

# L'élevage contribue à la production durable de protéines

**par Monsieur Jean-Louis Peyraud**

Chercheur spécialisé en productions animales

Direction scientifique Agriculture

Unité mixte de recherche Physiologie, environnement et génétique

pour l'animal et les systèmes d'élevage (UMR PEGASE)<sup>1</sup>

Institut national de la recherche agronomique (INRA)

---

<sup>1</sup> - INRA, UMR 1348 Pegase, 35 590 Saint Gilles – Agro Campus Ouest, UMR 1348 Pegase, 35 590 Saint Gilles.

## Liste des illustrations

### TABLEAU 1

VALEUR NUTRITIONNELLE DES PROTÉINES DE DIFFÉRENTES SOURCES ALIMENTAIRES POUR L'ALIMENTATION HUMAINE

### TABLEAU 2

POURCENTAGE DE PROTÉINES

CONTENUES DANS LES PRODUITS ET ÉCO-PRODUITS VÉGÉTAUX CONSOMMABLES PAR L'HOMME

### TABLEAU 3

EFFICIENCE DE CONVERSION DES PROTÉINES VÉGÉTALES EN PROTÉINES ANIMALES

CALCULÉE EN INTÉGRANT TOUTES LES PROTÉINES INGÉRÉES

OU SEULEMENT LA FRACTION CONSOMMABLE PAR L'HOMME

### TABLEAU 4

ÉVALUATION DE LA CONTRIBUTION DES SYSTÈMES LAITIERS À L'APPROVISIONNEMENT EN PROTÉINES

### TABLEAU 5

SIMULATION DE LA PRODUCTION NETTE DE PROTÉINES CONSOMMABLES

DANS LE CAS DE DEUX SYSTÈMES LAITIERS, L'UN HERBAGER, L'AUTRE INTENSIF

### TABLEAU 6

EFFET DE DEUX SCENARII D'UTILISATION DE LA BIOMASSE VÉGÉTALE POUR PRODUIRE DES PROTÉINES ANIMALES

SUR LES EFFECTIFS D'ANIMAUX, LA TENEUR EN PROTÉINES ANIMALES DANS L'ALIMENTATION DE LA POPULATION

ET L'IMPACT DE LA PRODUCTION ANIMALE SUR L'ENVIRONNEMENT

### TABLEAU 7

EFFET DE LA RÉDUCTION FORTE, VOIRE DE LA SUPPRESSION DES CÉRÉALES POUR L'ALIMENTATION DES ANIMAUX

SUR LA COMPOSITION DE L'ALIMENTATION DES SUÉDOIS ET LES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

### GRAPHIQUE 1

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE VIANDES

DEPUIS 2000 DANS L'UNION EUROPÉENNE À QUINZE ÉTATS-MEMBRES

### GRAPHIQUE 2

FRANCE : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE VIANDES DEPUIS 1970

### GRAPHIQUE 3

SURFACE NÉCESSAIRE POUR NOURRIR UNE POPULATION DONNÉE

EN FONCTION DE LA PART DE PROTÉINES ANIMALES DANS L'ALIMENTATION ET DU NIVEAU DE LA POPULATION

## Sommaire de l'article

### 1. INTRODUCTION

### 2. LE CHALLENGE DE LA NUTRITION : QUALITÉ ET CONSOMMATION DES PROTÉINES ANIMALES

#### 2.1. QUALITÉ DES PROTÉINES ANIMALES

#### 2.2. UNE CONSOMMATION DE PROTÉINES ANIMALES PAR HABITANT QUI DIMINUE DANS LES PAYS DÉVELOPPÉS

#### 2.3. DES QUESTIONS DE SANTÉ PUBLIQUE QUI PEUVENT APPARAÎTRE À TERME

### 3. LE CHALLENGE DE L'UTILISATION DES RESSOURCES :

#### EFFICIENCE DE CONVERSION DES PROTÉINES VÉGÉTALES EN PROTÉINES ANIMALES

#### 3.1. QUELLE UNITÉ FONCTIONNELLE UTILISER POUR EXPRIMER L'EFFICIENCE PROTÉIQUE DES ANIMAUX ?

#### 3.2. L'EFFICIENCE GLOBALE DE LA PRODUCTION DE PROTÉINES ANIMALES : UN ÉLÉMENT QUI A CRÉÉ LE DÉBAT

#### 3.3. L'EFFICIENCE DE LA PRODUCTION ANIMALE EXPRIMÉE PAR RAPPORT AUX PROTÉINES COMESTIBLES : UN NOUVEAU REGARD SUR LA CONTRIBUTION DE L'ÉLEVAGE À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE MONDIALE

##### 3.3.1. Évaluation de la proportion de protéines consommables dans les végétaux

##### 3.3.2. Contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire

### 4. LE CHALLENGE DE L'UTILISATION EFFICIENTE DES SURFACES

#### POUR ACCROÎTRE LA PRODUCTION DE PROTÉINES COMESTIBLES

#### 4.1. LA QUESTION DE LA PRODUCTION DE PROTÉINES PAR LES SURFACES VALORISÉES PAR LES ANIMAUX

#### 4.2. COMPLÉMENTARITÉ ENTRE ANIMAL ET VÉGÉTAL

##### POUR ACCROÎTRE LE POTENTIEL NOURRICIER DES SURFACES : L'ANIMAL RECYCLEUR

#### 4.3. PRODUIRE DES PROTÉINES ANIMALES SANS UTILISER DE GRAINS : MYTHE OU POSSIBILITÉ ?

#### 4.4. VALORISER DES SOURCES ALTERNATIVES DE PROTÉINES POUR LA PRODUCTION ANIMALE

##### 4.4.1. Et si les restes alimentaires étaient à nouveau recyclés par les animaux ?

##### 4.4.2. Les insectes : une nouvelle source de protéines pour l'alimentation animale ?

### 5. CONCLUSION

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



## 1. INTRODUCTION

La production animale procure le tiers des protéines consommées par l'homme à l'échelle de la planète <sup>2</sup> et beaucoup plus dans les pays développés. Mais elle utilise 75 % des surfaces agricoles <sup>3</sup>, consomme 35 % des grains produits <sup>4</sup> et émet 14,5 % des gaz à effet de serre d'origine anthropique <sup>5</sup>. Dans le même temps, toutes les perspectives tablent sur un fort accroissement de la demande mondiale en produits carnés et laitiers <sup>6</sup>.

Face à ce constat, de nombreux auteurs proposent de réduire la demande de protéines animales <sup>7</sup> – surtout dans les pays développés où la consommation est élevée <sup>8</sup> – au double titre de la réduction de la dégradation de l'environnement et de l'amélioration de la santé des populations. Mais cette solution, simple en apparence :

- ◆ passe rapidement sur les risques de carence nutritionnelle pour certaines populations, même au sein des pays de l'OCDE <sup>9</sup>
- ◆ suppose que les protéines animales soient facilement substituables par des protéines végétales, ce qui n'est pas le cas dans l'état actuel des technologies : l'extraction des protéines végétales reste un procédé coûteux et, malgré les nombreux travaux consacrés à la filière soja, celle-ci ne s'est pas développée à grande échelle, faute de compétitivité économique
- ◆ ignore que la réduction de l'élevage aurait des conséquences probablement très importantes sur l'emploi et la dynamique de nombreux territoires ruraux européens
- ◆ oublie que la consommation de l'Union européenne à vingt-sept États-membres (UE – 27 <sup>10</sup>) représente seulement 16 % de la consommation mondiale de viande et celle du continent

nord-américain 15 %, alors que l'Asie en représente déjà plus de 45 % et que c'est dans cette zone, ainsi qu'en Afrique que va s'accroître la consommation.

L'enjeu de la ressource en protéines est crucial. Une idée récurrente part du principe que les animaux d'élevage consomment toujours beaucoup plus de protéines végétales qu'ils n'en restituent sous forme de protéines animales et que, de ce fait, la production animale exerce une pression importante sur la disponibilité des ressources <sup>11</sup>. Pourtant, les animaux valorisent des prairies permanentes qui, pour l'essentiel, sont des surfaces inutilisables pour réaliser des productions végétales et qui représentent 66 % de la surface agricole des terres émergées <sup>12</sup>. En fait, davantage que l'utilisation de protéines totales, c'est l'utilisation de protéines issues des terres arables qu'il convient de considérer pour évaluer la compétition pour l'accès aux ressources. De plus, les protéines animales ont une valeur nutritionnelle plus élevée que celle des protéines végétales et c'est bien l'ensemble de ces facteurs qu'il faut prendre en compte pour évaluer la contribution réelle des productions animales à la sécurité alimentaire globale et analyser l'effet des modalités de productions des protéines animales, notamment l'intensification des systèmes qui conduit à utiliser plus de céréales <sup>13</sup>. Dans ce contexte, qu'en est-il réellement de la compétition entre alimentation animale et humaine ? L'affirmation selon laquelle les productions animales sont inefficaces s'applique-t-elle partout et tout le temps ? La réalité n'est-elle pas plus complexe qu'il n'y paraît de prime abord ? Quelles sont les voies pour accroître l'efficacité des productions animales ? Autant de questions sur lesquelles ce texte apporte un éclairage.

## 2. LE CHALLENGE DE LA NUTRITION : QUALITÉ ET CONSOMMATION DES PROTÉINES ANIMALES

### 2.1. Qualité des protéines animales

Les protéines remplissent des fonctions vitales dans l'organisme animal : protéines de structure, muscles, enzymes, hormones, récepteurs, etc. Elles sont renouvelées en permanence : d'où des besoins élevés, à hauteur de 0,8 gramme par kilogramme de poids vif <sup>14</sup>. De plus, neuf des vingt-deux acides aminés

2 - Herrero et al., 2009.

3 - Foley et al., 2011.

4 - Alexandratos et Bruinsma, 2012.

5 - Les émissions de la faune sauvage ne sont pas considérées (Gerber et al., 2013).

6 - FAO, 2009 ; Alexandratos et Bruinsma, 2012.

7 - Garnet, 2013 ; Eisler et al., 2014.

8 - Bonhommeau et al., 2013.

9 - Créée en 1961, l'Organisation de coopération et de développement économiques regroupe « les gouvernements attachés aux principes de la démocratie et de l'économie de marché » auxquels elle offre un cadre d'échanges et de réflexions en commun ([www.oecd.org](http://www.oecd.org)).

10 - 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 1<sup>er</sup> janvier 2007 (UE – 27) et enfin, la Croatie depuis 1<sup>er</sup> juillet 2013 (UE – 28).

11 - Stehfest et al., 2009.

12 - Zabel et al., 2014.

13 - Alexandratos et Bruinsma, 2012.

14 - AFSSA, 2007.

**Tableau 1**  
**Valeur nutritionnelle des protéines**  
**de différentes sources alimentaires**  
**pour l'alimentation humaine**

	Indice DIAAS	Premier acide aminé (AA) limitant
Viande	134	Leucine
Lait	139	AA soufrés
Œuf	128	His
Soja	102	Lysine
Blé	65	Lysine
Pois	82	AA soufrés

Source : d'après FAO, 2013

constitutifs des protéines ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme humain et doivent être apportés par l'alimentation. Or, il s'agit d'acides aminés indispensables (histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine) et les sources de protéines alimentaires se distinguent par leur aptitude à satisfaire quantitativement et qualitativement nos besoins en AAI.

Les produits animaux se caractérisent par leur richesse en protéines. Les viandes et abats contiennent, dans leur matière sèche, 70 % de protéines, les œufs 50 % et les fromages 42 %. Ces teneurs sont très supérieures à celles des graines oléagineuses (32 %) ou protéagineuses (25 %), des céréales et des pâtes (15 % maximum) et des pommes de terre ou des légumes verts (10 %). Les protéines des viandes et des produits laitiers se distinguent aussi par leur teneur élevée en acides aminés indispensables (43 à 45 % de l'ensemble des acides aminés de la viande, du lait et des œufs), là encore supérieure à celle des graines protéagineuses (40 %) et surtout des céréales et des pommes de terre (moins de 35 %). Globalement, la composition en AAI de la viande et des produits laitiers correspond aux besoins de l'homme tels qu'estimés en 2007 par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa)<sup>15</sup> et exprimés à travers la composition d'une protéine de référence<sup>16</sup>. Les végétaux, eux, ont une composition plus déséquilibrée en AAI : les céréales présentent des teneurs limitantes notamment en lysine et les légumineuses, en acides aminés soufrés (méthionine + cystine).

