

Quantifier les matières premières utilisées pour l'alimentation animale en France et segmenter les flux jusqu'aux filières consommatrices

*Cécile CORDIER (1,2,3), Manon SAILLEY (1,2,3), Jean-Yves COURTONNE (4), Boris DUFLOT (1), François CADUDAL (2),
Christophe PERROT (3), Aude BRION (5), René BAUMONT (6)*

(1) IFIP-Institut du porc, la Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

(2) ITAVI, 7 Rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris, France

(3) IDELE-Institut de l'élevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris, France

(4) INRIA Grenoble Rhône-Alpes, STEEP, 655 Avenue de l'Europe, 38330 Montbonnot, France

(5) SNIA, 41 B Boulevard de la Tour-Maubourg, 75007 Paris, France

(6) Université Clermont Auvergne, INRAE, Vetagro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

manon.sailley@ifip.asso.fr

Quantifier les matières premières utilisées pour l'alimentation animale en France et segmenter les flux jusqu'aux filières consommatrices

Les attentes sociétales autour de l'alimentation des animaux d'élevage s'intensifient (sans OGM, sans déforestation, locale, minimisant la compétition avec l'alimentation humaine...) et les filières animales mettent en œuvre des stratégies pour y répondre. Dans ce contexte, il est apparu nécessaire aux filières végétales et animales de disposer d'un panorama permettant de visualiser l'ensemble flux de matières premières (grains, coproduits et fourrages) dans le système alimentaire français depuis les ressources jusqu'à leurs différentes voies de valorisation. Pour y parvenir, l'étude commanditée par le GIS Avenir Elevages a mobilisé un réseau d'experts variés dans l'objectif de construire une méthodologie quantifiant les consommations de matières premières par filière animale. Une méthode de réconciliation des flux avec optimisation sous contraintes a été utilisée pour mettre en cohérence les différentes sources de données disponibles. Ainsi, pour l'année 2015, le total des utilisations animales de matières premières (hors fourrages) a été évalué autour de 34 Mt standardisées à 85% de matière sèche. Les filières volailles sont apparues comme les premières consommatrices (34%), suivies des bovins laitiers et mixtes (24%), des porcs (23%) et des bovins à viande (12%). L'utilisation du tourteau de soja apparaît encore plus ciblée : 44% des volumes disponibles étaient utilisés par les volailles en 2015, 36% par les bovins laitiers et mixtes, et 6% seulement par les porcs. Ces résultats fournissent des repères précis sur l'alimentation des animaux d'élevage, sa durabilité, l'importance de l'élevage dans la valorisation des coproduits issus de l'agro-alimentaire ou encore l'autonomie alimentaire et protéique de l'élevage français.

Quantifying raw material flows used in animal feed in France and segmenting consumption by animal sector

Societal expectations regarding the feeding of farm animals (without GMOs, without imported deforestation, less competition with food crops, etc.) are intensifying, and animal production sectors are implementing strategies to meet them. Within this context, it appeared necessary to have a complete overview of the flows of feed materials (grains, by-products and forages) in the French feed supply chain, from resources to different ways of using them (human consumption, animal feed, export, energy, etc.). The scientific interest group "GIS Avenir Elevages" mobilized a network of experts to construct a method to describe the segmentation of feed material consumption by animal sector. A method for reconciling data using constraint optimization was used to render the available data sources consistent. For 2015, the total amount of grains and by-products used by the animal feed sector was estimated to be approximately 34 Mt, standardized to 85% dry matter. Poultry were the main consumers of feed grains and by-products (34%), followed by dairy and dairy/beef cattle (24%), pigs (23%) and beef cattle (12%). Poultry consumed 44% of the volume of soybean meal available in France, followed dairy and dairy/beef cattle (36%) and pigs (6%). These results give precise indicators of feed use, its sustainability, the importance of livestock in the consumption of by-products from the food industry, and self-sufficiency in protein of the French livestock sector.

INTRODUCTION

Dans un contexte de variabilité accrue des disponibilités en matières premières d'une année à l'autre, d'intensification des attentes sociétales relatives à la durabilité de l'alimentation des animaux d'élevages (sans OGM, sans déforestation importée, limitant la compétition avec l'alimentation humaine...) et des réflexions stratégiques autour de la souveraineté agricole nationale notamment en protéines, les filières françaises, animales comme végétales, ont exprimé le besoin de compléter les références scientifiques existantes sur les utilisations de matières premières par l'élevage français.

