
La demande mondiale de protéines pour l'alimentation humaine

par Monsieur Christian Huyghe

Directeur scientifique adjoint « Agriculture »

Institut national de la recherche agronomique (INRA)

Liste des illustrations

TABLEAU 1

EFFICIENCE DE CONVERSION PROTÉIQUE DE DIFFÉRENTES PRODUCTIONS ANIMALES

GRAPHIQUE 1

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION APPARENTE DE PROTÉINES DANS LES DIFFÉRENTES RÉGIONS DU MONDE ENTRE 1961 ET 2011

GRAPHIQUE 2

CONSOMMATION COMPARÉE DE PROTÉINES VÉGÉTALES ET ANIMALES DANS LES GRANDES RÉGIONS DU MONDE EN 1990 ET 2010

GRAPHIQUE 3

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION QUOTIDIENNE MOYENNE DE PROTÉINES VÉGÉTALES ET ANIMALES DANS LE MONDE ENTRE 1961 ET 2011

GRAPHIQUE 4

CONSOMMATION TOTALE DE PROTÉINES (VÉGÉTALES + ANIMALES) ET PROPORTION DE PROTÉINES VÉGÉTALES EN FONCTION DU PIB PAR HABITANT DANS 113 PAYS (MOYENNE 2008 – 2010)

GRAPHIQUE 5

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION TOTALE DE PROTÉINES ET DE LA PROPORTION DE PROTÉINES VÉGÉTALES EN FONCTION DU PIB PAR HABITANT EN CHINE (CN) ET EN INDE (I) DE 1991 À 2010

GRAPHIQUE 6

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES DANS L'UNION EUROPÉENNE ENTRE 1961 ET 2001

GRAPHIQUE 7

MONTANT DES DÉPENSES EN VIANDES EN FONCTION DES DÉPENSES ANNUELLES TOTALES EN 2009 DANS QUATORZE ÉTATS-MEMBRES DE L'UNION EUROPÉENNE

GRAPHIQUE 8

ÉVOLUTION DEPUIS 1961 DES SOURCES DE PROTÉINES VÉGÉTALES CONSOMMÉES DANS LE MONDE

GRAPHIQUE 9

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION DE PROTÉINES ANIMALES ENTRE LES DIFFÉRENTS TYPES DE PRODUITS ANIMAUX EN 2011

GRAPHIQUE 10

ÉVOLUTION DE LA CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTES SOURCES À LA FOURNITURE DE PROTÉINES ANIMALES ENTRE 1961 ET 2011

GRAPHIQUE 11

CONSOMMATIONS DE PROTÉINES ANIMALES EXPRIMÉES EN ÉQUIVALENT PROTÉINES VÉGÉTALES EN 2011

GRAPHIQUE 12

ÉVOLUTIONS DEPUIS 1961 DE LA CONSOMMATION DE PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES
ET PROJECTIONS JUSQU'EN 2031

GRAPHIQUE 13

ÉVOLUTIONS DEPUIS 1961 DE LA CONSOMMATION TOTALE DE PROTÉINES
ET PROJECTIONS JUSQU'EN 2031, EXPRIMÉE EN ÉQUIVALENT PROTÉINES VÉGÉTALES

GRAPHIQUE 14

ÉVOLUTIONS DES VOLUMES MONDIAUX DE PROTÉINES ANIMALES ET VÉGÉTALES CONSOMMÉS DEPUIS 1961
ET PROJECTIONS JUSQU'EN 2031

GRAPHIQUE 15

ÉVOLUTION DEPUIS 1961 ET PROJECTION JUSQU'EN 2031
DES VOLUMES MONDIAUX DE PROTÉINES CONSOMMÉS, EXPRIMÉS EN ÉQUIVALENT PROTÉINES VÉGÉTALES

Sommaire de l'article

INTRODUCTION

- 1. PROTÉINES D'ORIGINES ANIMALES ET VÉGÉTALES**
- 2. LE PIB DÉTERMINANT POUR LA CONSOMMATION DE PROTÉINES, MAIS PAS SEULEMENT**
- 3. LES DIFFÉRENTES SOURCES DE PROTÉINES VÉGÉTALES**
- 4. LES DIFFÉRENTES SOURCES DE PROTÉINES ANIMALES**

INTRODUCTION

La consommation humaine de protéines comprend à la fois des protéines animales et des protéines végétales :

- ◆ Les protéines animales sont issues des produits laitiers et des produits carnés : viande rouge de bovins, ovins et caprins ; viande blanche de porcs et de volaille ; viande de poisson.
- ◆ Les protéines végétales sont issues d'une large diversité d'espèces, avec toutefois une prédominance de céréales et de légumineuses : soja, légumes secs.

Les statistiques de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) fournissent des indications permettant d'analyser l'évolution de la consommation apparente de protéines – cumulant protéines végétales et protéines animales – dans tous les pays du monde. Comme le montre le *Graphique 1*, qui détaille la période 1961 – 2011, les disparités

sont grandes entre régions. La moyenne mondiale est certes en croissance continue sur la période, mais cette augmentation recouvre de grandes disparités et des trajectoires assez différentes :

- ◆ Les pays développés d'Europe, d'Océanie et d'Amérique du Nord ont des niveaux de consommation très élevés, dépassant les 100 grammes par jour et par habitant (g / j / hab). Mais ceux-ci ont évolué différemment sur la période. En Océanie, la consommation est restée relativement stable. Par contre, en Europe, elle a affiché une croissance marquée jusqu'au début des années quatre-vingt-dix avant de commencer à décroître. En Amérique du Nord, la consommation a augmenté jusqu'à la fin des années deux mille avant de décliner ¹.
- ◆ À l'opposé, en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud, les niveaux de consommation sont plus faibles. Mais celle-ci augmente très rapidement en Asie et en Amérique du Sud, alors que la progression reste lente en Afrique.

ENCADRÉ

Limites des calculs

Les estimations utilisées dans cet article souffrent bien évidemment de faiblesses et approximations et il convient donc de les manipuler avec précaution.

- Nous avons fortement utilisé les données de FAOStat. Ces bases, construites par agrégation d'informations nationales, sont fragiles car tous les États n'ont pas la capacité à faire remonter des données précises. Néanmoins, les validations croisées conduites par les services statistiques de la FAO leur donnent une réelle solidité.
- Les effets multiplicatifs liés aux efficacités de conversion des protéines végétales en protéines animales jouent un rôle considérable dans l'ampleur des volumes de protéines végétales utilisées et dans les besoins futurs. Toutefois, les coefficients utilisés ici sont le fruit de validations croisées et reposent sur des systèmes intensifs où les efficacités nutritionnelles ont été largement optimisées car elles sont la clé de la performance économique des systèmes de production concernés.
- Enfin, les prévisions de population mondiale pour 2021 et 2031 sont des projections correspondant à la variante moyenne des modèles de l'ONU.

