

# POURQUOI ET COMMENT RÉORIENTER L'ÉLEVAGE DE RUMINANTS ?

## UNE ANALYSE DU CHAMP À L'ASSIETTE AU PRISME DE L'UTILISATION DES TERRES

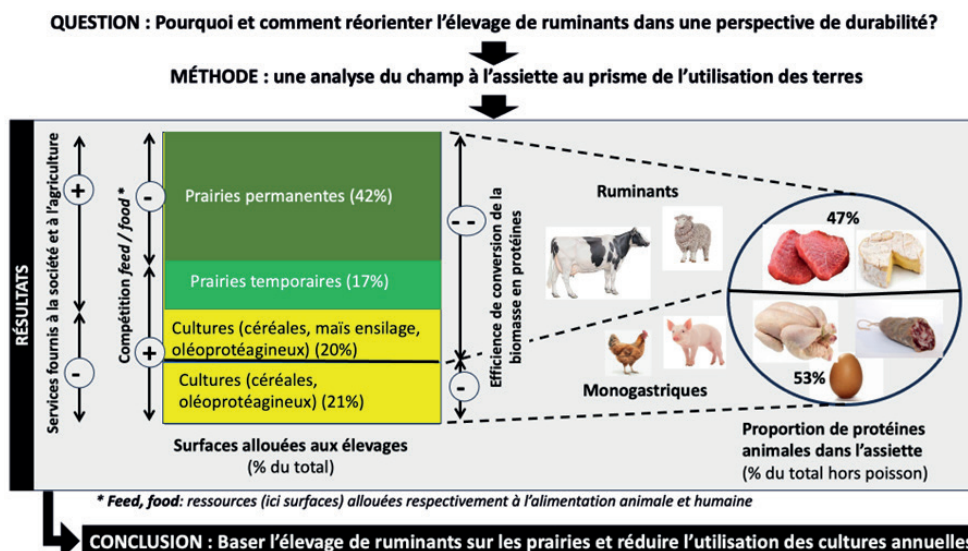
### Mise en situation

Les élevages de ruminants sont critiqués pour leur faible efficacité de transformation des végétaux et leurs impacts négatifs sur l'environnement. De plus, leur alimentation entre en compétition avec la nôtre lorsque des terres arables sont utilisées en plus des prairies permanentes. Qu'en est-il exactement et quelles transformations sont nécessaires ?

### Résumé

L'élevage de ruminants est confronté à de nombreux défis dont celui de s'adapter à la réduction de la consommation de viande rouge recommandée pour des raisons de santé humaine et d'environnement. Par rapport aux élevages porcins et avicoles, il présente cependant l'avantage de pouvoir valoriser les prairies qui n'entrent pas nécessairement en concurrence avec l'alimentation humaine. Nous montrons cependant, qu'actuellement en France, cet avantage n'est pas pleinement exploité. En effet, les ruminants utilisent pour leur alimentation des surfaces de terres arables équivalentes à celles utilisées par les monogastriques, en plus des prairies permanentes et temporaires, pour fournir in fine un peu moins de la moitié de notre consommation de protéines animales dans nos assiettes. Nous montrons que maximiser l'alimentation à l'herbe, permettrait d'améliorer la valeur santé des produits qui en sont issus, de renforcer les services écosystémiques fournis par les prairies, et de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'azote réactif dans l'environnement. Nous discutons enfin les implications techniques et organisationnelles que cette réorientation en élevages laitiers et allaitants demanderait.

### Résumé graphique



### Auteurs

M. Duru<sup>1</sup>, M-A. Magne<sup>2</sup>,

G. Martin<sup>1</sup>, O. Therond<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INRAE, Université Toulouse, INPT, 31326 Castanet Tolosan, France, <sup>2</sup>AGIR, Université Toulouse, ENSFEA, INRAE, Castanet-Tolosan, France <sup>3</sup>Université de Lorraine, INRAE, LAE, F-68 000 Colmar, France.

#### Auteur correspondant:

DURU Michel, michel.duru@inrae.fr

### Mots clés

Alimentation humaine, alimentation animale, compétition alimentaire, monogastriques, ruminants, prairies, protéines, sécurité alimentaire, services écosystémiques.

### Key words

Food, feed/food competition, monogastric, ruminants, grasslands, proteins, food security, ecosystem services.

