

# Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : le monde

INRA Prod. Anim.,  
2018, 31 (3), 165-180

Yves DRONNE

Chercheur honoraire, INRA – Agrocampus Ouest, SMART-LERECO, 35000, Rennes, France

Courriel : [dronne.inra@sfr.fr](mailto:dronne.inra@sfr.fr)

■ **L'objectif de cet article<sup>1</sup> est, en contribution aux débats sur le « problème des protéines » et la concurrence Homme/animal, de fournir un certain nombre de données chiffrées (qui restent toutefois des estimations) sur les productions, échanges internationaux et utilisations de protéines végétales dans le monde. Une désagrégation des utilisations en alimentation animale entre incorporations dans les aliments composés et usages directs est proposée de même qu'entre principales espèces animales.**

## Introduction

L'alimentation humaine, soumise à la forte croissance démographique mondiale, à l'élévation moyenne du niveau de vie et aux changements dans les systèmes de consommation dont en particulier l'accroissement de la demande en produits animaux, constitue un défi majeur pour les prochaines décennies. Actuellement, qu'il s'agisse de l'Homme ou de l'animal, en attendant d'éventuels nouveaux ingrédients (insectes, algues...) les ressources agricoles, cultivées ou naturelles sont essentiellement mobilisées.

Dans ce contexte, les fourrages jouent un rôle majeur dans l'apport en nutriments des animaux, notamment en protéines. Cependant avec les nouvelles formes d'élevage, souvent plus intensives, les grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux) et leurs coproduits (tourteaux, corn-gluten-feed, drèches d'amidonnerie et

d'éthanolerie, sons et issues de meunerie...) sont largement mobilisées partout dans le monde. Tandis que l'utilisation des fourrages est pratiquement limitée aux herbivores, il existe une concurrence sur les ressources en produits de grandes cultures entre l'Homme et l'animal, mais aussi finalement une forte complémentarité. Dans de nombreux cas, après séparation industrielle, les fractions nobles sont utilisées en alimentation humaine (farine de blé, huiles végétales, amidon de céréales...); les coproduits non utilisables tels quels par l'Homme, générés par cette demande humaine à laquelle s'ajoutent de plus en plus des utilisations énergétiques ou non-alimentaires autres (huiles végétales pour le biodiesel, céréales et sucre pour l'éthanol carburant, céréales et tubercules pour l'amidon industriel...) sont valorisés en alimentation animale.

Avec les progrès des connaissances scientifiques en nutrition animale et en

technologie une puissante industrie des aliments composés, point de jonction entre l'amont (céréaliers, fournisseurs d'ingrédients agroalimentaires, transporteurs, logisticiens...) et l'aval (éleveurs, producteurs animaux, abattoirs, laiteries...), s'est développée dans le monde. En recourant de façon massive à la formulation des aliments à moindre coût pour optimiser l'utilisation des matières premières agricoles et en internationalisant largement ses approvisionnements, elle a introduit une forte flexibilité dans les consommations.

La dualité des besoins pour l'Homme et pour l'animal, à laquelle s'ajoutent de plus en plus les utilisations non-alimentaires, entraîne en premier lieu une concurrence sur les terres disponibles, même si de nombreuses cultures (soja, colza...) contribuent à satisfaire simultanément ces deux demandes. Avec le développement du commerce international des commodités, le problème ne doit plus se raisonner à l'échelle locale

<sup>1</sup> Les chiffres présentés dans cet article sont essentiellement issus d'un travail réalisé par l'auteur dans le cadre de l'association FEEDSIM AVENIR. Ce travail a bénéficié d'un certain financement de la part de cette association.

mais mondiale. Ainsi certaines graines comme les céréales (en particulier le maïs) et les oléagineux (en particulier le soja) ou leurs produits dérivés sous forme de tourteaux et d'huiles sont devenus des composants essentiels des échanges mondiaux. De par leur importance, ils ont également influé sur le dynamisme des zones de production. L'évolution des flux illustre (en particulier ceux concernant le soja – graine et dérivés –) les bouleversements géopolitiques qui ont eu lieu dans le monde avec notamment, d'une part l'explosion de la demande chinoise et de certains autres pays asiatiques, et d'autre part de la croissance des offres brésilienne et argentine. Ceci va de pair avec l'investissement des grands traders internationaux généralement non seulement dans le commerce mondial, mais aussi dans la transformation de ces produits agricoles (trituration, éthanolerie, amidonnerie) ainsi que dans la production d'aliments composés et l'aval (production et transformation de viandes).

La séparation entre demande humaine et demande animale est en fait fictive puisque, pour leur presque totalité, les animaux élevés dans le monde sont destinés à fournir à l'Homme des produits alimentaires. L'alimentation animale est donc une alimentation humaine indirecte, avec un transformateur plus ou moins efficace (par exemple en termes de protéines produites par tonne de protéines consommées). Dans tous les cas, il est performant sur le plan qualitatif compte tenu de la haute valeur nutritionnelle des produits animaux fournis par l'élevage. Au-delà de l'aspect purement nutritionnel, ces produits ont acquis depuis des siècles une signification culturelle et sociale.

L'Homme et l'animal, depuis l'origine, se sont toujours partagés l'espace naturel, les animaux, même non consommés par l'Homme, ayant toujours eu besoin de ressources végétales et donc de surfaces. Aujourd'hui ce partage se fait selon des modalités nouvelles. En dehors des fourrages naturels ou cultivés, les animaux domestiques consomment une partie des productions des cultures réalisées par l'Homme. Ces cultures, dans un système mondial

d'économie de marché, ne sont réalisées que s'il existe une demande solvable. L'élément fondamentalement nouveau depuis un siècle est, qu'avec l'explosion des échanges mondiaux des produits agricoles, la nourriture des animaux des « pays riches » à fort pouvoir d'achat est susceptible d'avoir une influence sur l'alimentation humaine directe des « pays pauvres ». Elle s'effectue à travers une concurrence sur les surfaces agricoles disponibles localement, exacerbée éventuellement par le développement d'exportations de certaines denrées en direction des « pays riches ». La question est donc d'examiner comment, au niveau mondial, s'organisent ces circuits d'approvisionnement et d'utilisation de produits agricoles destinés à l'Homme et à l'animal (et aussi aux biocarburants et plus globalement aux utilisations non alimentaires).

Divers indicateurs et outils peuvent être utilisés pour mesurer les productions et utilisations des produits agricoles en alimentation humaine et animale. Un enjeu important est de trouver un indicateur qui prenne en compte la diversité de composition de ces produits (en particulier lorsque l'on prend en compte les fourrages) en termes de teneur en matière sèche, de teneur en protéines et en acides aminés indispensables, de valeur énergétique, etc. Dans la mesure où la « protéine » ou, de façon approchée, la Matière Azotée Totale (MAT) constitue un nutriment essentiel pour les Hommes et les animaux nous avons choisi dans cet article de privilégier cette unité de mesure (à côté de quantités exprimées en tonnes de Matière Sèche (MS) pour les fourrages et de surfaces exprimées en hectares), même si elle ne prend pas en compte les différences de qualité de celles-ci. Pour l'alimentation humaine les disponibilités *per capita* en protéines animales et végétales sont régulièrement suivies par la FAO à l'échelle mondiale et régionale comme indicateurs du niveau de bonne (ou mauvaise) situation nutritionnelle. Pour l'alimentation animale l'approvisionnement en protéines suscite régulièrement depuis près d'un demi-siècle de vifs débats (souvent en relation avec le soja) notamment à l'échelle de l'Union Européenne (UE).

Nous examinerons donc successivement dans cet article la production mondiale de protéines végétales, la répartition de leurs utilisations sous forme de produits non transformés et de produits et coproduits issus des Industries Agricoles et Alimentaires (IAA), la répartition des consommations par grandes espèces animales, les évolutions structurelles en termes de consommation humaine et animale, le poids croissant du « système maïs/soja », les aspects de concurrence et/ou de complémentarité entre usages humains et animaux et enfin les aspects liés à l'instabilité croissante des prix du soja et du maïs et les systèmes de régulation de ces marchés.

## 1. Les productions mondiales de protéines

Sur les 13 milliards d'hectares (Mha) de terres émergées dans le monde environ 4,9 sont des terres agricoles, 4,0 des forêts et 4,1 correspondent à des « autres usages » essentiellement liés à l'urbanisation, aux déserts et autres terres non cultivables (FAO, 2016a). Parmi les terres agricoles 3,3 Mha correspondent à des « prairies et pâturages permanents », 1,4 à des terres arables et 0,2 à des cultures permanentes (palme...). Les terres arables n'occupent donc que 10 % des terres disponibles à l'échelle mondiale. Elles sont affectées pour 0,71 Mha à des céréales, pour 0,28 à des oléagineux, pour 0,08 à des protéagineux et pour 0,33 à d'autres cultures (racines et tubercules, légumes, fruits, et cultures fourragères...).

On ne dispose que d'informations très partielles au niveau des fourrages. Les chiffres présentés ici reposent donc sur les estimations de différents auteurs en particulier au niveau des rendements et productions en MS. Les « prairies et pâturages permanents » sont localisés en Asie pour 32 %, en Afrique pour 27 %, en Amérique pour 25 % (dont deux tiers en Amérique du Sud et du Centre) et 11 % en Océanie. L'Europe avec environ 177 millions d'hectares (mha) ne représente que 5 % du total (FAO, 2016a). On peut estimer (Buringh et Dudal, 1987) qu'en 1975 seulement

500 mha (soit environ 18 % de ces surfaces dites « *grassland* ») avaient un potentiel de productivité « élevé » ou « moyen », mais aucun chiffre de production en tonnage n'était fourni. Pour l'année 2000, la FAO (FAO, 2001) estimait la superficie des pâturages à 3,4 Mha et celle d'un nombre limité de « fourrages » à 35 mha (avec une production de 960 mt)<sup>2</sup>. Pour la même année (Herrero *et al.*, 2013) estimaient à 4,7 milliards de tonnes (Mt) la consommation totale de biomasse utilisée en alimentation animale dont 2,3 pour l'herbe seule (devant les céréales avec 1,3 Mt). Pour l'année 2009 (Wirsenius *et al.*, 2010), la consommation de fourrages par les herbivores (que l'on peut assimiler à la production) issus des « *permanent pastures and browse* » était estimée à environ 3 Mt de MS (soit un rendement moyen dans le monde de 0,88 t de MS par hectare contre par exemple environ 4,6 t en France). À ce chiffre les auteurs ajoutent 1 210 mt de « *crop residues* » (essentiellement paille), 675 mt de « *forage crops* » composées surtout de foin et ensilage, 540 mt de « *non agricultural herbage and browse* », 67 000 t de « *cropland pasture* », soit un total, hors Surface Toujours en Herbe (STH) de 2,5 Mt de MS. Ils ne fournissent aucune indication au niveau des surfaces. En s'appuyant sur les données nutritionnelles de la base internationale Feedipedia (Feedipedia, 2016), nous pouvons estimer la production mondiale de protéines issues des « prairies et pâturages permanents » à 270 mt et à 130 mt pour les autres fourrages et résidus de culture (qui, globalement, ont des teneurs en protéines plus faibles).

Les terres arables (FAO, 2016b) ont produit en 2011<sup>3</sup> pour les seules céréales, oléagineux et protéagineux

<sup>2</sup> Les fourrages pris en compte se limitent au maïs fourrage, au sorgho, au ray-grass, au trèfle et à la luzerne et il n'est pas précisé si le tonnage est exprimé ou non en matière sèche. L'article insiste sur les lacunes et les imprécisions au niveau de ces données.