1. PROTÉINES D'ORIGINES ANIMALES ET VÉGÉTALES

Comme le montre le *Graphique 2*, la moyenne mondiale traduit aussi de grandes disparités en termes de consommation de protéines végétales et animales. En Asie et en Afrique, celle-ci est largement dominée par les sources végétales. Par contre, les protéines animales dominent en Europe, en Océanie et en Amérique du Nord. Il est même possible de répartir les pays développés en trois groupes selon que leur consommation de produits carnés est très forte (Australie, Amérique du Nord), moyenne (Europe du Nord) ou faible, c'est-à-dire inférieure à 50 kilogrammes par habitant et par an (Japon, Italie et Espagne) ². Les dynamiques de changement les plus fortes s'observent, en moyenne, en Asie.

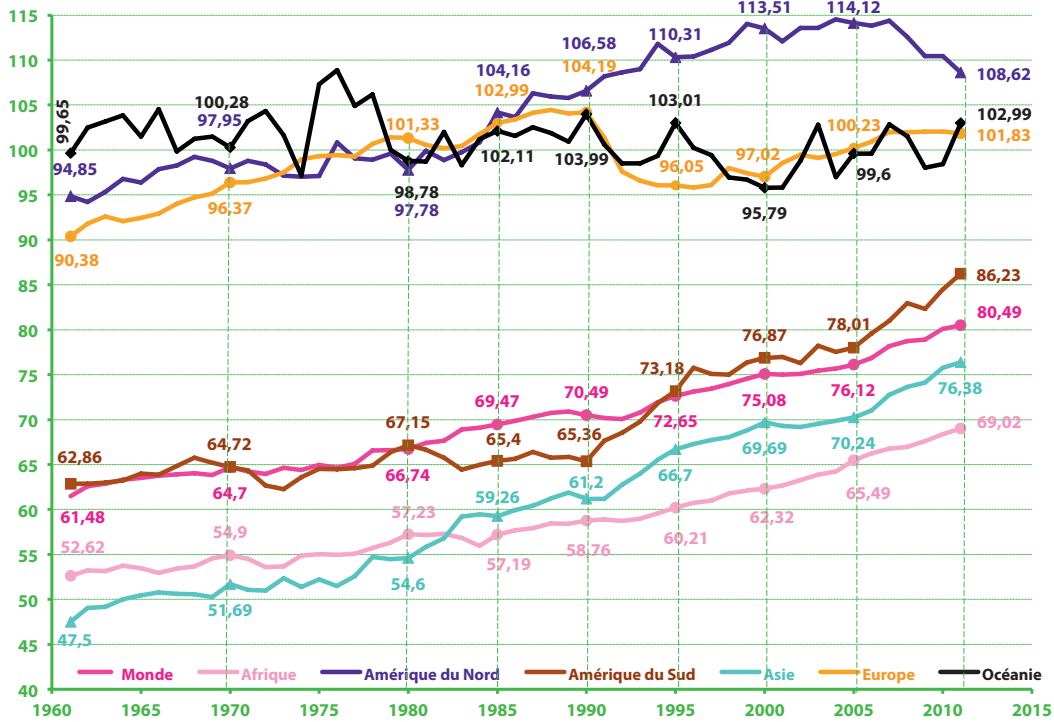
La consolidation des données de la FAO au niveau mondial prouve que les protéines végétales restent majoritaires dans les régimes alimentaires. Mais les consommations de protéines animales et végétales augmentent toutes les deux et la croissance est beaucoup plus forte pour les protéines animales (*Graphique 3*).

1 - Sans, 2001.

2 - Sans, 2001.

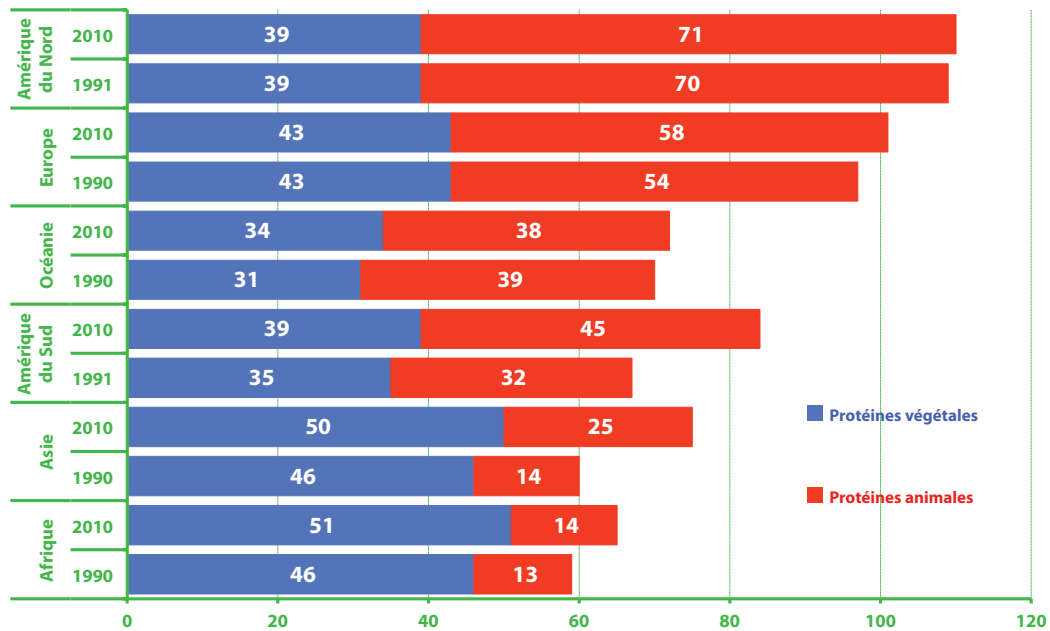
Graphique 1

Évolution de la consommation apparente de protéines dans les différentes régions du monde entre 1961 et 2011 (en grammes par jour et par habitant – Source : Faostat)

