L'efficience d'utilisation des surfaces : une nouvelle approche pour évaluer la contribution des élevages bovins laitiers à l'alimentation humaine

BAUMONT R. (1), ALLIX M. (1, 2), ROUILLÉ B. (2)
(1). INRAE, UMR Herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle
(2). Idele, 35650, Le Rheu

RESUME
L'utilisation des ressources alimentaires par les animaux d'élevage, notamment par les bovins laitiers, est critiquée pour son inefficience. Les bovins laitiers consomment des aliments (fourrages, grains), de l'eau mais aussi des surfaces. En effet, les animaux d'élevage utilisent presque 17 millions d'hectares (ha) en France. Dans l'objectif de préserver les ressources pour la production alimentaire humaine, la question de l'efficience d'utilisation des surfaces par les bovins laitiers en France se pose. Cette problématique a déjà été abordée aux Pays Bas et en Irlande où un indicateur de mesure de l'efficience d'utilisation des surfaces a été proposé : le Land Use Ratio qui compare le potentiel de production de protéines végétales par les surfaces mobilisées par l'élevage, aux protéines animales produites sur ces mêmes surfaces. Cet indicateur a été appliqué à des cas-types d'élevages bovins laitiers français (réseau INOSYS), selon deux méthodes (van Zanten *et al*., 2016 ; Hennessy *et al*., 2021) qui diffèrent par la prise en compte ou non dans les produits végétaux et animaux 1) de la proportion de protéines consommables par l'être humain et 2) de la composition en acides aminés essentiels (score DIAAS). La comparaison des résultats obtenus avec les deux méthodes de calcul a permis de souligner que, la façon dont les protéines produites pour l'être humain sont évaluées, influence beaucoup les résultats d'efficience pour un même élevage. Enfin, les cas-types utilisant beaucoup de surfaces non arables comme les prairies permanentes ou les zones pastorales étaient plus efficients que les cultures pour l'alimentation humaine pour la production de protéines.

Land use efficiency: a new approach to assessing the contribution of French dairy cattle farms to food production

BAUMONT R. (1), ALLIX M. (2), ROUILLÉ B. (3)
(1). INRAE, UMR Herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

SUMMARY
The use of resources by livestock, especially dairy cattle, is increasingly being called into question. Dairy cattle use feed (forage, grain), water and land. Today, the use of land for various purposes is under pressure. Livestock use almost 17 million hectares of land in France. With the aim of preserving resources for food production, the question of the efficient use of land by dairy cattle in France arises. This issue has already been addressed in the Netherlands and Ireland, and an indicator for measuring land-use efficiency has been proposed: The Land Use Ratio compares the potential for plant protein production on land used for livestock production with the animal protein produced on the same land. This indicator was applied to typical French dairy cattle farms (INOSYS network), using two methods (van Zanten and al., 2016; Hennessy and al., 2021) that differ in whether or not they take into account 1) the proportion of protein consumed by humans and 2) the essential amino acid composition (DIAAS score) of plant and animal products. A comparison of the results obtained using the two calculation methods shows that the way in which proteins produced for human consumption are evaluated has a major influence on the efficiency results for the same farm. Finally, the case-types using a lot of non-arable land (permanent grassland) were more efficient than crops for human consumption in terms of protein production.