Ainsi, afin de tracer le parcours des grains, coproduits et fourrages au travers des différents maillons des filières agricoles métropolitaines, le GIS Avenir Elevages et ses partenaires ont déployé une méthode innovante pour quantifier les flux de matières premières (MP) utilisées en alimentation animale (hors aliments d'allaitement) dans l'objectif de répondre à la question « qui consomme quoi ? ».

L'année 2015 a été retenue pour construire la méthode d'estimation des flux basée sur la réconciliation des données par optimisation sous contraintes. Cette méthode, ainsi que le type de données qu'elle a permis de mettre en cohérence, seront présentées dans une première partie. Les principaux résultats obtenus sur les consommations de MP et de protéines seront ensuite exposés. Ils permettront une comparaison des volumes utilisés par les différentes filières animales françaises. Une attention particulière sera portée sur les consommations de la filière porcine. Pour finir, l'originalité de ces travaux ainsi que les pistes d'amélioration de la méthode seront discutées.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Cadre général de l'étude

Les MP dont l'emploi a été détaillé sont issues de 17 filières végétales, incluant les coproduits générés à chaque étape de leur transformation. D'autres MP couramment utilisées en alimentation animale, telles que les aliments vitaminiques et minéraux et d'autres coproduits dont des sous-produits d'origine animale n'ont pas été exclus, mais regroupés dans une catégorie intitulée « autres MP ». Les aliments d'allaitement n'ont pas fait partie du champ de l'étude. Les 17 filières végétales étudiées sont les filières blé tendre, orge, maïs, blé dur, triticale, avoine, seigle, sorgho, pois, fèves, lin, lupin, soja, colza, tournesol, coproduits betteraviers, luzerne déshydratée. L'étude a également quantifié les flux de fourrages (ensilage de maïs, herbe pâturée, herbe conservée et autres fourrages) consommés par les herbivores. Présentant un intérêt modéré pour la filière porcine, les résultats relatifs aux flux de fourrages ne sont pas détaillés dans cet article.

Les consommations de l'alimentation animale ont été segmentées selon les utilisations des bovins laitiers et mixtes, bovins à viande, ovins laitiers, ovins à viande, caprins, porcs, volailles de chair, volailles de ponte, palmipèdes gras, équins et lapins. L'étude de l'alimentation des bovins a nécessité un regroupement des bovins laitiers et mixtes en une seule et même catégorie, conformément aux typologies d'exploitations bovines utilisées par Devun *et al.* (2012) pour décrire l'alimentation des bovins. Ainsi, la dénomination de « bovins laitiers et mixtes » représente l'ensemble des UGB (Unités Gros Bétail) présentes sur les exploitations ayant des vaches laitières, UGB dont on connaît l'alimentation de façon globale.

Elle inclut ainsi les bovins à viande (vaches allaitantes, engraissement) présents dans les exploitations dites mixtes (bovins laitiers et viande).

Chaque étape du projet a été examinée et discutée avec des experts des différentes filières (végétales, animales, nutrition) afin d'aboutir à des résultats partagés par l'ensemble des parties prenantes.

1.2. Des données d'entrée de multiples natures

Pour quantifier les flux, il a été nécessaire de recenser les données disponibles pour décrire les filières associées à chaque MP, de la production aux débouchés, ainsi que des données sur les besoins animaux (cheptels, rations). Les sources de données utilisées ont été multiples : Agreste, FranceAgriMer, Interprofessions, Instituts techniques, douanes, littérature scientifique et technique, bases de données du Céréopa, Eurostat, BDNI, dires d'experts. La majorité des statistiques collectées concernaient l'année 2015. Cependant, certains coefficients techniques peu variables (taux de transformation dans l'industrie, taux de protéines, pertes, composition des rations des herbivores) n'étaient pas spécifiques à l'année étudiée.

Les données d'entrée utilisées pour décrire la filière porcine sont issues des statistiques annuelles de cheptels de 2015 (SAA-Agreste, 2020). Les rations (porcs à l'engrais, truies, porcelets) ont été estimées à partir du logiciel de formulation Porfal (IFIP) en fonction des prix d'intérêt mensuels des matières premières en 2015. Cinq aliments types ont été identifiés : aliment complet FAB (fabrication d'aliments du bétail), aliment complémentaire FAB, FAF (fabrication d'aliments à la ferme) Mais Grain Humide, FAF sèche et FAF coproduits. Une pondération en fonction de la représentativité de chaque aliment type dans la filière française a été effectuée.