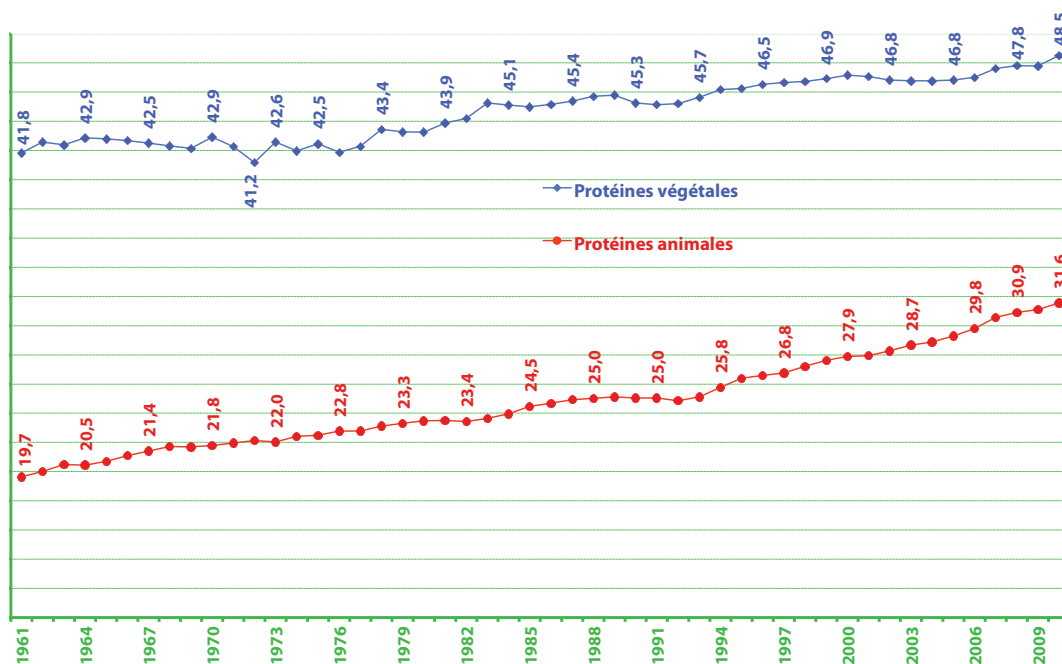


Graphique 2

Consommation comparée de protéines végétales et animales dans les grandes régions du monde en 1990 et 2010 (en kilogrammes / personne / an – Source : Faostat)



Graphique 3
Évolution de la consommation quotidienne moyenne de protéines végétales et animales dans le monde entre 1961 et 2011
 (en grammes / habitant / jour – Source : Faostat)



2. LE PIB DÉTERMINANT POUR LA CONSOMMATION DE PROTÉINES, MAIS PAS SEULEMENT

Pour comprendre les déterminants de la consommation de protéines, il faut analyser la situation dans chaque État. C'est ce que fait le *Graphique 4* pour 113 d'entre eux, la consommation totale de protéines et la proportion de protéines d'origine végétale y étant exprimées en fonction du Produit intérieur brut (PIB) par habitant.

Comme attendu, il apparaît que la hausse du PIB moyen constitue un déterminant majeur de l'augmentation de la consommation totale de protéines, avec une augmentation rapide en particulier dans les pays à faibles revenus par habitant. Il existe toutefois une certaine distribution autour de la courbe de régression et cette relation logarithmique existait déjà en 1961³.

À l'inverse, la proportion de protéines végétales diminue quand le PIB par habitant augmente : la pro-

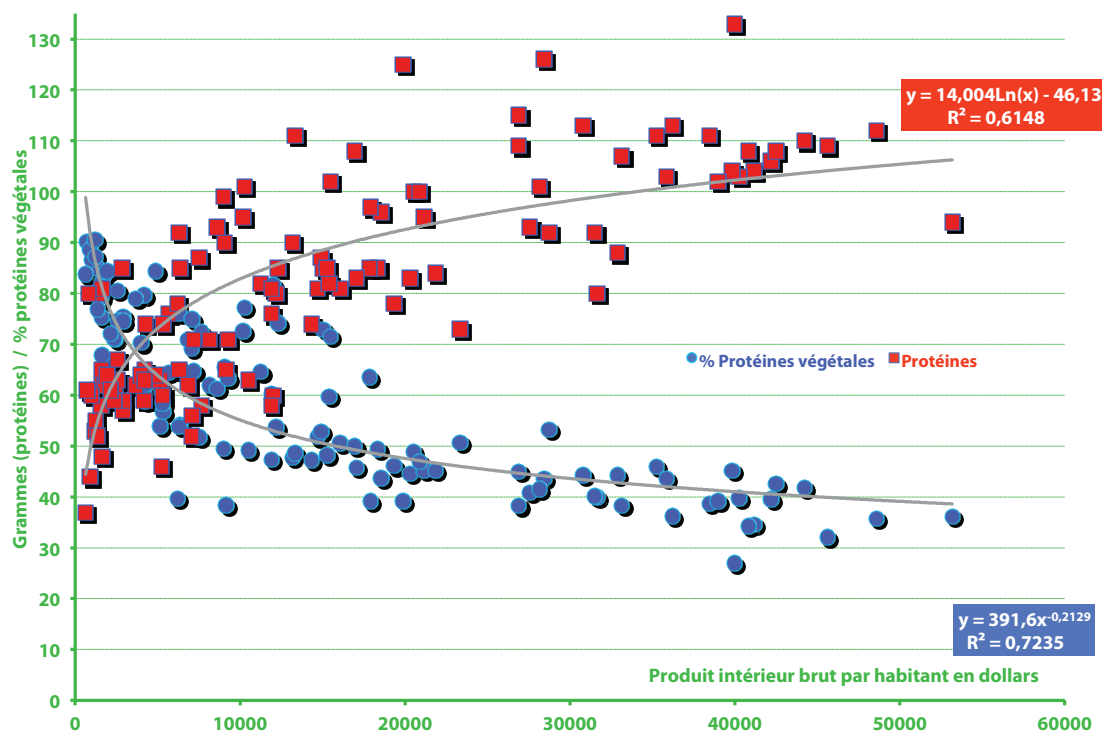
portion est légèrement inférieure à 40 % dans les pays à fort revenu. Autour de cette tendance à la diminution, la variabilité est faible, ce qui dénote la solidité de la relation entre les deux facteurs. Comme le soulignent plusieurs experts⁴, la consommation de produits animaux – en particulier de produits carnés – est largement déterminée par le revenu individuel qui permet ou non d'acheter ces produits onéreux. Il ne faut toutefois pas y voir une simple relation de cause à effet. Les processus sont plus complexes : il s'agit plus largement d'une évolution des modes de vie liée au développement d'une classe moyenne dans les pays où le revenu moyen augmente. Ceci s'accompagne d'une urbanisation qui facilite l'accès à d'autres produits alimentaires, ainsi que la confrontation – y compris culturelle – à d'autres régimes alimentaires.

Dans ce contexte, il est intéressant d'analyser la situation en Inde et en Chine – deux pays représentant aujourd'hui près de 50 % des consommateurs de protéines – mais aussi dans l'Union européenne.

3 - Sans et Combris, 2015.

4 - Sans (1991) et Combris (1997).

Graphique 4
Consommation totale de protéines (végétales + animales)
et proportion de protéines végétales en fonction du PIB par habitant dans 113 pays
 (moyenne 2008 – 2010 - Source : Faostat)



- ◆ Comme le montre le *Graphique 5*, la Chine et l'Inde ont évolué différemment ces vingt dernières années. La Chine a assez fidèlement « suivi » la tendance enregistrée à l'échelle mondiale, avec une forte augmentation de la consommation de protéines et une diminution de la fraction de protéines végétales. En Inde, par contre, ces deux composantes sont restées extrêmement stables. Mais il est vrai que le PIB indien par habitant a peu varié sur la période et que, de plus, les facteurs culturels et religieux expliquent un régime alimentaire très majoritairement végétarien.
- ◆ La consommation européenne de protéines animales et végétales a été étudiée en détail par un groupe d'experts ⁵. Ils montrent que, de 1961 à 2001, la consommation de protéines végétales a très peu évolué dans l'Union européenne à