<sup>3</sup> Cette année a été choisie dans la mesure où c'est la dernière pour laquelle on disposait au moment où ces calculs ont été faits des bilans mondiaux détaillés en tonnage de la FAO. La source FAOSTAT a été privilégiée dans cette partie et complétée par des chiffres provenant de la base PSD de l'USDA, de la revue Oil World, et d'estimations de l'OCDE.

de l'ordre de 2,7 Mt de grains et graines soit l'équivalent de 357 mt de protéines. Compte tenu des différences de composition, les graines oléagineuses<sup>4</sup> qui représentent seulement 17 % du tonnage ont apporté 38 % des protéines, tandis que les céréales (81 % du tonnage) en ont apporté 58 %. Les protéagineux ou légumes secs ont une place modeste aussi bien en termes de tonnage (3 %) que d'apport en protéines (4 %). En dehors des trois familles principales de produits, on peut calculer que les autres produits végétaux (betterave et canne à sucre, racines et tubercules, fruits et légumes...) ont apporté de l'ordre de 40 mt de protéines (près de 10 % du total des aliments concentrés<sup>5</sup>) dont 7 pour les plantes sucrières.

Ainsi globalement la production annuelle mondiale de protéines végétales peut être estimée à environ 800 mt (tableau 1) dont environ la moitié correspond à des fourrages. Les prairies et pâturages permanents avec 270 mt sont donc la première source de protéines produites dans le monde (34 % du total), devant les céréales (26 %), les oléagineux (y compris le soja) ne représentant que 17 %.

Le total des produits végétaux hors fourrages (397 mt de protéines) rapporté à une population mondiale de 7,16 milliards d'habitants correspond à des disponibilités théoriques de 55 kg/capita/an ou 152 g/capita/jour soit, sur un plan purement quantitatif, à près de 3 fois le besoin estimé par la FAO (52,5 g/capita/jour).

## 2. Les utilisations mondiales de protéines

On ne dispose d'aucun bilan détaillé mondial en termes de protéines retraçant la répartition des différentes utilisations finales, mais, pour les tonnages des principaux produits utilisables en

<sup>4</sup> Sont pris en compte dans cette famille les graines de soja, de colza, de tournesol, de coton, l'arachide, le palmiste et le coprah.

<sup>5</sup> Les « aliments concentrés » par opposition aux « fourrages » comprennent tous les grains, graines, racines, fruits et légumes et coproduits de céréales, oléagineux, protéagineux et plantes sucrières.

**Tableau 1. La répartition mondiale des productions de protéines végétales en 2011 en millions de tonnes de protéines brutes. (Source : Estimation à partir des données FAO, PSD/USDA et Oil World.).**

	Protéines
<b>Fourrages</b>	
Prairies et pâturages permanents	270
Autres fourrages et résidus	130
<b>Total fourrages</b>	<b>400</b>
<b>Cultures</b>	
Céréales	207
Oléagineux	135
Protéagineux	15
Autres cultures	40
<b>Total cultures</b>	<b>397</b>
<b>Total fourrages + cultures</b>	<b>797</b>

alimentation humaine, la FAO fournit des estimations de répartition dans le domaine « Équilibres des produits : Cultures équivalent primaire » de FAOSTAT (FAO, 2016b) pour les produits utilisables en alimentation humaine. Pour les autres produits comme les tourteaux et coproduits de céréales des sources complémentaires ont été utilisées (Jensen *et al.*, 2013 ; FAO/OCDE, 2015 ; FAPRI, 2016 ; Oil World, 2016 ; USDA, 2016). Les chiffres en termes de protéines présentés dans cet article restent donc de simples estimations compte tenu de nombreuses incertitudes (notamment sur les teneurs en protéines des différents produits<sup>6</sup>) et de divers biais (notamment du fait que les exportations mondiales souvent ne

<sup>6</sup> De façon générale ont été retenus les coefficients utilisés par la FAO pour calculer les disponibilités alimentaires mondiales en termes de protéines végétales et animales exprimées en grammes de protéines par tête et par jour. Ces coefficients ont été complétés voire ajustés en utilisant les données de composition pour différents produits utilisés en alimentation animale de la base Feedipedia.

sont pas égales aux importations, que l'on ne prend pas en compte les variations de stocks, que les chiffres peuvent correspondre à des années légèrement différentes...). On a distingué les utilisations de produits végétaux « non transformés » et les produits et coproduits issus d'une transformation industrielle telles que la meunerie, l'amidonnerie, l'éthanolerie, la trituration, etc.

Les 397 mt de protéines végétales issues principalement des céréales, oléagineux et protéagineux (357 mt) mais aussi des autres végétaux (plantes sucrières, tubercules, fruits et légumes) pour 40 mt se répartissent (figure 1) entre usages directs en l'état (166 mt) et transformation par les IAA (231 mt). En première approximation ces industries ont fourni le même tonnage de protéines sous forme de pro-

duits (farines de céréales en particulier) et de coproduits (issues de céréales, tourteaux, corn-gluten-feed (cgf), « *dry distiller grain and soluble* » (ddgs...)). Les produits végétaux utilisés en l'état ainsi que les produits et coproduits des IAA se répartissent pour l'essentiel entre usages humains (137 mt) et animaux (231 mt), le solde (28 mt) correspondant à des semences et pertes ainsi qu'à des usages non alimentaires.

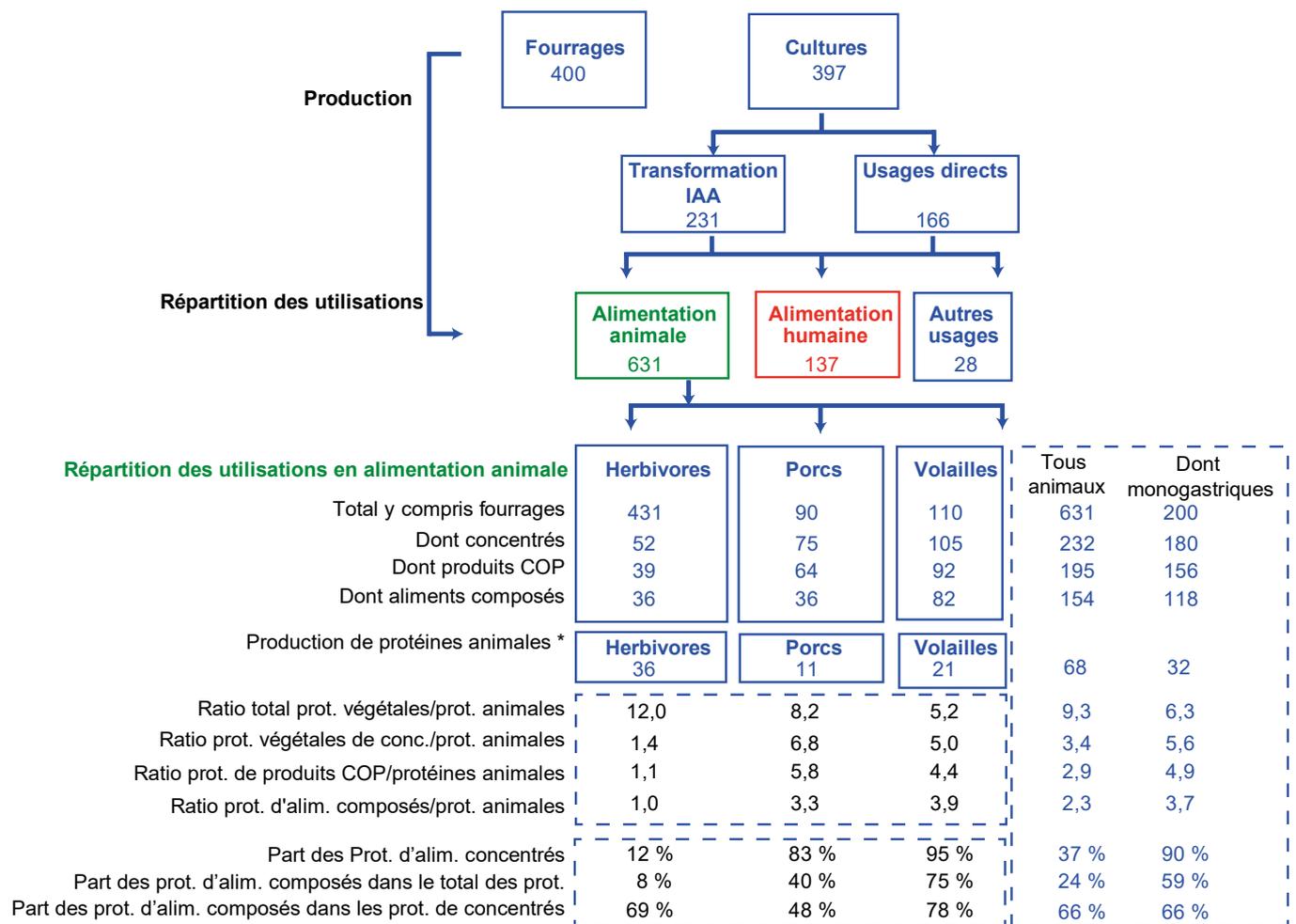
L'alimentation animale représente donc environ 79 % de la consommation mondiale de protéines végétales (fourrages compris) et 58 % des protéines de concentrés. Parmi ces produits les tourteaux arrivent en première position avec 112 mt soit 48 % des concentrés (dont 81 mt pour le seul soja) devant les céréales en grains (67 mt dont 35 pour le maïs) et les coproduits céréaliers (37 mt : sons,

issues, ddgs, drêches...). Le solde de 15 mt est principalement composé d'oléagineux et de protéagineux utilisés en l'état et de produits divers.

Les 400 mt de protéines issues de prairies et pâturages permanents et autres fourrages (essentiellement utilisés par les herbivores et un peu par les porcs et volailles) auxquels s'ajoutent les 231 mt d'aliments concentrés, ont permis la production d'environ 69 mt de protéines animales<sup>7</sup> dont 25 mt de lait

<sup>7</sup> Dans ce chiffre, pour des raisons de disponibilités des données, les produits de la mer et de l'aquaculture ne sont pas pris en compte. Une part importante de ceux-ci ne consomme d'ailleurs pas de protéines végétales prises en compte dans cet article. De même les abats qui représentent environ 3,2 mt de protéines n'ont pas été pris en compte faute d'information sur les clefs de répartition entre espèces animales.

**Figure 1. La répartition mondiale des productions et utilisations de protéines en 2011 en millions de tonnes de protéines. (Source : Estimation à partir des données FAOSTAT, PSD/USDA et Oil World).**



\* Les tonnages correspondant aux abats n'ont pas été pris en compte en l'absence d'information sur les clefs de répartition entre espèces animales.

(37 %), 11 mt de viandes d'herbivores (bovins, buffles, ovins, caprins) (16 %) et 32 mt (47 %) de viandes de monogastriques (essentiellement porcs et volailles) et d'œufs. Ces estimations sont basées sur les chiffres en tonnage du domaine « Élevage primaire » de FAOSTAT (FAO, 2016c).

À titre de comparaison on peut s'appuyer sur les résultats du modèle GLEAM (« *Global Livestock Environmental Assessment Model* ») de la FAO dont certains résultats ont été publiés récemment (Mottet *et al.*, 2017), postérieurement à la réalisation du travail de synthèse présenté ici. Les auteurs estiment à 6 Mt de MS les utilisations de biomasse en alimentation animale dont 4,3 pour les fourrages, 0,86 pour les céréales, environ 0,30 pour les tourteaux et 0,28 pour les coproduits céréaliers. D'après le [tableau 1](#) de l'article on peut calculer que cela correspond à environ 730 mt de protéines qui ont permis de produire 75 mt de protéines animales (dont 38 pour les monogastriques et 36 pour les produits issus des herbivores). Les différences par rapport à nos estimations correspondent essentiellement à des différences dans les teneurs moyennes en protéines que nous avons retenues au niveau mondial pour les produits animaux et végétaux beaucoup moins précis que les chiffres régionalisés de la FAO. D'autres auteurs (Pilorgé *et al.*, 2016) estiment pour 2013 les utilisations totales de protéines en alimentation animale à 338 mt dont 112 pour les fourrages et 226 pour les aliments concentrés.