INTRODUCTION

Dans un contexte de prise en compte de la limite des ressources planétaires, les bovins laitiers sont pointés du doigt pour leur forte consommation de ressources alimentaires par rapport à ce qu'ils produisent en lait et en viande. Cependant, 89% de la ration des bovins laitiers est non consommable par l'être humain (Rouillé, 2021). Mais cette approche n'est pas suffisante pour mesurer la contribution des bovins laitiers à la production alimentaire humaine puisqu'elle ne prend pas en compte l'utilisation des surfaces pour la production de ressources alimentaires. Si les bovins laitiers consomment en priorité de l'herbe et des fourrages annuels comme le maïs ensilage, tout ou partie des surfaces utilisées pour produire ces fourrages et les autres aliments utilisés par le troupeau pourraient produire directement des cultures pour l'alimentation humaine. Certaines surfaces occupées par les animaux sont non-arables, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas cultivables pour produire des cultures pour l'alimentation humaine. Ces surfaces sont par exemple des prairies permanentes et des parcours qui sont valorisés en produits animaux par les ruminants principalement. En 2021, en France, ces surfaces représentaient 56% des surfaces utilisées par l'élevage (Agreste, 2022 ; Solagro, 2021).
Plusieurs auteurs (Nijdam, 2012, van Zanten *et al*., 2016, Hennessy *et al*., 2021) ont étudié l'efficience d'utilisation des surfaces par l'élevage. Mais ce sujet a fait l'objet de peu d'études en France. L'objectif du travail présenté dans cet article était de construire une méthode de calcul de l'efficience d'utilisation des surfaces à l'échelle d'un élevage. Cette étude étant exploratoire, seules les exploitations bovines laitières ont été considérées. De plus, les produits animaux étant avant tout consommés pour leur teneur en protéines en nutrition humaine, ce nutriment sera le seul abordé. L'efficience s'entend alors comme le rapport entre les moyens utilisés (les surfaces) et les résultats obtenus (protéines dans les produits animaux, ici lait et viande).Cet article présentera dans un premier temps la démarche utilisée ainsi que les différentes données mobilisées pour appliquer ce calcul à l'échelle d'un élevage. Ensuite les résultats d'efficience selon les deux méthodes de calcul provenant de la littérature seront présentés et comparés. La discussion permettra de lier les résultats avec différents paramètres d'élevage et d'apporter un regard critique sur la méthode utilisée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 LES INDICATEURS DE L'EFFICIENCE D'UTILISATION DES SURFACES PAR LES BOVINS LAITIERS

La surface utilisée par unité de produit

Afin de décrire la quantité et le type de surfaces utilisés par les animaux des élevages un premier indicateur est utilisé : l'occupation des terres (Nijdam *et al*., 2012). C'est un indicateur d'efficience qui calcule la quantité de surface totale nécessaire pour produire 1 kg de lait ou de viande. Il peut aussi être calculé pour un nutriment, comme les protéines produites dans le lait et la viande à l'échelle d'un élevage. Il s'exprime en m^2/kg de produit. Il a été utilisé en tant qu'indicateur descriptif de l'utilisation des surfaces avec le détail des différentes terres mobilisées (terres arables et non arables).

Le « Land Use Ratio »

L'indicateur utilisé pour le calcul de l'efficience d'utilisation des surfaces par des élevages bovins laitiers en France est le Land Use Ratio (LUR) (Van Zanten *et al*., 2016 ; Hennessy *et al*., 2021). C'est un ratio qui compare le potentiel de production de protéines végétales digestibles sur les surfaces utilisées par l'élevage à la production par l'élevage de protéines animales digestibles sur ces mêmes surfaces.

$$\boldsymbol{LUR = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(LO_{ij} \times HDP_j)}{HDP\ of\ 1\ kg\ of\ ASF}}$$

Figure 1 : Equation de calcul du Land Use Ratio (LUR) selon Van Zanten *et al*. (2016) et Hennessy *et al*. (2021) avec LOij : « Land area Occupied » en m² par an pour produire les aliments des animaux i (i = 1 à n) sur le type de surface j (j = 1 à m) nécessaire pour produire 1 kg d'ASF, HDPj : « Human Digestible Protein », les protéines végétales digestibles pouvant être produites par m² du type de surface j, ASF : « Animal Source Food ».

Les valeurs de LUR s'interprètent ainsi : si le LUR est inférieur à 1, les animaux de l'élevage sont plus efficients que les végétaux pour la production de protéines sur les surfaces d'élevage et inversement si le LUR est supérieur à 1.