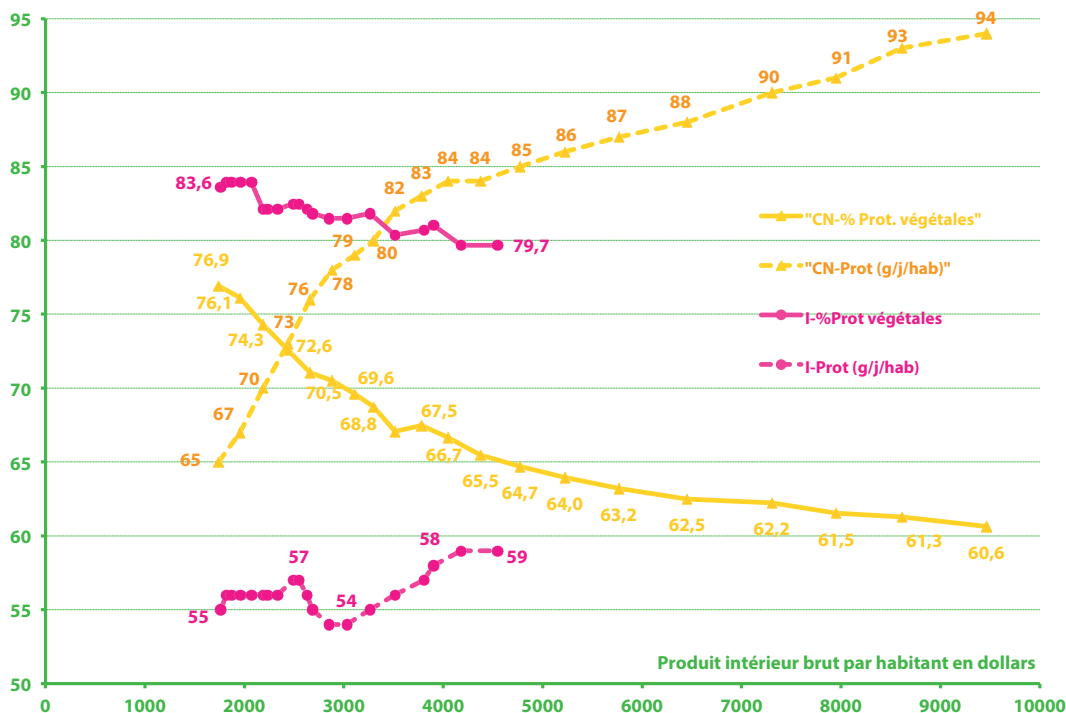
quinze États-membres (UE – 15 ⁶). Par contre, la consommation de protéines animales a, elle, fortement progressé durant ces quarante ans dans tous les pays – en particulier en Grèce, en Italie, en Espagne et au Portugal où elle était très faible – et elle a atteint un niveau homogène (*Graphique 6*). Concernant les dépenses des ménages et la part consacrée à l'achat de viandes, ils identifient deux groupes de pays (*Graphique 7*). Au sein de chaque groupe, augmenter les dépenses conduit à augmenter celles consacrées aux achats de viande. Toutefois, un groupe rassemblant essentiellement les pays nordiques à culture protestante continue de consacrer une part plus faible à ces derniers.

5 - De Boer et al., 2006.

6 - L'Allemagne de l'Ouest (RFA), la Belgique, la France, l'Italie, le Luxembourg et les Pays-Bas sont les six membres fondateurs de la future Union européenne (UE – 6). Puis se sont ajoutés la Grande-Bretagne, le Danemark et l'Irlande en 1973 (UE – 9), la Grèce en 1981 (UE – 10), l'Espagne et le Portugal en 1986 (UE – 12), l'Autriche, la Finlande et la Suède en 1995 (UE – 15), Chypre, l'Estonie, la Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, Malte, la Pologne, la République tchèque, la Slovaquie et la Slovénie en mai 2004 (UE – 25), la Roumanie et la Bulgarie le 1er janvier 2007 (UE – 27) et enfin, la Croatie depuis le 1er juillet 2013 (UE – 28).

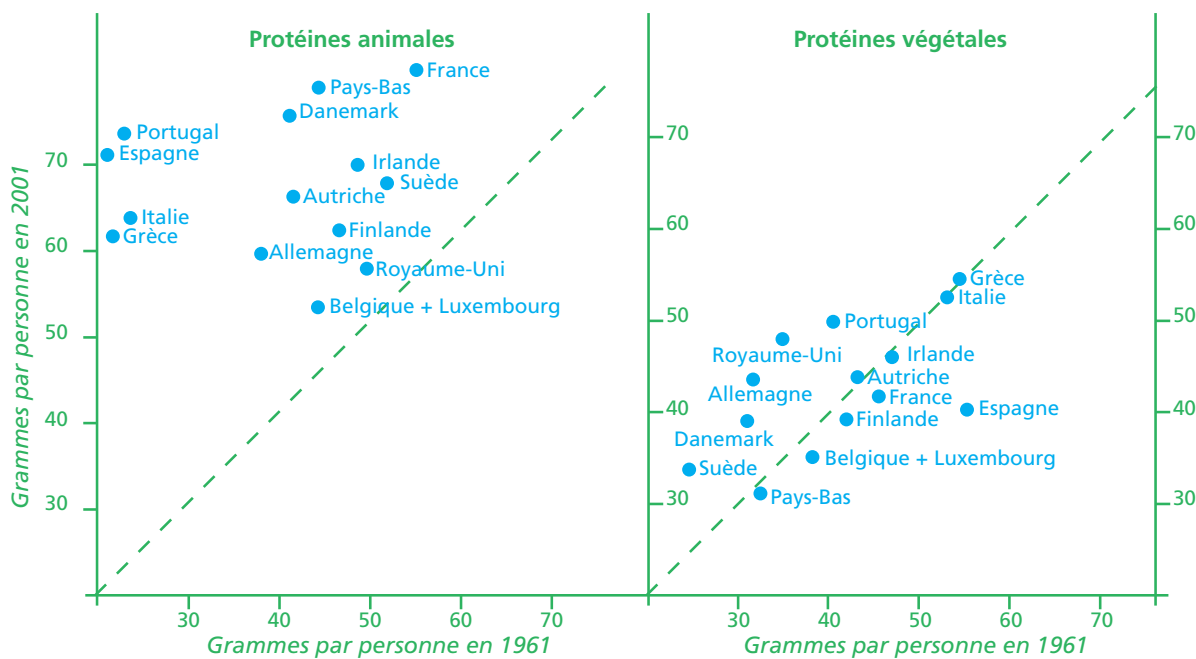
Graphique 5

Évolution de la consommation totale de protéines et de la proportion de protéines végétales en fonction du PIB/hab en Chine (CN) et en Inde (I) de 1991 à 2010 - (Source : Faostat)