1.3. La méthode de réconciliation avec optimisation sous contraintes

Les données ont ensuite été réconciliées par une méthode d'optimisation sous contraintes développée par l'INRIA (Courtonne *et al.*, 2015). La réconciliation des données permet de rendre cohérentes des données de sources multiples en minimisant l'écart entre les données d'entrée et les données de sortie du modèle (Kopec *et al.*, 2016). Pour ce faire, les informations collectées ont été agrégées et organisées dans une matrice présentant les emplois et les ressources pour chaque maillon des filières. Dans ces matrices, les données d'entrée ont pris plusieurs formes :

- Des valeurs numériques, associées à un coefficient laissant au modèle la possibilité de s'écarter de la valeur d'entrée (coefficient d'incertitude). Ces coefficients ont été fixés (1%, 5%, ...) après analyse de la fiabilité des différentes sources de données disponibles. Par exemple, une valeur d'entrée issue d'une enquête statistique robuste a été appréciée comme fiable et donc associée à un coefficient d'incertitude réduit. A l'inverse, une valeur d'entrée considérée comme moins fiable (par exemple, les consommations de céréales à la ferme estimées à dires d'experts dans les bilans d'approvisionnement) a été associée à un coefficient d'incertitude plus élevé.
- Des intervalles min/max encadrant la valeur possible du flux.
- Des coefficients permettant de calculer un flux à partir d'un autre flux, comme par exemple des rendements de transformation de matières.

Ensuite, les données ont été réconciliées en deux étapes. La première a consisté à quantifier les flux au sein de chaque filière végétale (production, import, export, maillons de transformation, génération de coproduits, utilisations finales) afin de quantifier les volumes disponibles pour l'alimentation animale. La seconde étape a consisté à mettre en cohérence les disponibilités de MP pour l'alimentation animale avec les besoins des animaux de chaque filière afin de segmenter les utilisations de chacune des MP étudiées.

La réconciliation des données permet de rendre cohérentes entre elles des données redondantes (Figure 1) et d'estimer des données manquantes (Figure 2). Cette méthode aboutit à deux types de résultats issus de processus distincts : une « valeur centrale » du flux obtenue par minimisation des écarts entre la valeur d'entrée et de sortie du modèle et un intervalle min/max obtenu par simulation de Monte-Carlo encadrant la valeur du flux. Pour les inconnues non-déterminables (Figure 3), la réconciliation des données ne peut aboutir qu'à un résultat sous forme d'intervalle min/max.

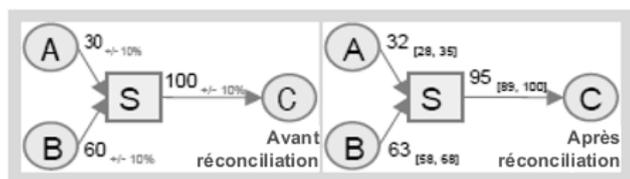


Figure 1 - Données redondantes

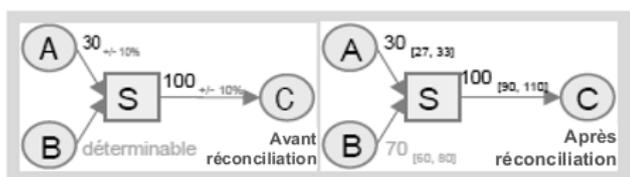


Figure 2 – Inconnue déterminable

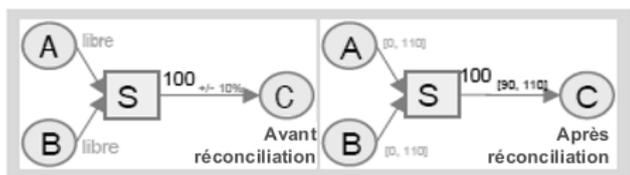


Figure 3 – Inconnues non-déterminables

2. RESULTATS : QUANTIFICATION DES FLUX

Afin de pouvoir comparer les résultats et s'affranchir des variations de taux d'humidité entre MP (coproduits principalement), les résultats ont été ramenés en tonnage standardisé à 85% de matière sèche (MS85). Ce taux de matière sèche correspond à celui des grains de céréales.