### Références de l'article

M. DURU, M-A. MAGNE, G. MARTIN O. THEROND, (2024). Pourquoi et comment réorienter l'élevage de ruminants ? Une analyse du champ à l'assiette au prisme de l'utilisation des terres, *Fourrages* 259, 31-45.

## Summary

### Why and how to shift ruminant livestock systems? A field-to-fork analysis from a land use perspective

Livestock farming, particularly ruminants, faces many challenges, including reducing the consumption of meat for health and environmental reasons. Ruminants have the advantage of being able to use grasslands and thus the ability to avoid the competition with human food. However, we show that in France ruminants currently use the same area of arable land as monogastric through their consumption of forage crops and feed concentrates, in addition to permanent and temporary grasslands. However, they provide barely less than half of our animal protein consumption. Basing their diet as much as possible on grass would strengthen the health value of products and the provision of ecosystem services by grasslands, and reduce greenhouse gas and reactive nitrogen emissions into the environment. We illustrate how these levers can take shape in dairy and suckler farms.

Article accepté pour publication le 08 avril 2024.

## L'élevage et la consommation de produits animaux sur la sellette

Face aux crises économiques, environnementales et sociales, très interdépendantes, les politiques publiques doivent prendre en compte les compétitions entre les différentes utilisations des biomasses : alimentations humaine et animale, énergie, matériaux biosourcés, retour au sol. Les choix faits vis-à-vis de l'élevage détermineront les marges de manœuvre pour produire de l'énergie et des produits biosourcés, ainsi que les possibilités d'afforestation (Duru et Therond, 2023a). C'est pourquoi l'élevage et la consommation de produits animaux sont au cœur de nombreux scénarios prospectifs. Plusieurs leviers peuvent être envisagés pour réduire la compétition entre alimentation animale et alimentation humaine : (i) réduire la consommation en produits animaux, (ii) réduire la demande d'aliments pour nourrir les animaux, (iii) améliorer l'efficacité d'utilisation des aliments par les animaux, et celle des systèmes agricoles grâce à l'économie circulaire (Barbieri *et al.*, 2022).

Les résultats des recherches sur les systèmes alimentaires en Europe convergent vers la nécessité de réduire la consommation de protéines animales pour assurer leur durabilité environnementale, notamment pour tenir les engagements sur la neutralité carbone en 2050 (Lee *et al.*, 2019), et pour diviser par deux les émissions d'azote réactif (Billen *et al.*, 2021) (encadré 1). Cette réduction est aussi nécessaire pour des raisons de santé humaine. En France, la consommation de protéines (1,4 g/kg de poids corporel et par jour) est bien supérieure aux besoins (0,8) et aux recommandations (1 à 1,2 g/kg de poids corporel) (Rémond, 2016). Dès lors, la proportion de protéines animales dans l'alimentation, qui correspond à environ 2/3 des apports, devrait être ramenée à 50% (Plan National Nutrition Santé 4). Un apport en protéines basé sur les recommandations optimales, entre 1 et 1,2 g/kg poids corporel/jour, avec un équilibre entre protéines végétales et animales, réduirait la consommation de protéines animales de 50% (Duru *et al.*, 2021).

Les modélisations pour identifier des régimes alimentaires sains et durables aboutissent à la quasi-suppression de la viande rouge lorsque ne sont considérées que les émissions de GES dans les calculs (Willett *et al.*, 2019). Ceux prenant en compte un plus grand nombre de critères suggèrent aussi de réduire la consommation de viande blanche (poulet) mais moins fortement (Fouillet *et al.*, 2022). Quant aux produits laitiers, les recommandations vont d'une forte réduction (Willett *et al.*, 2019) à un maintien (Fouillet *et al.*, 2022), mais elles sont critiquables car ne tiennent pas compte du fait que la production laitière engendre une production de viande. Ces modélisations reposent toutes sur un ensemble d'hypothèses d'utilisation des terres par les différentes activités agricoles. La production d'une unité de chaque activité est associée à des besoins notamment en surfaces agricoles et à des impacts sur l'environnement (par exemple sur les émissions de GES) et sur la