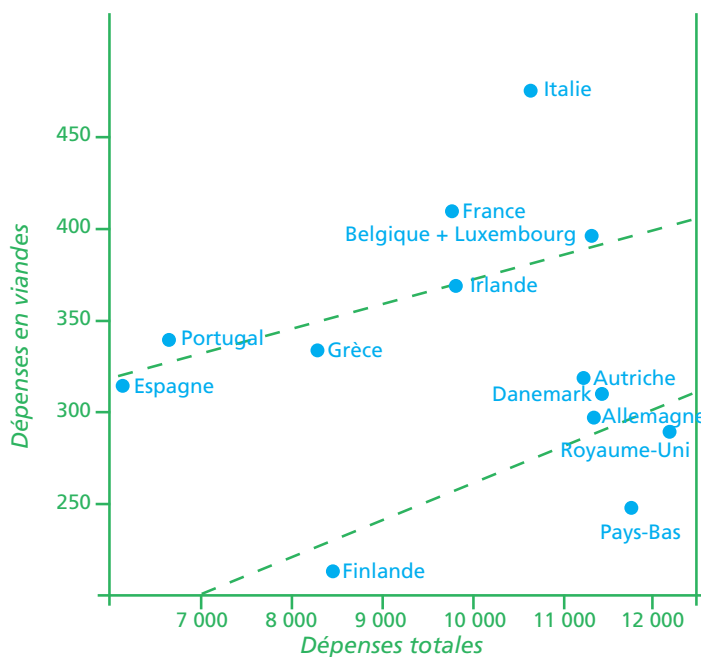
Graphique 6

Évolution de la consommation de protéines animales et végétales dans l'Union européenne entre 1961 et 2001 - (Moyennes nationales) - Source : de Boer et al (2006)



Graphique 7

Montant des dépenses en viandes en fonction des dépenses annuelles totales en 2009 dans quatorze États-membres de l'Union européenne (en standards de pouvoir d'achat (PPS) par personne - Source : de Boer et al (2006)



Cela souligne le poids des facteurs historiques, géographiques, culturels et religieux pesant sur les comportements alimentaires ⁷. Néanmoins, il est difficile d'établir un lien avec la dimension religieuse comme le proposent certains ⁸, même si ce constat oblige à rechercher les marques de trajectoires historiques beaucoup plus anciennes, y compris celles liées aux migrations de populations.

3. LES DIFFÉRENTES SOURCES DE PROTÉINES VÉGÉTALES

Les céréales constituent de loin la première source de protéines végétales consommées par l'homme. Entre 1961 et 2011, elles en ont fourni, selon les années, entre 65 et 70 % (Graphique 8). Cette prédominance s'observe sur tous les continents. Selon les données de la FAO, en 2011, 69 % des protéines végétales alimentaires consommées en France provenaient de céréales contre 65 % à l'échelle mondiale.

La même année, les légumineuses en sec (pois, haricots, pois chiche) représentaient environ 10 % des protéines végétales, un pourcentage en baisse

7 - Sans et Combris, 2015.

8 - Sans et Combris, 2015.

par rapport au début de la période considérée. Concernant la consommation exprimée en valeur absolue, les disparités entre régions du monde sont assez limitées.

Les autres sources ont une contribution individuelle faible. Comme le montre le Graphique 8, la fraction « Autres » apparaît en forte augmentation en 2011 : c'est le reflet d'une contribution significative des légumes.

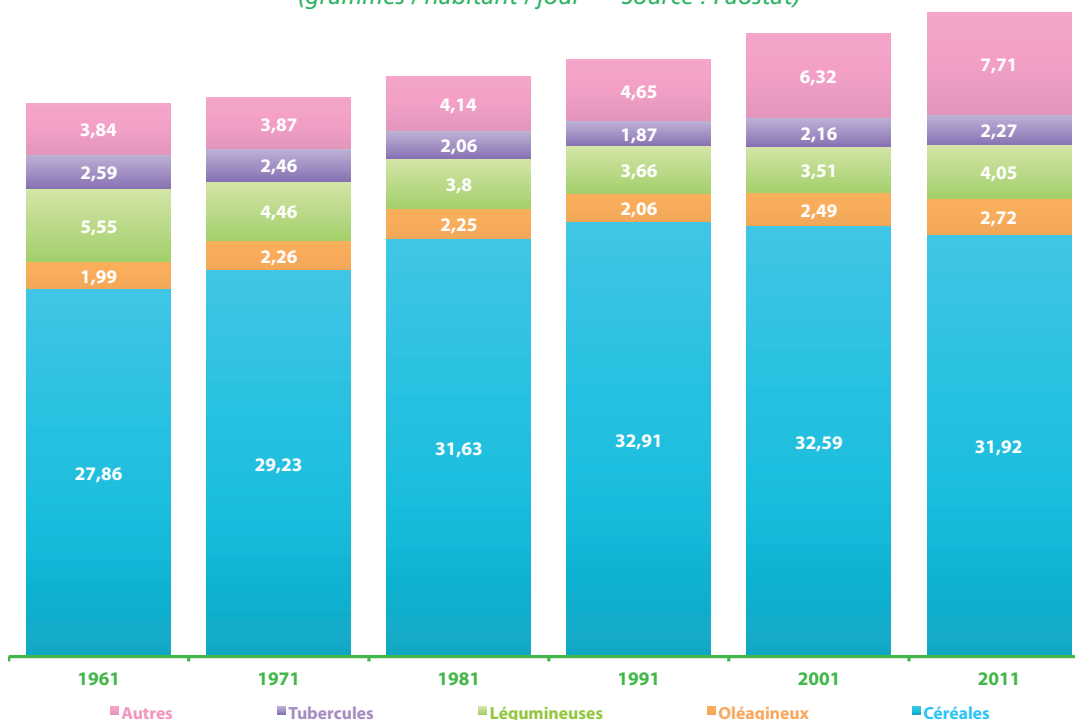
4. LES DIFFÉRENTES SOURCES DE PROTÉINES ANIMALES

Les protéines animales ont de multiples sources. En 2011, les 31,5 grammes consommés en moyenne par personne et par jour sur la planète provenaient pour 27 % du lait, 9 % d'œufs, 17 % de poisson, 14 % de viande de bœuf et de mouton, 15 % de viande de porc et 16 % de viande de volaille (Graphique 9).

Entre 1961 et 2011, la quantité totale de protéines animales a augmenté et la contribution des différentes sources a significativement changé (Graphique 10). Les contributions du lait et surtout de la viande bovine ont proportionnellement diminué au bénéfice de la viande de volailles, des œufs et, dans une

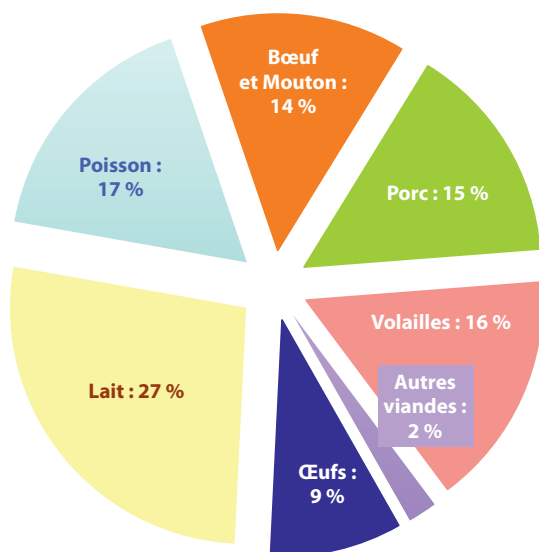
Graphique 8

Évolution depuis 1961 des sources de protéines végétales consommées dans le monde
(grammes / habitant / jour – Source : Faostat)



Graphique 9

Répartition de la consommation de protéines animales entre les différents types de produits animaux en 2011
(La moyenne mondiale s'établit à 31,5 grammes / habitant / jour) Source : Faostat



moindre mesure, de la viande de porc. La contribution du poisson est restée stable avec, toutefois, une transition progressive au bénéfice des produits issus de pisciculture. Mais il ne s'est pas produit de substitution entre la consommation de poisson et celle de viande de ruminants ou de monogastriques⁹.