2.1. Volumes de matières premières utilisées en alimentation animale en France

2.1.1. L'alimentation animale, premier débouché intérieur des matières premières

La réconciliation des données a évalué le gisement en MP, défini comme la somme de la production nationale et des importations, entre 95,5 et 97 Mt MS85 (hors fourrages) en 2015. Une large partie des MP étaient exportées (44 à 47,5 Mt MS85), principalement sous forme de grains de céréales, mais aussi de coproduits.

Parmi les 49,5 à 52,5 Mt MS85 utilisées sur le marché intérieur, les deux étapes de réconciliation ont permis d'estimer que 34 Mt MS85 étaient consommées par les animaux d'élevage (Figure 4).

Le restant se répartissait entre l'alimentation humaine (5,2 à 5,8 Mt MS85, cette valeur n'incluant pas le sucre, le riz, les fruits et légumes, produits animaux, ...) et les autres utilisations (10,3 à 11,6 Mt MS85) dont la production de semences, d'alcool, de « petfood », d'énergie, de fertilisants ainsi que les pertes. Parmi les 34 Mt MS85 consommées par les animaux, 62% étaient transformés par l'industrie de la fabrication d'aliments du bétail (FAB) et 38% étaient directement utilisés à la ferme pour la FAF (fabrication d'aliments à la ferme).

Les MP utilisées en FAF ont été divisées en deux catégories : les MP intra-consommées (IC), produites à la ferme pour la consommation des animaux (23%), principalement des céréales sous forme de grains, et les MP utilisées en « direct élevage » (DE), achetées pour être consommées à la ferme (15%), notamment les tourteaux et coproduits de l'industrie agroalimentaire. Les MP consommées par les animaux d'élevage appartenaient à trois catégories principales (Tableau 1) : les céréales sous forme de grains (56%), les tourteaux (23%) et les CP céréaliers (9% : sons, drèches...).

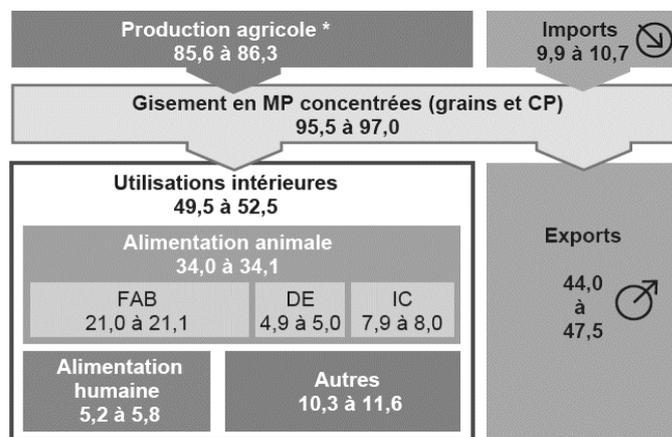


Figure 4 – Production, imports, exports et utilisation de matières premières agricoles (hors fourrages) en 2015 en France (en Mt MS85)

En ce qui concerne les fourrages, pour l'année 2015, la réconciliation des données a permis d'estimer la production française de fourrages (hors paille) entre 80,5 et 87,8 Mt MS. Les volumes de fourrages consommés par les herbivores ont été estimés entre 70,0 et 72,5 Mt MS.

2.1.2. Segmentation des consommations par filières animales

En 2015, comme le montre le Tableau 1, les bovins (laitiers, mixtes et à viande) étaient les premiers consommateurs de MP (37% des utilisations animales), suivis par les filières avicoles (34% pour la somme des volailles de chair, de ponte et des palmipèdes gras) et par les porcins (23%). Les deux premières filières consommatrices de céréales étaient les volailles et les porcs. Les bovins laitiers et mixtes étaient les premiers consommateurs de coproduits céréaliers (49%), suivis des porcs (21%). Les tourteaux étaient utilisés en premier lieu par les bovins laitiers et mixtes et par les volailles. Le tourteau de soja représentait 49% du total des tourteaux consommés en France en 2015 (les 51% restants étant majoritairement composés de tourteau de colza et de tourteau de tournesol). Les filières volailles étaient les premières consommatrices de tourteau de soja (44% du total), suivis par les bovins laitiers et mixtes (36%), les bovins à viande (8%) et les porcins (6%).

