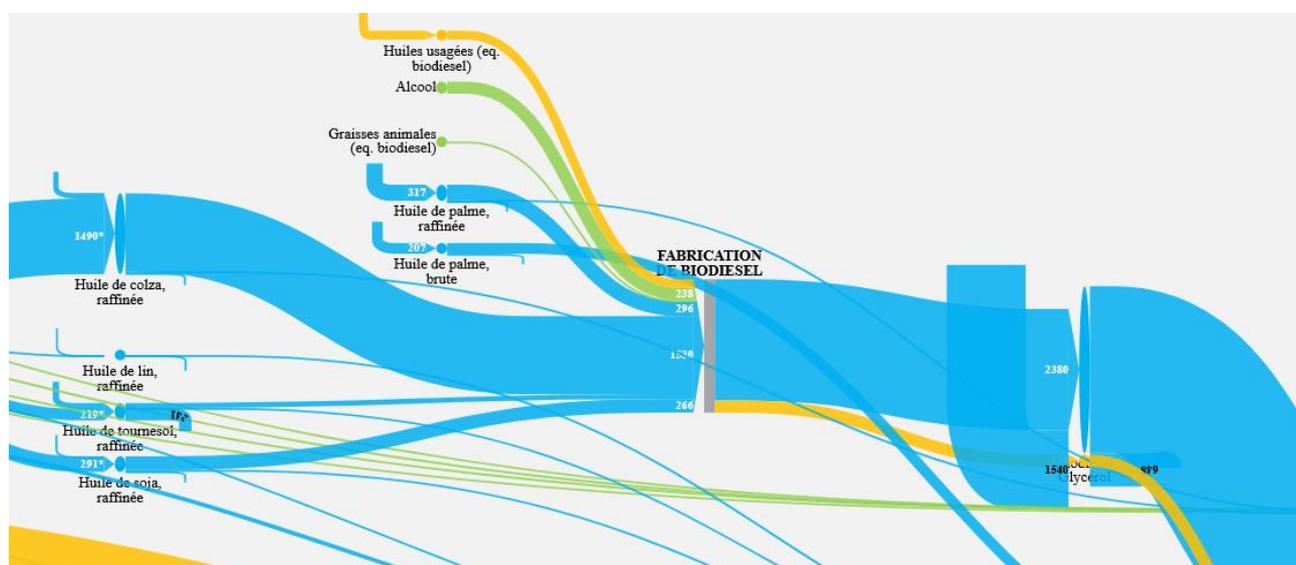
Un autre apport des diagrammes est également la possibilité d'apprécier les flux relatifs d'inputs d'un procédé de fabrication. Pour un produit et une filière particulière, il peut s'agir de l'utilisation du produit primaire, d'un de ses coproduits, ou encore d'adjonction d'ingrédients ou d'eau (cas du secteur brasserie ci-dessous). Le clic au niveau d'un secteur d'activité donne accès aux coefficients techniques de transformation et permet d'apprécier par exemple, la quantité de blé nécessaire pour produire un kilo de farine. En sus, est indiqué en toute transparence si ces coefficients sont issus de données collectées ou s'ils sont recalculés à partir des données issues du processus de réconciliation.

Figure 6 : Flux du blé tendre en France (en millier de tonnes de produit, 2019)



Un mode de vue agrégé permettant d'intégrer différentes filières utilisatrices d'un même secteur de transformation offre la possibilité d'apprécier l'utilisation des différentes ressources possibles pour produire un produit particulier. Ainsi le diagramme « maître » (ou agrégé) du secteur des oléagineux offre la possibilité de zoomer sur le secteur de la fabrication de biodiesel (Figure 7) et de faire apparaître les différents types d'huiles végétales utilisées et leur importance relative les unes par rapport aux autres. Cette vue montre également l'utilisation d'alcool nécessaire à la fabrication du biodiesel mais également les parts respectives des autres matières premières possibles utilisables issues d'autres filières comme les graisses animales ou les huiles de fritures usagées. L'utilisation de ces deux dernières ressources est par ailleurs soutenue par la directive européenne actuelle sur les énergies renouvelables en leur faisant bénéficier d'un double-compte dans les objectifs d'incorporation obligatoire des biocarburants car ils n'entrent pas en concurrence avec d'autres produits en étant considéré comme des déchets, non utilisateurs de ressources naturelles et non émetteurs de gaz à effet de serre.