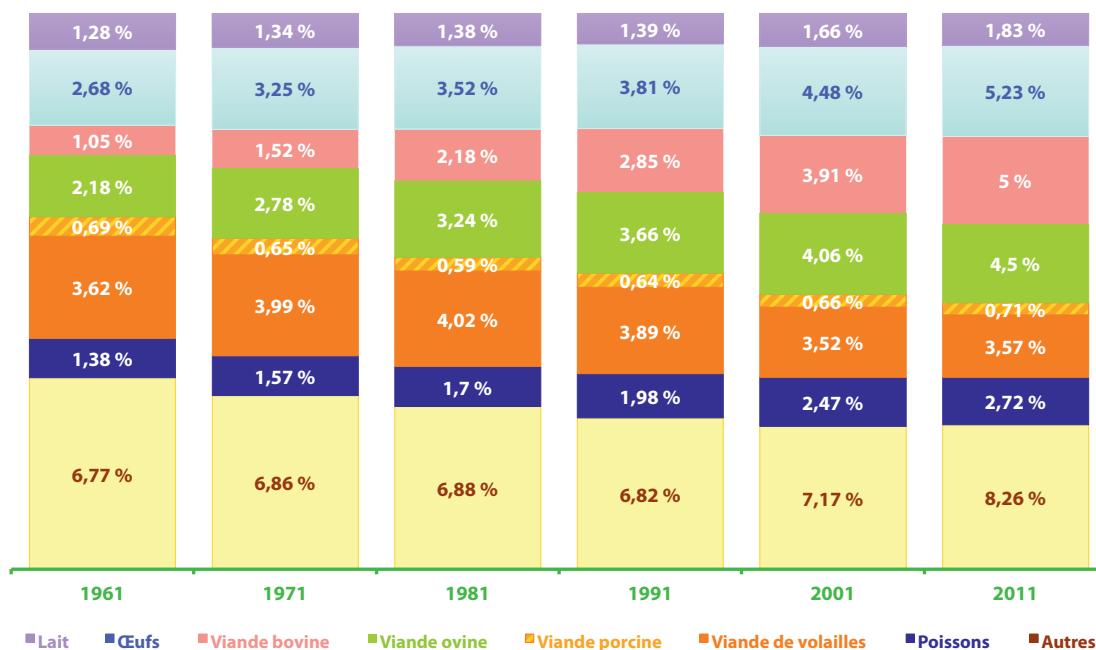
En valeurs absolues, seules les consommations de viande bovine et ovine sont stables ou en légère décroissance. Les autres sources sont en augmentation linéaire. Enfin, l'augmentation de la consommation de protéines issues des produits laitiers s'est fortement accélérée sur les deux dernières décennies, alors qu'elle était auparavant parfaitement stable.

Il est particulièrement important de considérer ces différentes sources car les productions animales n'offrent pas toutes la même efficacité. La quantité de protéines végétales nécessaire à la production d'un gramme de protéines animales varie selon l'espèce et la production animale et selon les caractéristiques du système de production¹⁰. Estimer ces coefficients

9 - Sans et Combris, 2015.

10 - Peters et al, 2014 ; Bouwman et al, 2005 ; Wirsenius et al, 2010.

Graphique 10
Évolution de la contribution des différentes sources
à la fourniture de protéines animales entre 1961 et 2011 (Source : Faostat)



nécessite de prendre en compte la totalité des stocks et des flux d'un système de production ¹¹.

Utiliser des coefficients de conversion permet de convertir l'ensemble des protéines en équivalent de protéines végétales afin de pouvoir estimer les besoins de production primaire. Nous retiendrons cette option. Une autre possibilité serait de convertir l'ensemble en utilisation de surface agricole, permettant ainsi de tenir compte de la capacité de certaines ressources végétales à valoriser les sols de qualité médiocre comme, par exemple, la production de viande bovine issue de prairies occupant des sols peu fertiles. L'article inclus dans ce dossier « Protéines »

¹¹ - Sur ce point crucial, cf., dans ce dossier, l'article *Production des protéines animales et efficacité de conversion* rédigé par M. Jean-Louis Peyraud.

du *Déméter*, sous le titre *Production des protéines animales et efficacité de conversion* rédigé par M. Jean-Louis Peyraud, détaille les différentes sources de variation de l'efficacité protéique et montre la complexité de la problématique, notamment en termes de concurrence vis-à-vis des protéines directement consommables par l'homme.

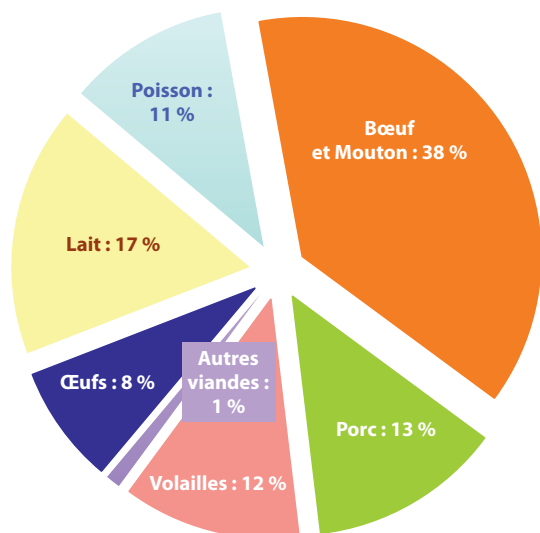
Selon les valeurs indiquées dans le *Tableau 1*, la production de lait apparaît comme la production animale la plus efficace et celle de viande rouge, bovins ou ovins, comme la moins efficace. L'efficacité des productions de monogastriques varie entre 2,77 et 3,40, mais la concurrence avec l'alimentation humaine est plus directe car les monogastriques sont essentiellement alimentés avec des céréales, des graines de protéagineux et des tourteaux d'oléagineux.

Tableau 1
Efficacité de conversion protéique de différentes productions animales
(en grammes de protéines végétales / grammes de protéines animales)

Lait	Poisson	Poulet	Dinde	Porc	Œufs	Viande bovine	Viande ovine
2,31	2,40	2,77	3,18	3,30	3,40	9,84	9,84

Source : valeurs issues de travaux de E. Pilorgé (comm. pers.)