Selon nos calculs il faut donc actuellement, en moyenne mondiale, environ 9,2 kg de protéines végétales y compris fourrages dont seulement 3,4 kg de protéines végétales hors fourrages pour produire 1 kg de protéine animale<sup>8</sup>. Le ratio pour les protéines directement consommables par l'Homme (céréales et protéagineux) est voisin de 1 kg/kg.

Il est à noter l'importance du commerce mondial des protéines végétales (121 mt) qui, sous forme de végétaux en l'état (79 mt) ou de produits et coproduits des IAA (42 mt), représente au total

<sup>8</sup> Selon le modèle GLEAM le ratio global est 9,8.

31 % de la production/consommation de protéines végétales hors fourrages. Le soja à lui seul, sous forme de graines (32 mt de protéines) et de tourteau (30 mt), représente la moitié du commerce mondial. Ceci souligne le niveau très élevé des déséquilibres régionaux particulièrement pour les grains, les produits et coproduits de céréales, et les oléagineux. Le commerce mondial en protéines animales bien qu'en développement reste faible à l'échelle mondiale (moins de 13 % de la production), mais correspond à des échanges « implicites » de plus de 80 mt de protéines végétales.

Contrairement aux « prairies et pâturages permanents » les protéines de céréales, oléagineux et protéagineux n'existent que parce qu'il existe une demande solvable dans le monde pour ces produits qu'il s'agisse de l'alimentation humaine ou animale.

### 3. La répartition par catégorie animale des protéines végétales utilisées en alimentation animale

Il n'existe aucune source disponible et il est impossible de calculer précisément la répartition des utilisations de protéines végétales par grandes catégories animales (porcs, volailles de chair, volailles de ponte et herbivores). On peut cependant essayer de cerner des ordres de grandeur en appliquant dans un premier temps aux porcs et volailles des coefficients techniques (indices de consommation en particulier) et en s'appuyant sur des estimations de la production mondiale d'aliments composés qui constituent pour les monogastriques la base de l'alimentation dans de nombreux pays.

La société Alltech (Alltech, 2014 ; Coffey *et al.*, 2015 ; Connolly et Moran, 2016) estime pour 2013<sup>9</sup> la production

<sup>9</sup> Les données pour 2011 n'étant pas disponibles, on s'est basé sur les chiffres d'aliments composés de 2013 en effectuant divers ajustements sur les tonnages de produits animaux et de disponibilités en matières premières pour l'alimentation animale.

mondiale d'aliments composés à 960 mt (dont 300 pour la volaille de chair et 140 pour la ponte), 240 pour le porc et 200 pour les ruminants, le solde, soit 80 mt correspondant à des aliments pour l'aquaculture, pour les chiens et les chats et pour divers autres animaux. Ce chiffre total de 880 mt pour les volailles, porcs et herbivores est à rapprocher des 820 mt de grains et graines de céréales, oléagineux et protéagineux utilisés en alimentation animale auxquels s'ajoute 400 mt de coproduits de ces industries. Les autres produits divers (en particulier les tubercules sous forme de manioc et de patates douces) représentent environ 120 mt. Sur cette base, environ 800 mt (90 % du tonnage des aliments composés<sup>10</sup>) de ces produits seraient incorporés aux aliments composés et 540 mt utilisés en dehors de ce circuit.

On peut approximer l'apport en protéines imputable aux différents aliments composés en retenant des teneurs « standard » en MAT pour chaque type d'aliment (15 % en porc, 19 % pour les volailles de chair, 16 % pour les volailles de ponte et 20 %<sup>11</sup> pour les ruminants). Ceci correspond à un total d'environ 154 mt de protéines apportées par les aliments composés à comparer à l'estimation précédente de l'utilisation mondiale de protéines végétales en alimentation animale de 231 mt. Ainsi les deux tiers des protéines de concentrés utilisées par les animaux seraient fournies par l'industrie des aliments composés.

Pour les porcs, la production de carcasses en 2013 (FAO, 2016c) a été de 113 mt (1 451 millions d'animaux abattus avec un poids moyen de 78 kg) ce qui correspond à un tonnage vif d'environ 150 mt avec un rendement carcasse de 0,76 (FAO, 1996). Avec une hypothèse d'indice de consommation global de 4, supérieur de 50 % à la moyenne indiquée par l'IFIP pour la Bretagne (IFIP, 2015a, b),

<sup>10</sup> Les 10 % restant d'incorporations dans les aliments composés correspondent à des minéraux, acides aminés, graisses animales et produits divers non pris en compte dans cet article.

<sup>11</sup> Ce chiffre correspond à une moyenne pondérée entre les aliments composés de type VL18 majoritaires et ceux de type VL40.

cela correspond à un besoin d'environ 600 mt « d'équivalent aliments composés » en tenant compte de la diversité des modes d'alimentation. Avec un taux moyen de 15 % de protéines (moyenne des aliments truies gestantes, truies allaitantes, porcelet, porc croissance et porc finition) ceci correspond à 90 mt de protéines<sup>12</sup>. Dans son rapport publié en 2014 la société Alltech évalue la production mondiale d'aliments composés pour porcs à 240 mt (dont 112 en Asie, 70 en Europe, 31 en Amérique du Nord et 27 en Amérique Latine) ce qui signifie qu'environ 40 % des animaux seraient nourris de façon industrielle (240 mt sur 600, soit 36 mt de protéines sur 90), les 60% autres recourant aux « aliments fermiers » c'est-à-dire dans la plupart des cas à des céréales autoconsommées et à des achats directs de tourteaux.

Pour les volailles de chair, on a considéré que seuls les poulets de chair et dindes utilisaient des concentrés (Alltech estime à seulement 13 mt d'aliments composés sur un total de 300 mt ceux destinés aux espèces diverses : canards, oies...). Avec une production mondiale d'environ 102 mt de carcasses (dont 96 pour le poulet et 6 pour la dinde) et un rendement carcasse de 78 % (FAO, 2016), cela correspond à environ 130 mt en vif et, avec un indice de consommation de 2,7 contre 1,8 en France (ITAVI, 2015) – soit + 50 % – on obtient un besoin en « équivalent aliments composés » de 350 mt (dont seulement 19 pour la dinde) soit 67 mt de protéines. Alltech estime la production mondiale de ce type d'aliments composés à 300 mt (dont seulement 15 pour les dindes). Ainsi pour la volaille de chair, le recours aux aliments composés serait très généralisé (environ 85 %).

Pour les volailles de ponte, FAOSTAT estime à 68 mt d'œufs de poule le tonnage fourni par 7,04 milliards de poules (soit 9,7 kg d'œufs/poule/an). En France, environ 16 kg d'œufs sont produits par poule et par an avec une consommation « d'équivalent aliments composés » de 41 kg, soit un besoin

moyen de 2,6 kg d'aliment par kilo d'œuf. Si l'on retient ce dernier chiffre majoré de 50 % (soit 3,9) pour l'ensemble du monde, on aurait un besoin de 265 mt « d'équivalent aliments composés » (correspondant à 43 mt de protéines) à comparer avec l'estimation de 140 mt d'aliments composés produits dans le monde fourni par Alltech. Ainsi les poules seraient pour un peu plus de la moitié, nourries par des aliments composés industriels (53 %).

Pour le total des volailles, nos calculs aboutissent à 615 mt de besoins contre une production estimée à 440 mt par Alltech (dont 162 en Asie, 92 en Amérique du Nord, 81 en Europe et 77 en Amérique Latine). La différence entre les deux chiffres est de 175 mt qui correspondrait à des « aliments fermiers ». Ce chiffre qui représente 28 % des besoins totaux semble cohérent, avec le fait que les modes d'alimentation dominants en Amérique et en Europe sont un recours presque exclusif aux aliments composés dans ces zones (qui avec 250 mt, représentent plus de la moitié du tonnage mondial) tandis que dans les autres pays les formes traditionnelles d'alimentation dominent.

En reprenant le chiffre de disponibilité en protéines pour l'alimentation animale de 231 mt dans le monde, si on enlève ce qui serait utilisé par les porcs (90 mt dans les « équivalents aliments composés ») et volailles (110 mt)<sup>13</sup>, on arriverait à un solde de 31 mt à attribuer aux herbivores. Ce chiffre paraît très faible et incite à penser que les porcs utilisent pour une part non négligeable (estimée à 15 mt de protéines) des coproduits de certaines cultures classées dans les fourrages et les volailles en utiliseraient 5 mt.

Pour les herbivores, Alltech indique un tonnage d'aliments composés de 200 mt (dont 110 pour les vaches laitières, 70 pour les bovins, 3 pour les veaux, 7 pour les autres ruminants et 11 pour les chevaux). Globalement les aliments pour ruminants sont essentiellement produits en Europe (67 mt), en Amérique du Nord (48 mt), en Asie (38 mt) et en Amérique

Latine (22 mt). Compte tenu de l'extrême hétérogénéité des systèmes d'élevage, il paraît impossible au niveau du monde de faire un calcul de besoins, mais on peut estimer le tonnage de protéines contenu (taux protéique moyen de 20 % intermédiaire entre les aliments de type VL18 et VL40) à environ 40 mt, chiffre qui n'est pas très éloigné, compte tenu de l'incertitude de certaines hypothèses du chiffre de solde de 52 mt de protéines de concentrés non utilisés par les porcs et volailles. Globalement les herbivores consommeraient donc dans le monde 52 mt de protéines de concentrés et 380 mt de fourrages pour produire 25 mt de protéines de lait et 11 mt de viande.

En fait, pour arriver à mieux cerner les disponibilités et la répartition des utilisations de protéines dans le monde, il serait nécessaire d'effectuer une désagrégation en utilisant au mieux les chiffres régionaux d'Alltech et en séparant les zones qui sont les mieux connues (Europe, Amérique du Nord) et qui représentent une part non négligeable des productions animales, les zones à plus forts inconnus restant l'Afrique, l'Amérique du Sud et l'Asie.

#### 4. Des évolutions structurelles de la consommation humaine et animale très importantes

Selon les calculs de la FAO, les disponibilités *per capita* en protéines, qu'il s'agisse des produits végétaux ou animaux ont considérablement augmenté au cours des cinquante dernières années avec une nette accélération pour les seconds au cours des deux dernières décennies. Elles atteignent respectivement 31,8 g/jour/capita (animal) et 48,7 (végétal) soit un total de 80,5 g.

Entre 1961 et 2011, les disponibilités pour l'Homme en protéines animales ont augmenté de 62 % tandis que celles en protéines végétales progressaient de 16 % (soit 31 % pour l'ensemble des protéines). Durant les 20 dernières années, alors que l'on débattait d'une éventuelle concurrence de l'Homme par l'animal, celles-ci ont continué à croître de 27 %

<sup>12</sup> L'estimation du modèle GLEAM est de 110 mt. Ceci indique une certaine sous-estimation de l'indice de consommation que nous avons retenu.

<sup>13</sup> L'estimation du modèle GLEAM est de 129 mt.

pour les protéines animales et de 8 % pour les protéines végétales (+ 15 % au total). L'autre remarque est le net rapprochement au cours de cette dernière période de la situation moyenne mondiale et de celle d'une région développée telle que l'Union européenne. Alors qu'en 1991 l'UE consommait deux fois et demie plus de protéines animales que l'ensemble du monde, le ratio est aujourd'hui de moins de 2, avec une stabilisation, voire une diminution dans les pays développés et une forte progression dans l'ensemble des pays en développement à commencer par la Chine, l'Asie du Sud et l'Amérique du Sud. Les pays développés continuent à consommer moins de protéines végétales *per capita* que l'ensemble du monde.