Figure 7: Flux des oléagineux en France (en millier de tonnes de produit, 2019) - Zoom sur le secteur du biodiesel

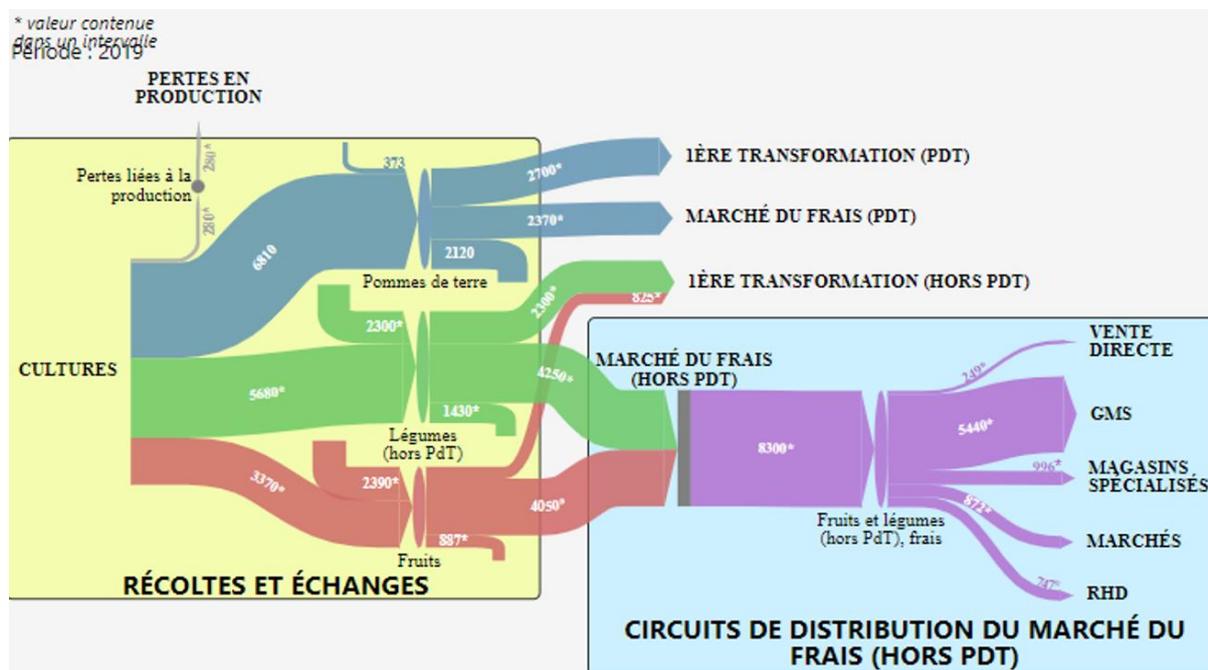


3.4. Consommation humaine : Mode de mise en marché/transformation des produits/Signes de qualité

L'utilisation de données issues d'enquêtes de consommation et leurs mises en cohérence avec les autres statistiques de filière offre la possibilité de faire apparaître la diversité des débouchés, les ordres de grandeurs relatifs des uns par rapport aux autres et permet d'apporter de la transparence sur les flux dans les différents stades de transformation jusqu'au consommateur selon le type de distribution. Ces flux peu visibles habituellement dans les statistiques publiques concernent l'origine des produits consommés, les différents niveaux de transformation subis ou le caractère qualitatif du produit.