1.2 CAS-TYPES D'ELEVAGES BOVINS LAITIERS

Afin d'appliquer le LUR, des cas-types bovins laitiers du réseau d'élevage INOSYS ont été utilisés. Ce sont des exploitations fictives construites à partir d'une base de données donnant une représentation cohérente d'un type de système dans une région (Charroin *et al*., 2005).

Douze cas-types d'élevage ont été sélectionnés fournissant des résultats techniques pour les conjonctures des années 2021 ou 2022. Ils ont été sélectionnés dans 4 régions différentes : Auvergne-Rhône-Alpes (n=3), Pays de la Loire (n=3), Bretagne (n=2) et Hauts de France (n=4) afin d'illustrer une diversité de contextes pédoclimatiques et de systèmes d'élevages. A l'intérieur de chaque région, des cas-types avec des systèmes d'alimentation (herbagers, mixtes et maïs) et des niveaux de production différents ont été choisis. Parmi les cas-types sélectionnés, 8 représentent des systèmes lait spécialisés, 3 représentent des systèmes de polyculture-élevage et 1 cas-type inclut un atelier d'engraissement de génisses à viande

1.3 APPLICATION DU LUR AUX 12 CAS-TYPES

Pour chacun des cas-types, les données structurelles et les résultats techniques ont permis de calculer les surfaces utilisées par l'élevage et les protéines produites. Des hypothèses ont été construites pour estimer les surfaces hors exploitation correspondant aux aliments achetés et pour estimer la production végétale potentielle par les surfaces arables mobilisées par les élevages. Les surfaces utilisées par kg de protéines animales produites et les LUR selon les méthodes de van Zanten *et al*. (2016) et de Hennessy *et al*. (2021) ont été calculés.

L'ensemble des surfaces utilisées pour nourrir le troupeau, l'ensemble des animaux (y compris le renouvellement), et des protéines produites dans le lait et dans la viande (vaches de réforme, animaux engraissés) ont été considérées.

Estimation des surfaces utilisées par les animaux (LOij)

Les terres utilisées dans les systèmes d'élevage de bovins laitiers ont été réparties en 3 types j : 1) les *prairies permanentes considérées comme non arables* ; 2) les *terres arables* situées dans l'exploitation (prairies temporaires, fourrages annuels et cultures pour les aliments concentrés produits dans l'exploitation) et 3) *les terres arables situées en dehors de l'exploitation pour les aliments concentrés achetés*.

Pour estimer les surfaces correspondant aux aliments achetés, nous avons d'abord estimé la composition en matières premières de ces aliments puis les surfaces correspondant à la production de ces matières premières à l'aide de la base de données ECOALIM qui donne les « empreintes surfaces » des différentes matières premières utilisées en alimentation animale.

Potentiel de production de protéines végétales et animales des surfaces d'élevage (HDPj)

Les HDPj correspondent à la production potentielle de protéines végétales digestibles pour l'alimentation humaine qui pourraient être produites sur les terres utilisées par l'élevage. Nous avons considéré que le potentiel de production des terres non-arables (prairies permanentes) était égal à zéro. Pour les terres arables nous avons construit deux scénarios s'inscrivant dans une démarche agroécologique.

Le premier scénario s'applique aux surfaces arables des cas-types en agriculture conventionnelle et consiste en une rotation culturale d'une durée de 6 ans qui associe céréales et protéagineux (maïs-féverole-colza-blé-lupin-blé). Cette rotation a un potentiel de production de 600 kg de protéines brutes par ha et par an.

Le deuxième scénario s'applique aux surfaces arables des cas-types conduits en agriculture biologique (AB) et consiste en une rotation culturale de 10 ans dont 3 ans de prairie avec retour au sol de la matière organique. Le reste de la rotation est composé de colza, blé, lentille, fèverole, triticale-pois, orge de printemps et sarrasin. Elle a un potentiel de production de 257 kg de protéines brutes par ha par an.