À partir de maintenant, on se centrera plus spécifiquement sur les protéines des Céréales, Oléagineux et Protéagineux (COP).

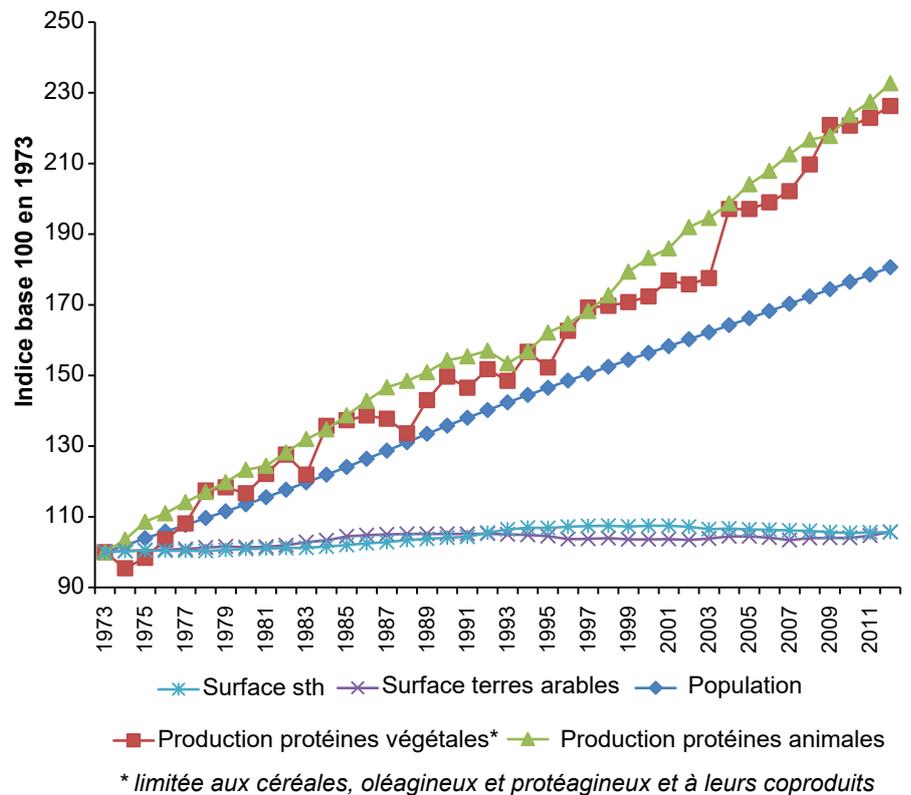
L'amélioration de la situation alimentaire mondiale depuis 1973 a été rendue possible par une progression des productions végétales et animales nettement plus rapide que celle de la population (figure 2). Dans la mesure où les surfaces mondiales en terres arables (et aussi en prairies et pâturages) ont très peu augmenté dans le monde (environ + 6 % soit + 62 millions d'hectares), les hausses de production sont essentiellement imputables à la très forte amélioration des rendements pour toutes les grandes cultures et aussi au très fort développement de plantes plus riches en protéines que les céréales traditionnelles, à commencer par le soja.

## 5. Le poids majeur du couple maïs-soja

La production mondiale de protéines de COP<sup>14</sup> a atteint en 2013 377 mt de protéines contre 346 en 2011 et 156 mt en 1973. En 2013 elle est pour l'essentiel

<sup>14</sup> Pour l'analyse des évolutions sur longue période, par nécessité de simplification on a exclu les protéines fournies par les autres végétaux (en particulier les fruits et légumes, les cultures sucrières, les racines et tubercules... ainsi que leurs coproduits pulpes, mélasse...).

**Figure 2.** L'évolution des productions mondiales de protéines, de la population et des principales surfaces. (Source : Estimations à partir des données FAOSTAT, PSD/USDA et Oil World).



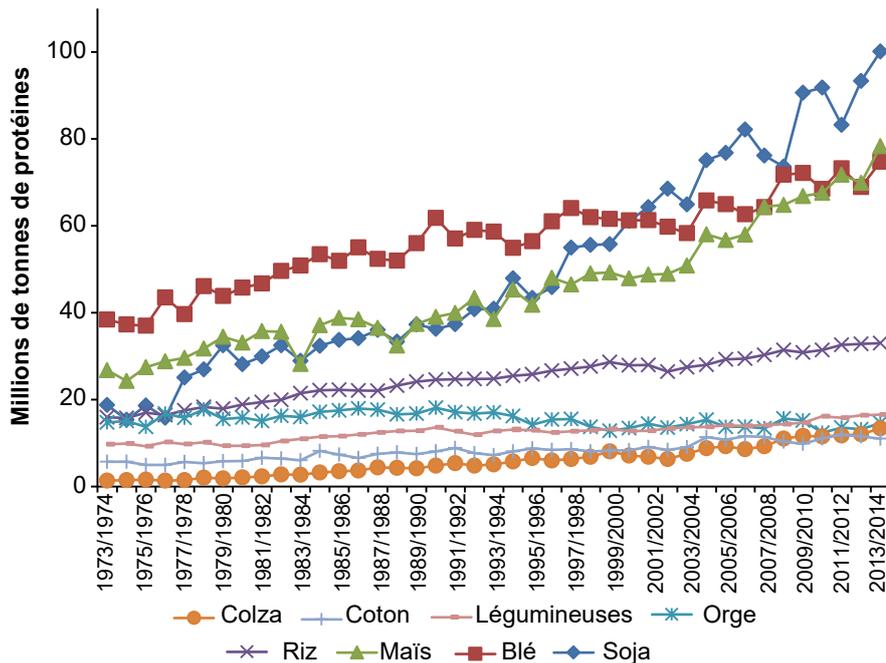
(plus des deux tiers) imputable à trois cultures, le soja (environ 100 mt), le maïs (78 mt) et le blé (75 mt). Malgré le développement très important de certaines autres productions depuis 1973 (multiplication par 10 pour le colza, doublement pour le riz, + 70 % pour les légumineuses), celles-ci (y compris le riz) ne représentent globalement qu'un peu plus que le soja.

Au cours des 40 dernières années, l'augmentation de 220 mt de la production mondiale en protéines végétales de COP (figure 3) est imputable pour 75 % aux mêmes trois cultures principales (le soja : 37 % avec + 81 mt, le maïs : 23 % avec + 51 mt et le blé : 16 % avec + 36 mt). Cette très forte augmentation de la demande en soja, produit essentiellement en Amérique du Nord et du Sud, est à associer à l'utilisation des tourteaux dans l'alimentation animale. En effet, partout dans le monde (mais à un moindre degré dans l'UE) s'est développé un modèle d'alimentation des animaux sur une ration de base maïs/soja, largement dominante. Elle a entraîné une très forte internationalisation du marché des protéines végétales

(essentiellement sous forme de graines et de tourteaux d'oléoprotéagineux, mais aussi à un moindre degré de maïs). La part des exportations sur les volumes produits est passée de 17 % en 1973 à plus de 30 % actuellement.

L'augmentation de la production mondiale de protéines végétales a permis un fort développement de la production des protéines animales dans le monde (+ 42 mt soit + 132 % en quarante ans) sous forme de lait (+ 48 %) et de viandes d'herbivores (+ 70 %), mais surtout sous forme de viandes de monogastriques (porcs, volailles de chair) (+ 276 %) et œufs (+ 222 %). Ces produits issus de monogastriques représentaient 30 % de la consommation de protéines animales en 1973 et 47 % en 2013. Ils ont assuré 60 % de la progression de la demande qui s'est considérablement accrue dans le monde, en raison de l'évolution démographique (+ 82 %), mais aussi (pour environ 50 %) de l'augmentation des revenus moyens par tête. Cette dernière a permis des changements d'habitudes alimentaires et de meilleurs équilibres nutritionnels. Ces améliorations se sont faites essentiellement dans les « pays

**Figure 3.** L'évolution des productions mondiales de protéines par les principales cultures (hors fourrages). (Source : Estimations à partir des données FAOSTAT, PSD/USDA et Oil World).



en développement » dans la mesure où globalement la demande de protéines animales dans les pays les plus riches (UE, Amérique du Nord), qui était déjà très élevée, tend à stagner, voire à régresser.

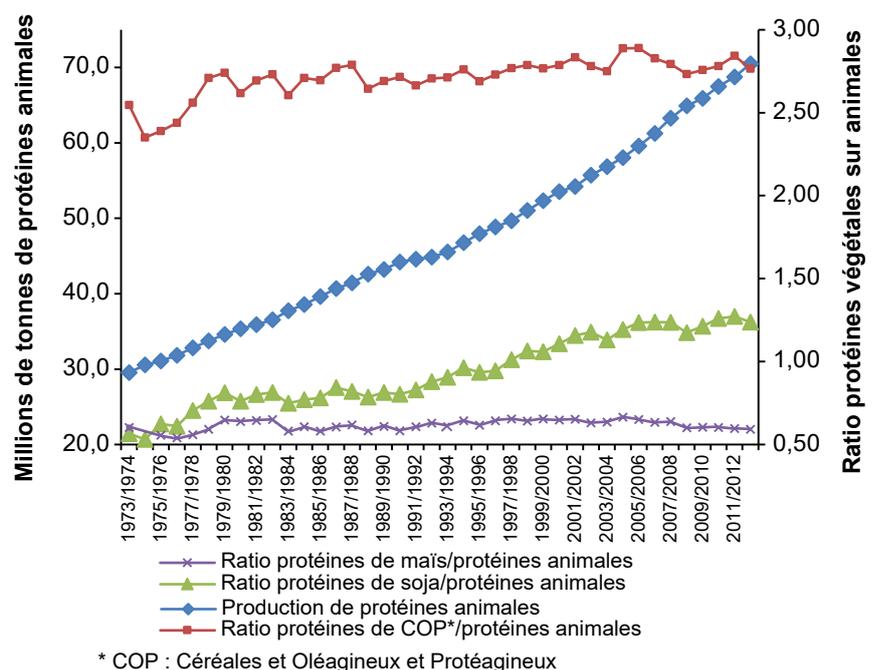
Au cours de la période analysée, les utilisations de protéines de COP en alimentation animale (céréales, oléagineux, protéagineux et leurs coproduits) sont passées d'environ 84 mt à plus de 228 mt, cette très forte hausse étant largement imputable à l'augmentation des utilisations de tourteaux, soja en premier lieu, mais aussi de ceux de colza et de tournesol. La part des tourteaux dans les rations est passée d'environ 54 % au début des années 1970 à environ 64 % actuellement tandis que la part des céréales augmentait beaucoup plus faiblement. On observe globalement de ce fait un fort rééquilibrage des rations de plus en plus concentrées en protéines dans de nombreux pays tels que la Chine. Cela a permis de fortes améliorations des indices de consommation des animaux et donc globalement des économies de ressources végétales et de surfaces agricoles étant donné qu'il faut moins d'aliments végétaux pour produire un kilo de viande ou de lait.

Le ratio entre les utilisations de protéines végétales de COP en alimentation animale et la production de protéines animales est un indicateur important (figure 4). Compte tenu des incertitudes qui existent sur de nombreux chiffres, aussi bien pour les protéines animales que pour les protéines végétales, ce

ratio ne peut être considéré que comme un ordre de grandeur. Les fourrages ne sont pas inclus dans l'analyse car il paraît impossible d'en retracer l'évolution au cours du temps. En effet, si on dispose de données certes imprécises et incomplètes sur les surfaces, il n'existe pour les fourrages aucune information fiable sur l'évolution des rendements à l'hectare et encore moins sur la teneur en protéines du « mix » fourrage.