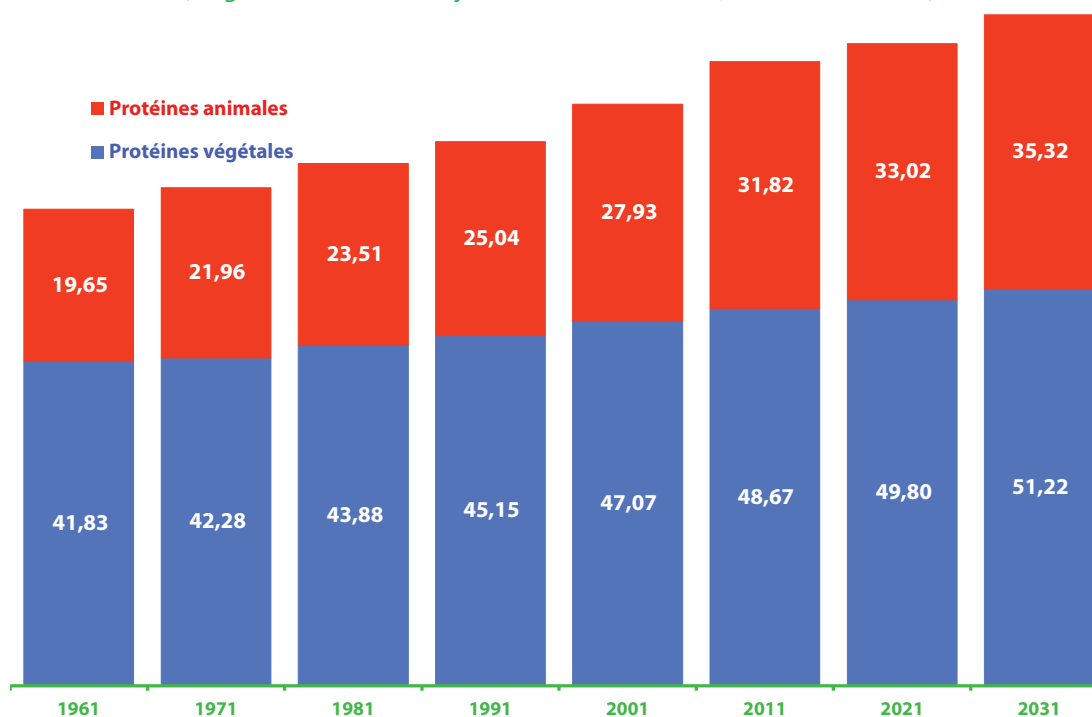
Graphique 11
Consommations de protéines animales, exprimées en équivalent protéines végétales en 2011
 (La valeur moyenne s'établit à 112 grammes / habitant / jour) - Source : Faostat



Appliquer ces coefficients de conversion à la consommation de protéines animales telle qu'établie en 2011 (*Graphique 9*) permet d'obtenir une répartition très différente des *équivalent protéines végétales*. En partant de 31,5 grammes consommés en moyenne par personne et par jour sur la planète, la consommation s'établit à 112 grammes. De plus, la part des différentes sources de protéines change très significativement : la consommation de protéines bovines et ovines représente 38 % de la consommation d'équivalent protéines végétales, celle de protéines issues du lait 17 %, de viande porcine 13 % et de volailles 12 % (*Graphique 11*).

En s'appuyant sur les courbes de consommation des cinquante dernières années, il est possible d'estimer les poursuites de trajectoire pour chaque source de protéines. Comme le montre le *Graphique 12*, la consommation de protéines animales s'élèverait à 33 grammes par personne et par jour en 2021 et à 35,3 grammes en 2031, tandis que celle de protéines végétales atteindrait 49,8 et 51,2 grammes. En appliquant les coefficients de conversion pour les productions animales, il est alors possible d'esti-

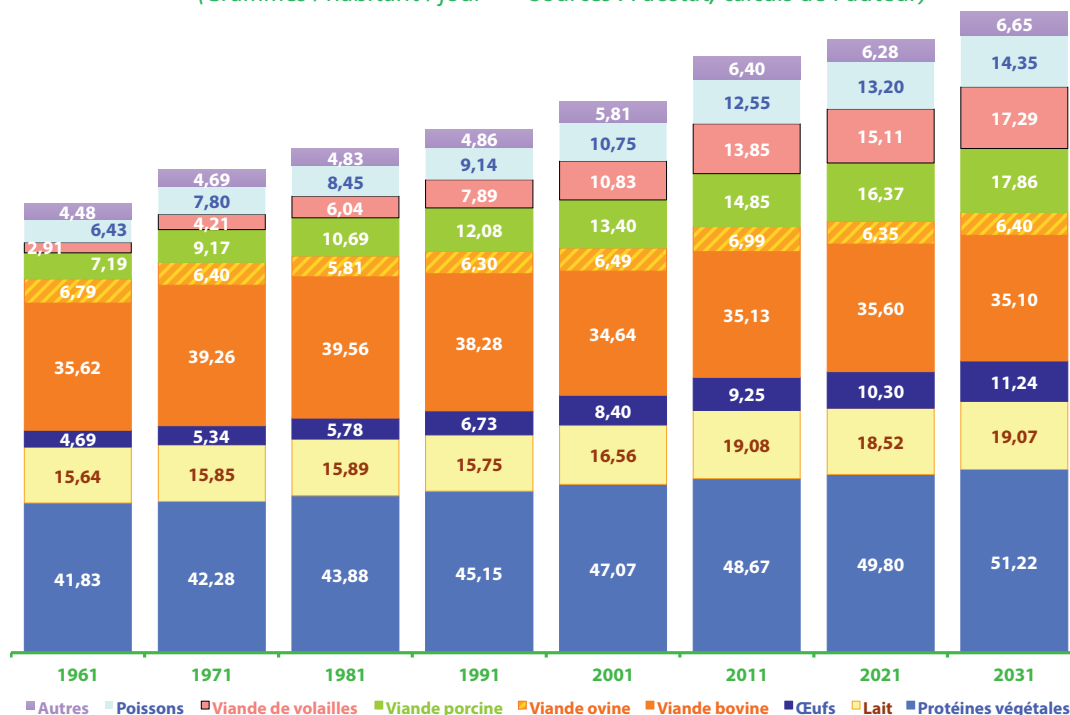
Graphique 12
Évolutions depuis 1961 de la consommation de protéines animales et végétales et projections jusqu'en 2031
 (en grammes / habitant / jour – Sources : Faostat, calculs de l'auteur)



Graphique 13

Évolutions depuis 1961 de la consommation totale de protéines et projections jusqu'en 2031, exprimée en équivalent protéines végétales

(Grammes / habitant / jour – Sources : Faostat, calculs de l'auteur)



mer l'évolution de la consommation de protéines animales en équivalent protéines végétales. Celle-ci est déjà passée de 125 grammes en 1961 à 166 grammes en 2011 et augmenterait à 179 g en 2031 (Graphique 13).