15 - L'AFSSA a été remplacée depuis 2010 par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).  
 16 - Protéine de référence en milligrammes par gramme de protéine : histidine 17, leucine 59, isoleucine 27, valine 27, lysine 45, AA soufrés 23, AA aromatiques 41, thréonine 25, tryptophane 6.

Les protéines animales se distinguent aussi par leur digestibilité élevée. Les études conduites sur des modèles animaux (rats, porcs nains) ont mis en évidence une digestibilité dans l'intestin grêle de 95 % pour le lait et de 92 % pour la viande<sup>17</sup> contre 90 % pour le blé, le pois et le soja<sup>18</sup> et 84 % pour le colza. Ces données ont été confirmées par une étude sur des volontaires sains<sup>19</sup>. De plus, les viandes n'induisent pas de réaction notable au niveau du tractus digestif susceptible d'accroître les pertes de protéines endogènes, alors que cela peut se produire avec certaines protéines végétales dont les fibres augmentent les pertes endogènes par desquamation et qui peuvent contenir des facteurs « anti-nutritionnels » tels les lectines qui stimulent la sécrétion de protéines intestinales.

La qualité nutritionnelle des protéines alimentaires est évaluée par l'indice DIAAS<sup>20</sup> proposé en 2013 par l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO). Il est calculé à partir de la composition en AAI et de la digestibilité dans l'intestin grêle de chacun des acides aminés indispensables. Celle-ci est considérée comme reflétant mieux la quantité d'acides aminés absorbés que la digestibilité fécale<sup>21</sup>. Toutefois, la digestibilité iléale réelle étant très rarement mesurée individuellement, pour chaque acide aminé indispensable, on utilise souvent la digestibilité iléale globale de la protéine comme valeur moyenne pour tous les acides aminés. Pour chaque AAI, le calcul est effectué en exprimant la teneur en AAI digestible de la protéine en proportion de la teneur du même AAI dans la protéine de référence et l'index DIAAS d'une protéine correspond à la valeur la plus faible de l'ensemble de ses AAI.

Au final, comme le montre le Tableau 1, les protéines animales se caractérisent par des valeurs nutritionnelles beaucoup plus élevées que les protéines végétales, les protéines de soja étant celles qui se rapprochent le plus des protéines animales. Des mélanges de céréales et protéagineux permettent de rééquilibrer partiellement le profil des AAI des sources végétales, mais jamais d'atteindre celui des produits animaux : la valeur DIAAS d'un mélange de blé et pois chiches s'établit, par exemple, à 105 et celle d'un mélange de maïs et haricots secs à 116. Ces données prouvent, qu'en l'état actuel de la technologie des graines, il faut manger des quantités plus importantes de protéines végétales que de protéines animales pour couvrir les besoins en acides aminés

17 - Gaudichon et al., 2002.

18 - Mariotti et al., 1999.

19 - Oberli et al., 2013.

20 - Digestible Indispensable Amino Acid Score.

21 - Gaudichon et al., 2002 ; Fuller et Tomé, 2005.

indispensables de l'organisme. Ce facteur nutritionnel doit être pris en compte dans les comparaisons de la productivité des surfaces entre protéines animales versus protéines végétales, alors que les comparaisons sont toujours réalisées sur une base quantitative (sur ce point, cf. Chapitre 4.1. de notre article).

Rappelons aussi que les protéines animales apportent plusieurs micro-nutriments difficiles à trouver en quantité suffisante dans des aliments végétaux ou présents sous des formes moins disponibles en raison de la présence d'inhibiteurs de l'absorption comme les phytases dans le cas du phosphore d'origine végétale. La vitamine A, la vitamine B12, la riboflavine, le calcium le fer et le zinc sont peu présents dans une alimentation végétarienne, sauf à utiliser des compléments. Le fer de la viande présent sous forme héminique est, en particulier, bien mieux absorbé que celui présent dans les végétaux : à hauteur de 25 % contre moins de 5 à 10 % <sup>22</sup>.

22 - AFSSA-CNERNA-CNRS, 2001.

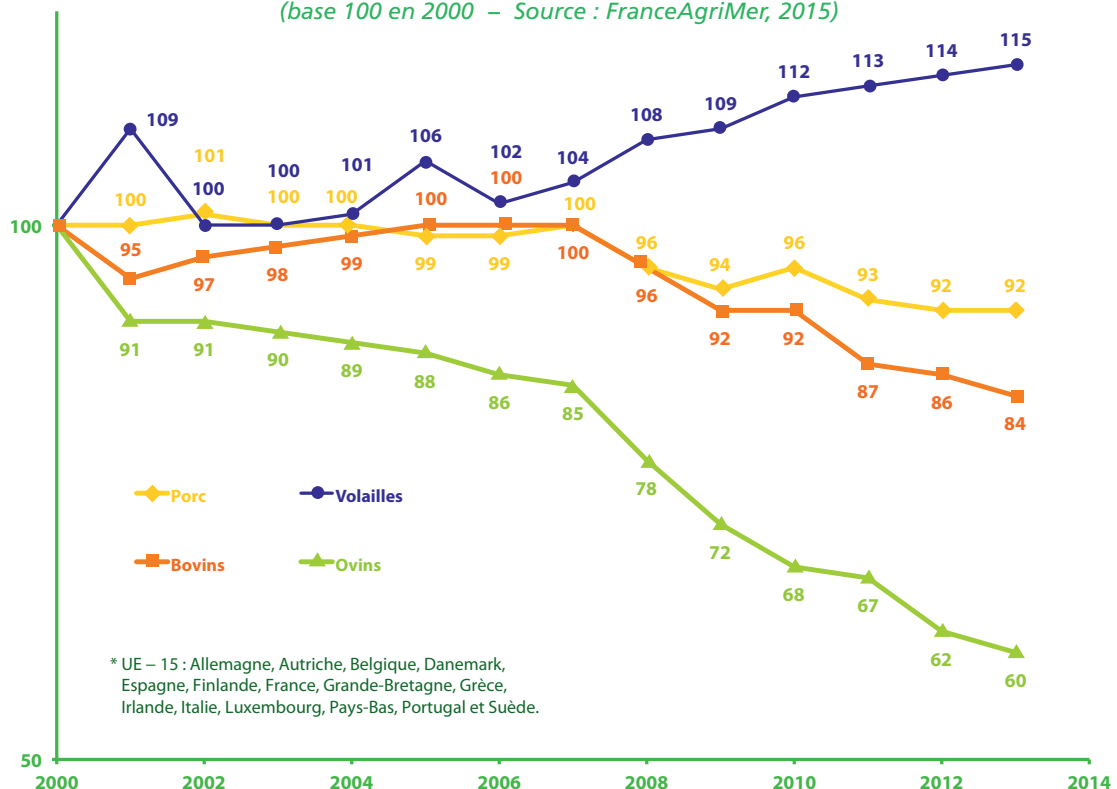
## 2.2. Une consommation de protéines animales par habitant qui diminue dans les pays développés

En France, les produits animaux représentent 60 % de l'apport protéique journalier total. 32 % sont apportés par les viandes et les charcuteries, 15 % par les protéines laitières (lait, produits ultra-frais et fromages), 8 % par les poissons et les œufs et 5 % par les produits incorporés dans les plats composés <sup>23</sup>. Cet apport est supérieur aux recommandations du *Programme national relatif à la nutrition et à la santé* (PNNS <sup>24</sup>) selon lesquelles les protéines animales doivent fournir 50 % de l'apport protéique total.

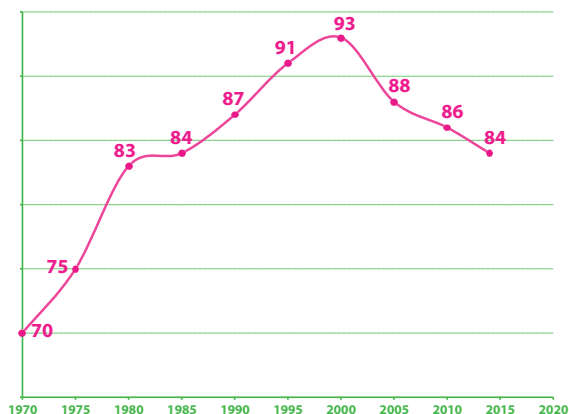
23 - Enquête CREDOC.

24 - Lancé en janvier 2001 par la France, le *Programme National Nutrition Santé* (PNNS) a pour objectif général l'amélioration de l'état de santé de l'ensemble de la population en agissant sur l'un de ses déterminants majeurs : la nutrition, sachant que celle-ci s'entend comme l'équilibre entre les apports liés à l'alimentation et les dépenses occasionnées par l'activité physique.

**Graphique 1**  
Évolution de la consommation de viandes depuis 2000 dans l'Union européenne à quinze États-membres \* (base 100 en 2000 – Source : FranceAgriMer, 2015)



**Graphique 2**  
**France : évolution de la consommation de viandes depuis 1970**  
 (toutes viandes confondues, en kg équivalent carcasse / habitant / an)  
 Source : FranceAgriMer, 2015



Le continent européen est le plus gros consommateur de produits laitiers par tête et la France se distingue particulièrement avec une consommation annuelle par habitant d'environ 380 kg en équivalent lait <sup>25</sup>. Celle-ci tend certes légèrement à diminuer (de l'ordre de 7 % entre 1995 et 2012 <sup>26</sup>), mais l'évolution démographique contribue à maintenir le niveau global de la demande. La consommation de viande est de 83 kg équivalent carcasse par habitant et par an dans l'Union européenne à quinze États-membres (UE – 15) comme en France et elle baisse dans tous les États-membres depuis 2001 où elle avait atteint son maximum à 89,3 kg <sup>27</sup> (Graphiques 1 et 2). Le phénomène est général dans tous les pays développés, Canada et États-Unis compris. La baisse affecte surtout la viande bovine et ovine, alors que la consommation de volaille s'accroît. Le repli s'explique d'abord par la crise économique : la réduction de la consommation s'est notamment accélérée avec la crise de 2008 <sup>28</sup>, les consommateurs privilégiant les charcuteries dont le prix a moins augmenté que celui de la viande et les viandes blanches moins chères que les viandes rouges. Mais d'autres phénomènes jouent aussi comme le vieillissement de la population, les crises sanitaires qui ont pu bousculer la confiance de certains consommateurs, les modifications des modes de vie et les argumentaires liés au bien-être animal ou à la préservation de l'environnement.

25 - CNIEL, 2014.  
 26 - FranceAgriMer, 2012.  
 27 - FranceAgriMer, 2012.  
 28 - FranceAgriMer, 2015.

### 2.3. Des questions de santé publique qui peuvent apparaître à terme

Compte tenu de leur teneur élevée en AAI et en micro-nutriments, l'apport de produits animaux est crucial pour les populations en sous-nutrition des pays en voie de développement et pour les populations souffrant de carences nutritionnelles <sup>29</sup>.