Le ratio global de protéines végétales de COP utilisées pour obtenir un kilo de protéine animale était de l'ordre de 2,5 kg jusqu'à la fin des années 1970, il a légèrement progressé par la suite pour se situer actuellement à 2,8, soit une hausse apparente. Cette évolution est contradictoire avec le phénomène d'amélioration de l'efficacité alimentaire de la nourriture pour animaux. En fait, cette contradiction apparente s'explique par le fait que dans ce ratio ne sont pas prises en compte les protéines de fourrages. Pour les herbivores (lait et viande), même s'il existe une tendance à recourir à plus de concentrés avec l'intensification (notamment laitière) dans un grand nombre de pays, les fourrages demeurent la source essentielle de protéines et ils ont donc une consommation unitaire de protéines de concentré par kilo de protéine animale produit relativement faible même

**Figure 4.** L'évolution de la production de protéines animales et des ratios protéines végétales sur animales.



\* COP : Céréales et Oléagineux et Protéagineux

s'ils sont globalement de médiocres transformateurs de protéines végétales. Les monogastriques à l'inverse sont de meilleurs transformateurs de protéines végétales, mais la presque totalité des protéines végétales qu'ils consomment sont des protéines d'aliments concentrés. Ainsi, structurellement le ratio protéine végétale d'aliments concentrés utilisée par kilo de protéine animale produite est plus faible pour la moyenne des herbivores que pour la moyenne des monogastriques. En conséquence, toutes choses égales par ailleurs (en terme de performances nutritionnelles) une augmentation de la part des monogastriques dans le mix production de protéines animales a pour effet mécanique de dégrader le ratio global protéines végétales de concentrés consommées sur protéines animales fournies.

Au cours de la période considérée la part des monogastriques dans la production de protéines animales est passée d'environ 30 à plus de 47 %. La dégradation du ratio global malgré les importantes améliorations des indices de consommation pour les monogastriques au cours du temps tend à montrer que l'effet modification de la répartition entre herbivores et monogastriques au cours du temps a été plus important que l'effet des progrès nutritionnels.

Pour approfondir ce paradoxe, il aurait été intéressant de pouvoir calculer pour toutes les années de la période analysée deux ratios distincts, l'un pour les monogastriques et l'autre pour les herbivores en appliquant pour chaque année la méthodologie de désagrégation des utilisations de protéines en alimentation animale présentée précédemment pour 2011. Ceci faute d'informations disponibles et de lourdeur du travail n'a pu être fait. Il aurait sans doute fait apparaître clairement l'amélioration du ratio pour les monogastriques et peut-être en sens inverse une certaine dégradation du ratio pour les herbivores en liaison avec l'intensification.

Le ratio qui concerne le soja (sous forme de tourteau et de graine) fait apparaître une très forte progression. Alors qu'il était seulement de 0,57 kg de protéine de soja par kilo de proté-

ine animale en 1973, il se situe actuellement à environ 1,26. Cela revient à dire que le soja qui apportait seulement 20 % des protéines des rations animales concentrées en apporte aujourd'hui près de 40 %. Cette augmentation de la part du soja qui fournit une protéine de grande qualité a contribué à l'amélioration des indices de consommation et donc à l'économie globale de matières premières pour l'alimentation animale.

Pour le maïs qui est l'autre grande matière première utilisée dans le monde en alimentation animale, le ratio est resté presque stable. De 0,60 kg/kg en 1973 (soit plus que le soja) il a atteint 0,66 au début des années 2000 pour retrouver son niveau initial actuellement. Dans la mesure où le maïs est peu utilisé en alimentation humaine, cette évolution traduit l'explosion des nouveaux usages (en particulier du bioéthanol) qui ont absorbé l'essentiel de la croissance de la production.

En d'autres termes, l'apport de protéines de soja qui était initialement voisin de celui du maïs représente aujourd'hui plus du double. Même si on prend en compte les autres céréales, ainsi que les légumineuses et les autres tourteaux, cela traduit le très fort rééquilibrage en protéines de la ration moyenne dans le monde.

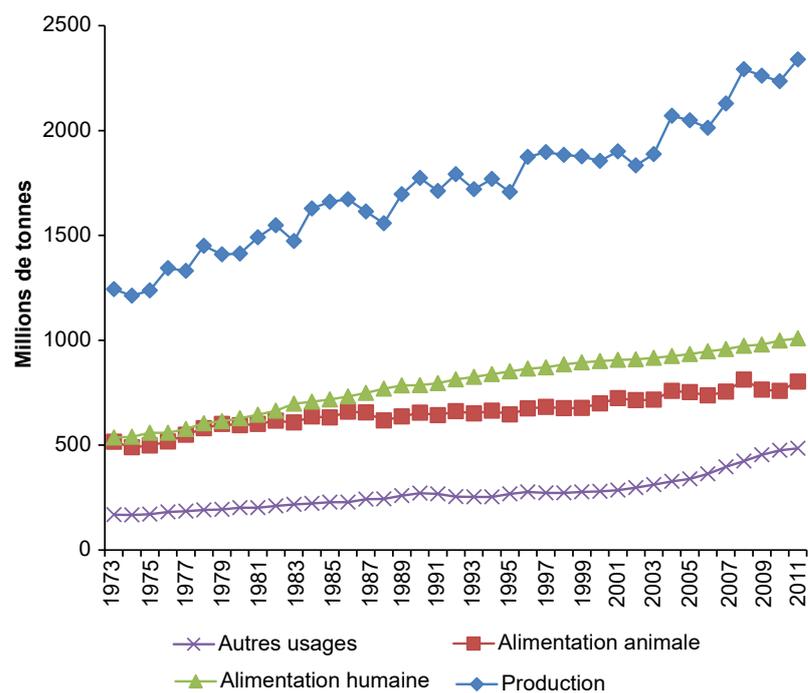
Globalement la part du maïs et du soja dans l'alimentation animale mondiale sous forme de COP est passée en 40 ans de 41 à 57 %. Ce chiffre illustre bien le considérable développement du modèle maïs/soja dans le monde.

## 6. Complémentarité et concurrence sur le marché mondial des céréales

Dans la mesure où le débat sur la concurrence entre alimentation humaine et alimentation animale reste vif, il est intéressant d'examiner plus spécifiquement le cas des céréales, sachant que pour les oléagineux la répartition se fait « naturellement », l'huile allant à l'alimentation humaine et au biodiesel pour une part croissante (les tonnages utilisés en alimentation animale, surtout d'huiles de palme et de soja restant faibles) et les tourteaux, non consommables par l'Homme, à l'alimentation animale. Pour les légumineuses, la presque totalité de la production mondiale (à l'exception d'une part limitée dans l'UE) est utilisée en alimentation humaine.

Pour les céréales, elles présentent toutes à la fois un intérêt en termes

**Figure 5.** Évolution de la production et des divers usages des céréales. (Source : Élaboration à partir des données de FAOSTAT).



d'apport de protéines mais aussi d'énergie pour l'Homme et l'animal. En effet, elles ont toutes des teneurs en protéines relativement proches (de 8 à 10 % sur matière brute en dehors du riz blanchi pour lequel le taux est plus faible). Aussi pour avoir des chiffres plus directement interprétables, on a retenu dans ce paragraphe les tonnages de produits bruts et non les tonnages de protéines.

De 1973 à 2011, la production mondiale de céréales (y compris celle de riz exprimée en blanchi) a augmenté globalement d'environ 1,1 Mt (figure 5). Cette hausse est imputable pour 52 % au maïs (+ 570 mt), pour 30 % au blé (+ 325 mt) et pour 24 % au riz (+ 260 mt), les autres produits s'inscrivant globalement en recul, avec de fortes baisses pour le millet, l'avoine, le seigle et aussi, plus modérément, l'orge.

Cette hausse de production a été consacrée en premier lieu à l'alimentation humaine avec + 474 mt, soit 43 % de la progression, avec des contributions essentielles du blé (+ 218 mt soit 46 % du total) et du riz (+ 190 mt soit 40 % du total) ; le blé et le riz représentant à eux seuls plus de 80 % du total. Le maïs, avec une production en progression de 74 mt, reste faiblement consommé en alimentation humaine

avec moins de 12 % du total. Toutes les autres céréales s'inscrivent en recul.

La hausse de la production a aussi été destinée aux « autres usages » (c'est-à-dire aux semences et pertes, mais pour l'essentiel aux usages industriels non-alimentaires à commencer par le bioéthanol) pour 330 mt (soit 30 % de la hausse de la production mondiale). L'essentiel de ce poste et de la hausse est imputable pour plus des trois quarts au seul maïs et pour le reste essentiellement au blé.

Au niveau de l'alimentation animale, sur la même période, la hausse de consommation a été de 300 mt, soit 27 % de l'augmentation de la production mondiale de céréales, c'est-à-dire moins que pour les usages industriels non-alimentaires.

D'un point de vue dynamique, alors que l'alimentation animale utilisait 42 % de la production mondiale de céréales en 1973 elle représente aujourd'hui moins de 35 %. Selon les céréales, la part allant en alimentation animale est très variable, presque nulle pour le riz, elle est faible pour le blé (environ 20 %) et atteint plus de 75 % pour l'avoine (le reste correspondant essentiellement à des semences et pertes) et présente des valeurs intermédiaires pour l'orge et le sorgho.

La nature des diverses céréales utilisées en alimentation animale a nettement évolué au cours du temps. Le maïs a toujours été de loin la première céréale utilisée en alimentation animale avec une part du total des céréales qui est restée pratiquement stable aux environs de 45 % jusqu'en 1991 (figure 6). Elle a ensuite progressé sensiblement pour atteindre 60 % actuellement. Dans le même temps, la part de l'orge, seconde céréale au début des années 1970, a fortement régressé (de 20 % à environ 12 % aujourd'hui). L'orge se trouve désormais devancée par le blé dont la place a nettement progressé depuis le milieu des années 1990. Enfin, la place de l'avoine et du sorgho est de plus en plus faible au niveau mondial.

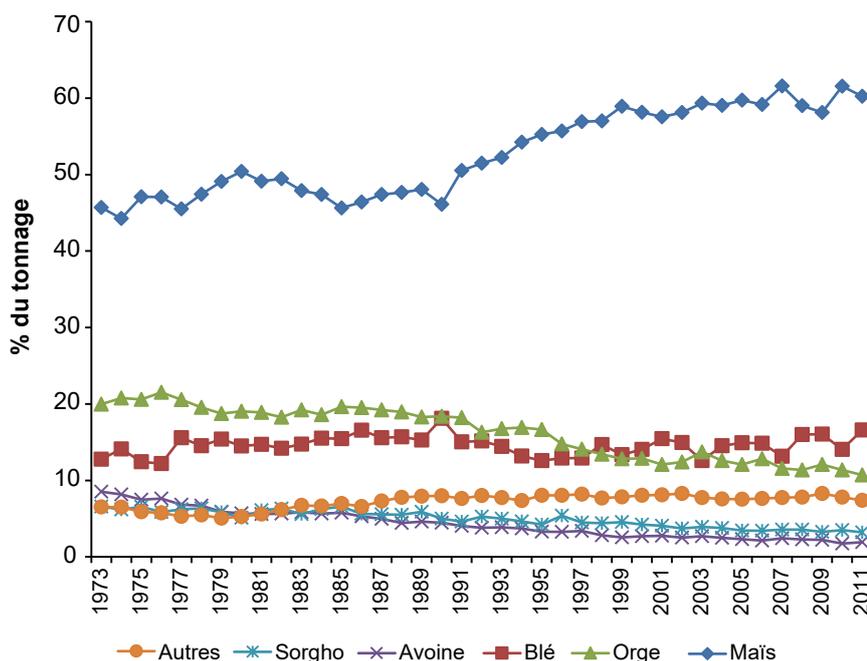
Les évolutions d'utilisation des céréales comme des tourteaux en alimentation animale s'expliquent par certaines considérations nutritionnelles (utilisation de rations plus concentrées en protéines et énergie) et par des évolutions de disponibilités mondiales mais également par des évolutions de prix et de rapport de prix dans le complexe mondial céréales-oléagineux.