2.1.3 Zoom sur la filière porcine

Les volumes de matières premières nécessaires pour les besoins d'alimentation de la filière porcine française ont été évalués à 7,8 Mt MS85 en 2015 (Tableau 1), réparties entre les besoins des porcs à l'engrais (5,5 Mt MS85), des truies (1,3 Mt MS85) et des porcelets (près de 1 Mt MS85 hors aliments d'allaitement).

Les céréales représentaient 71% des matières premières nécessaires aux besoins alimentaires des élevages porcins en 2015, suivis des tourteaux (près de 15%) et des coproduits

céréalières (8%). Cette année-là, le tourteau de soja ne représentait que 19 % des volumes de tourteau utilisés par la filière, soit 3% du volume total de matières premières utilisées pour nourrir le cheptel porcine. Les grains d'oléoprotéagineux représentaient, quant à eux, moins de 1% des matières premières utilisées en alimentation porcine. La majorité des matières premières utilisées pour l'alimentation porcine étaient transformées (aliments complets et complémentaires) par les fabricants d'aliments du bétail (5,2 Mt MS85). Le reste, soit environ 2,6 Mt MS85, était utilisé pour la FAF.

Tableau 1 - Estimations des consommations de matières premières par filière animale en France en 2015, issues de la réconciliation des données avec la méthode d'optimisation sous contraintes (valeurs centrales) (en 1 000 t de MS85)

	Tous animaux d'élevage	Porcs	Volailles	Bovins laitiers & mixtes	Bovins à viande	Caprins	Ovins laitiers	Ovins à viande	Equins
Total (hors fourrages)	34 037	7 767	11 445	8 446	4 019	404	282	521	309
Grains	19 637	5 583	7 919	3 067	2 213	251	178	353	NC
Céréales	18 903	5 512	7 572	2 845	2 115	251	178	353	NC
Dont blé tendre	7 780	1688	*3 872	*1 176	*897	*30	*31	*56	NC
Dont maïs grain	6 786	2 464	*2 729	*704	*675	*57	*53	*93	NC
Dont orge	1 917	798	264*	*289	*245	*102	*58	*148	NC
Oléoprotéagineux	735	72	347	224	99	*0	*1	*1	NC
Coproduits	13 693	1 994	3 325	5 142	1 724	156	103	158	NC
CP céréalières	3 000	646	284	*1 470	*440	*44	*11	*34	NC
Tourteaux	7 823	1 152	2 481	2 603	773	15	33	*56	NC
Dont tourteau de soja	3 824	224	1 655	1 367	290	1	*20	*8	NC
Huiles végétales	*112	*6	*110	*0	*0	*0	*0	*0	NC
Luzerne déshydratée	576	0	0	219	125	44	41	*11	NC
Pulpes de betteraves	900	*8	*11	*488	*233	*27	*5	*38	NC
Autres CP	1 286	*179	*433	*365	*153	*26	*16	*22	NC
Aliments minéraux et vitaminés	*708	187	*203	*236	*81	*0	1	*10	NC

(*) Les valeurs affectées d'un astérisque présentent un écart entre la valeur minimale et la valeur maximale de l'intervalle donné par la réconciliation supérieur à 20% et doivent être interprétées avec prudence

2.2. Protéines : segmentation des consommations et autonomie

2.2.1. Les bovins, premières filières consommatrices de protéines végétales

Les résultats en matières azotées totales (MAT) sont issus de la conversion des résultats de la réconciliation avec le taux protéique associé de chaque MP selon les références des Tables de l'INRA (2018). Les teneurs en protéines retenues pour effectuer les calculs ne sont donc pas spécifiques à l'année 2015.

Pour l'année 2015, la consommation totale de protéines (fourrages inclus) par l'élevage français a été évaluée à environ 15 Mt de MAT, dont 9,3 Mt provenant des fourrages.

Sur les 5,9 Mt de MAT issues des MP dites « concentrées » (en opposition au fourrage), les filières bovines étaient les premières consommatrices avec environ 1,7 Mt de MAT pour les bovins laitiers et mixtes et 0,65 Mt de MAT pour les bovins à viande (Figure 5). Les deuxièmes utilisateurs de protéines issues des MP étaient les filières volailles (1,9 Mt de MAT pour la somme des volailles de chair, volailles de ponte et palmipèdes gras), suivies des porcs (1,1 Mt de MAT).