Dans les pays européens, ces apports sont en moyenne élevés et placent les populations apparemment à l'abri de carences nutritionnelles. Mais les données moyennes cachent une très forte variabilité selon les groupes de population. Selon une étude de 2010 du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (CreDoc), les petits consommateurs de viande de boucherie représentent 47 % de la population et sont surtout des célibataires, des individus au budget alimentaire faible, des personnes âgées et des femmes. À l'inverse, les gros consommateurs (29 % de la population) sont plutôt des familles nombreuses, des hommes et des personnes obèses. Compte tenu de cette variabilité, la réduction continue de la consommation pourrait avoir des conséquences pour les populations les plus exposées aux risques de carence. Deux risques non négligeables sont à considérer :

- ◆ Le premier concerne les carences en fer des femmes. En France, les dernières données disponibles issues d'enquêtes épidémiologiques <sup>30</sup> indiquent que 39 % des femmes de 18 – 39 ans ont des réserves faibles en fer et que 17 % ont une déplétion caractérisée de leurs réserves. Ces taux restent élevés chez les femmes de plus de 30 ans puisque 18 % d'entre elles ont des réserves faibles et 12 % une déplétion caractérisée. Ces chiffres s'expliquent par des apports inférieurs aux besoins qui sont élevés chez les adolescentes et les femmes en âge de procréer. Lutter contre la carence en fer chez les femmes, notamment en situation de pauvreté, constitue d'ailleurs l'un des objectifs nutritionnels du PNNS. Enfin, un senior âgé de plus de 65 ans sur cinq est aussi en deçà des apports recommandés en fer hémérique <sup>31</sup>.
- ◆ Le second risque est celui de sarcopénie chez les personnes âgées. Les besoins en protéines sont plus élevés chez la personne âgée (1 gramme par kilo de poids vif, soit 20 % de plus que chez les jeunes adultes <sup>32</sup>), alors même que 25 % des seniors sont en deçà des apports nutritionnels

29 - Smith et al., 2013.  
 30 - Étude ENNS, 2006.  
 31 - CREDOC, 2003, 2007.  
 32 - AFSSA, 2007.



recommandés en raison de leur faible consommation de viande <sup>33</sup>. La prévalence de la sarcopénie serait de 10 % de la population des plus de 75 ans tant en France que dans les études internationales <sup>34</sup>. L'activité physique et surtout la nutrition constituent des axes majeurs de prévention. La viande, par sa richesse en protéines, son équilibre en AAI, sa richesse en AA ramifiés (notamment la leucine qui joue un rôle particulier dans le muscle) et la rapidité de sa digestion qui tend à stimuler la synthèse protéique musculaire offre un apport à privilégier pour cette population. Ces éléments prouvent que, du seul point de vue de la santé publique, il ne faut pas conclure trop rapidement à l'intérêt de réduire fortement sa consommation de produits animaux au seul motif de la réduction de la compétition pour la surface et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

### 3. LE CHALLENGE DE L'UTILISATION DES RESSOURCES : EFFICIENCE DE CONVERSION DES PROTÉINES VÉGÉTALES EN PROTÉINES ANIMALES

#### 3.1. Quelle unité fonctionnelle utiliser pour exprimer l'efficacité protéique des animaux ?

Le choix de l'unité fonctionnelle est toujours délicat car il affecte l'évaluation des performances. En production laitière, toutes les protéines produites sont consommables. La production d'œuf est dans le même cas à la différence près de la coquille qui ne contient pas de protéines. Pour autant, même si le principal produit reste le lait, l'élevage laitier produit aussi de la viande et il conviendrait de calculer une efficacité protéique intégrant les deux produits valorisés : ce qui pose la question de la méthode d'allocation entre le lait et la viande, avec des résultats différents selon les méthodes comme cela est bien montré dans le cas des émissions de gaz à effet de serre <sup>35</sup>. La même question peut se poser pour la ponte avec la valorisation de la poule de réforme. Cet aspect n'ayant jamais été considéré dans les publications sur l'efficacité de la valorisation des ressources protéiques, nous ne considérerons donc ici que les

protéines du lait ou de l'œuf produites à l'échelle d'un cycle de production.

Concernant la production de viande, les auteurs rapportent les quantités de protéines consommées au poids de carcasse ou de viande. Mais aucune de ces unités ne traduit précisément la quantité de protéines animales valorisables. La carcasse comprend la viande, ainsi que des os et du gras. En données moyennes des abattoirs français, elle représente 70 % du poids vif à l'abattage pour le porc (carcasse sans tête, ni pieds) et le poulet et 55 % pour les ruminants, sachant qu'elle varie notablement selon les races et l'âge à l'abattage de ces derniers. La viande représente <sup>36</sup> 77 % du poids de la carcasse du porc (soit 59 % du poids vif) et 70 % de celui des bovins (37 % du poids vif) <sup>37</sup>. Mais la production apporte aussi de nombreux sous-produits (os, viscères, sang, pattes, ...) regroupés dans le *cinquième quartier* et représentant des flux importants de protéines <sup>38</sup>. Une partie d'entre eux (sang, abats blancs et rouges, langue, museau, ...) entre dans la chaîne alimentaire, même s'ils ne sont pas comptabilisés dans le poids carcasse, alors qu'ils peuvent représenter jusqu'à 35 % des protéines dans le cas des porcs (charcuterie, ...), soit 4 % du poids vif. Les autres composants du cinquième quartier génèrent des *protéines animales transformées* (PAT) qui n'entrent pas dans la chaîne alimentaire. Elles constituent néanmoins un gisement important de protéines (400 000 tonnes par an, soit plus de 230 000 t de protéines) qui représente presque le quart de la quantité totale de protéines produites sous forme de viande à l'échelle nationale. Elles sont valorisées dans les aliments pour chiens et chats (73 % des débouchés), comme fertilisant (16 %) et dans les aliments des animaux terrestres et des poissons, essentiellement à l'export. Mais elles échappent à toute évaluation du rendement protéique lorsque celui-ci est rapporté à la carcasse. De même, ce dernier ne prend pas en compte la production de cuir qui représente 5 à 6 % du poids vif chez les bovins.

#### 3.2. L'efficacité globale de la production de protéines animales : un élément qui a créé le débat

L'efficacité azotée (protéique) globale d'un animal correspond au ratio entre les protéines contenues

33 - CREDOC, 2010.

34 - Rolland, 2003.

35 - Dollé et al., 2012.

36 - Données FranceAgriMer, 2013.

37 - D'autres données légèrement différentes sont citées dans la littérature. Ainsi, de Vries et de Boer (2010) ont retenu que la proportion de viande représentait respectivement 53, 56 et 43 % du poids vif pour les porcs, poulets et bovins.

38 - FranceAgriMer, 2013.

dans les produits et les protéines ingérées. Le reste de l'azote de la ration est rejeté dans l'urine et les fèces. Cette efficacité peut aussi s'exprimer par l'inverse du calcul précédent, c'est-à-dire par la quantité de protéines végétales consommées par kilogramme de protéines animales : cela traduit plus directement la compétition pour la ressource végétale entre l'aliment pour les animaux et pour l'homme.

Les données d'efficacité azotée globale ont été synthétisées lors de l'expertise collective *Élevage et Azote*<sup>39</sup> :

- ◆ Un porc à l'engraissement recevant une ration à base de céréales et de tourteaux de soja retient environ 30 à 35 % de l'azote qu'il ingère : autrement dit, il faut en moyenne 3 kg de protéines végétales pour produire 1 kg de protéines de porc.
- ◆ L'efficacité protéique est du même ordre de grandeur pour la production d'œuf.
- ◆ Elle est plus élevée dans le cas des poulets de chair : 40 % et même 45 % pour les souches les plus productives. Il faut donc 2,2 kg de protéines végétales pour faire 1 kg de protéines animales en moyenne. Mais l'efficacité est beaucoup plus faible dans le cas des poulets label ou bio, élevés durant 82 jours et non 40 comme les poulets de batterie : il faut alors 3,4 kg de protéines végétales pour faire 1 kg de protéines animales.
- ◆ L'efficacité est beaucoup plus faible chez les ruminants. Elle est minimale chez l'animal à l'entretien comme la vache adulte tarie, varie de 10 % (génisse laitière) à 20 % (jeune bovin viande) pour les animaux en croissance et en finition et s'avère la plus élevée chez les vaches laitières en lactation (28 à 30 %). Il faut donc plus de 3 kg de protéines végétales pour faire un kg de protéines laitières et entre 5 et 10 kg de protéines végétales pour faire un kg de protéines de bovins. Ces différences s'expliquent avant tout par le fait que les ruminants sont alimentés avec des régimes riches en fourrages, donc moins digestibles que ceux des monogastriques.

Les progrès de la génétique orientés vers l'accroissement de la productivité des animaux ont conduit à un accroissement important et continu de l'efficacité. En élevage commercial, les producteurs de poulet standard sont passés de 2,1 kg de protéines végétales nécessaires pour obtenir 1 kg de protéines animales à seulement 1,9 kg aujourd'hui<sup>40</sup> et, en élevage porcin, de 2,9 à 2,7 kg. Ces gains d'efficacité sont quasi linéaires depuis plus de quarante ans. Chez la vache

laitière, l'efficacité s'améliore aussi avec le potentiel génétique laitier des animaux : elle croît de 5 % par tranche de 1 000 kg de lait par vache laitière et par an. L'autre facteur majeur affectant l'efficacité protéique globale est l'équilibre en protéines de la ration. Tout excès d'apport se traduit par un accroissement des rejets, sans modifications sensibles de la rétention. Cet aspect a été très étudié depuis une vingtaine d'années afin de réduire les rejets d'azote dans le milieu naturel. Chez le porc à l'engrais, la rétention azotée pourrait s'accroître jusqu'à 60 % (soit 1,6 kg de protéines végétales pour faire 1 kg de protéines animales) grâce à une alimentation multiphasées et de précision régulant les apports au plus juste, avec des régimes parfaitement équilibrés en acides aminés et contenant peu d'acides aminés non indispensables<sup>41</sup>. Chez le poulet standard, les souches actuelles nécessitent des rations toujours riches en protéines (19 % de l'aliment) pour extérioriser le potentiel de croissance. Chez la vache laitière, l'efficacité est maximale (environ 30 %) avec les rations à base de maïs ensilage et fourrage pauvre en protéines que l'on peut compléter précisément avec du tourteau de soja, mais elle peut être inférieure à 20 % avec les rations à base de fourrages verts souvent très riches en protéines<sup>42</sup>. En se fondant sur cet argument, plusieurs travaux ont ainsi proposé de réduire la part de l'herbe pâturée dans les rations des ruminants au profit du maïs ensilage, mais en faisant abstraction de l'aptitude des surfaces fourragères à valoriser l'azote des restitutions.

### 3.3. L'efficacité de la production animale exprimée par rapport aux protéines comestibles : un nouveau regard sur la contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire mondiale

La compétition entre alimentation animale et humaine ne porte en fait que sur les protéines consommées par les animaux et qui pourraient l'être directement par les humains. Pour avoir une vision non biaisée de la contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire, il faut donc utiliser la quantité de protéines animales comestibles produites par kilogramme de protéines végétales comestibles par l'homme et consommées par les animaux :

39 - Peyraud et al., 2012.  
40 - SNIA, 2014.

41 - Cf. les travaux sur la nutrition animale : Durmad et al., 1993 ; Bourdon et al., 1995.  
42 - Peyraud et al., 1995.

- ◆ Si le ratio est supérieur à 1, le système contribue positivement à la sécurité alimentaire.
- ◆ S'il est inférieur à 1, le système consomme davantage de protéines potentiellement comestibles par l'être humain qu'il n'en produit.
- ◆ Si le ratio est de 1, le système est neutre du point de vue de la sécurité alimentaire.

Mais ce ratio ne considère pas les différences de valeur nutritionnelle entre protéines animales et végétales. En les prenant en compte, on peut penser qu'un ratio de 0,8 suffirait pour, au moins, maintenir l'équilibre puisqu'il faut ingérer moins de protéines animales que de protéines végétales pour couvrir les besoins protéiques.

### 3.3.1. Évaluation de la proportion de protéines consommables dans les végétaux

Pour réaliser ces calculs d'efficacité, la première question est de connaître la proportion de protéines comestibles contenue dans les végétaux. Ces données varient fortement selon les auteurs (*Tableau 2*). Les différences résultent en partie du fait que les évaluations ne sont pas encore standardisées et n'ont pas donné lieu à une évaluation systématique, mais aussi du fait que ces fractions sont très variables selon les pays (aspects culturels, traditions culinaires) et selon les procédés technologiques utilisés, ces derniers pouvant eux-mêmes évoluer dans le temps. À titre d'exemple :

- ◆ Le blé tendre est comestible sous forme de graines entières (à cuire) ou de farine (panification). La farine comprenant environ 80 % des protéines de la graine initiale, la fraction de protéines comestibles par l'homme est en moyenne de 80 %.
- ◆ La paille n'est pas consommable alors que sa production représente 40 % de celle des grains : soit environ 3 tonnes de matière sèche à l'hectare.