## 7. Une instabilité croissante des prix mondiaux mais de fortes relations entre eux

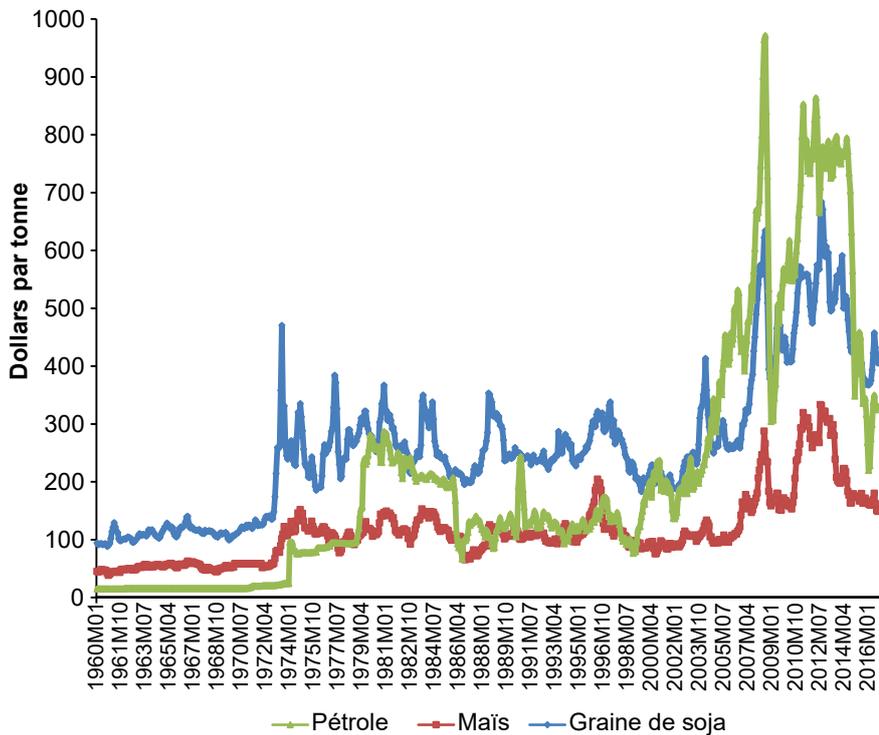
Dans la mesure où le maïs et le soja constituent les deux principaux ingrédients utilisés en alimentation animale dans le monde, il est indispensable d'examiner l'évolution de leurs prix respectifs et les interactions sur longue période entre ceux-ci et ceux des deux coproduits de la graine de soja à savoir l'huile et le tourteau.

Depuis 1960, les prix mondiaux de ces deux produits agricoles (bases CNUCED, Banque mondiale, Oil World) ont connu trois grandes périodes (figure 7). Jusqu'à la fin de l'année 1972, on observe une grande stabilité des prix de la graine de soja et du maïs avec juste une légère tendance à la hausse : + 1,74 \$/tonne/an pour le premier et + 0,93 \$ pour le second. Les

Figure 6. La répartition des utilisations de céréales en alimentation animale en % du tonnage. (Source : Élaboration à partir des données de FAOSTAT).



**Figure 7.** L'évolution des prix mondiaux du maïs, de la graine de soja et du pétrole. (Source : Élaboration à partir des données Oil World, CNUCED, FMI et Banque Mondiale).



coefficients de variation<sup>15</sup> sont faibles (10 % autour des deux moyennes 112 \$/tonne et 53 \$/tonne).

Les années 1973 et 1974 sont marquées par une très grande instabilité sur les prix, notamment du fait de la pénurie mondiale sur les farines de poissons, de l'embargo américain sur les exportations de soja (été 1973) et les achats massifs et irréguliers de céréales par l'URSS. Du début de 1974 jusqu'à la fin de 1998, une nouvelle période de stabilité s'installe, avec des prix qui oscillent autour de 260 \$/tonne pour le soja et 114 \$/tonne pour le maïs sans aucune tendance ni à la hausse ni à la baisse. À partir de l'année 2000, les marchés mondiaux sont entrés dans une forte période d'instabilité avec d'abord une sensible baisse des prix qui dure jusqu'à la fin de l'année 2001 et ensuite une considérable hausse qui connaît un premier pic en juillet 2008 (respectivement 634 et 265 \$/tonne) et un second, après une période d'accalmie, en août 2012 (684 et 331 \$/tonne). Depuis, les

prix ont nettement reculé et se trouvent actuellement à nouveau à leurs niveaux d'avant la flambée de 2008 (respectivement environ 400 et 150 \$/tonne). Au cours des sept dernières années, avec des moyennes de 487 et 218 \$/tonne, les prix se situent presque au double de la moyenne de la période 1974-1998.

Les observateurs des marchés des matières premières considèrent généralement que le pétrole a une influence sur les prix mondiaux des grands produits agricoles. Le graphique montre que la première hausse massive des prix des produits agricoles (1973) a été antérieure au premier choc pétrolier en janvier 1974. En effet, le prix du brut est passé de 3,30 à 13 \$/baril, soit de 24 à 95 \$/tonne et n'est jamais redescendu par la suite. Par contre, les prix des deux produits agricoles n'ont pas réagi au second choc pétrolier du début de l'année 1979 où les prix ont plus que doublé en l'espace de quelques mois. En fait, la corrélation entre les prix de ces produits et ceux du pétrole n'apparaît graphiquement qu'à partir du début de 2007.

De nombreuses explications ont été proposées sur les raisons des

fluctuations des prix et les liaisons apparentes récentes entre le prix du pétrole et ceux des produits agricoles. D'une façon générale, les auteurs mettent en avant l'importance croissante des biocarburants (biodiesel et bioéthanol) qui se substituent partiellement aux carburants fossiles. Depuis 2004, période à laquelle les biocarburants ont commencé à fortement se développer, les prix du pétrole et des huiles végétales, en particulier de soja et de colza fortement corrélés (corrélation supérieure à 0,94), ont connu de très fortes variations, mais le rôle dominant et anticipatif du prix du pétrole, n'apparaît pas clairement. Au contraire, on observe de forts décalages dans le temps entre les hausses et les baisses des deux produits. Le ratio des prix mensuels varie considérablement, le coefficient de variation est de 25 %.

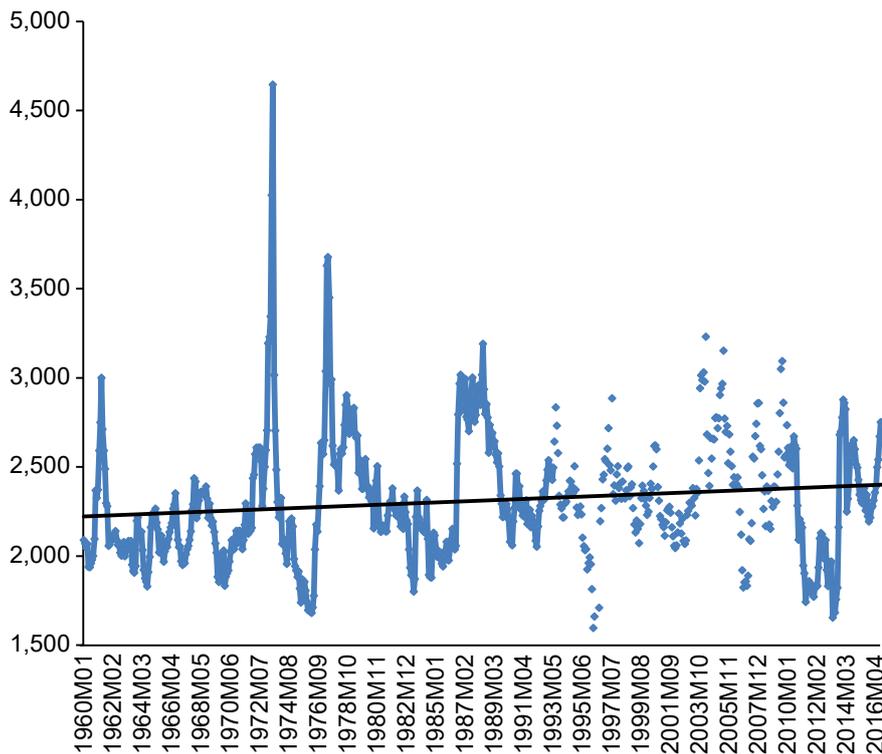
Pour analyser le fonctionnement du marché mondial des deux principaux composants de l'alimentation animale, les graines, huiles et tourteaux de soja d'une part et le maïs d'autre part, il convient de s'intéresser à un certain nombre de ratios de prix. Par ailleurs, ces produits imposent fortement leurs prix aux autres ingrédients (tourteaux secondaires tels que ceux de colza et de tournesol, huiles végétales de colza et tournesol et autres céréales).

Le premier élément à souligner est la stabilité depuis le début des années 1960 du ratio de prix entre la graine de soja et le maïs (figure 8).

Durant plus de 50 ans, le ratio a oscillé autour d'une moyenne de 2,31 (qui correspond environ aux ratios de marges brutes nécessaires au maintien de ces deux cultures) avec un coefficient de variation de seulement 15 %. Certaines situations exceptionnelles ont pu être observées telles que l'année 1973 pour des raisons politiques. Sur le long terme, aucune tendance ne se dégage. Cette relative stabilité démontre un très fort ajustement de l'offre à la demande et inversement sur le marché mondial. Au niveau de la production, lorsque le ratio est supérieur à la moyenne, les surfaces cultivées en Amérique du Nord et du Sud tendent à s'ajuster rapidement pour que le ratio revienne à la moyenne. Au

<sup>15</sup> Le coefficient de variation est égal à l'écart-type divisé par la moyenne.

**Figure 8.** L'évolution du ratio de prix entre la graine de soja et le maïs. (Source : Élaboration à partir des données Oil World, CNUCED, et Banque Mondiale).



niveau de la demande, on observe aussi une régulation assez rapide. Des rééquilibrages s'effectuent dans le monde au niveau de la consommation de maïs et des autres céréales en alimentation animale et de tourteau de soja, dans une moindre mesure, de graines de soja. En effet, une certaine flexibilité est possible en ajustant les taux protéiques des rations, en particulier par une utilisation très forte des principaux acides aminés industriels (lysine, méthionine, thréonine, tryptophane).

Le tourteau, avec un rendement matière d'environ 78 % constitue la principale valorisation des graines de soja. En calculant le ratio du prix du tourteau de soja multiplié par 0,78 et en divisant ce chiffre par le prix de la graine, on obtient une moyenne sur longue période une valeur de 0,67 traduisant une valorisation de l'huile de 33 %. Le coefficient de variation n'est que de 12 %, malgré la période exceptionnelle de 1973.

Dans son récent rapport publié en association avec l'OCDE (OCDE/FAO, 2017), la FAO prévoit que le prix du maïs (FOB ports US) devrait entre la moyenne 2014-2016 et 2026 passer de 164,40 \$/tonne à 196,70 \$/tonne (soit

une progression en prix courants de 20 %) alors que durant le même temps le prix de la graine de soja (soja US CAF Rotterdam) devrait passer de 402,2 à 446,1 \$/tonne (soit une progression de seulement 11 %). En termes de ratio prix du soja sur prix du maïs, on passerait d'une moyenne de 2,45 en 2014-2016 à seulement 2,27 en 2026. Ceci apparaît comme le signe d'une détente sur les protéines et non d'une pénurie.