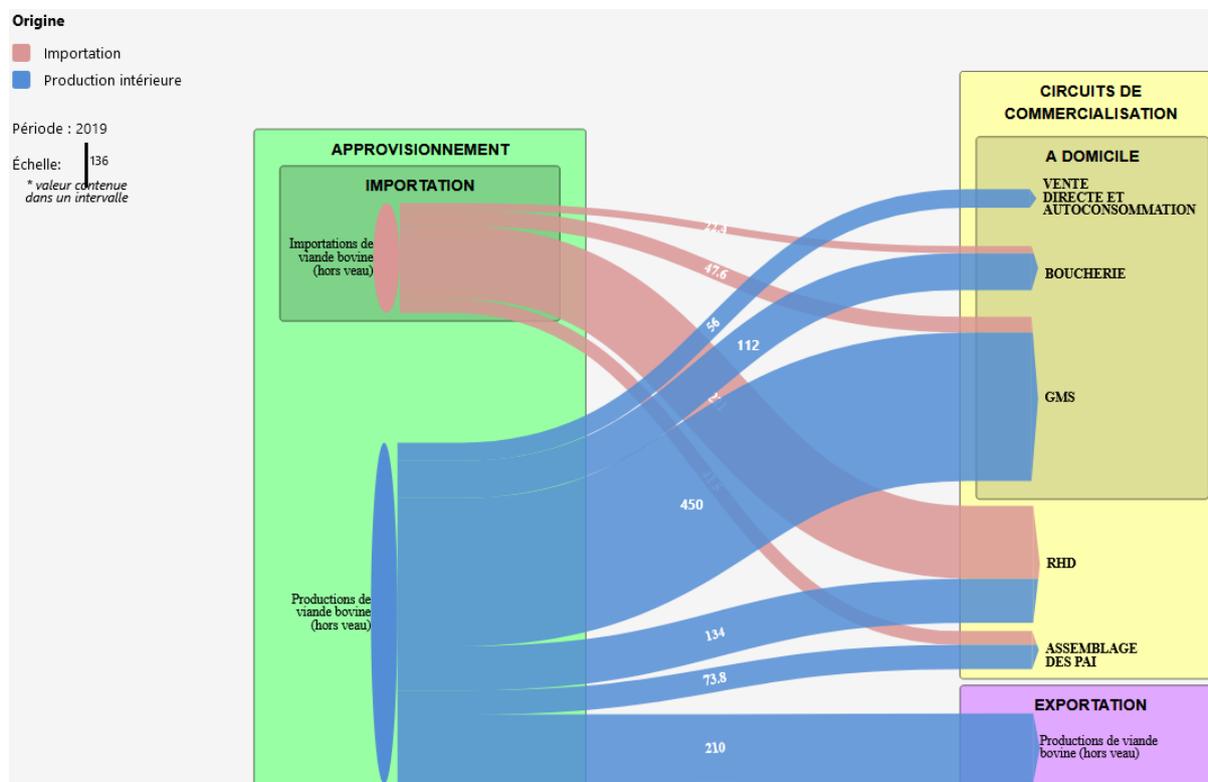
Le diagramme de la filière fruits et légumes (Figure 8) est une illustration de la ventilation des modes de distribution et de l'importance relative des importations dans les disponibilités. Il met en évidence, hors pomme de terre, la prédominance du débouché du marché frais qui, lui-même, alimente à hauteur de 90 % les achats des ménages pour leur consommation à domicile et, pour les 10 % restants, la restauration hors domicile (RHD). La production de pomme de terre, quant à elle, est ventilée entre 3 principaux débouchés : la transformation, le marché du frais et les exportations.

Figure 8 : Flux des fruits et légumes en France (vue d'ensemble avec débouchés, en milliers de tonnes, 2019)



Les données de la filière fruit et légumes ne permettent pas de quantifier les importations selon le circuit de distribution. Ce travail est en revanche réalisé pour les filières de la viande de poulet (Figure 3) ou de la viande bovine (Figure 9). Pour cette dernière, le diagramme illustre une production nationale orientée majoritairement vers la GMS (43 %), les exportations (20 %), la RHD (13 %) puis la boucherie (11 %). L'utilisation dans la fabrication de plats cuisinés industriels représente encore 7 % devant la vente directe qui ne représente que 5 %. Ce diagramme illustre également les débouchés des produits d'importation relativement plus importants dans la ou les produits d'assemblage industriel lorsque le consommateur est plus éloigné de l'acte d'achat du produit brut. Cette vision quantitative ne permet pas, dans les circuits de distribution, de distinguer l'origine qualitative de la viande bovine issue par exemple d'un cheptel laitier ou viande. Cette traçabilité est généralement complexe à synthétiser du champ à l'assiette. Des éléments sont disponibles dans une autre vue détaillée dans laquelle la part des vaches finies (laitières de réforme) en entrée du secteur abattage/découpe est de 40 %.