Grâce à un minutieux travail de recensement conduit en Autriche, des chercheurs <sup>43</sup> ont ainsi exprimé cette proportion comestible selon plusieurs scénarios (*Tableau 2*). Le scénario faible correspond à une utilisation faible, le scénario moyen aux données moyennes de la littérature et le scénario élevé aux valeurs les plus hautes de la littérature, potentiellement atteignables avec des technologies innovantes ou des changements d'habitudes alimentaires comme l'accroissement de la consommation de grains entiers. Les fourrages et les co-produits des

céréales (son, gluten feed, drèches de brasserie, ...) et de la betterave (pulpes) ne contiennent pas de protéines comestibles. En revanche, une partie des protéines des tourteaux pourrait être extraite pour produire des concentrés et des isolats de protéines pour l'alimentation humaine.

### 3.3.2. Contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire

Dans le cadre de la FAO, des experts <sup>44</sup> ont calculé qu'à l'échelle mondiale, les animaux consommaient 74 millions de tonnes de protéines consommables par l'homme et produisaient 54 millions de tonnes de protéines animales. Cela correspond à un ratio de 1,4 kg de protéines végétales pour 1 kg de protéines animales, donc beaucoup plus faible que ceux rapportés en considérant les protéines totales des rations des animaux que nous avons présentés dans le *Chapitre 3.2*. Si nous prenons aussi en compte que la valeur biologique des protéines animales est plus élevée que celles des protéines végétales, il apparaît – en termes de nutrition protéique de l'homme – que les productions animales ont probablement moins d'impact qu'il n'est souvent rapporté.

De leur côté, les États-Unis ont constitué un groupe d'experts chargés d'évaluer la contribution des productions animales à la production de protéines alimentaires à partir de plusieurs cas d'étude correspondant à différents pays ayant des systèmes de production très contrastés en matière d'intensification, de génétique animale et de types d'alimentation <sup>45</sup> (*Tableau 3*). Il apparaît que l'efficacité de conversion des protéines végétales consommables par l'homme en protéines animales est très variable selon les situations : les productions animales peuvent être en forte compétition avec l'alimentation humaine, tout comme avoir une contribution très positive à la sécurité alimentaire des populations locales. Les ruminants laitiers sont en moyenne les plus efficaces car ils valorisent toujours beaucoup de fourrages, alors que les monogastriques restent alimentés avec des aliments plus riches. La production de viande bovine peut aussi avoir une contribution très positive (Argentine, Mexique, Corée, États-Unis), alors même que son efficacité globale est très faible (*cf. Chapitre 3.2*). Cela s'explique par le fait que la phase d'engraissement des animaux, basée sur une ration plus riche en concentrés à base de maïs et tourteaux de soja (*feedlots*), ne dure qu'une

43 - Ertl et al., 2015a.

44 - Steinfeld et al., 1997.

45 - Bradford et al., 1999.

**Tableau 2**  
**Pourcentage de protéines contenues**  
**dans les produits et éco-produits végétaux consommables par l'homme**

	Bradfort et al. (1999)	Wilkinson (2011)	Ertl et al. (2015b)		
			Bas	Moyen	Haut
Herbe	0	0	0	0	0
Ensilage de maïs	0	0	19	29	45
Blé	-	80	60	80	100
Orge	60	80	40	65	80
Maïs	60	-	-	-	-
Sorgho	60	-	-	-	-
Triticale			60	80	100
Son de blé	0	20	0	10	20
Drèches	0	-	-	-	-
Pulpes de betterave	0	20	0	0	0
Pois	-	80	70	80	90
Tourteau de colza	-	20	30	59	87
Tourteau de soja	70	80	50	71	92
Tourteau de tournesol	-	-	14	30	46
Tourteau de coton	0	-	-	-	-

période relativement courte et que ces bovins valorisent du pâturage une grande partie de leur vie, voire essentiellement de l'herbe comme en Argentine. Globalement, l'efficacité des animaux est d'autant plus élevée qu'ils valorisent des rations plus pauvres, mais ils sont alors moins productifs. Ainsi, en Corée du Sud, les animaux laitiers – qui bénéficient pourtant d'un potentiel génétique identique à celui des vaches américaines – sont alimentés avec des rations beaucoup moins riches en concentrés et contribuent de façon majeure à la production de protéines pour les populations locales. En Égypte et au Kenya, les rations distribuées aux bovins laitiers et viande sont essentiellement composées de fourrages de moindre qualité et, là encore, leur contribution est déterminante : l'efficacité tend vers l'infini car ces animaux ne mangent pratiquement pas de protéines consommables par l'homme. La FAO, elle aussi, rapporte des efficacités de l'ordre de 20 pour les élevages kényans et éthiopiens <sup>46</sup>. Enfin, ce rôle très positif de l'élevage se retrouve parfois avec les monogastriques : en Égypte et au Kenya, la contribution des volailles à la production locale de protéines est ainsi positive. Par contre, les élevages porcins ont une efficacité faible, quelle que soit la situation.

46 - FAO, 2011.

Plus récemment, des chercheurs ont commencé à évaluer la contribution des systèmes d'élevage européens. Les travaux consacrés à l'Angleterre <sup>47</sup> ont ainsi montré que les systèmes laitiers sont les plus efficaces et permettent de produire 1,4 kg de protéines de lait par kilogramme de protéines consommables par l'homme. La production de viande bovine valorisant beaucoup d'herbe est globalement neutre (efficacité de 0,95 rapportée au poids de carcasse). Par contre, les systèmes bovins viande utilisant beaucoup de concentrés ont une contribution négative (efficacité de 0,3). Les systèmes d'élevage de monogastriques sont intermédiaires avec une efficacité de 0,47 pour le poulet, 0,38 pour le porc et 0,43 pour les œufs. Les animaux à croissance rapide (monogastriques, bovins avec des rations riches en concentrés) nécessitent donc des alimentations plus riches pour extérioriser leur potentiel de production et, par conséquent, des sources protéiques davantage en compétition avec celles consommées par l'homme. Ces résultats, cohérents avec ceux présentés dans le *Tableau 3*, mettent en évidence une forte tension entre la nécessité d'avoir des croissances rapides pour satisfaire un besoin de production de masse et la nécessité de limiter la compétition entre l'animal et l'homme pour l'accès aux protéines : un compromis

47 - Wilkinson, 2011.

**Tableau 3**  
**Efficience\* de conversion des protéines végétales en protéines animales**  
**calculée en intégrant toutes les protéines ingérées (PT)**  
**ou seulement la fraction consommable par l'homme (PC)**

	Porcs		Poulets		Bovins viande		Œufs		Lait	
	PT	PC	PT	PC	PT	PC	PT	PC	PT	PC
Argentine	0,07	0,11	0,30	0,69	0,02	6,12	0,23	0,45	0,16	1,64
Égypte	0,09	0,43	0,24	1,63	0,02	-	0,15	0,88	0,10	-
Kenya	0,10	0,39	0,38	2,24	0,01	-	0,04	0,22	0,09	-
Mexique	0,08	0,21	0,33	0,83	0,02	4,39	0,19	0,38	0,11	1,06
Corée du Sud	0,16	0,51	0,34	1,04	0,06	6,57	0,19	0,31	0,19	14,30
États-Unis	0,19	0,29	0,31	0,62	0,08	1,19	0,24	0,36	0,21	2,08
Californie	0,19	0,30	-	-	-	nd **	0,23	0,47	0,23	2,26
Nebraska	0,17	0,29	-	-	0,08	0,37	0,24	0,33	0,20	2,04

\* La quantité de protéines végétales nécessaire pour produire 1 kilogramme de protéines animales correspond à l'inverse des données présentées dans le tableau.

\*\* nd : non déterminé.

Source : adapté de Bradford et al., 1999

qui apparaît plus facile à réaliser en élevage de bovins lait.

En France, le premier travail réalisé au sein du *GIS Élevage Demain* a caractérisé l'efficacité des différents systèmes laitiers à partir des données issues des cas-types des réseaux d'élevage et en reprenant les trois scénarios cités plus haut <sup>48</sup> concernant les taux de protéines consommables des matières premières (Tableau 4). Les résultats montrent que les systèmes herbagers ont une contribution positive à l'approvisionnement en protéines comestibles, quel que soit le scénario d'extraction retenu. En revanche, les systèmes plus intensifs, avec beaucoup de maïs, apparaissent moins efficaces, contrairement aux conclusions que l'on pouvait tirer à partir de l'analyse portant sur la seule consommation totale de protéines (cf. Chapitre 3.2.). En fait, l'accroissement de la production par animal s'opère grâce l'accroissement de la consommation de concentrés qui sont, en partie, directement consommables par l'homme et cela conduit, finalement, à réduire la contribution de l'élevage à la fourniture de protéines.

Des résultats similaires sont rapportés par les chercheurs ayant suivi trente exploitations laitières autrichiennes <sup>49</sup> où l'efficacité protéique est négativement corrélée à la quantité de concentré distribuée par kg de lait ( $r = -0,82$ ). Notons enfin que les résultats dépendent fortement des hypothèses prises concernant le taux de protéines consommables des diffé-

rentes matières premières : cela illustre que l'amélioration des technologies d'extraction des protéines des tourteaux à des fins d'alimentation humaine conduira à diminuer l'efficacité des systèmes de ruminants ainsi calculée. Entre 2000 et 2013, la consommation d'aliments composés par les bovins a augmenté de 194 à 230 grammes par litre de lait pour une production nationale constante en régime de quota et, surtout, de 0,86 à 1,50 tonne par tonne équivalent de viande bovine produite, soit un quasi-doublement <sup>50</sup>. On peut s'interroger sur cette évolution au double titre de la maîtrise des coûts alimentaires et de l'érosion progressive de l'atout des ruminants pour valoriser des ressources n'entrant pas en compétition avec l'alimentation humaine.

Les ruminants ont la capacité de produire des protéines de haute valeur nutritionnelle à partir de ressources non utilisables par l'homme. Dans un souci de sécurité alimentaire, cette aptitude est à maximiser dans des contextes très différents :

◆ Dans les conditions d'élevage très extensives de l'Australie, des chercheurs <sup>51</sup> ont montré qu'avec une finition à l'herbe, les productions bovine et ovine produisaient respectivement 7,9 et 2,9 kg de protéines de viande désossée par kilogramme de protéines végétale ingéré par les animaux et consommable par l'homme, alors que les systèmes avec finition à l'aliment concentré étaient en com-

48 - Ertl et al., 2015a (cf. Chapitre 3.3.1. et Tableau 2).

49 - Ertl et al., 2015.

50 - Agreste, 2015.

51 - Wiedemann et al., 2015.

pétition pour l'accès aux ressources protéiques végétales (respectivement 0,5 et 0,3 kg de protéines animale / kg de protéine végétale consommable).

- ◆ Dans des situations beaucoup plus intensives en climat tempéré humide, les systèmes laitiers néo-zélandais et irlandais basés sur une valorisation quasi exclusive de l'herbe arrivent à concilier des productivités de lait par hectare et une efficacité protéique très élevée. Les données du *National Farm Survey* irlandais montrent une efficacité de 1,5 kg de protéines lait par kilogramme de protéines végétales consommables par l'homme <sup>52</sup>. Dans le cadre des systèmes laitiers optimisés des essais du Teagasc à Moorepark <sup>53</sup>, l'efficacité de la production laitière atteint 4,8. Ces données démontrent les potentialités des vaches laitières conduites en systèmes herbagers pour assurer une production durable de protéines, surtout si l'on considère la différence de valeur nutritionnelle entre les protéines laitières et celles issues des végétaux. Enfin, il faut noter que ces performances sont obtenues avec des animaux ayant des productions laitières modérées : 5 100 kg par lactation pour la ferme irlandaise moyenne et 6 034 kg pour les essais de Moorepark.