Dans ses commentaires (chapitre 3, aperçus sur oléagineux et produits oléagineux), la FAO apporte quelques précisions sur son analyse « La demande d'huile végétale et de tourteau protéique a connu une croissance exceptionnelle en raison de l'intensification de la production animale dans les pays émergents (la Chine en particulier) et d'une augmentation rapide de la production de biodiesel. Les tourteaux protéiques rivalisent directement avec d'autres produits dans la production d'aliments composés et sont, à ce titre, sensibles à toute variation des prix des céréales. En outre, de nouvelles habitudes d'alimentation des animaux – en particulier des bovins – peuvent modifier la demande de tourteaux protéiques. En Chine, les ajustements effectués actuellement sur les prix intérieurs

des céréales, par exemple, auront des retentissements sur la composition des aliments composés produits par ce pays, qui contiennent actuellement davantage de tourteaux protéiques que dans les pays développés et autres grandes économies émergentes.

En ce qui concerne la part de valorisation de la graine de soja par le tourteau<sup>16</sup>, comme dans le cas précédent, la droite de régression linéaire de cet indicateur présente une pente pratiquement nulle. Ceci indique clairement qu'en tendance aucun des deux produits, huile et tourteau, n'a pris le dessus sur l'autre. Même s'il existe des fluctuations mensuelles ou annuelles, les mécanismes de marché des tourteaux pour l'alimentation animale et des huiles pour l'alimentation humaine et les biodiesels font que le ratio (moyenne 67 %) tend à revenir à son niveau d'équilibre. L'équilibre entre l'offre et la demande de l'ensemble des protéines et des huiles fluides végétales est fortement influencé par celui du soja.

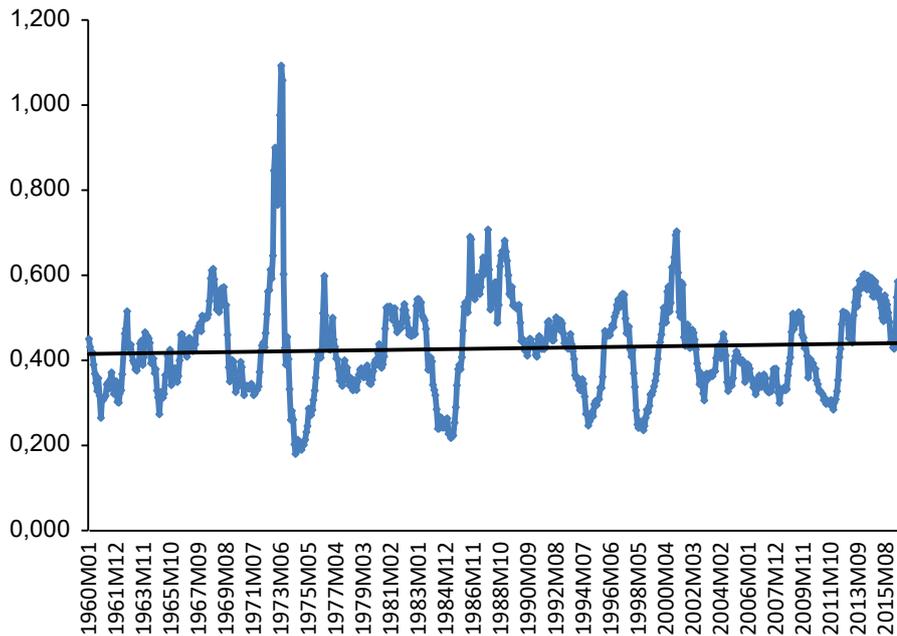
La valeur moyenne du ratio entre les prix du tourteau et de l'huile de soja (figure 9) est de 0,43 avec un écart-type et un coefficient de variation plus important que dans les cas précédents (28 %). Ceci s'explique par le délai nécessaire à l'ajustement de ces deux marchés et par le poids exogène du marché de l'huile de palme.

Sur le marché des oléagineux, à côté des huiles fluides, l'huile de palme joue un rôle de plus en plus important. On peut donc s'interroger sur son influence indirecte sur le marché de l'alimentation animale sachant que son utilisation dans ce secteur, bien qu'en croissance depuis l'interdiction puis la réticence des fabricants à utiliser les corps gras animaux dans de nombreux pays, demeure limitée (selon l'estimation de PSD/USDA pour 2015/16, 0,840 mt sur une production de 58,8 mt soit 1,4 % du marché des huiles).

L'huile de palme a valu en moyenne 90 % du prix de l'huile de soja. Le coefficient de variation pour le ratio huile de palme/huile de soja est de 13 %. En fait,

<sup>16</sup> Cet indicateur est calculé par la formule : prix du tourteau multiplié par 0,78 sur prix de la graine

**Figure 9.** L'évolution du ratio de prix entre le tourteau et l'huile de soja. (Source : Élaboration à partir des données Oil World, CNUCED, FMI et Banque Mondiale).



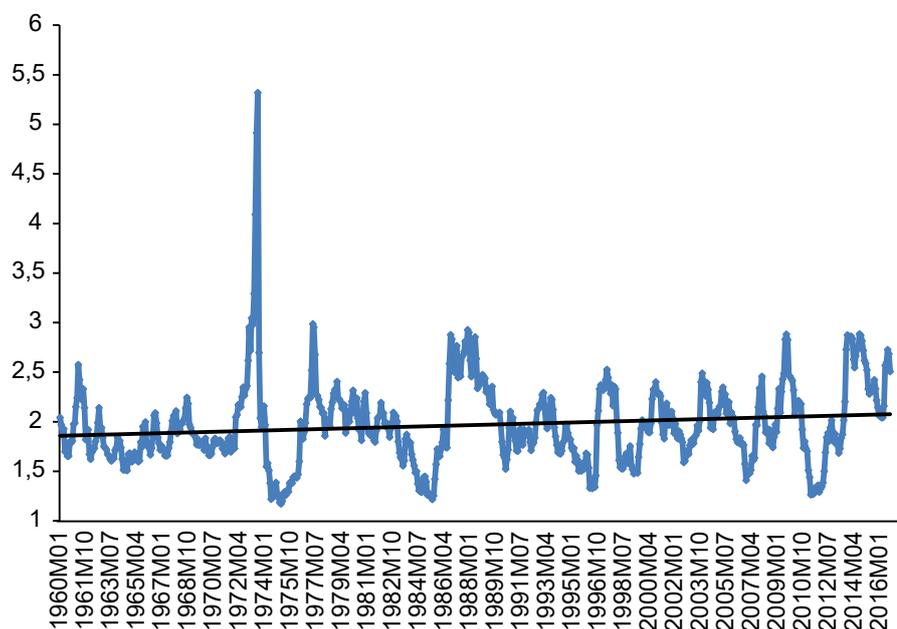
sur la moyenne mobile calculée sur trois ans, on observe deux périodes : le ratio est orienté à la baisse jusqu'à la fin de 2003 et puis sur les 12 dernières années à la hausse.

Le point important à souligner est l'absence de tendance du ratio tourteau sur huile de soja. Dans la mesure où le ratio entre les prix de la graine de soja et du maïs et la valorisation de la graine de soja par rapport au prix du tourteau

sont stables, on devrait s'attendre à une stabilité du ratio prix du tourteau de soja/prix du maïs.

Dans les faits (figure 10), on observe bien la relative stabilité du ratio entre le prix du tourteau de soja et celui du maïs (moyenne 1,97 et coefficient de variation de 21 %). Les deux courbes précédentes ont en fait des pentes positives (et donc les effets s'additionnent) mais ces pentes sont toutes les trois très faibles.

**Figure 10.** L'évolution du ratio de prix entre le tourteau de soja et le maïs. (Source : Élaboration à partir des données Oil World, CNUCED, FMI et Banque Mondiale).



Globalement, le complexe céréales-oléagineux est dominé par l'instabilité, cependant sur moyen terme, il existe d'importantes forces de rappel (ajustement de l'offre et de la demande aux prix) qui conduisent à une grande stabilité de certains ratios, en particulier maïs/soja. Sur le court terme, par le biais de la formulation et de l'optimisation des rations, les principaux utilisateurs de céréales et tourteaux que sont les fabricants d'aliments composés peuvent en partie limiter les effets de la hausse des coûts matières et les étaler dans le temps.

## Conclusion

Sous le terme « protéine » on entend souvent de façon limitative les Matières Riches en Protéines (MRP) essentiellement constitués de tourteaux, de corn-gluten-feed et de drêches. En fait, ces produits (330 mt), qui apportent environ 135 mt de protéines, ne représentent qu'une partie des 800 mt de protéines qui sont produites dans le monde sous forme de fourrages (400 mt), de céréales (207 mt), de graines oléagineuses (135 mt), de légumes secs (15 mt) et de végétaux divers (40 mt). Il convient donc de s'intéresser à l'ensemble de ces produits dans la mesure où des augmentations ou diminutions de production en volume de chacune de ces familles ou d'accroissement ou baisse des taux protéiques (notamment pour les fourrages et les céréales) influencent directement les « besoins » en MRP pour l'alimentation animale.

Les animaux consomment dans le monde de l'ordre de 630 mt de protéines végétales dont environ 400 sous forme de fourrages. Sur les 230 mt de protéines de concentrés, environ 98 % correspondent à des protéines de céréales, d'oléagineux et de protéagineux sous forme de grains et de coproduits des industries de transformation, le solde correspondant à des plantes et coproduits sucriers (mélasse, pulpe de betterave en particulier) et pour un très faible tonnage à des pulpes d'agrumes. Plus de 65 % des protéines des concentrés utilisés en alimentation animale sont fournis par des coproduits de céréales (16 %) sous forme d'issues (8 %), de drêches

(6 %) et de corn-gluten-feed (2 %) et surtout par les tourteaux (48 % dont 35 % pour le soja et 13 % pour les autres oléagineux). Les céréales en grain représentent environ 29 % (dont 15 % pour le seul maïs). Ainsi, graine et tourteau de soja avec le maïs et ses coproduits, produits très peu ou non consommés en alimentation humaine, représentent près de 60 % des protéines des concentrés utilisés en alimentation animale.

L'alimentation humaine représente pour sa part de l'ordre de 137 mt dont environ 90 mt correspondant à des céréales en grains (riz) ou des produits issus des IAA (farines, malt, semoules...), 17 mt à des légumes secs et oléagineux et 30 mt à des végétaux autres que les COP (fruits et légumes, tubercules, produits et coproduits des plantes sucrières...).

Au cours des quarante dernières années, la consommation de protéines de COP en alimentation animale est passée d'environ 75 mt à plus de 195 mt et leur part dans la production mondiale est passé de 47 à 56 %.

Globalement, en 2011, il fallait environ 3,4 kg de protéines végétales (tous concentrés pris en compte, mais hors fourrages) pour produire 1 kg « moyen » de protéine animale.

Ce ratio a légèrement augmenté au cours du temps du fait de l'augmentation de la part des monogastriques dans le « mix protéines animales ». Ces espèces, bien qu'ayant un plus faible ratio protéique global (5,2 pour les volailles, 8,2 pour les porcs contre 12,0 pour les herbivores), consomment en effet plus de produits concentrés (ratios de 5,0 pour les volailles et 6,8 pour les porcs) que les herbivores (ratio de 1,4) qui continuent à utiliser largement les fourrages pour couvrir leurs besoins en protéines. Ils ont donc un ratio protéine de concentré végétal sur protéine animale produite plus élevé que les herbivores.

La consommation de protéines de soja par kg de protéine animale a sensiblement augmenté au cours de la période (de 0,6 kg/kg à 1,2 kg/kg) alors que celle de maïs est restée stable aux

environs de 0,6 kg/kg. Ceci résulte en partie de l'accroissement de la part des monogastriques (et en particulier des volailles de chair) qui ont des besoins élevés en protéines dans leurs rations, mais ceci traduit aussi un fort rééquilibrage protéine/énergie de la ration moyenne qui a permis une très forte amélioration des indices de consommation et des autres performances zootechniques.