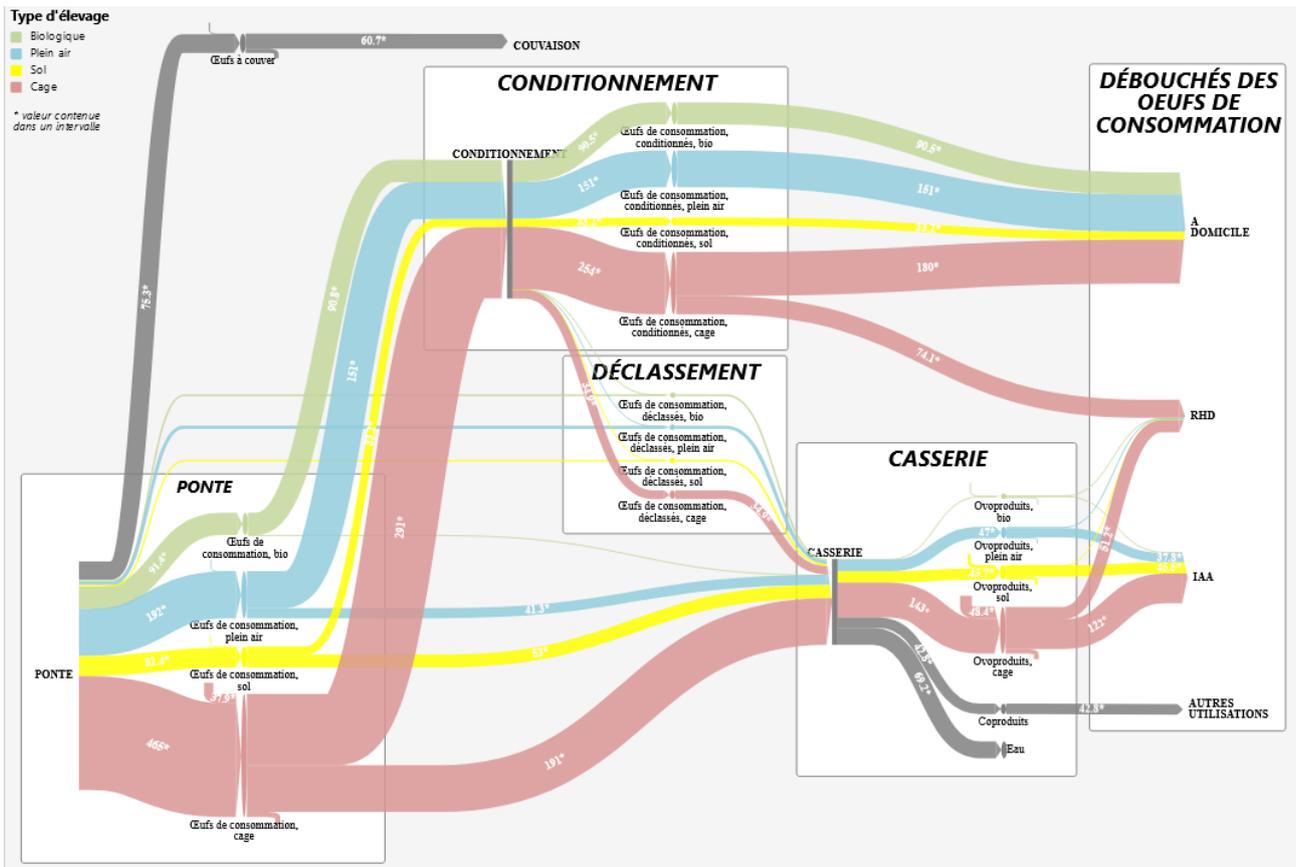
Figure 9 : Flux de la viande bovine en France par circuits de commercialisation (en milliers de tonnes, 2019)



Légende : GMS : Grandes et moyennes Surfaces ; RHD : Restauration Hors Domicile ; PAI : Produits d'Assemblage Industriel

La traçabilité qualitative et quantitative des produits de la production jusqu'aux circuits de distribution est réalisable si les informations sont disponibles comme dans le cas des œufs pour lesquels les statistiques existent généralement pour chacun des codes indicateurs des conditions d'élevage des poules pondeuses. Ainsi le diagramme de la Figure 10 permet le suivi des flux des œufs produits en cage, au sol, en plein air ou encore produits sous label Agriculture Biologique depuis la ponte, au travers des secteurs du conditionnement et des casseries pour être consommés sous forme d'œufs frais ou d'ovoproduits dans différents circuits de distribution. Quelques enseignements visuels de ce diagramme sont la part majoritaire d'une consommation à domicile sous forme d'œufs pour les œufs bio ou de plein air, une consommation très majoritaire d'œufs en cage sous forme d'œufs ou d'ovoproduits en RHD, une consommation des IAA presque exclusivement à base d'ovoproduits d'origines diverses.