En rapprochant ces estimations de consommations individuelles moyennes de protéines végétales et animales avec celles des Nations unies concernant l'augmentation de la population mondiale sur la période 1961 à 2011 et son évolution potentielle pour les deux décennies suivantes¹², il est possible d'estimer les perspectives de consommation. En 2031, les quantités de protéines végétales consommées devraient atteindre 159 millions de tonnes (Mt) par an et celles de protéines animales 110 millions de tonnes. Prolonger les trajectoires sur seulement deux décennies réduit les incertitudes car les modèles démographiques divergent au-delà de cette période (Graphique 14).

12 - World Population Prospects.

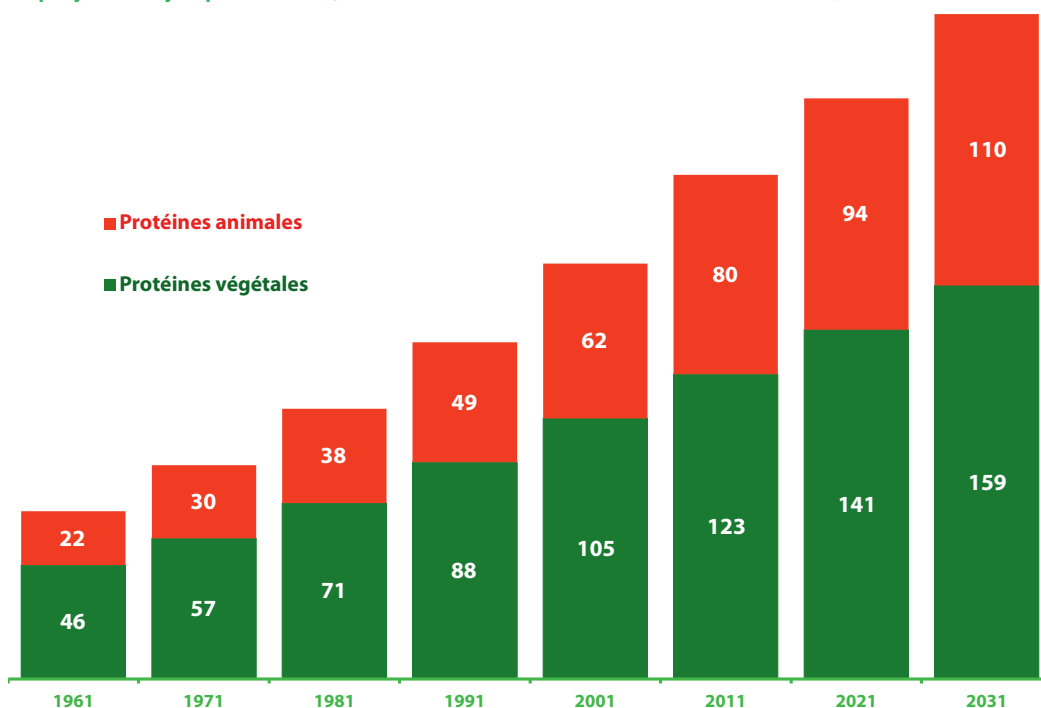
Comme le montre le Graphique 15, convertir ces volumes de protéines animales en équivalent protéines végétales fait alors apparaître un besoin total en protéines végétales de 556 millions de tonnes par an, soit 145 Mt de plus qu'en 2011 ! Cela équivaudrait, dans les conditions moyennes actuelles, à la production de protéines sur 145 millions d'hectares de soja. Autrement dit, un volume absolument considérable, estimé en se basant sur la poursuite des tendances actuelles de consommation et qui souligne l'ampleur du défi alimentaire à relever durant les prochaines décennies.

Une telle surface agricole n'étant pas disponible, plusieurs conséquences résultant de la confrontation entre cette demande massive et une offre limitée peuvent être envisagées :

- ◆ L'augmentation des prix des matières premières, avec un différentiel élevé entre celles riches en protéines et celles plus pauvres, c'est-à-dire les céréales. Ceci conduirait, d'une part, à limiter l'utilisation de matières riches en protéines via la recherche d'efficacité en productions animales,

Graphique 14

Évolutions des volumes mondiaux de protéines animales et végétales consommés depuis 1961 et projections jusqu'en 2031 (en millions de tonnes / an – Sources : Faostat, calculs de l'auteur)



Graphique 15

Évolutions depuis 1961 et projections jusqu'en 2031 des volumes mondiaux de protéines consommés, exprimés en équivalent protéines végétales (en millions de tonnes – Sources : Faostat, calculs de l'auteur)



mais aussi à modifier les allocations de sols pour augmenter la part des cultures riches en protéines au détriment des autres dont les prix seraient moins élevés. Cela devrait aussi encourager la recherche en matière d'innovations biotechniques (génétique, agronomie, nutrition animale) afin d'accroître la production de protéines par unité de surface et améliorer l'efficacité protéique en élevage.

- ◆ Compte tenu de la disponibilité limitée de protéines, une transition alimentaire pourrait rapidement se mettre en place dans les différents pays

du monde pour limiter l'explosion de la consommation de produits animaux.

- ◆ Enfin, les analyses soulignent l'importance des pertes alimentaires qui représenteraient jusqu'à 30 % des productions agricoles à l'échelle mondiale¹³. Prendre conscience de l'importance de ces pertes, de leurs impacts environnementaux, mais aussi des impasses qu'elles contribuent à générer pourrait induire une transition rapide¹⁴.

13 - Gustavsson et al., 2011.

14 - Redlingshofer et al., 2015.

Références bibliographiques

- Bouwman A.F., Van der Hoek K.W., Eickhout B., Soenario I., 2005. Exploring changes in world ruminant production systems. *Agric. Syst.* 84, 121–153.
- Combris P., 1997. La consommation des produits animaux en France : tendances et perspectives d'évolution. *Productions Animales* 10, 267-274.
- de Boer J., Helms M., Aiking H., 2006. Protein consumption and sustainability : Diet diversity in EU-15. *Ecological Economics* 59, 267-274.
- Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., van Otterdijk R., Meybeck A., 2011. Global food losses and food waste. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Peters C.J., Picardy J.A., Darrouzet-Nardi A., Griffin T.S., 2014. Feed conversions, ration compositions, and land use efficiencies of major livestock products in U.S. agricultural systems. *Agricultural Systems* 130, 35–43.
- Redlingshöfer B., Coudurier B., Georget M., 2015. Etat des lieux et leviers pour réduire les pertes alimentaires dans les filières françaises. *Innovations Agronomiques* 48, 23-57.
- Rosegrant M.W., Leach N., Gerpacio R.V., 1999. Alternative futures for world cereal and meat consumption. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 219-234.
- Sans P, 2001. Consommation de protéines : quelle place pour la viande bovine ? Inra, Commission bovine (<http://www1.clermont.inra.fr/commission-bovine/textes/sans.pdf>).
- Sans P, Combris P., 2015. World meat consumption patterns : An overview of the last fifty years (1961–2011). *Meat Science* 109, 106-111.
- 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 ? *Agric. Syst.*, 103 (2010), pp. 621–638.