#### 4. LE CHALLENGE DE L'UTILISATION EFFICIENTE DES SURFACES POUR ACCROÎTRE LA PRODUCTION DE PROTÉINES COMESTIBLES

La recherche d'une contribution plus importante de l'élevage à la sécurité alimentaire doit intégrer non seulement l'efficacité de conversion des protéines

végétales en protéines animales, mais aussi les types de surfaces utilisées, ainsi que les synergies éventuelles entre productions animales et productions végétales sur les territoires.

##### 4.1. La question de la production de protéines par les surfaces valorisées par les animaux

Il est clair que la production de graines conduit à une production beaucoup plus importante de protéines comestibles par unité de surface que la production de lait ou de viande car elle shunte l'étape de transformation par les animaux.

Les besoins en surface pour la production animale ont fait l'objet de peu de travaux. Des chercheurs <sup>54</sup> ont calculé les surfaces totales nécessaires pour la production animale par des approches de type *analyse de cycle de vie*. Dans les systèmes conventionnels, les valeurs moyennes varient :

- ◆ 5 à 6,5 mètres carrés (m<sup>2</sup>) pour produire un kilogramme de poulet ou de porc : soit environ 180 à 220 kg de protéines de viande par hectare
  - ◆ 4,5 à 6 m<sup>2</sup> pour un kg d'œuf : soit 210 à 280 kg de protéines d'œuf / ha
  - ◆ 1,2 à 1,5 m<sup>2</sup> par litre de lait : soit 200 à 250 kg protéines / ha
  - ◆ 20 à 25 m<sup>2</sup> / kg de poids vif de bovin à l'engraissement : soit 30 à 80 kg de protéine de viande / ha.
- Comparés à la production conventionnelle, les systèmes alternatifs nécessitent 15 à 20 % de surface en plus pour produire du porc label rouge <sup>55</sup> ou un poulet sur parcours <sup>56</sup>. Les surfaces varient presque

52 - Hennessy et Moran, 2014.  
53 - Coleman et al., 2010.

54 - Travaux synthétisés par de Vries et de Boer, 2010.  
55 - Basset-Mens et Van der Werf, 2005.  
56 - Williams et al., 2006.

Tableau 4

#### Évaluation de la contribution des systèmes laitiers à l'approvisionnement en protéines

	Systèmes	Lait (kg / vache)	Scénario d'extraction		
			Faible	Moyen	Élevé
A	Spécialisé Lait – Plaine >30 % maïs ensilage	8 200	1,05	0,69	0,50
B	Spécialisé Lait – Plaine 10 - 30 % maïs ensilage	7 300	1,36	0,89	0,65
C	Spécialisé Lait – Plaine <10 % maïs ensilage	6 000	2,64	1,82	1,39
D	Spécialisé Lait – Montagne Piémont >10 % maïs ensilage	7 450	1,14	0,75	0,55
E	Spécialisé Lait – Montagne Piémont <10 % maïs ensilage	6 200	2,09	1,43	1,10
F	Polyculture - Lait – Plaine >30 % maïs ensilage	8 450	1,12	0,73	0,53
G	Polyculture - Lait – Plaine 10 – 30 % maïs ensilage	8 500	1,53	0,97	0,69
H	Polyculture - Lait – Plaine <10 % maïs ensilage	7 350	1,15	0,77	0,59

Source : données Institut de l'Élevage, traitement S. Laisse, non publié

du simple au double selon les systèmes de production bovine, mais les systèmes naisseurs nécessitent le plus de surface <sup>57</sup>. Toutefois, ces valeurs doivent être interprétées avec précaution car elles n'intègrent pas toutes les protéines produites par les animaux (cf. *Chapitre 3.1.*).

Des chercheurs <sup>58</sup> ont récemment calculé la surface actuellement utilisée pour la production porcine sur l'ensemble du cycle de production (élevage des truies, des porcelets et engraissement) dans cinq pays européens représentant les deux tiers de la production communautaire : Allemagne, Espagne, Danemark, France et Pologne. Celle-ci varie peu entre les pays : il faut en moyenne 4 m<sup>2</sup> / kg porc (variation de 3,6 à 4,3), ce qui correspond à une production d'environ 300 kg de protéines consommables (viande et une fraction du cinquième quartier – cf. *Chapitre 3.1.*) à laquelle il convient d'ajouter une trentaine de kg de protéines qui seront valorisées sous forme de *protéines animales transformées* (PAT). Par comparaison, 1 hectare de blé produisant 8 tonnes de matière sèche à 12 % de protéines ou 1 hectare de pois destiné à la conserverie produisant 3 tonnes de matière sèche à 22 % de protéines donnent respectivement 780 et 540 kg de protéines consommables, 20 % des protéines n'entrant pas dans la chaîne alimentaire (*Tableau 2*). Cette différence de productivité serait à pondérer par le fait que ce sont des protéines beaucoup moins aptes à couvrir les besoins nutritionnels de l'homme, même lorsqu'elles sont utilisées en association pour améliorer le profil en AAI (*Tableau 1*).

Dans le cas des ruminants, les calculs précédents prennent en compte toutes les surfaces : y compris celles sur lesquelles il est impossible de produire des cultures annuelles, alors que, justement, les ruminants peuvent contribuer à la sécurité alimentaire en valorisant des surfaces herbagères non utilisables pour d'autres productions alimentaires ou qui conduiraient à de très faibles rendements en cultures annuelles. Autrement dit, ils ne sont alors pas en compétition avec la production de protéines végétales. À l'échelle de la planète, 3,35 milliards d'ha sont ainsi valorisés <sup>59</sup> par plus de 360 millions de bovins et 600 millions de petits ruminants qui fournissent 25 % des produits animaux. Dans nos conditions européennes, les prairies permanentes et les landes et parcours couvrent 73 millions d'hectares, soit 40 % de la surface agricole utile <sup>60</sup>. En France, les prairies permanentes représentent plus de

10 millions d'hectares et sont notamment à la base de l'activité agricole de toutes les zones de montagnes humides.

En zone de plaine plus fertile, la question des rendements relatifs entre la production de protéines par les ruminants ou par les productions végétales peut être posée, compte tenu des écarts de valeur nutritionnelle entre les produits obtenus et, dans le cas de la prairie, des services éco-systémiques rendus. En production laitière, les données des réseaux d'élevage montrent que, dans les systèmes herbagers, la production moyenne est de 6 000 kg de lait par hectare de surface fourragère : soit 180 kg de protéines à l'hectare <sup>61</sup>. Cette productivité peut apparaître relativement faible, d'autant qu'elle nécessite l'apport de l'équivalent de 0,015 ha de céréales pour couvrir les besoins du troupeau. Mais les vaches ont alors produit plus de 2 kg de protéines laitières pour 1 kg de protéines végétales consommables par l'homme et utilisées par les animaux et elles ont entretenu un hectare de prairie. Des productivités plus élevées sont rapportées en Irlande où la ferme moyenne produit 300 kg de protéines laitières par hectare d'herbe <sup>62</sup> et dans les essais du Teagasc où elle atteint 440 kg / ha <sup>63</sup>. Ces données montrent qu'il existe des marges de manœuvre pour les systèmes français où la prairie est souvent sous-valorisée par les éleveurs. Mais ces résultats dépendent aussi des rendements relatifs des productions végétales sur les surfaces considérées. Ainsi, en Californie, une production plus importante de protéines comestibles a été obtenue à partir de luzerne valorisée par des vaches laitières (800 kg / ha) que par une culture de blé (460 kg) car la productivité de la luzerne était beaucoup plus élevée que celle du blé (16,2 *versus* 4,1 tonnes de matière sèche / ha), la luzerne étant produite sans apport de N minéral, mais avec une irrigation plus élevée que sur le blé (146 vs 61 cm) <sup>64</sup>. L'intensification de l'élevage laitier mérite d'être analysée au regard de son intérêt pour la fourniture de protéines. Certes, les systèmes intensifs à base d'ensilage de maïs produisent davantage de protéines laitières à l'hectare (270 kg) que les systèmes très herbagers (180 kg) <sup>65</sup>, mais ils nécessitent, en retour, d'acheter plus de soja et de céréales pour nourrir le troupeau. Pour analyser les conséquences sur la productivité réelle en protéines consommables de ces effets multiples, nous avons simulé une ferme laitière

57 - Williams et al., 2006.

58 - Ermgassen et al., 2016.

59 - Serré et Steinfield, 1996.

60 - Eurostat, 2009.

61 - Réseaux d'élevage, 2013.

62 - Hennessy et Moran, 2014.

63 - Coleman et al., 2010.

64 - Bradford et al., 1999.

65 - Données des réseaux d'élevage en 2013.

disposant de 75 hectares de surface agricole utilisée (SAU) et produisant 400 000 litres – soit 12 000 kg de protéines laitières – dans le cadre d'un système intensif à l'animal, utilisant beaucoup d'ensilage de maïs *versus* un système herbager peu intensif à l'animal (Tableau 5). Pour le même niveau de production laitière, comparé au système herbager, le système intensif :

- ◆ libère de la surface permettant de produire des céréales
- ◆ produit davantage de protéines laitières par hectare de fourrage (261 vs 166 kg), mais un peu moins de protéines par la viande car le troupeau compte moins de vaches
- ◆ produit plus de protéines par les cultures du fait des surfaces libérées
- ◆ nécessite l'achat de davantage de soja et d'un peu plus de céréales pour nourrir le troupeau.

Au final, la productivité de protéines totales consommables est peu différente entre les deux systèmes, mais le système laitier à base de maïs est beaucoup moins efficace que le système herbager : respectivement 0,6 et 2,0 kg de protéines animales par kg de protéines végétales consommables. La productivité nette des deux systèmes sera en fait fortement

influencée par l'intensité de la valorisation des protéines de soja dans l'alimentation humaine : si celle-ci croît de 50 à 70 % (Tableau 2), le système intensif n'aura plus qu'une production nette de 150 kg de protéines contre 7 300 kg pour le système herbager.

#### 4.2. Complémentarité entre animal et végétal pour accroître le potentiel nourricier des surfaces : l'animal recycleur

Au-delà de la comparaison de la productivité en protéines des surfaces, il convient d'analyser, à l'échelle des territoires, les complémentarités ou les compétitions entre productions animales et végétales pour accroître la conversion de la biomasse totale produite en protéines comestibles.

Des chercheurs<sup>66</sup> ont simulé, par programmation linéaire, la surface nécessaire pour nourrir une population donnée, en fonction de la proportion de protéines animales dans l'alimentation dans le contexte

66 - Van Kernebeck et al., 2014.

Tableau 5

Simulation de la production nette de protéines consommables dans le cas de deux systèmes laitiers

Prairie	Système maïs	Système herbe
<b>Caractéristiques de l'exploitation</b>		
Surfaces : herbe – ensilage maïs – cultures de vente (ha)	12,9 – 35,5 – 26,6	72,1 – 0,0 – 2,9
Rendements : herbe – ensilage maïs – céréales (tonnes MS* / ha)	7,0 – 12,0 – 7,0	8,0 – / – 6,0
Nombre de vaches laitières (et UGB * totaux avec génisses)	50 (83,3)	63 (98,9)
Chargement (UGB / hectare de surface fourragère)	1,72	1,37
Lait (kilogrammes / vache / an)	8 700	6 900
Lait produit (kilogrammes / hectare surface fourragère)	8 264	5 547
<b>Production de protéines consommables</b>		
Lait	12 000	12 000
Viande (vaches de réforme et veaux vendus)	930	1 163
Cultures de vente	17 900	2 088
Besoins en tourteaux de soja (tonnes / an)	77,0	9,1
Besoins en céréales (tonnes / an)	49,5	46,8
<b>Protéines** distribuées aux troupeaux</b>		
Tourteaux de soja (kilogrammes / an)	18 400	2 184
Céréales (kilogrammes / an)	4 752	4 492
Production de protéines consommables (kilogrammes)	678	8 475

\* MS : matière sèche ; UGB : unités de gros bovins

\*\* Protéines consommables par l'homme, en admettant que 50 % des protéines de soja et 80 % de celles du blé le soient.