2.2.2. Zoom sur les consommations de protéines de la filière porcine

Sur les 1,1 Mt de MAT nécessaires à l'alimentation de porcs en 2015, la majorité provenait des céréales. En effet, les céréales sous forme de grains ont représenté 48% des apports protéiques de la filière, et les coproduits céréalières près de 12%.

Les tourteaux ont couvert 36% des besoins protéiques des porcs. Cette année-là, la protéine de soja représentait près de 9% du total des protéines consommées par la filière porcine, soit 25% des protéines provenant de tourteaux. En comparaison, le tourteau de colza représentait 15% des consommations de protéines (42% des protéines de tourteaux) et le tourteau de tournesol 12% (33% des protéines de tourteaux).

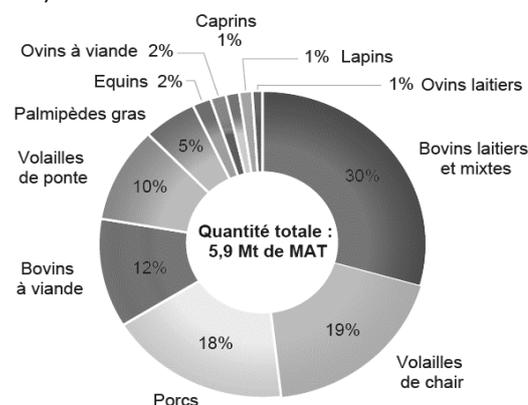


Figure 5 – Segmentation des utilisations de protéines issues de MP (hors fourrages) par filière animale en France en 2015 (en %)

2.2.3. Évaluation de l'autonomie protéique de l'élevage français

Les résultats issus de la réconciliation des données montrent que la balance commerciale française en 2015 était nettement

excédentaire en protéines végétales grâce aux 4,4 Mt de MAT exportées, majoritairement sous forme de céréales. Les protéines importées, environ 2,7 Mt MAT, l'ont été principalement sous forme de tourteaux (75%).

En identifiant l'origine (nationale ou importée) des MP utilisées en alimentation animale, les résultats ont permis d'estimer l'autonomie protéique de l'élevage français, définie par la DG Agri (2019) dans les bilans d'approvisionnement de l'alimentation animale en UE, comme le rapport entre les protéines d'origine française consommées en alimentation animale et les consommations totales de protéines par l'élevage français. Hors fourrages et hors aliments minéraux et vitaminiques, l'autonomie protéique de l'élevage français était ainsi évaluée à 59% en 2015. En tenant compte des fourrages, le taux d'autonomie protéique atteignait 84%.

Plus précisément, cette autosuffisance peut être calculée en distinguant trois catégories de MP : les fourrages, les céréales et les matières riches en protéines (MRP), définies comme les MP contenant plus de 15% de protéines (Terres Univia, 2017). Elles regroupent les tourteaux, les graines oléagineuses et protéagineuses, les coproduits céréaliers et la luzerne déshydratée. L'autonomie de l'élevage français en protéines issues des fourrages et des céréales avoisinait ainsi les 100%, tandis que le taux d'autosuffisance en protéines issues des MRP était seulement de 43% en 2015.

Cette même méthode appliquée à la filière porcine a permis d'évaluer l'autonomie protéique de la filière à 75% (toutes matières premières concentrées confondues). L'autonomie en protéines issues de céréales était proche de 100% tandis que celle en protéines issues de MRP de 59%. Ces taux d'autonomie protéique sont supérieurs aux résultats obtenus pour l'ensemble des filières animales françaises combinées.

3. DISCUSSION

3.1. Une description complète et cohérente des flux de matières premières

Au regard du volume important et de la diversité des données analysées et traitées, de la méthode utilisée, de la variété des partenaires impliqués dans le projet ainsi que par la gamme des résultats obtenus, l'étude « flux de matières premières » a montré son originalité. Ce travail d'ampleur à l'échelle de la France s'inscrit dans la lignée de réflexions et de travaux antérieurs (Agreste, 2013) cherchant à répondre à la question « qui consomme quoi ? ». Si les utilisations de MP par les usines de fabrication d'aliments font l'objet d'un recensement (Agreste, 2017), il existe peu de références sur les besoins globaux de l'élevage français (FAF comprise) ainsi que la segmentation pour chaque filière animale. Les diagrammes de flux (dénommés diagrammes de Sankey) disponibles sur le site www.flux-biomasse.fr/alimentation_animale, permettent une représentation visuelle des résultats.