Les protéines produites par le lait et la viande (HDP of 1kg of ASF) ont été calculées d'une part, à partir du volume de lait vendu et de son TP et, d'autre part, à partir des effectifs et des poids des animaux sortants de l'exploitation (veaux, vaches de réforme, génisses) et des équivalents poids carcasses et des teneurs en protéines de la viande.

Deux méthodes de calcul de la production de protéines végétales et animales digestibles pour l'homme.

Van Zanten *et al*., (2016) et Hennesy *et al*., (2021) ont utilisé deux méthodes différentes pour calculer la production de protéines digestibles par l'homme dans les produits végétaux et animaux.

La méthode de van Zanten *et al*. (2016) multiplie la quantité de protéines brutes contenue dans les produits végétaux et animaux par le coefficient de digestibilité des différents sources protéiques chez l'homme.

La méthode de Hennessy *et al*. (2021) va tout d'abord considérer uniquement la fraction consommable par l'Homme des protéines dans les différents produits végétaux et animaux en utilisant les valeurs proposées par Laisse *et al*. (2018).

Cette fraction consommable varie selon les aliments végétaux, elle est par exemple estimée à 66% pour le blé et à 74% pour le pois. Pour les produits animaux nous avons considéré qu'elle est de 100% puisque nous avons considéré le lait et la viande vendue. De plus la méthode Hennessy *et al*. (2021) multiplie ensuite les protéines consommables par le score DIAAS « Digestible Indispensable Amino Acid Score » proposé par la FAO (2013). Le score DIAAS rend compte du faire que les protéines animales (DIAAS > 100) sont de meilleure qualité nutritionnelle pour l'Homme que les protéines végétales (DIAAS < 100), du fait d'une digestibilité plus élevée et d'un meilleur équilibre de leur composition en Acides Aminés (AA) Indispensables (AAI).

2. RESULTATS

2.1 CLASSEMENT DES CAS-TYPES PAR SYSTEMES D'ALIMENTATION

Les 12 cas-types d'élevage ont été classés selon leur système d'alimentation (Tableau 1). Les systèmes herbagers sont ceux qui utilisent beaucoup d'herbe dans leur ration, valorisant des prairies temporaires et permanentes. Les systèmes maïs sont les cas-types où l'alimentation se base sur la production de maïs fourrager (>20% dans la ration).

	Herbager (n=4)	**Mixte (n=4)**	**Maïs (n=4)**
Système d'alimentation	> 80% herbe 0% maïs	< 80% herbe 10-20% maïs	< 60% herbe > 20% maïs
Surface utilisée pour la production animale (ha)	75,6 ± 13,6	75,2 ± 25,9	94,2 ± 28,4
Production de lait (kg/vache/an)	5618 ± 674	6412 ± 731	8086 ± 1313
Prairies permanentes (%)	66,3 ± 27,6	21,8 ± 32,9	20,1 ± 14,5
Surface utilisée pour produire des protéines animales (m^2/kg)	78,6 ± 13,6	53,0 ± 11,4	33,6 ± 5,4
Protéines animales digestibles produites (kg/ha)	127 ± 29	184 ± 34	288 ± 43
Protéines végétales digestibles potentiellement produites (kg/ha)	108 ± 66	509 ± 306	644 ± 117
Protéines animales consommables x DIAAS (kg/ha)	154 ± 35	224 ± 41	350 ± 51
Protéines végétales consommables x DIAAS (kg/ha)	51 ± 33	224 ± 127	277 ± 50

Tableau 1 : Caractéristiques des 12 cas-types bovins laitiers et efficience de l'utilisation des terres pour la production de protéines animales par rapport au potentiel de production de protéines végétales, selon le système d'alimentation.