Source : Delaby et Peyraud, non publié



des Pays-Bas : c'est-à-dire avec un régime typique du pays à base de blé, de tubercules (pomme de terre, betterave), de haricot, de lait et viande de ruminant et de porc. Leurs résultats (*Graphique 3*), pour nourrir une population de 15 ou 25 millions d'habitants, montrent que :

- ◆ La surface est utilisée plus efficacement lorsque les productions animales couvrent 12 % des apports protéiques totaux journaliers. En d'autres termes, une alimentation entièrement « *végane* » conduit à réduire l'efficacité d'utilisation du territoire, notamment du fait que les co-produits des végétaux ne sont plus valorisés pour produire des protéines consommables.
- ◆ Au-delà de 12 % de protéines animales dans l'alimentation, des cultures supplémentaires doivent être produites pour nourrir les animaux.
- ◆ À 25 – 30 %, on retrouve le besoin en surfaces nécessaire pour alimenter une population « *végane* ».
- ◆ À 50 %, le besoin en surface s'accroît de 25 %.

Par contre, si la population s'accroît fortement (40 millions d'habitants), les besoins alimentaires ne peuvent être couverts qu'en utilisant – en plus des terres les plus fertiles – des surfaces peu fertiles, non valorisables par des productions végétales, mais seulement par des animaux (ruminants), donc sans compétition avec les cultures. De façon contre-intuitive, la couverture des besoins de la population conduit alors à accroître légèrement la part de protéines animales dans l'alimentation. D'autres travaux ont aussi rapporté que des régimes végétariens pouvaient nécessiter davantage de surface pour nourrir la population que des systèmes comportant une proportion modérée de viande <sup>67</sup>.

Ces premières simulations prouvent que l'évaluation de la contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire dépasse la seule évaluation de son efficacité et qu'il y a lieu de rechercher les conditions d'une meilleure complémentarité entre filières de productions afin de valoriser au mieux les terres agricoles à des fins de production alimentaires, tout en minimisant les impacts de la production sur l'environnement. Les équilibres et les modalités de production doivent être raisonnés à l'échelle locale afin de prendre en compte les spécificités en termes de potentiel de production des milieux, des infrastructures de communication et la présence de bassins de consommation.

Parmi ces enjeux, celui de la reconnexion entre élevage et cultures apparaît essentiel. La spécialisation et la concentration des élevages dans certains terri-

toires (Bretagne, Belgique, Pays-Bas, Danemark, ...) a conduit à accroître les importations de protéines : l'Union européenne importe aujourd'hui 3 millions de tonnes de protéines <sup>68</sup>. Cela a réduit d'autant l'efficacité protéique de l'élevage et accru les émissions d'azote réactif en concentrant les apports sur quelques régions de faible surface <sup>69</sup>. Parallèlement, la spécialisation et la simplification des rotations céréalières dans d'autres territoires ont appauvri les sols en matière organique <sup>70</sup> et conduit à une utilisation importante de produits phytosanitaires, voire, aujourd'hui, au plafonnement des rendements. Une meilleure complémentarité entre animal et végétal, à des échelles spatiales allant de l'exploitation à des échelles régionales, offre des opportunités pour accroître l'efficacité des agro-systèmes en optimisant les interactions écologiques et le recyclage des éléments. Ces systèmes peuvent en effet limiter le recours aux engrais minéraux de synthèse grâce à l'introduction de légumineuses fourragères ou à graines valorisables par les animaux <sup>71</sup> et au recyclage des effluents d'élevage utilisés sous forme de lisier en remplacement des engrais minéraux <sup>72</sup> ou de fumiers et compost pour maintenir la matière organique <sup>73</sup>. Ils contribuent aussi à mieux boucler les cycles de l'azote, du phosphore et du carbone par le choix de rotations appropriées, souvent plus longues et incluant notamment de la prairie qui permet aussi de réduire l'utilisation des pesticides <sup>74</sup>. Quelques céréaliers ont ainsi réintroduit des troupeaux de moutons sur leur exploitation en raison de leur aptitude à valoriser les surfaces à contraintes environnementales comme les *cultures intermédiaires piège à azote* (CIPAN) par des pâturages d'août à décembre, ainsi que d'autres productions de l'exploitation comme la luzerne, la paille et nombre de co-produits souvent disponibles en grande quantité et à faible prix dans les régions céréalières (pulpes de betteraves, drèches de blé, ...). En contrepartie, le fumier produit est utilisé très efficacement sur les têtes de rotation. Un troupeau de 200 brebis produit 710 kg d'azote (N), 770 kg de phosphore (P) et 1 050 kg de potasse (K) permettant de fertiliser une quinzaine d'hectares chaque année et réduisant d'autant les coûts de la fertilisation. Le fumier contribue aussi à apporter de la matière organique sur les sols.

68 - Galloway et al., 2008.

69 - Peyraud et al., 2012.

70 - Arrouays et al., 2002 ; Kuickman et al., 2002.

71 - Peyraud et al., 2015.

72 - Leterme et Morvan, 2010.

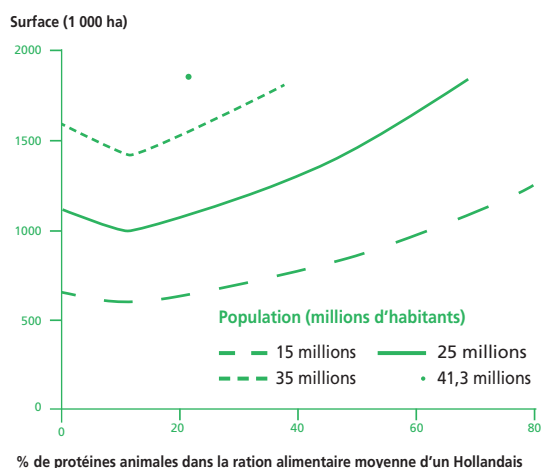
73 - Peyraud et al., 2012.

74 - Raison et al., 2008.

67 - Peters et al., 2007.

Graphique 3

Surface nécessaire pour nourrir une population donnée en fonction de la part de protéines animales dans l'alimentation et du niveau de la population  
(Source : Van Kernerbeck et al., 2014)



#### 4.3. Produire des protéines animales sans utiliser de grains : mythe ou possibilité ?

Nourrir les animaux essentiellement à partir de ressources non utilisables en alimentation humaine peut être considéré comme une évolution conceptuellement intéressante en termes de sécurité alimentaire mondiale. Comme nous l'avons vu, les données des chercheurs <sup>75</sup> montrent qu'il est techniquement possible de produire du lait uniquement à partir d'herbe conservée et de co-produits de céréales, sans utiliser d'amidon pour des vaches à niveau de production modéré (27 kg / jour). Mais cela est beaucoup plus difficile en élevage de monogastriques.

La question est alors de déterminer quel niveau de production animale peut être atteint compte tenu de la disponibilité des ressources, quel type de production animale peut se développer, avec quel type de système de production et les limites d'un tel scénario. Dans le cadre d'une étude pour la FAO, des experts <sup>76</sup> ont simulé, au niveau mondial, différents scénarii correspondant à des parts croissantes de protéines issues de co-produits non utilisables en alimentation humaine dans l'alimentation des animaux, avec l'objectif de maintenir les apports énergétiques

75 - Ertl et al., 2015b.

76 - Schader et al., 2015.

et protéiques moyens de la population, l'une des variables d'ajustement étant le niveau de la production animale. Comparativement au scénario tendanciel maintenant en l'état l'alimentation des animaux, le scénario maximisant l'utilisation des co-produits (Tableau 6) conduirait, en 2050, à :

- ◆ Une diminution très forte de la production animale, ainsi que de la part des protéines animales dans l'alimentation. Cette baisse serait liée à la diminution du nombre d'animaux qu'il est possible de nourrir avec la biomasse disponible et à une réduction de 20 % de leurs performances individuelles du fait de rations moins bien équilibrées.
- ◆ La production de protéines animales serait majoritairement assurée par les ruminants capables de valoriser des ressources pauvres.
- ◆ Même si les systèmes de ruminants utilisant de la cellulose sont davantage émetteurs de gaz à effet de serre par unité de produit que les systèmes intensifs ou les élevages de monogastriques, les émissions totales de GES diminueraient car la baisse du besoin en surfaces arables pour l'alimentation animale ferait plus que compenser l'accroissement des émissions du secteur des ruminants.
- ◆ Reste à savoir si des rations ne comportant que 11 % de produits animaux ne seraient pas à l'origine de carences nutritionnelles.

D'autres experts <sup>77</sup> ont étudié trois scénarii d'évolution de l'élevage dans les conditions de la Suède en considérant, d'une part, que la production animale devait se réduire à ce qu'il est possible de produire à partir des prairies et des co-produits non utilisables en alimentation humaine et, d'autre part, que les terres arables devaient être réservées en priorité à l'alimentation humaine à base de végétaux. Ils ont étudié les conséquences de leurs scénarii sur la composition de l'alimentation des habitants en faisant l'hypothèse d'une alimentation locale (pas de changement dans les importations) et ont comparé les données aux apports actuels et aux apports nutritionnels recommandés (Tableau 7). Les trois scénarii conduisent tous à une très forte réduction de la consommation de viande et de produits laitiers, ainsi que – sans surprise – à la réduction des émissions de GES et des besoins en surface pour nourrir les troupeaux :

- ◆ La consommation annuelle de viande (désossée) passe de 50 kg à 11 – 21 kg selon les scénarii. La consommation de viande de bœuf et de poulet est, dans tous les cas, très fortement affectée et reste inférieure aux niveaux d'apports recommandés

77 - Rööös et al., 2016.

nationalement. Par contre, celle de porc n'est réduite en deçà des recommandations que dans le cas du scénario *lait intensif* et la consommation de lait et fromage ne diminue en deçà des recommandations que pour les scénarii *lait extensif* et *viande bovine*.

- ◆ Au final, la teneur en protéine de l'alimentation moyenne est fortement réduite. Elle reste certes supérieure aux valeurs minimales recommandées, mais les marges de sécurité sont réduites d'autant que le profil nutritionnel des AAI peut se dégrader suite à la diminution de la consommation de produits animaux.
- ◆ L'accroissement des besoins en graines conduit à diversifier les cultures, ce qui peut être intéressant. Mais l'accroissement des surfaces cultivées au détriment de la prairie conduit aussi à accroître l'utilisation des produits phytosanitaires et à perdre les atouts environnementaux procurés par la prairie semée. Enfin, l'accroissement considérable des besoins en légumineuses dans les scénarii *lait extensif* et *bovins viande* pose des problèmes agronomiques de gestion des rotations.

Ces résultats montrent combien il est difficile de tirer des conclusions univoques liées à de nouveaux équilibres entre végétal et animal dès lors qu'on en raisonne globalement les conséquences. Au demeurant, le travail ne quantifie pas les effets sur les risques de carence (Fer, Ca, vit B12, acides gras spécifiques du règne animal comme l'acide ruménique) sur les populations les plus exposées.

#### 4.4. Valoriser des sources alternatives de protéines pour la production animale

L'accroissement de la demande en viandes sera, en grande partie, couverte par des élevages hors sol qui permettent une forte intensité de production avec des cycles relativement courts. Par contre, ces élevages entrent, en partie, en compétition avec l'alimentation humaine et des sources alternatives de protéines seront nécessaires pour couvrir la demande mondiale. Une voie de progrès consiste à utiliser de nouvelles ressources protéiques pour nourrir les animaux. Parmi les pistes envisageables, se trouvent le recyclage des déchets alimentaires et l'utilisation des protéines d'insectes pour nourrir les monogastriques.

##### 4.4.1. Et si les restes alimentaires étaient à nouveau recyclés par les animaux ?

Traditionnellement, les restes alimentaires étaient recyclés par les animaux, en particulier les porcs qui sont omnivores. Mais l'utilisation de ces déchets a diminué avec l'intensification de la production, bien qu'il s'agisse d'aliments de bonne valeur et ne nécessitant pas de surfaces de production. Finalement, utiliser les déchets de restaurants, des cuisines centrales et des particuliers a été interdit dans l'Union européenne en 2002 <sup>78</sup> pour des raisons sanitaires suite à la crise de la *vache folle* (ESB) survenue à la

78 - EC, 2002.