### Encadré 1 Conséquences de la faible efficacité de conversion de la biomasse végétale en produits animaux.

La consommation de ressources telles que l'énergie (Gonzalez *et al.*, 2011) et l'eau (Mekonnen et Hoekstra, 2011) et les impacts sur l'environnement tels que les émissions de gaz à effet de serre (GES) (Poore et Nemeck, 2018) et les pertes d'azote (Leip *et al.*, 2014) par g de protéines sont bien plus élevées pour la viande rouge que pour les légumineuses (d'un facteur 5 pour l'eau à 50 pour les émissions de GES). Pour les protéines du lait (fromages), ces valeurs sont intermédiaires entre les protéines de la viande rouge et des légumineuses. Ces différences proviennent du fait que les ruminants ont une faible efficacité de conversion de la biomasse végétale en énergie et en protéines. Ces valeurs moyennes ne tiennent cependant pas compte des modes d'élevage. Les impacts sont généralement plus faibles en Europe que dans le reste du monde.

santé humaine.

Ces recherches considèrent que la compétition entre l'utilisation des terres pour produire des aliments destinés aux animaux d'élevage et celle pour produire de l'alimentation humaine, dite compétition feed/food, est plus importante pour les ruminants que pour les monogastriques. En moyenne, la production de protéines animales par les ruminants nécessiterait quatre (lait) à six (viande) fois plus de surfaces, prairies incluses, que la production d'une même quantité de protéines par les porcs et les volailles (Poore et Nemeck, 2018). Les recherches conduites par les agronomes et zootechniciens sont critiques face à ce calcul simplifié de la compétition feed/food car il ne prend pas en compte la nature des ressources consommées par les animaux. En effet, les prairies, qui sont valorisables quasi exclusivement par les ruminants, ne rentrent pas nécessairement en compétition avec l'alimentation humaine (Thompson *et al.*, 2023). De plus, elles fournissent de nombreux services comme par exemple la séquestration du carbone, la conservation de la biodiversité, la régulation des adventices dans les systèmes à dominantes grandes cultures, qui ne sont pas considérés dans les évaluations des impacts (Dumont *et al.*, 2019 ; van Selm *et al.*, 2022) et dans celles de la compétition feed/food. Bien évaluer cette dernière, pour les monogastriques et les ruminants, pose alors deux difficultés. La première porte sur la définition de ce qui est consommé par les animaux mais qui pourrait l'être par l'Homme. Certaines études considèrent que seules les prairies permanentes (PP) et certains co-produits (sons, pulpes...) n'entrent pas en compétition avec la production pour l'alimentation humaine (Karlsson et Röös, 2019) ; d'autres considèrent que certains fourrages (maïs ensilage) ou concentrés protéiques (soja, colza) n'entrent que partiellement en compétition avec l'alimentation humaine. En conséquence, la compétition feed/food est plus faible dans ce dernier cas que dans le premier (Laisse *et al.*, 2019 ; Zira *et al.*, 2023). La seconde difficulté est que l'évaluation des ressources (et donc les terres) nécessaires à la production de protéines à l'échelle de la France est insuffisante car elle ne rapporte pas les différents types de protéines produites (Laisse *et al.*, 2019) aux protéines consommées par l'homme. Dès lors on ne peut établir une correspondance entre la composition de notre assiette et le type de ressources mobilisées.

Notre objectif ici est d'évaluer la compétition feed/food des élevages de ruminants français du champ à l'assiette et de proposer des pistes de reconception de ces derniers pour la réduire. Pour quantifier les surfaces et biomasses mobilisées pour produire les différentes protéines animales que nous consommons, nous procéderons en deux temps. Premièrement, nous caractériserons les différentes ressources mobilisées (prairies, cultures et autres ressources non en compétition avec l'alimentation humaine) par catégorie d'animaux (ruminants, monogastriques) en termes de surfaces et de protéines fournies à l'échelle de la France. Dans un deuxième temps, partant de la composition de notre assiette en protéines animales (monogastriques, ruminants), nous estimerons la part des protéines fournies par ce qui est ou non consommable par l'Homme. Sur la base de cette analyse, nous définirons des

orientations à soutenir pour réduire la compétition feed/food des élevages de ruminants et optimiser les services fournis par les prairies à l'agriculture et à la société.