2.2 LES SYSTEMES HERBAGERS UTILISENT BEAUCOUP DE PRAIRIES PERMANENTES, SURFACES PRINCIPALEMENT NON- ARABLES

Les surfaces utilisées pour la production animale sont très variables selon les cas-types (Tableau 1). Un système herbager en agriculture biologique en Auvergne utilise 110 m^2/kg de protéines, tandis qu'un système maïs en Bretagne seulement 29 m^2/kg de protéines. Les systèmes herbagers sont ceux qui utilisent le plus de surfaces, avec en moyenne 78,6 m^2/kg de protéines. Cependant, ce sont ceux qui valorisent le plus de surfaces non-arables (prairies permanentes), de 30% à 100% des surfaces d'élevage. A l'inverse, ceux qui utilisent le moins de surfaces sont les systèmes mixtes et maïs. Ils mobilisent respectivement, en moyenne, 53,0 et 33,6 m^2/kg de protéines produites et ils utilisent beaucoup moins de surfaces non-arables.
Finalement, les systèmes herbagers utilisent plus de surface pour produire des protéines par rapport aux systèmes mixtes et maïs mais la majorité de la terre utilisée n'aurait pas été cultivable autrement.

2.3 LE POTENTIEL DE PRODUCTION VEGETALE et ANIMALE DES 12 CAS-TYPES ETUDIES

Les cas-types herbagers ont un faible potentiel de production végétale pour l'alimentation humaine

Le potentiel de production de protéines animales par hectare des cas-types herbagers est plus faible que celui des cas-types mixtes ou maïs (Tableau 1), mais leur potentiel de production de protéines végétales est encore plus faible et inférieur au potentiel de production de protéines animales. Par exemple, pour le système herbager d'Auvergne, le potentiel de production de protéines végétales digestibles est de 88 kg/ha contre 137 kg/ha pour les protéines animales. En revanche, les potentiels de production de protéines végétales des cas-types mixtes et maïs est deux à trois fois supérieur à leur potentiel de production de protéines animales (Tableau 1).

Le potentiel de production de protéines animales et végétales consommables par l'Homme dépend fortement de la méthode de calcul

La prise en compte de la fraction consommable par l'être humain et du score DIAAS (Hennessy *et al*., 2021) réduit fortement les estimations du potentiel de production de protéines végétales par rapport à la méthode de van Zanten *et al*. (2016) qui considèrent toutes les protéines digestibles (Tableau 1). Ainsi, le potentiel de production de protéines végétales est divisé par deux au moins lorsqu'il est calculé selon Hennessy *et al*. (2021).

2.4 L'EFFICIENCE D'UTILISATION DES SURFACES

Des valeurs de LUR différentes selon les méthodes de calcul

Les valeurs de LUR présentent de forts écarts selon la méthode de calcul (Figure 2). En moyenne les valeurs de LUR sont 2,7 fois plus faible lorsqu'elles sont calculées avec la méthode de Hennessy *et al*. (2021).

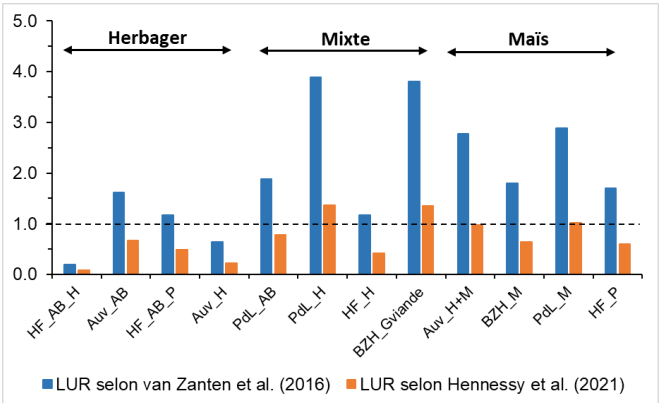

Figure 2 : Valeurs de LUR pour les 12 cas-types selon le type de système d'alimentation (herbager, mixte ou maïs) et la méthode de calcul. HF : Hauts de France, Auv : Auvergne, Pdl : Pays de Loire, BZH : Bretagne, AB : Agriculture bio, H : Herbe, P : Polyculture, Gviande : engraissement.