L'industrie des aliments composés s'est imposée dans le monde comme un système efficace pour fournir aux animaux, en quantité et en qualité, une grande part des protéines dont ont besoin les animaux pour accéder à de bonnes performances techniques et économiques. De par son aspect industriel et son utilisation systématique de la formulation au moindre coût, elle est à même d'optimiser à l'échelle mondiale son approvisionnement en différents ingrédients. À condition de remplacer la fonction optimisée actuellement purement économique par une fonction multicritère la formulation devrait permettre de prendre en compte, de façon croissante, différents aspects environnementaux. En effet, pour les monogastriques, le poste « alimentation » a un poids prépondérant dans les émissions de CO<sub>2</sub> et dans les valeurs des différents autres indicateurs de la durabilité par kilo de viande ou d'œuf produit. De façon générale, la valeur de chaque indicateur par kilo d'aliment composé est pratiquement égale à la somme pondérée de la valeur de l'indicateur pour chaque matière première, dans la mesure où le transport (en particulier maritime) et le process industriel ont un faible impact.

En plus de l'amélioration des performances nutritionnelles, le fabricant d'aliments composés a une certaine marge de manœuvre pour diversifier ses matières premières en termes de nature (caractéristiques nutritionnelles et environnementales) et d'origine géographique (local, régional, national ou international). Il reste que ce choix est limité par les disponibilités de chaque produit et par ses propres capacités de stockage (nombre de silos...). Cette

utilisation systématique des possibilités de substitution entre matières premières et entre origines introduit un élément important de régulation entre différents marchés et permet de limiter l'impact sur le coût global de l'aliment en cas de hausse de prix d'un ingrédient particulier ou d'une origine spécifique.

On peut parler d'une concurrence sur le marché des céréales (comme sur celui des protéagineux et de certaines racines et tubercules) entre usages en alimentation animale et humaines pour les produits consommés en l'état. Mais, pour une très large part, l'alimentation animale recourt aux coproduits des IAA (avec notamment le développement de l'éthanol de céréales). Dans ce cas, il y a complémentarité, l'animal utilisant des produits non valorisables en alimentation humaine<sup>17</sup>. Il en est de même pour les oléagineux avec la dualité tourteaux pour l'alimentation animale et huile en alimentation humaine et en valorisation non-alimentaire.

Malgré les très fortes fluctuations de prix enregistrées au cours des deux dernières décennies, on observe une stabilité du ratio de prix entre graine et tourteau de soja et dans une certaine mesure entre ceux des huiles et des tourteaux. Ceci indique que les mécanismes de marché (ajustement de l'offre et la demande) sont suffisamment puissants pour assurer le développement conjoint des deux marchés. En d'autres termes, jusqu'ici on n'a observé aucune pénurie en protéines végétales dont serait responsable le développement des productions animales.

Dans l'article suivant nous présentons des estimations relatives aux productions et utilisations de protéines effectuées selon la même méthodologie concernant l'UE et ses principaux États-Membre en particulier la France.

<sup>17</sup> La technologie peut permettre de façon générale de rendre la plupart des matières premières agricoles consommables par l'Homme, notamment en ce qui concerne l'extraction des protéines, mais les coûts sont souvent prohibitifs dans le contexte économique actuel en l'absence de véritable pénurie.

## Références

- Alltech, 2014. Global feed survey summary. <http://www.animalfeedmarket.com/wp-content/uploads/2017/03/Alltech-global-feed-summary-2014.pdf>
- Banque mondiale, Agricultural prices, [Base de données en ligne], Global economic monitor, (pages consultées en 2016), [http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=global-economic-monitor-\(gem\)-commodities#](http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=global-economic-monitor-(gem)-commodities#)
- Buringh P., Dudal R., 1987. Land Transformation in Agriculture. Wolman M.G., Fournier F.G.A. (Eds), @ 1987 SCOPE. Published by John Wiley & Sons Ltd.
- CNUCED, Prix des produits de base sur le marché libre [Base de données en ligne], mensuel, Janvier 1960 – Décembre 2016, (pages consultées en 2016), <http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=28768>
- Coffey D., Dawson K., Ferket P., Connolly A., 2015. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. J. Appl. Anim. Nutr., 4, <https://doi.org/10.1017/jan.2015.11>
- Connolly A., Moran C., 2016. Global feed situation, AFMA forum. <http://afmaforum.co.za/2016/wp-content/uploads/2016/03/Colm-Moran.pdf>
- FAO, 1996. Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities. Rome: FAO, 782p. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf>
- FAO, 2001. Are grasslands under threat? Brief analysis of FAO statistical data on pasture and fodder crops. [http://www.fao.org/uploads/media/grass\\_stats\\_1.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/grass_stats_1.pdf)
- FAO, 2016a. FAOSTAT, Domaine : Utilisation des terres, [Base de données en ligne], (pages consultées en 2016), <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>
- FAO, 2016b. FAOSTAT. Domaine : Equilibres des produits : Cultures équivalent primaire., [Base de données en ligne], (pages consultées en 2016), <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>
- FAO, 2016c. FAOSTAT. Domaine : Élevage primaire, [Base de données en ligne], (pages consultées en 2016), <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QL>
- FAO/OCDE 2015. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2015, Éditions OCDE, Paris. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-fr](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-fr)
- OCDE/FAO, 2017. Perspectives Agricoles de l'OCDE et de la FAO 2017-2026, Éditions OCDE, Paris, France. <https://doi.org/10.1787/19991150>
- FAPRI, 2016. International Biofuels Baseline, Briefing Book, April 2016, FAPRI-MU Report #03-16, Prepared by the Food and Agricultural Policy Research Institute, Division of Applied Social Sciences, University of Missouri, <https://www.fapri.missouri.edu/>
- Feedipedia, 2016. Animal feed resources information system, Nutritionnal tables, [Base de données en ligne], (pages consultées en 2016) INRA, CIRAD, FAO, <http://www.feedipedia.org/>
- Herrero M., Havlík P., Valin H., Notenbaert A., Rufino M. C., Thornton P. K., Blümmel M., Weiss F., Grace D, Obersteiner M., 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems, PNAS, 110, 20888-20893, [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1308149110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1308149110)
- IFIP, 2015a. Résultats techniques porcs Bretagne. [https://www.ifip.asso.fr/PagesStatics/resultat/pdf/resultats\\_Porcs\\_2015.pdf](https://www.ifip.asso.fr/PagesStatics/resultat/pdf/resultats_Porcs_2015.pdf)
- IFIP, 2015b. Résultats des élevages GTTT GTE. <http://www.ifip.asso.fr/fr/resultats-economiques-gttt-graphique.html>
- ITAVI, 2015. Performances techniques et coûts de production en volailles de chair, poulettes et poules pondeuses, Résultats 2014. <https://www.itavi.asso.fr/content/performances-techniques-et-couts-de-production-resultats-2015>
- Jensen H.G., Björnsson A.H., Lind K.M.H., 2013. By-products from ethanol production – the forgotten part of the equation: possibilities and challenges. Dept. Food Res. Econ., University of Copenhagen. IFRO Report, No. 219. [https://curis.ku.dk/portal/files/45971436/IFRO\\_Report\\_219.pdf](https://curis.ku.dk/portal/files/45971436/IFRO_Report_219.pdf)
- Mottet A., Haanb C., Falcucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P., FAO, 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. Global food security, 14, 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Oil World, 2016, Annual report 2016. <https://www.oilworld.biz/t/publications/annual>
- Pilorgé E., Daouhadi A., Muel F., Tremblay A.-M., 2016. Prospective huiles et protéines végétales 2030. Terres Inovia, Paris, France. [http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/LeCetiom/Prospectives/synthese\\_prospective\\_huiles-protéines2030\\_Terres-Inovia.pdf](http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/LeCetiom/Prospectives/synthese_prospective_huiles-protéines2030_Terres-Inovia.pdf)
- USDA, 2016, FAS Home/Market and Trade Data/PSD Online, [Base de données en ligne], (pages consultées en 2016), Custom Query, <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>
- Wirsenius S., Azar C., Berndes G., 2010. How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? Agricult Syst., 103, 621-638. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2010.07.005>

## Résumé

Les produits agricoles cultivés et utilisés dans le monde servent traditionnellement à nourrir les Hommes et les animaux et aussi à certains usages non-alimentaires. Compte tenu de l'importance du débat sur la complémentarité et/ou la concurrence entre l'Homme et l'animal et de l'importance de celles-ci en nutrition humaine et animale, les tonnages de tous les produits végétaux et animaux qui ont des compositions extrêmement diverses ont été exprimés en protéines brutes. Cet article analyse successivement la production mondiale de protéines végétales, la répartition de leurs utilisations sous forme de produits non transformés et de produits et coproduits issus des industries agricoles et alimentaires, la répartition des consommations par grandes espèces animales, les évolutions structurelles en termes de consommation humaine et animale, le poids croissant du « système maïs/soja », les aspects de concurrence et/ou de complémentarité entre usages humains et animaux et enfin les aspects liés à l'instabilité croissante des prix du soja et du maïs et les systèmes de régulation de ces marchés. La production mondiale de protéines végétales (environ 800 millions de tonnes (mt)) est utilisée pour environ 630 millions par l'alimentation animale (400 de fourrages, 230 de concentrés, produits utilisés en l'état comme les céréales, et surtout coproduits des industries agricoles et alimentaires comme les tourteaux, dont plus de 80 pour le seul soja) et permet la production d'environ 68 millions de tonnes de protéines animales. L'industrie des aliments composés a connu un développement considérable depuis trente ans et apporte actuellement les deux tiers des protéines de concentrés utilisés par l'ensemble des animaux, mais seulement 18 % du total fourrages inclus. Au cours des dernières décennies un modèle d'alimentation animale maïs/soja s'est fortement développé dans le monde, mais à un moindre degré en Europe. Les prix de la graine et du tourteau de soja comme ceux des autres grands produits agricoles tels que les céréales ont fortement augmenté par paliers au cours des dernières décennies et font preuve d'instabilité croissante, mais le rapport de prix soja/maïs est resté sur longue période très stable ce qui tend à contredire l'idée d'une pénurie croissante sur le marché des protéines.

## Abstract

---

### **Agricultural raw materials for food and feed: the world**

*Agricultural products grown and used around the world traditionally serve to feed humans and animals and they are also used for non-food uses. Given the importance of the debate on complementarity/competition between humans and animals all plant and animal products are expressed in proteins. This article analyzes successively the world production of vegetable proteins, the distribution of their uses as unprocessed products and products and co-products from the agricultural and food industries, the distribution of consumption by large animal species, the structural evolutions in terms of consumption, the growing weight of the "maize/soybean system", the aspects of competition and/or complementarity between human and animal uses and finally the aspects linked to the increasing instability of soybean and maize prices and the regulation of these markets. The world production of vegetable proteins (about 800 million tons), is used for about 630 million in feeds (400 of fodder, 230 of concentrates, used in this state like cereals, and mainly co-products of agro-industrial industries like oilseed meals, of which more than 80 are from soybean alone) and allows production of about 68 million tons of animal protein. The compound feed industry has grown considerably and currently accounts for two-thirds of the concentrates used by all animals but only 18 % of total amounts including forages included. In recent decades a model of corn/soy animal feeding has developed strongly throughout the world, but to a lesser extent in Europe. Soybean prices, like those of other major agricultural commodities such as cereals, have increased steeply in recent decades and are becoming more volatile, but the soybean/corn price ratio has remained very stable over a long period, which tends to contradict the idea of a growing shortage on the protein market.*

DRONNE Yves., 2018. Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : le monde. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 165-180.

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2345>