Figure 10 : flux des œufs par codes en France (en milliers de tonnes de produit, 2019)



Enfin, l'un des intérêts principaux des diagrammes de Sankey est de pouvoir explorer de manière dynamique la complexité d'une filière. A titre d'exemple, la représentation statique du diagramme des flux des produits laitiers avec leurs circuits de distribution ne présenterait pas d'intérêt ici en raison sa taille et de sa richesse d'informations. L'outil permet en revanche d'explorer cette filière depuis la collecte de lait, à travers les différents secteurs de transformation, jusqu'à la consommation à domicile, en RHD ou dans les IAA. La représentation choisie illustre les volumes de lait respectifs mobilisés dans chaque secteur de première transformation, les flux de produits laitiers débarrassés de l'eau pour les produits secs, les échanges de produits gras ou protéiques entre secteurs de transformation et la répartition des modes de distribution selon les produits laitiers. Le diagramme a été construit en trois unités distinctes, en termes de produit brut, de matière grasse et de matière protéique. La bascule entre ces modes permet par exemple d'illustrer l'importance des flux d'importation de matière grasse sous forme de beurre et d'exportation de matière protéique sous forme de poudre de lait.

4. Conclusion et perspectives

Les diagrammes de Sankey des filières agro-alimentaires françaises sont avant tout un outil de communication, d'échange ou de dialogue entre acteurs. Ils présentent une vision globale qui invite à analyser plus avant les flux et les ordres de grandeur présentés. Certaines informations peuvent interpeller et inciter à un retour sur les données statistiques utilisées. Il s'agit d'un travail complémentaire des données classiques de filières et notamment des bilans alimentaires dont il donne une vision plus riche avec la conservation massive dans les flux et la conservation du devenir de tous les produits, coproduits et déchets. C'est également un travail complémentaire à des analyses détaillées réalisées au sein des filières comme par exemple les études sur le devenir du lait ou du bœuf produit en France (IDELE 2019 et IDELE 2020).

Le travail présenté est une première étape, via une méthodologie commune, vers un cadre standardisé d'analyse et de comparaison des filières. Ce travail est à pérenniser pour une mise à jour actualisée des vues et une utilisation plus pertinente en lien avec l'actualité et les préoccupations des acteurs. Le développement de vues contextualisées doit également être davantage développé pour une utilisation facilitée et des messages plus appropriables par les utilisateurs.

Dans le cadre du débat sur la souveraineté alimentaire ou la notion d'autonomie des filières, les diagrammes de flux sont un outil qui permet d'alimenter la réflexion en proposant une illustration visuelle rapide de la situation des différentes filières. Ils pourraient à la limite avec des mises à jour actualisées être utilisés à des fins de pilotage. Ils sont complémentaires des indicateurs de souveraineté développés par les pouvoirs publics (FranceAgrimer 2023 ; Gouvernement 2024) ou au sein des filières, qui sont immédiatement lisibles, interprétables et recalculables : taux d'auto-provisionnement, taux de couverture de la consommation par la production nationale, capacité d'exportation et dépendance aux importations, etc ...

Plus généralement, ce travail, réalisé sur des bases consolidées, pourrait également contribuer à la création d'un référentiel d'indicateurs de l'état des filières et des marchés agricoles ainsi que d'un référentiel de coefficients techniques, utiles aux acteurs et aux modélisateurs pour la description et la représentation des marchés.

Courtonne et al. (2024) proposent ainsi une typologie des différentes filières réalisée à partir des diagrammes pour caractériser leur profil vis-à-vis des échanges, certaines filières étant orientées vers la production nationale, ou à contrario vers la production à destination des

marchés d'exportation, d'autres étant dépendantes à des degrés divers aux importations pour alimenter la consommation nationale ou les marchés mondiaux (pays de transit).