Avec la méthode de van Zanten *et al*. (2016), seuls deux cas-types parmi les 12 permettent de produire plus de protéines avec les animaux que ce que permettrait des cultures sur les surfaces utilisées (LUR < 1). Avec méthode de Hennessy *et al*. (2016), l'utilisation des terres par les animaux serait plus efficiente que les cultures pour la production de protéines pour l'alimentation humaine pour huit cas-types parmi les 12.

L'utilisation de surfaces non-arables (prairies permanentes) est déterminante pour l'efficience d'utilisation des surfaces par les animaux

Les cas-types utilisant le plus de surfaces non-arables, sous forme de prairies permanentes, présentent les valeurs de LUR les plus faibles. En effet, pour les deux méthodes de calcul, la valeur du LUR est inférieure à un pour les cas-types herbagers de Hauts de France (agriculture biologique) et d'Auvergne (conventionnel). Ces cas-types ont une proportion de 90% et 88% de terres non arables dans les surfaces utilisées par les animaux. Et les deux cas-types présentant les valeurs de LUR les plus élevées selon les deux méthodes (meilleure efficience d'utilisation des terres par les cultures) sont ceux qui ont la plus faible part de terres non arables (de 0 à 10%) (Figure 2).

3. DISCUSSION

Dans ce travail, nous avons cherché à utiliser un indicateur d'efficience d'utilisation des terres pour la production de protéines pour l'alimentation humaine. Le LUR proposé par van Zanten *et al*. (2016), puis par Hennessy *et al*. (2021) l'a été à l'échelle d'un pays, respectivement les Pays-Bas et l'Irlande. Nous avons montré qu'on peut utiliser cet indicateur à l'échelle d'un système d'élevage. Toutefois, l'utilisation de ces indicateurs posent plusieurs questions méthodologiques.

3.1 LE CARACTERE NON-ARABLE DES PRAIRIES PERMANENTES

En cohérence avec l'objectif de maintien des prairies permanentes de la politique agricole commune, nous avons considéré que l'ensemble des surfaces en prairies permanentes est non-arable et que donc leur potentiel de production de protéines végétales pour l'alimentation humaine est nul. Si certaines prairies permanentes sont effectivement non arables (surfaces non mécanisables, zones humides), certaines surfaces ont été cultivées dans le passé ou pourraient le redevenir dans le futur.

Logiquement, les calculs de LUR montrent que plus la part de prairies permanentes est importante dans le système d'élevage, moins le potentiel de production de protéines pour l'alimentation humaine par les cultures est important. Il s'en suit que les systèmes d'élevages herbagers utilisant une part importante de prairies permanentes sont plus efficients pour fournir des protéines pour l'alimentation humaine que les cultures sur la fraction arable de ces systèmes, alors même que la productivité animale des systèmes herbagers est plus faible que celle des systèmes mixtes ou basés sur le maïs. Cette conclusion serait à nuancer si on considérait qu'une partie des prairies permanentes pourrait être utilisée pour des cultures fournissant directement des protéines végétales pour l'alimentation humaine.

3.2 LE POTENTIEL DE PRODUCTION DE PROTEINES VEGETALES DES SURFACES ARABLES UTILISEES PAR L'ELEVAGE

Nous avons fait une hypothèse de potentiel de production de protéines végétales par les surfaces mobilisées par l'élevage en considérant des rotations longues associant céréales et protéagineux, et en distinguant l'agriculture conventionnelle et biologique, des prairies temporaires étant introduites dans la rotation en AB pour assurer la fertilité du sol. Les hypothèses de rendements que nous avons prises seraient bien entendu à affiner selon les contextes pédoclimatiques et les pratiques de culture.