Tableau 6

**Effet de deux scénarii d'utilisation de la biomasse végétale pour produire des protéines animales sur les effectifs d'animaux, la teneur en protéines animales dans l'alimentation de la population et l'impact de la production animale sur l'environnement**

	Actuel	Tendancier 2050	Utilisation exclusive de co-produits
Part de la viande dans l'alimentation (% protéines)	34	38	11
Effectifs de bovins (milliards)	1,39	1,85	1,45
Effectifs de buffles (milliards)	0,18	0,27	0,26
Effectifs d'ovins (milliards)	1,10	1,60	1,34
Effectifs de caprins (milliards)	0,86	1,39	1,18
Effectifs de porcins (milliards)	0,92	1,17	0,11
Effectifs de poulets (milliards)	17,6	33,9	5,2
Émissions de gaz à effet de serre (Gt eq CO <sub>2</sub> )	11,0	12,8	10,4
Terres arables utilisées (milliards hectares)	1,54	1,63	1,20

Source : Schader et al., 2015

fin des années quatre-vingt-dix. Résultat : sur un volume communautaire de biomasse estimé à environ 100 millions de tonnes, seuls 3 millions de tonnes de produits secs issues des industries agro-alimentaires (biscuiteries, ...) sont recyclés en alimentation animale et 2 millions de tonnes supplémentaires pourraient l'être en l'état de la réglementation <sup>79</sup>. Il est intéressant de noter que, sur la même période, le Japon, la Corée du Sud ou Taïwan ont promu l'utilisation des résidus alimentaires dans l'alimentation animale. Les Japonais ont mis en place des règlements stricts pour la collecte et le stockage et, aujourd'hui, 40 % des déchets alimentaires du pays sont convertis par les animaux <sup>80</sup>.

79 - EFFPA, 2014.

80 - Kim et Min, 2010.

Des scientifiques <sup>81</sup> ont mis en évidence une diminution linéaire du besoin en surfaces pour la production porcine avec l'accroissement de la teneur en restes alimentaires dans la ration des animaux (- 10 % de surface par tranche de 10 % d'incorporation) car cette ressource se substitue à 1:1 avec l'aliment porc classique, sans modifier la vitesse de croissance des porcs, ni l'indice de consommation. De plus, l'incorporation de déchets alimentaires n'a pas d'effets décelables sur la qualité des carcasses et de la viande, y compris lors de tests organoleptiques réalisés en aveugle par des jurys.

Pour autant, l'utilisation des restes soulève des questions. Elle impose des traitements à la chaleur, ainsi que la détection préalable de contaminants. Mais,

81 - Ermgassen et al., 2016.

Tableau 7

**Effet de la réduction forte, voire de la suppression des céréales pour l'alimentation des animaux sur la composition de l'alimentation des Suédois et les paramètres environnementaux**

	Apports actuels	Apports nutritionnels recommandés	Scénario Lait Intensif *	Scénario Lait Extensif **	Scénario Bovins viande ***
<b>Consommation</b>					
Viande (grammes / semaine)	1 000	800	200	400	400
Œufs (nombre / semaine)	4	3	0	3	3
Céréales (g sec / semaine)	1 200	1 920	1 860	2 100	2 220
Légumes (g sec / semaine)	30	90	90	150	210
Lait (ml / jour)	300	350	350	150	0
Fromage (g / jour)	50	30	30	10	0
<b>Protéines (% énergie)</b>	<b>17</b>	<b>10 – 20</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>
<b>Utilisation de la surface agricole (SAU)</b>					
Prairies permanentes (ha)	15	-	15	15	15
Prairies temporaires (ha)	40	-	32	21	14
Cultures annuelles (ha)	47	-	53	64	71
<b>Impact environnemental annuel</b>					
Surface (% de l'actuelle)	-	-	- 58	- 50	- 42
Émission (t éq CO <sub>2</sub> / habitant)	-	-	0,62	0,43	0,36

\* Le scénario *Lait intensif* (9 300 kg lait / lactation) maximise l'utilisation des prairies semées et d'une partie des prairies permanentes, ainsi que des co-produits, l'engraissement des mâles issus du troupeau laitier et non castrés pour maximiser leur croissance et une production de porc maintenue grâce à la valorisation du lactosérum, des restes de biscuiterie et d'un minimum de céréales et légumineuses pour équilibrer l'aliment.

\*\* Le scénario *Lait extensif* (4 600 kg lait / lactation) produit, à partir des prairies permanentes, des veaux engraisés à l'herbe et avec un peu de co-produits. Le reste des co-produits est valorisé pour la production de porc, d'œufs et de poulet.

\*\*\* Utilisation de troupeaux allaitants pour valoriser les prairies permanentes et utilisation des co-produits pour la production de porc, œufs et poulet. Pas de production de lait.

Source : Rööös et al., 2016

surtout, elle pose un problème réglementaire car les *protéines animales transformées* (PAT) restent interdites dans l'alimentation des monogastriques et cela, de fait, exclut l'utilisation de restes alimentaires contenant de la viande. Enfin, elle soulève la question de l'acceptabilité par le public, même si les campagnes de communication sur les enjeux du recyclage ont eu des effets bénéfiques en termes d'acceptation de cette pratique par les consommateurs au point, aujourd'hui, de ne plus faire débat.

#### 4.4.2. Les insectes : une nouvelle source de protéines pour l'alimentation animale ?

Les insectes, tout au moins une partie d'entre eux, pourraient offrir une source protéique alternative en élevage, notamment dans le cas des volailles naturellement insectivores et, peut-être aussi, des porcs. Ces insectes peuvent être produits à partir de résidus organiques<sup>82</sup> avec un bon taux de conversion (un kilogramme d'insectes produit à partir de 2 kg de biomasse<sup>83</sup>) et ils sont riches en composés de bonne valeur nutritionnelle. Leurs teneurs en protéines varient selon les espèces : de 35 % pour les termites à plus de 60 % du poids sec pour les criquets et les grillons<sup>84</sup>. Elles varient aussi avec les stades de développement (larves ou nymphes) et l'alimentation. Enfin, les insectes accumulent des acides gras en quantité variable (de 8 à 36 % de la matière sèche) et la poudre d'insecte dégraissée peut ainsi constituer un aliment plus riche en protéines que le tourteau de soja.

Certains diptères (mouche commune, mouche « *soldat noir* ») et les larves de scarabées semblent offrir un bon potentiel de valorisation des déchets organiques et sont, de ce fait, les plus étudiés en alimentation animale. Les quelques données disponibles<sup>85</sup> laissent penser que la digestibilité des protéines des larves de mouches par le porc ou le poulet est au moins égale à celle des protéines de tourteau de soja et leur profil en AAI est proche de celui des protéines de soja. Il est possible d'introduire jusqu'à 15 % de poudre d'asticot dans les aliments des poulets et des poudeuses (10 % chez le porc) ou 10 % de poudre de scarabée sans affecter la croissance. Ces taux d'incorporation pourraient être accrus par un apport d'acides aminés de synthèse visant à corriger la com-

position en AA des différents insectes en fonction des besoins des animaux, les AA les plus limitants étant la méthionine, la thréonine et l'arginine.

Aujourd'hui, la principale limite à l'utilisation des protéines d'insectes dans l'alimentation animale reste son prix deux à dix fois plus élevé que celui du tourteau de soja et cette limite ne pourra se solutionner que par l'industrialisation de l'élevage des insectes. Rappelons enfin que, pour être intéressants en alimentation animale, les productions d'insectes ne doivent pas entrer en compétition avec l'alimentation humaine : ce qui va dans le sens d'un élevage valorisant des résidus de récolte ou des effluents d'élevage plutôt que des produits nobles comme, par exemple, la farine de blé.

## 5. CONCLUSION

La contribution des productions animales à la sécurité alimentaire ne peut pas s'évaluer simplement à l'aune de la consommation totale de protéines par les animaux. Elle doit l'être à travers la quantité de protéines végétales consommables par l'homme et utilisée par les animaux car les animaux sont capables de valoriser des co-produits et des fourrages sans valeur pour l'alimentation humaine. De même, s'il est clair que la productivité de protéines par hectare mobilisé reste presque toujours plus faible pour les productions animales que pour les productions végétales, les effets des associations entre types de production sont souvent beaucoup plus subtils que ne le laisse penser une approche comparative trop simpliste. La compétition entre alimentation animale et humaine est plus nuancée qu'il n'est souvent dit pour quatre raisons :

- ◆ Selon les filières et les méthodes de production, la production animale peut être en compétition avec l'alimentation humaine ou, au contraire, contribuer de manière importante à la fourniture de protéines.
- ◆ Bien que souvent mis en cause pour leurs émissions de méthane, les ruminants peuvent avoir une contribution très importante à la production de protéines lorsqu'ils valorisent des ressources celluliques non utilisables en alimentation humaine.
- ◆ Il existe une forte tension entre la nécessité d'avoir une production intensive de porcs et de volailles pour satisfaire un besoin de production de masse et la nécessité, dans le même temps, de limiter la compétition entre l'animal et l'homme pour l'accès aux protéines.

82 - Makkar et al., 2014.

83 - Collavo et al., 2005.

84 - Rumold et Schlüter, 2013.

85 - Synthétisées par Velkamp et Bosh, 2015.

◆ Le besoin en surfaces pour nourrir une population ne semble pas varier fortement (entre 0 et 25 – 30 % de protéines animales dans l'alimentation) du fait de l'aptitude des animaux à recycler beaucoup de co-produits et à valoriser des surfaces non utilisables pour les cultures. C'est seulement au-delà de 25 – 30 % que le besoin en surface semble s'accroître. Toutefois, cette valeur doit être précisée selon les situations, notamment la proportion de terres arables dans la surface agricole (SAU) totale. Par ailleurs, un apport de 25 – 30 % de protéines animales reste faible en regard des recommandations du *Programme national relatif à la nutrition et à la santé* (PNNS) de 2011 et il faut admettre qu'un régime équilibré (dans l'état actuel des connaissances) nécessite un peu plus de surface, même si cela ne pose pas problème dans les conditions européennes.

Dans ce contexte, deux stratégies complémentaires permettront d'accroître la contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire au plan mondial :

◆ La première consiste à accroître son efficacité, ce qui permettra à la fois de limiter l'utilisation des surfaces pour l'alimentation animale et de réduire les émissions dans l'environnement<sup>86</sup>. Cette voie inclut l'amélioration de l'alimentation des animaux, avec des apports calculés au plus juste en fonction des besoins, ainsi que la sélection d'animaux plus efficaces, mais aussi plus robustes pour limiter l'apparition des pathologies et les inefficacités zootechniques telles que les chutes de fertilité et la mortalité en élevage<sup>87</sup>. Selon la FAO, cette voie de l'intensification durable permettrait de réduire de 30 % les émissions de gaz à effet de

serre de l'élevage par unité produite<sup>88</sup> en amenant tous les élevages au niveau des plus performants.

◆ La seconde voie consiste à réduire l'utilisation, en productions animales, d'aliments consommables par l'homme et à valoriser au maximum les co-produits des filières alimentaires, les prairies et, dans la mesure du possible, de nouvelles sources de protéines. Cette voie présente des difficultés d'ordre technique, réglementaire ou social qu'il convient de lever. L'utilisation augmentée des co-produits nécessitera d'appliquer des procédés technologiques (pré-digestion enzymatique, ...) pour améliorer la qualité dans le cas des élevages hors sol. L'utilisation des déchets reste soumise à l'évolution de la réglementation et n'irait pas sans poser des problèmes organisationnels. La production d'insectes bute sur des coûts de production élevés. Valoriser les prairies dépend de la volonté des éleveurs et des filières. Enfin, l'accroissement de la demande en biomasse pour d'autres fins (énergie, biomatériaux) et / ou la limitation des gaspillages alimentaires pourraient, à terme, conduire à réduire la disponibilité de ces ressources.