## Contribution des terres arables et des prairies à la fourniture de protéines animales

### Utilisation des terres et de la biomasse pour les différents usages

#### Estimation de la compétition feed/food

Plusieurs approches sont possibles pour estimer la compétition feed/food. L'une consiste à considérer l'occupation des terres et les types de ressources dédiées aux animaux d'élevage tels qu'ils sont actuellement et d'examiner la part de chaque ressource qui n'est pas consommable par les humains. L'autre est de considérer que les changements d'occupation du sol sont des leviers d'action pour répondre de manière systémique aux enjeux de climat et de biodiversité. Dans ce dernier cas, des terres aujourd'hui dédiées à la production d'une ressource pour les animaux d'élevage comme le maïs ensilage peuvent être considérées en compétition avec celles dédiées à la production de l'alimentation humaine.

Selon la première approche, Laisse *et al.*, 2019 ont analysé les fractions de produits végétaux et animaux utilisables pour l'alimentation humaine, ou qui pourraient l'être moyennant des modifications technologiques (par exemple, extraction plus élevée des protéines de soja, concentrés protéiques de colza, tournesol) et/ou de choix de consommation (ex : consommation de farines complètes et d'abats) (Tableau 1). Pour les ruminants, ce paramétrage favorise certes les systèmes herbagers (les prairies n'étant pas consommables par l'Homme), mais aussi ceux qui utilisent beaucoup de maïs ensilage et de tourteaux de colza (principalement cultivé en France pour la production d'huile), ainsi que des co-produits comme les pulpes et le son. A l'inverse, les granivores qui utilisent beaucoup de blé et de tourteaux de soja (principalement importés) sont défavorisés.

La deuxième approche repose sur le principe que les terres arables utilisées pour l'élevage pourraient l'être pour produire des denrées alimentaires directement utilisables par les humains. C'est bien sûr le cas des céréales, mais aussi des surfaces en maïs fourrage qui pourraient être utilisées pour produire par exemple des légumineuses destinées à la consommation humaine. Nous analysons ci-dessous le cas plus complexe des productions générant des co-produits.

Pour les tourteaux de soja (le plus souvent importés), de colza et de tournesol, généralement considérés comme des co-produits de la production d'huiles, l'évaluation de la compétition feed/food doit prendre en compte l'intérêt de la production de ces huiles. Les recherches convergent sur le fait que leur utilisation excessive

TABLEAU 1: Proportions de protéines et d'énergie consommables par l'Homme, contenues dans différents produits végétaux et animaux (d'après Laisse et al., 2019)

TABLE 1: Proportions of proteins and energy edible by humans, contained in different plant and animal products (according to Laisse et al., 2019)

		Protéines consommables par l'Homme (%)	Energie consommable par l'Homme (%)
Produits végétaux	Blé	66	67
	Maïs	15	63
	Tourteaux colza	0	0
	Tourteaux soja	60	38
	Ensilage maïs	10	32
	Prairies	0	0
Produits animaux	Viande vaches allaitantes	48	24
	Viande porc	61	26
	Viande poulet	57	28
	Lait	100	100

pour la production d'agrocarburants et d'ingrédients alimentaires est critiquable du fait d'une faible efficacité énergétique (colza : van Duren *et al.*, 2015) ou de nuisances pour la santé (soja pour des huiles raffinées : Schleifer, 2012), respectivement. L'efficacité énergétique du colza pour produire du biodiesel est comprise entre 1 et 4, ce qui est très faible en comparaison de la production de biogaz à partir de déjections animales (4 à 15) (Arodudu *et al.*, 2017). Ce constat a d'ailleurs amené l'Europe à revoir ses ambitions à la baisse sur les agrocarburants. Par ailleurs, la filière biodiesel est fragilisée par la dé-dieselisation du parc automobile européen (Demilly *et al.*, 2020). Ainsi, nous considérons ici que l'utilisation abondante des tourteaux en Europe ne peut être justifiée par la production d'huiles pour la production d'énergie. Dans nos calculs, ils seront donc considérés comme entrant en compétition avec l'alimentation humaine.

Les co-produits de l'industrie comme le son des céréales et les pulpes de betterave ont toujours été considérés comme n'entrant pas en compétition avec d'autres usages. Cependant, augmenter la consommation de céréales complètes comme le suggère le Plan National Nutrition Santé risque de priver l'industrie animale de co-produits de meunerie (van Selm *et al.*, 2022). D'autre part, les pulpes de betterave pourraient désormais être utilisées pour la production de biogaz<sup>1</sup>.