La construction des graphiques et la mobilisation des données nécessaires permettent également le calcul de différents indicateurs sur l'origine des produits consommés ou la destination des produits nationaux. Ces indicateurs pourraient renseigner sur l'origine et la part des importations de matières premières ou transformées dans la consommation moyenne de tel ou tel produit alimentaire en France, à contrario, d'autres indicateurs pourraient renseigner sur la destination finale moyenne des différentes productions françaises, végétales ou animales.

Enfin, l'effort réalisé pour collecter et rendre cohérentes les données permet d'extraire un ensemble de coefficients techniques, propres aux filières françaises, plus précis et actualisés que le référentiel utilisé par la FAO par exemple (FAO, 1995). La production de ce référentiel est en cours et présenté dans Courtonne et al. (2024).

Comme évoqué précédemment, les développements potentiels et les utilisations sont nombreux pour l'analyse des filières à différentes échelles, dans différentes dimensions concernant les impacts environnementaux, les impacts sociétaux en termes d'emplois directs et indirects, de création de valeur, de métabolisme territorial. Nous pensons également qu'il s'agit d'un outil qui peut apporter une réelle contribution à des exercices de modélisation plus globale de marchés, basés sur des bilans de matières au niveau mondial. Les résultats d'équilibre de bilan de produits exprimés en équivalent produit primaire pourraient avantageusement être réinterprétés à l'échelle nationale à l'aune des flux dans la filière et de la désagrégation en produits bruts et transformés.

Références

- Agreste. (2023). Bilan d'approvisionnement agroalimentaire 2021-2022. *Agreste, Chiffres & Données*, octobre 2012, n°17.
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D., Rounsevell, M.D.A. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems*, 153: 190-200.
- Barbier, C, Couturier, C., Pourouchottamin, P., Cayla, J.M., Silvestre, M., Pharabod, I. (2019). *L'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France de la production à la consommation*. Edited by Synthèse Ademe, 24 p.
- Brunner, P.H., Rechberger, H. (2003). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*, 1st Edition. RC Press, Boca Raton, FL. DOI: 10.1201/9780203507209
- Caldeira, C., De Laurentiis, V., Corrado, S., van Holsteijn, F., Sala, S. (2019). Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 149: 479-488.
- Cordier, C., Saille, M. (2019). *Flux de matières premières au sein du système « alimentation des animaux de rente », France, 2015*. GIS Avenir Elevage, 19 p.
- Courtonne, J.Y., Alapetite, J., Longaretti, P.Y., Dupré, D., Prados, E. (2015). Downscaling material flow analysis: The case of the cereal supply chain in France. *Ecological Economics*, 118: 67-80.
- Courtonne, J.Y, Alapetite, J., Bevione, M., Wawrzyniak, V., Ravaud, Y. (2019). *AF Filières - Analyse des flux des filières biomasse pour des stratégies régionales de bioéconomie*. Rapport final. Inria Grenoble - Rhône-Alpes, 45 p.
- Courtonne, J.Y., Alapetite, J., Pannier, A., Levert, F., Levet, A.L., Duflot, B., Grillot, M., Madelrieux, S. (2024). "Advancing supply chain MFA: co-designing a baseline for French agri-food chains." En cours.
- Csala, D., Sgouridis, S. (2015). *Visualizing the Energetic Sustainability of Global and National Agricultural and Food Systems*. First Mediterranean Conference on Food Supply and Distribution Systems in Urban Environments. Rome, Italy.