3.2. Un besoin de précision sur les rations des herbivores

Une piste d'amélioration des résultats réside dans l'approfondissement des connaissances sur les utilisations de MP dites « concentrées » dans les rations des herbivores. En effet, les données sur les consommations des monogastriques sont assez précises, permettant d'aboutir à une segmentation fine des MP consommées. A l'inverse, les données publiques disponibles pour les herbivores ne permettent pas de connaître avec précision les consommations par sous-catégories de MP.

Par exemple, le volume de céréales dans les rations des bovins est connu de façon globale sans précision de la répartition entre le blé, le maïs, l'orge, et les autres céréales. Ainsi, les données d'entrée étant peu contraintes pour les rations herbivores, le modèle de réconciliation a pu s'en servir comme variable d'ajustement. Cela s'est traduit par de larges intervalles min/max pour certaines sous-catégories de MP consommées par les herbivores. Ainsi, les utilisations de blé par les bovins laitiers et mixtes (Tableau 1) semblent surestimées par rapport aux autres céréales, notamment l'orge (dont par ailleurs les disponibilités globales pour l'alimentation animale pourraient être sous-estimées).

Pour pallier ce problème, il serait nécessaire de disposer, en entrée du modèle, d'un niveau de détail et d'une nomenclature semblable pour toutes les filières animales sur les consommations de chaque sous-catégorie de MP concentrée, ce que nous n'avons pu réaliser.

3.3. Une réconciliation en une seule étape permettrait une meilleure consolidation des résultats

Comme explicité auparavant (1.3), les données ont été réconciliées en deux étapes : les filières végétales ont été réconciliées dans un premier temps afin d'aboutir aux volumes disponibles pour l'alimentation animale, puis ce poste de consommation a été mise en cohérence avec les besoins animaux dans une seconde étape. Si les résultats obtenus sont satisfaisants, une réconciliation de l'ensemble des données en une seule étape aurait permis une cohérence plus approfondie du jeu de données dans son ensemble. Face à un volume de données trop important, des contraintes techniques ont été rencontrées lors de cette étape ne permettant pas encore une réconciliation unique à ce jour.

De la même manière, les fourrages ont fait l'objet d'une réconciliation à part entière. Or, par exemple, une mauvaise récolte annuelle de fourrages peut être compensée par une hausse des consommations de matières premières concentrées par les ruminants. Une réconciliation unique des données permettrait alors aux volumes de fourrages disponibles pour l'année étudiée « d'influencer » les résultats des consommations des matières premières concentrées et vice-versa pour tenir compte des substitutions possibles.

3.4. La méthode de calcul de l'autonomie protéique

Le choix a été fait de ne pas définir l'autonomie protéique comme le rapport entre la production totale française de protéines végétales et les protéines nécessaires à l'alimentation des cheptels français. En effet, ce mode de calcul ne tient pas compte de la partie de la production française de protéines qui n'est pas réellement disponible pour l'alimentation animale, car exportée ou utilisée pour d'autres débouchés. L'approche utilisée dans les bilans européens (DG Agri, 2019) a été privilégiée. Elle définit l'autonomie comme le rapport entre les protéines d'origine française consommées en alimentation animale et les protéines nécessaires à l'alimentation des cheptels français.

Il a ainsi été nécessaire d'estimer la part de protéines d'origine française pour chaque matière première utilisée pour l'alimentation animale. Ce travail a été particulièrement délicat pour les tourteaux. Les tourteaux peuvent en effet être importés, produits en France à partir de graines importées, ou être produits en France à partir de graines locales. Le résultat final peut varier en fonction des hypothèses retenues,

particulièrement pour l'autonomie en MRP. Afin de tenir compte de la complexité des flux, notre étude a considéré que les protéines de colza réimportées d'Allemagne et de Belgique sous forme de tourteau après y avoir été exportées sous forme de graines, sont d'origine française.