Les prairies constituent un cas de figure particulier. Il y a un consensus pour « sanctuariser » les prairies permanentes du fait de leur rôle environnemental (Bengtsson *et al.*, 2019 ; Michaud *et al.*, 2020), notamment pour les stocks de carbone qu'elles contiennent. Quant aux prairies temporaires (PT) de moyenne durée avec légumineuses, de nombreuses recherches ont montré leur intérêt pour les services qu'elles rendent à l'agriculture et à la société (Martin *et al.*, 2020).

### Hypothèses retenues pour le calcul de la compétition feed/food

Sur ces bases, nous évaluons la compétition feed/food, en considérant les hypothèses de calcul suivantes :

- les cultures de céréales, de maïs ensilage et d'oléoprotéagineux consommés par les animaux entrent en compétition avec l'alimentation humaine ; elles correspondent à la catégorie terres arables.
- seuls les « véritables » co-produits (Chapoutot *et al.*, 2018) et les prairies permanentes n'entrent pas en compétition avec l'alimentation humaine.
- pour les prairies temporaires, nous considérerons les deux options vis-à-vis de la compétition avec l'alimentation humaine.

Les ressources dédiées à l'alimentation animale (t de biomasse en MS et en MAT) ont donc été classées en cinq catégories : herbe (prairies permanentes et temporaires), maïs ensilage, céréales, tourteaux et véritables co-produits. Elles sont allouées à quatre catégories d'animaux telles que définies par Saille *et al.*, (2021) : bovins et ovins allaitants ; bovins laitiers voire mixtes i.e. associant un atelier bovin allaitant et/ou ovins laitiers ; porcs ; volailles.

Des hypothèses de rendement associées à chacune des quatre catégories de ressources dédiées à l'alimentation animale (voir légende du tableau 2) ont été utilisées pour estimer les surfaces nécessaires pour l'alimentation des animaux considérant leur régime alimentaire actuel (excepté pour les co-produits).

Sur la base de ces hypothèses et des estimations des consommations de matières premières (MS) et de protéines (MAT) par les différentes catégories d'animaux accessibles dans Baumont *et al.* (2021), l'élevage de ruminants français utilise en 2015, presque autant de terres arables, sans compter les prairies temporaires, que les monogastriques (Tableau 2). Au sein des ruminants, les élevages

<sup>1</sup> <https://www.gaz-mobilite.fr/actus/totalenergies-produire-biogaz-pulpe-betterave-3823.html>

TABLEAU 2: Proportions de protéines et d'énergie consommables par l'Homme, contenues dans différents produits végétaux et animaux (d'après Laisse et al., 2019)

TABLE 2: Resources (Mt and Mha) used by different livestock systems in France (2015 data from Baumont et al., 2023)

Ressources		Herbe		Maïs ensilage	Grains**	Tourteaux**		Co-produits		Total sans prairies et sans co-produits
		Prairies permanentes	Prairies temporaires	Maïs ensilage	Céréales	Soja	Colza et tournesol	Céréales	Pulpes et autres	
Bovins et ovins allaitants	MS(Mt)	28,2		2,7	2,45	0,3	0,5	0,48	0,4	
	Mha	6	0,8	0,25	0,41	0,1	0,25	/	/	1,01
	MAT (Mt)	4,38		0,11	0,22	0,13	0,15	0,09	0,04	0,61
Bovins et laitiers et mixtes, ovins laitiers	MS (Mt)	21,4		12	3,3	1,4	1,3	1,5	0,9	
	Mha	1,9	2,4	1,15	0,55	0,47	0,65	/	/	2,82
	MAT (Mt)	3		0,96	0,34	0,56	0,39	0,28	0,1	2,25
Ruminants	MS (Mt)	49,6	18	14,7	5,75	1,7	1,8	1,98	1,3	
	Mha	7,9	3,2	1,40	0,96	0,57	0,90	/	/	3,83
	MAT (Mt)	7,38		1,07	0,56	0,69	0,54	0,37	0,14	2,86
Porcs	MS (Mt)				5,6	0,22	0,95	0,65	0,2	
	Mha				0,93	0,07	0,48			2,27
	MAT (Mt)				0,51	0,095	0,29		0,037	0,90
Volailles	MS (Mt)				7,70	1,6	0,9	0,25		
	Mha				1,28	0,53	0,45	/	/	2,27
	MAT (Mt)				0,72	0,7	0,26	0,05	0,05	1,68
Mono-gastriques	MS (Mt)				13,30	1,82	1,85	0,9	0,2	
	Mha				2,22	0,7	1	/	/	/
	MAT (Mt)				1,29	0,8	0,55	0,05	0,087	2,64