Au final, il n'y a pas lieu d'opposer animal et végétal. Il faut rechercher, à travers des approches globales des agro-éco-systèmes, les meilleures voies pour optimiser la production de protéines en prenant en compte l'ensemble des services et impacts de l'élevage et de la consommation de ses produits et en ne se limitant pas à une vision réduite aux seules problématiques d'émissions, sans prendre en compte les nombreuses interactions à l'échelle des territoires et les enjeux de nutrition.

86 - Thornton, 2010.

87 - Gerber et al., 2011.

88 - Gerber et al., 2013.

## Références bibliographiques

- AFSSA (2007). Apports en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations.
- AFSSA/CNERNA/CNRS, Apports nutritionnels conseillés pour la population française Tec & Doc, 3ème édition, Paris 2001.
- Agreste, 2015. <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/publications/graphagri/article/graphagri-france-2015>
- Alexandratos N., Bruinsma J., 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision (No. 12-03). ESA Working paper, Rome, FAO.
- Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet P.A., Soussana J.F., Stengel P., 2002. Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France, Rapport d'expertise collective, 32p.
- Basset-Mens C., Van der Werf H.M.G., 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, 127–144.
- Bonhommeau S., Dubroca L., Pape O.L., Barde J., Kaplan D.M., Chassot E., Nieblas A. E. 2013. Eating up the world's food web and the human trophic level. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 20617–20620.
- Bourdon D., Dourmad J.Y., Henry Y. 1995. Réduction des rejets azotes chez le porc en croissance par la mise en œuvre de l'alimentation multiphase, associée à l'abaissement du taux azote. *Journées de la recherche porcine*, 27, 269-278.
- Bradford E., Baldwin R.L., Blackburn H., Cassman G., Crosson P.R., Delgado C.L., Fadel J.G., Fitzhugh H.A., Gill M., Oltjen J.W., Rosegrant M.W., Vavra M., Wilson R.O., 1999. Animal Agriculture and food supply. Task Force report, 135, 99 pp.
- Coleman J., Pierce K.M., Berry D.P., Brennan A., Horan B., 2010. Increasing milks solids production across lactation through genetic selection and intensive pasture-based feed system. *J. Dairy Sci.*, 93, 4302-4317.
- Collavo A., Glew R.H., Huang Y.S., Chuang L.T., Bosse R., Paoletti M.G., 2005. House cricket small-scale farming. In M.G. Paoletti, editor, Ecological implication of mini livestock: potential of insects, rodents, frogs and snails. Science Publisher, Enfield, NH. 519-544.
- CNIEL. 2014. L'économie laitière en chiffres, 184 p.
- CRÉDOC, Enquêtes CCAF 2003, 2007 et 2010 Comportements et Consommations Alimentaires des Français. <http://www.cre-doc.fr/departements/conso.php>
- De Vries M., de Boer L., J., M. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products : a review of life cycle assessments. *Livestock Science* 128, 1-11.
- Dollé J.B., Agabriel J., Peyraud J.L., Faverdin P., Manneville V., Raison. C, Gac A., Le Gall A., 2011. Les gaz à effet de serre en élevage bovin : évaluation et leviers d'action. *INRA Prod. Anim.*, 24, 415-432.
- Dourmad J.Y., Henry Y., Bourdon D., Quiniou N., 1993. Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. *EAAP Publication*, 69, 206-212.
- EC. 2002. Regulation (EC) No. 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules.
- Eisler M.C., Lee, M.R.F., Tarlton J.F., Martin G.B., Beddington J., Dungait J.A.J., Greathead H., Liu, J., Mathew S., Miller H., Misselbrook T., Murray P., Vinod V.K., Van Saun R., Winter M., 2014. Agriculture: steps to sustainable livestock. *Nature* 507, 32–34.
- EFFPA, 2014. European Former Foodstuff Processors Association. <<http://www.fffpa.eu/>>. <<http://www.fffpa.eu/>> (accessed 9.15.14).

- Ermgassen E. K.H.J., Phalan B., Green R.E., Balmford A., 2016. Reducing the land use of Eu pork production: where there's swill, there's a way. *Food policy*, 58, 35-48.
- ENNS, 2006. Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS).
- Ertl P., Klocker H., Hörtenhuber S., Knaus W., Zollitsch W., 2015a. The net contribution of dairy production to human food supply: the case of Austrian dairy farms. *Agricultural systems*, 137, 119-125.
- Ertl P., Zebeli Q., Zollitsch W., Knauss W., 2015b. Feeding of by-products completely replaced cereals and pulses in dairy cows and enhanced edible feed conversion ratio. *J. Dairy Sci.*, 98 (2), 1225-1233.
- FAO 2009. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Le point sur l'élevage. 186pp.
- FAO, 2011. World livestock 2011, livestock in food security, Rome, FAO. 115p.
- FAO 2013. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation, FAO Food and Nutrition Paper 92. Rome: FAO.
- Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K., West P.C., Balzer C., Bennett E.M., Carpenter S.R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockstrom J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D., Zaks D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342.
- France Agri Mer. 2012. Évolution et perspectives des utilisations de matières grasses et protéiques d'origine laitière par les industries agro-alimentaires dans l'Union européenne. Rapport, 146 p.
- France Agri Mer. 2013. Étude sur la valorisation du cinquième quartier des filières bovine, ovine et porcine en France, 211 pp.
- France Agri Mer. 2015. Impact de la crise économique sur la consommation de viandes et évolutions des comportements alimentaires, 21, 15pp.
- Fuller M.F., Tomé D. 2005. *In vivo* determination of amino acid bioavailability in humans and model animals. *Journal of AOAC International*. 88, 923-934.
- Garnet T., 2013. Food sustainability: problems, perspectives and solutions. *Proceeding of the Nutrition society*, 72, 29-39.
- Gaudichon C., Bos C., Morens C., Petzke K.J., Mariotti F., Everwand J., Benamouzig R., Dare S., Tome D., Metges C.C. 2002. Ileal losses of nitrogen and amino acids in humans and their importance to the assessment of amino acid requirements. *Gastroenterology*, 123, 50-9.
- Gerber P., Vellinga T., Opio C., Steinfeld H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livest. Sci.* 139, 100-108.
- Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G., 2013. Tackling Climate Change Through Livestock – A Global Assessment of Émissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Hennessy T., Moran B. 2014. Teagasc National Farm Survey: Agriculture Economics and Farm Department, Rural Economy and Development Program, 12 pp. [http://www.teagasc.ie/rural-economy/downloads/NFS/NFS\\_Preliminary\\_Estimates\\_2014.pdf](http://www.teagasc.ie/rural-economy/downloads/NFS/NFS_Preliminary_Estimates_2014.pdf)
- Herrero, M., Thornton, P.K., Gerber, P., Reid, R.S., 2009. Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 1, 111-120.
- Kim, M.H., Kim, J.W., 2010. Comparison through a LCA evaluation analysis of food waste disposal options from the perspective of global warming and resource recovery. *Sci. Total Environ.* 408, 3998-4006.
- Kuikman P., De Groot W., Hendriks R., Verhagen J., De Vries F., 2002. Stocks of C in soils and emissions of CO<sub>2</sub> from agricultural soils in the Netherlands. *Alterra-rapport* 561. 45p.



- Leterme P., Morvan T., 2010. Mieux valoriser la ressource dans le cadre de l'intensification écologique. Les colloques de l'Académie d'Agriculture de France, 1: 101-118.
- Makkar H.P., Tran G., Heuzé V., Ankers P., 2014. State of the art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 197, 1-33.
- Mariotti F., *et al.* (1999). Nutritional value of [15N]-soy protein isolate assessed from ileal digestibility and postprandial protein utilization in humans. *J Nutr* 129(11): 1992-7.
- Oberli M., *et al.* (2013). Impact des barèmes de cuisson sur la digestion des protéines de viande chez l'Homme. *Nutr Clin Metab* 48: S41.
- Peters C.J., Wilkins J.L., Fick G.W., 2007. Testing a complete-diet model for estimating the land resource requirements of food consumption and agricultural carrying capacity : the New York State example. *Renewable Agric. Food Syst.*, 22, 145-153.
- Peyraud J.L., Vérité R., Delaby L., 1995. Rejets azotés chez la vache laitière : Effet de l'alimentation et du niveau de production des animaux. *Fourrages*, 142, 131-144.
- Peyraud J.L., Cellier P., Aarts F., Béline F., Bockstaller C., Bourblanc M., Delaby L., Dourmad J.Y., Dupraz P., Durand P., Faverdin P., Fiorelli J.L., Gaigné C., Kuikman P., Langlais A., Le Goffe P., Lescoat P., Morvan T., Nicourt C., Parnaudeau V., Rochette P., Vertes F., Veysset P., Rechauchere, O., Donnars, C., 2014. Nitrogen flows and livestock farming: lessons and perspectives. *Advance in Animal Biosciences* 5, special issue 1, 59-69.
- Peyraud J.L., Dourmad J.Y., Lessire M., Médale F., Peyronnet C. 2015. Conséquences zootechniques de l'introduction des légumineuses françaises dans les systèmes de productions animales. In « Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables », Éditions QUAE, 225-261.
- PNNS, 2011. ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé / Programme national nutrition santé 2011/2015, juillet 2011.
- Raison C., Chambault H., Le Gall A., Pflimlin A., 2008. Impact du système fourrager sur la qualité des eaux. Enseignements issus du projet Green Dairy. *Fourrages* 193, 3-18.
- Réseaux d'Élevage. 2013. Les systèmes bovins laitiers en France, Institut de l'Élevage (Ed.). Coll. Synthèse, 32 p
- Rolland Y. 2003. Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross sectional study. *J Am. Geriatr Soc* 51, 1120-4.
- Rööß E., Patel M., Spangberg J., Carlsson G., Rydhmer L., 2016. Limiting livestock production to pasture and by-products in search for sustainable diets. *Food Policy*, 1-16.
- Rumpold B.A., Schlüter O.K., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.*, 57, 802-823.
- Schader C., Muller A., El-Hage Scialabba N., Hecht J., Isensee A., Erb K.H., Smith P., Makkar H.P.S., Klocke P., Leiber F., Schwegler P., Stolze M., Niggli U. 2015. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *J. R. Soc. Interface* 12: 20150891.
- Seré C., Steinfeld H., 1996. World Livestock Production Systems. Animal Production and Health Paper 127. FAO, Rome.
- Smith P., Sones K., Grace D., MacMillan S., Tarawali S., Herrero M., 2013. Beyond milk, meat and eggs: role of livestock in food and nutrition security. *Anim. Front.* 3, 6-13.
- SNIA 2014. Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale, Rapport d'activité 55pp.
- Stehfest E., Bouwman L., van Vuuren D.P., den Elzen M.G.J., Eickhout B., Kabat P., 2009. Climate benefits of changing diet. *Clim. Change* 95, 83-102. (doi:10. 1007/s10584-008-9534-6).

- Steinfeld H., de Haan C., Blackburn H. 1997. *Livestock-Environment Interactions: Issues and Options*. Report of a Study coordinated by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the U.S. Agency for International Development and the World Bank, Brussels. 115 pp. Available from FAO, Rome.
- Thornton P.K. 2010 Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 2853–2867. (doi:10.1098/rstb.2010.0134).
- Van Kernebeek H.R.J., Oosting S.J., Van Ittersum M.K., Bikker P., De Boer I.J.M., Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products. *Int. J. Life Cycle Assess.* Publish on line. DOI 10.1007/s11367-015-0923-6.
- Velkamp T., Bosch G., 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diet. In *Animal Frontiers*, 5 (2), 45-50.
- Wiedemann S., McGaham E., Murphy C., Yan M.J., Henry B., Thoma G., Ledgard S., 2015. Environmental impacts and resource use of Australian beef and lamb exported to the USA determined using life cycle assessment. *J. Cleaner Production*, 94, 67-75.
- Wilkinson J. M., 2011. Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal*, 5, 1014-1022.
- Williams, A.G., Audsley, E., Sandars, D.L., 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report Defra Research Project ISO205, Bedford: Cranfield University and Defra.
- Zabel F., Putzenlechner B., Mauser W. 2014 Global agricultural land resources—a high resolution suitability evaluation and its perspectives until 2100 under climate change conditions. *PLoS ONE* 9, e107522. (doi:10.1371/journal.pone.0107522).