3.3 LA PRISE EN COMPTE DE LA PART CONSOMMABLE DES PROTEINES VEGETALES ET DE LA QUALITE RELATIVE DES PROTEINES ANIMALES ET VEGETALES.

Les deux façons de calculer le LUR ne comptabilisent pas la même chose. On peut critiquer la méthode de van Zanten *et al*. (2016) car elle ne tient pas compte du fait que dans un kg de protéines végétales produites, toutes ne sont pas consommables par l'être humain, ce qui est particulièrement vrai pour les céréales dont les protéines contenues dans les sons, les remoulages par exemple, ne sont pas utilisées en alimentation humaine (Laisse *et al*., 2018). De plus la méthode de Hennessy *et al*., (2021) tient compte de la qualité relative des protéines végétales et animales pour la fourniture d'acides aminés à l'homme à travers le score DIAAS. Les valeurs de LUR calculées selon cette méthode sont beaucoup plus favorables aux systèmes de production animale. Néanmoins, les deux indicateurs ont leur intérêt car les études récentes en nutrition humaine tendent à recommander des régimes alimentaires équilibrés associant 50% de protéines végétales et animales (Vieux *et al*., 2022).

CONCLUSION

Le Land Use Ratio est un indicateur intéressant pour évaluer la contribution des élevages bovins laitiers à l'alimentation humaine en protéines et comparer différents systèmes d'élevage. Toutefois, les résultats dépendent fortement de la façon dont les protéines et leur qualité sont évaluées, et des hypothèses prises pour évaluer le potentiel agronomique des surfaces utilisées par l'élevage. Une analyse de sensibilité au caractère arable et au potentiel agronomique des surfaces sera à conduire. Cet indicateur pourra aussi être appliqué à d'autres dimensions que la production de protéines et doit être resitué dans une évaluation multicritère de la durabilité des élevages prenant en compte l'ensemble des impacts et des services fournis.

Nous remercions le GIS Avenir Elevages pour le financement de la bourse de stage de fin d'études de Margot Allix (ESA d'Angers), les personnes du comité de pilotage et les ingénieurs des réseaux INOSYS pour la transmission des données des cas-types.

Agreste 2022. Graph'Agri 2022.

Charroin T., Palazon R., Madeline Y., Guillaumin A., Tchakerian E. (2005). Le système d'information des Réseaux d'Elevage français sur l'approche globale de l'exploitation. Intérêt et enjeux dans une perspective de prise en compte de la durabilité. Renc. Rech. Rum., 2005, 12, p335-338.

FAO (2013) Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper, 92. Report of an FAO Expert Consultation. ISBN 978-92-5-107417-6.

Hennessy, D.P., Shalloo, L., Zanten, H.H.E. van, Schop, M., Boer, I.J.M.D. (2021). The net contribution of livestock to the supply of human edible protein: the case of Ireland. The Journal of Agricultural Science 159, 463–471.

Laisse, S., Baumont, R., Dusart, L., Gaudre, D., Rouille, B., Benoit, M., Veysset, P., Remond, D., Peyraud, J.-L. (2018). L'efficience nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. INRA Productions Animales 31, 269–288.

Nijdam, D., Rood, T., Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. Food Policy 37, 760–770.

Rouillé. B, 2021. Les ruminants laitiers sont-ils efficients dans l'utilisation des surfaces ? Sommet de l'élevage, 2021.

Solagro, 2021.La place de l'élevage face aux enjeux actuels.

van Zanten, H.H.E., Mollenhorst, H., Klootwijk, C.W., van Middelaar, C.E., de Boer, I.J.M. (2016). Global food supply: land use efficiency of livestock systems. Int J Life Cycle Assess 21, 747–758.
Vieux F., Rémond D., Peyraud J.-L., Darmon N. (2022). Approximately Half of Total Protein Intake by Adults Must be Animal-Based to Meet Nonprotein, Nutrient-Based Recommendations, With Variations Due to Age and Sex, The Journal of Nutrition, 152 (11) 2514-2525.