Ainsi, la définition plus étroite du numérateur, centrée sur l'alimentation animale, explique la différence avec les valeurs publiées jusqu'ici. Notre approche évalue l'autonomie protéique en MRP à 43% contre 56% estimés par Terres Univia en moyenne des deux campagnes agricole 2014/15 et 2015/16 (Terres Univia, 2017).

CONCLUSION

La méthode « flux de matières premières » a démontré sa capacité à réconcilier des données issues de sources multiples pour créer une vision partagée de la cartographie des flux de MP par les différents acteurs des filières végétales, animales, et de l'alimentation animale en France. Les résultats de l'étude éclairent les questionnements sur l'alimentation des animaux d'élevage, sa durabilité, l'importance de l'élevage dans la valorisation des coproduits issus de l'agro-alimentaire ou encore l'autonomie alimentaire et protéique de l'élevage français.

L'optimisation sous contraintes a permis d'intégrer des coefficients d'incertitude autour des données d'entrée du modèle, appréciés grâce à une analyse préalable de l'ensemble des données disponibles sur les filières. La discussion des résultats a permis de mettre en évidence des pistes

d'amélioration de la précision des données d'entrée et de la méthode. Ces pistes révèlent notamment la nécessité d'une approche plus précise des compositions des rations des herbivores, particulièrement sur la répartition des matières premières dans chaque sous-catégorie (ex : blé, maïs, orge dans la catégorie « céréales »), ainsi que de la possibilité d'aller plus loin dans la mise en cohérence des données grâce à une réconciliation des données en une seule étape (contre deux effectuées dans ces travaux). Enfin, les résultats obtenus ont permis de proposer une nouvelle approche de l'évaluation de l'autonomie protéique de l'élevage français, sur la base du mode de calcul européen mais avec une méthode novatrice par rapport aux références jusqu'alors disponibles pour la France.

Une pérennisation de l'observatoire des flux de matières premières de l'alimentation animale est à l'étude afin de pouvoir mettre en place un suivi pluriannuel des évolutions des utilisations et des indicateurs associés (autonomie, durabilité,...).

REMERCIEMENTS

Le projet a été réalisé, dans le cadre du GIS Avenir Elevages, avec le cofinancement d'INRAE, de FranceAgriMer, du CNIEL, de Terres Univia, d'INAPORC, de l'APCA, de l'IFIP, d'IDELE et de l'ITAVI, avec la collaboration scientifique de l'INRIA (sur financement de l'ADEME, APR GRAINE) et la collaboration d'Agreste, de l'ANMF, d'AgroParisTech, d'Arvalis, du Céréopa, de la Coopération Agricole, du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, de Réséda et du SNIA.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agreste, 2013. L'alimentation animale, principale destination des productions végétales. Synthèses Conjoncture n°3 Panorama, Moyens de production n° 2013/208, avril 2013, 16-24.
- Agreste, 2017. Les matières premières dans les aliments composés pour animaux de ferme en 2015. Agreste Primeur n° 345, juin 2017, 8 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. *Ecologica economics* n°188, 67-80.
- Devun J., Brunschwig P., Guinot C., 2012. Alimentation des bovins : rations moyennes et niveaux d'autonomie alimentaire. IDELE, Collection Résultats, Compte rendu résultats 00 12 39 005, décembre 2013, 45 p.
- DG Agri, 2019. EU feed protein balance sheet. En ligne https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/facts-and-figures/markets/overviews/balance-sheets-sector/oilseeds-and-protein-crops_en
- Dronne Y., 2018. Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : l'UE et la France. *INRA Productions Animales* 31 (3), 181-200.
- INRA, 2018. Alimentation des Ruminants, Table des valeurs des aliments. Quae, 728 p.
- Kopec G.M., Allwood J.M., Cullen J.M., Ralph D., 2016. A General Nonlinear Least Squares Data Reconciliation and Estimation Method for Material Flow Analysis: Data Reconciliation for MFA. *Journal of Industrial Ecology*, Vol.20, 1038-1049.
- SAA-Agreste, 2020. Effectifs de bétail hors équidés. En ligne : https://www.agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/SAANR_6/detail/. Dernière actualisation : 01/04/2020.
- Terres Univia, 2017. Rapport Chiffres Clés 2016 Oléagineux et plantes riches en huile, Edition 2017, 28 p.