\* La dénomination « bovins laitiers et mixtes » regroupe l'ensemble des Unités Gros Bétail (UGB) bovines présentes sur les exploitations ayant des vaches laitières, dont on ne connaît les consommations d'aliments que de façon globale : elle inclut ainsi les bovins à viande (vaches allaitantes, engraissement) présents dans les exploitations dites mixtes (bovins laitiers et viande).

\*\* sur la base d'un rendement de 6t/ha pour les céréales et de 2t et 2,3 t de tourteaux /ha respectivement pour le colza et le soja.

Mt et Mha: respectivement millions de t et d'ha

laitiers utilisent presque trois fois plus de terres arables que les élevages allaitants puisque ces derniers utilisent plus d'herbe et sont proportionnellement plus localisés en zone de montagne. Les élevages de volailles en utilisent 50% de plus que les élevages de porcs, lorsque sont inclus les volailles de ponte et les palmipèdes gras (Baumont *et al.*, 2021).

En termes de MAT provenant des terres arables, hors prairies temporaires, les ruminants en utilisent un peu plus que les monogastriques (2,86 vs 2,64 Mt). Les consommations en MAT des élevages laitiers sont quant à elles 3,7 fois plus élevées que celles des élevages allaitants. Les co-produits (pulpes, céréales) n'apportent qu'environ 5% des MAT tant pour les ruminants que pour les monogastriques. Pour l'ensemble des ruminants, la surface arable incluant les prairies temporaires atteint 7,03 Mha, soit 3 fois plus que celle allouée aux monogastriques. Par ailleurs, sachant que les rendements des PT sont supérieurs d'environ 64% à ceux des PP et que les fourrages qui en sont issus sont souvent plus riches en MAT (Devun et Legarto, 2011), la contribution des terres arables à la fourniture des MAT serait proportionnellement plus élevée pour les troupeaux laitiers qui sont les plus grands utilisateurs de prairies permanentes.

La part des terres arables dédiées à l'alimentation des animaux est plus élevée pour les monogastriques que pour les ruminants : 100% contre 47% et 26% selon que l'on inclut ou pas les PT dans les terres arables (Tableau 3). Chez les ruminants, elle est plus élevée pour les élevages laitiers que pour les élevages allaitants que l'on inclut les PT dans les terres arables (73% contre 23%, respectivement) ou pas (40% contre 13% respectivement). En revanche, l'inclusion des PT dans les surfaces de terres arables dédiées aux ruminants réduit la différence observée dans la

compétition feed/food entre monogastriques et ruminants, tout particulièrement pour la production laitière. Ceci est à mettre en relation avec l'efficacité de conversion des protéines et de l'énergie qui est de deux (élevages laitiers) à six fois (élevages allaitants) inférieure à celles des monogastriques (Tableau 3). Pour un même niveau de production, les premiers ont donc besoin de mobiliser une quantité de protéines végétales plus importante que les derniers. Ceci explique que malgré une plus faible compétition pour les terres arables entre l'alimentation animale et l'alimentation humaine, les ruminants utilisent autant de terres arables (hors PT) que les monogastriques avec les rations actuellement mises en œuvre.

### Contribution des terres arables à notre consommation de produits animaux

Les produits d'origine animale, hors poissons, fournissent 59% des protéines consommées par les adultes. Les produits carnés (viandes, charcuteries comprises) fournissent 40% des protéines consommées, suivis par les produits laitiers (17%), puis les poissons (9%) et les œufs (2%) (Tableau 4). La connaissance des consommations des différents types de viandes permet de calculer l'apport protéique de chacune d'elle. Le récapitulatif par type de productions animales montre que les produits issus des élevages de ruminants (viande, lait et laitages) apportent presque la même quantité de protéines que ceux issus des élevages de monogastriques, respectivement 28% et 31% (Tableau 4).