- FranceAgriMer. (2023). Souveraineté alimentaire: un éclairage par les indicateurs de bilan. Edition février 2023, 154 p.
- Gouvernement. (2024). *Evaluation de la souveraineté agricole et alimentaire de la France*. Rapport du gouvernement, mars 2024, 16 p.
- IDELE. (2019). Où va le boeuf ? Vers davantage de restauration hors domicile et toujours plus de transformation. *Economie de l'élevage*, 503: 27 p.
- IDELE. (2020). Où va le lait de vache collecté et transformé en France ?. *Dossier Economie de l'élevage*, 513: 27 p.
- Lenglet, J., Courtonne, J.Y., Caurla, S. (2017). Material flow analysis of the forest-wood supply chain: A consequential approach for log export policies in France. *Journal of Cleaner Production*, 165: 1296-1305.
- Madelrieux S., Redlingshöfer, B. (2023). Métabolisme associé aux systèmes agri-alimentaires : enjeux et diversité d'approches dans la communauté de recherche française. *Cahiers Agricultures*, 32: 8.
- Marty, P., Dermine-Brullot, S., Madelrieux, S., Fleuet, J., Lescoat, P. (2022). Transformation of socioeconomic metabolism due to development of the bioeconomy: the case of northern Aube (France). *European Planning Studies*, 30(7): 1212-1229.
- Metreau, E, Segré, H., Alliot, C., Ly, S., Joseph, M., Hallez, S. (2021). *Diagnostic du système alimentaire des Hauts de France, de sa durabilité et de sa résilience*. Edited by Rapport Ademe–Le Basic-BIO Hauts de France, 85 p.
- Nuss, P., Blengini, G.A., Haas, W., Mayer, A., Nita, V., Pennington, D. (2017). *Development of a Sankey diagram of material flows in the EU economy based on Eurostat data*. Publications Office of the European Union, 50 p.
- Pendrill, F., Persson, U.M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S., Wood, R. (2019). Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. *Global Environmental Change*, 56: 1-10.
- Sailley, M., Cordier, C., Courtonne, J.Y., Duflot, B., Cadudal, F., Perrot, C., Brion, A., Baumont, R. (2022). Quantifier et segmenter les flux de matières premières utilisées en France par l'alimentation animale. *INRAE Productions Animales*, 34(4): 273-292.

- Soundararajan, K., Ho, H.K., Su, B. (2014). Sankey diagram framework for energy and exergy flows. *Applied energy*, 136: 1035-1042.
- Subramanyam, V., Paramshivan, D., Kumar, A., Mondal, M.A.H. (2015). Using Sankey diagrams to map energy flow from primary fuel to end use. *Energy Conversion and Management*, 91: 342-352.
- Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, A., Lutter, S., Simas, M., Stadler, K., Wood, R. (2014). The Global Resource Footprint of Nations. Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2. https://www.truthstudio.com/content/CREEA_Global_Resource_Footprint_of_Nations.pdf
- Vanham, D., Bruckner, M., Schwarzmüller, F., Schyns, J., Kastner, T. (2023). Multi-model assessment identifies livestock grazing as a major contributor to variation in European Union land and water footprints. *Nature Food*, 4(7): 575-584.
- Wirsenius, S. (2008). The Biomass Metabolism of the Food System: A Model-Based Survey of the Global and Regional Turnover of Food Biomass. *Journal of industrial ecology*, 7(1): 47-80.

Les **Working Papers SMART** sont produits par l'UMR SMART

- **UMR SMART**

L'Unité Mixte de Recherche (UMR 1302) *Structures et Marchés Agricoles, Ressources et Territoires* comprend les unités de recherche en Economie INRAE de Rennes et de Nantes et les unités pédagogiques du département Economie, Gestion et Société de L'Institut Agro Rennes-Angers.

Adresse:

UMR SMART, 4 allée Adolphe Bobierre, CS 61103, 35011 Rennes cedex

Site internet : <https://smart.rennes.hub.inrae.fr/>

Liste complète des Working Papers SMART :

<https://smart.rennes.hub.inrae.fr/publications/working-papers>

<https://ideas.repec.org/s/rae/wpaper.html>

<https://ageconsearch.umn.edu/search?ln=en&cc=908>

The **Working Papers SMART** are produced by UMR SMART

- **UMR SMART**

The Mixed Research Unit (UMR1302) *Structures and Markets in Agriculture, Resources and Territories* is composed of the INRAE research units in Economics in Rennes and Nantes, and the Department of Economics, Management and Society of L'Institut Agro Rennes-Angers.

Address:

UMR SMART, 4 allée Adolphe Bobierre, CS 61103, 35011 Rennes cedex

Website: <https://eng-smart.rennes.hub.inrae.fr/>

Full list of the Working Papers SMART:

<https://eng-smart.rennes.hub.inrae.fr/publications/working-papers>

<https://ideas.repec.org/s/rae/wpaper.html>

<https://ageconsearch.umn.edu/search?ln=en&cc=908>

Contact

Working Papers SMART

INRAE, UMR SMART

4 allée Adolphe Bobierre, CS 61103

35011 Rennes cedex, France

Email : smart-wp@inrae.fr

2025

Working Papers SMART

UMR **SMART** (Structures et Marchés Agricoles, Ressources et Territoires)

INRAE et l'Institut Agro Rennes-Angers, France