Pour quantifier les ressources végétales mobilisées pour alimenter les animaux dont sont issus les produits animaux consommés par l'homme, deux corrections ont été faites. La première concerne le fait qu'une part de la viande de ruminants

TABLEAU 3 : Proportions de terres arables et de MAT utilisées par les différentes catégories d'animaux et de l'efficacité de conversion des protéines végétales par ces dernières. PT : prairies temporaires

TABLE 3: Proportions of arable land and crude protein used by the different categories of animals and efficiency of conversion of plant proteins by the latter. PT: temporary grasslands

	(Surfaces terres arables / surface totale utilisée) x100		MAT provenant des terres arables (co-produits, PP et PT excluses) x 100/MAT totales	Efficacité de conversion des protéines végétales* (Laisse <i>et al.</i> , 2010)
	Terres arables PT incluses	Terres arables PT exclues		
Bovins et ovins allaitants	23	13	12	0,08-0,7
Bovins laitiers et mixtes ; ovins laitiers	73	40	40	0,22- 1
Total ruminants	47	26	26	
Porcs	100	100	96	0,41-1,1
Volailles	100	100	94	0,54-0,9
Total monogastriques	100	100	95	

\*Respectivement efficacités brute et nette de conversion des protéines

TABLEAU 4 : Composition en protéines animales (hors poisson) de l'assiette d'un adulte en 2017  
 TABLE 4: Composition of animal proteins (excluding fish) of an adult's diet in 2017

Type de production	Produits animaux	Protéines animales dans l'assiette (% des protéines totales) Anses, 2021	Consommation de viande par personne (kg eq carcasse/an)*	Protéines animales dans l'assiette (%)	
Monogastriques	Oeuf	2	/	2	31
	Volaille	40	28	14	
	Porc		32	15	
			23	11	28
Ruminants	Boeuf	17	/	17	
	Produits laitiers				

\*La consommation des différentes catégories de viande permet de calculer leur contribution à l'apport de protéines dans l'assiette

provient des troupeaux laitiers (réformes, génisses...) ; environ un tiers de la viande bovine consommée en France<sup>2</sup>. Il convient donc de réduire d'autant les ressources végétales mobilisées pour la production de lait et de les allouer à celles mobilisées pour la production de viande. La seconde correction vise à intégrer les taux d'auto-approvisionnement (consommation nationale/production nationale) pour chaque type de production animale dont on consomme les produits. Pour les produits carnés (données de 2015 pour être cohérent avec les données du tableau 1), les taux d'approvisionnement utilisés pour corriger les ressources mobilisées étaient de 93,7% (bovins), 54,6% (ovins), 102,2% (porcs) et 104,2% (volailles)<sup>3</sup>. Compte tenu de la très faible contribution des ovins à la consommation de ressources (7% des ressources consommées par les ruminants, d'après Salley *et al.*, 2021), nous n'avons pas effectué de corrections. Pour le lait et les laitages, les corrections ont été faites sur la base d'exportations nettes en équivalent de lait liquide, soit 12% de la production en 2010<sup>4</sup>. Enfin, pour estimer les contributions respectives des prairies temporaires et permanentes en biomasse à l'alimentation des troupeaux laitiers et allaitants, faute de données, nous avons considéré arbitrairement que 20% des prairies temporaires étaient utilisées par les troupeaux allaitants, et 80% par les troupeaux laitiers, en lien avec la localisation majoritaire des troupeaux allaitants en zones « défavorisées » et donc de prairies permanentes.

Sur ces bases, les produits issus d'élevage de ruminants (viandes, lait et ses dérivés) que nous consommons actuellement mobiliseraient légèrement moins de surface de terres arables

<sup>2</sup> <https://www.grands-troupeaux-mag.fr/wp-content/uploads/2021/10/Chiffres-cles-bovins-2021.pdf>

<sup>3</sup> <https://www.franceagrimer.fr/content/download/70627/document/BIL-VIA-LAI-Bilan2022-Perspectives2023.pdf>

<sup>4</sup> <https://www.web-agri.fr/prix-du-lait/article/164245/lait-francais-vs-importations-ou-en-est-on>

hors PT que les monogastriques (3,72 vs 3,92 Mha) pour fournir presque la même quantité de protéines (respectivement 28 et 31%) (Fig. 1). Rajouter les PT (3,2 Mha) augmente de 71% la surface de terres arables mobilisées pour produire la même quantité de protéines (Tableau 5). Autrement dit, on pourrait consommer autant de protéines animales en remplaçant les ruminants tels que nourris actuellement et toutes choses égales par ailleurs en termes nutritionnels, par des monogastriques, sans utiliser les prairies permanentes et temporaires. Pour les ruminants, la production de viande mobiliserait à peu près la même quantité de ressources (surfaces et MAT hors prairies permanentes) que la production de lait, alors que l'apport de protéines par le lait est plus élevé de presque 50%. Ces résultats convergent avec ceux observés aux USA (encadré 2, tableau 6).

### Encadré 2 Evaluation des modes d'alimentation des animaux et de leur contribution à la fourniture de protéines aux USA.

Shepson *et al.* (2016) ont montré que les ruminants utilisent plus de terres arables que les monogastriques sans fournir plus de protéines dans l'assiette. Ces auteurs ont calculé que les ruminants utilisaient autant de concentrés que les monogastriques pour produire quasiment la même quantité de protéines animales, auxquelles il faut ajouter une partie des fourrages (maïs ensilage...estimés empiriquement à 25% des surfaces de terres arables). Ils ont considéré que les pâturages ainsi que les foins et ensilages d'herbe, estimés à 75% des MAT n'entraient pas en compétition avec l'alimentation humaine.

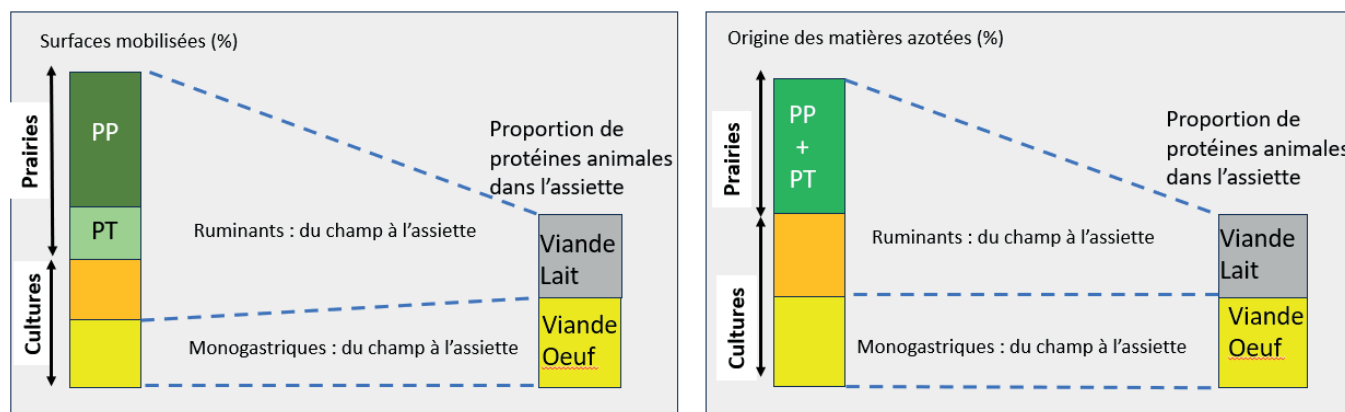


FIGURE 1 : Proportions de terres arables et de MAT utilisées par les différentes catégories d'animaux et de l'efficacité de conversion des protéines végétales par ces dernières. PT : prairies temporaires

FIGURE 1: Crops (cereals, corn silage, oilseeds) and grasslands contribution to the composition of the animal protein diet for ruminant (milk and meat) and monogastric (meat and egg) products of a French adult, in terms of arable land and protein

TABLEAU 5: Composition en protéines animales, hors poisson, de l'assiette d'un adulte et utilisation des terres arables pour produire les différents produits animaux la constituant ; corrections faites des principaux imports/exports. PT : prairies temporaires

TABLE 5: Percentage of animal proteins in an adult's diet (excluding fish), and use of arable land to produce the different animal products constituting it; corrections made for the main imports exports of animal products. PT: temporary grasslands

Produits animaux	Protéines animales dans l'assiette (%)	Terres arables mobilisées sans (et avec) PT (Mha)*	Contribution des terres arables à la fourniture de protéines animales sans (et avec) PT (Mha)*
Oeuf	31	3, 92	2, 64
Volaille			
Porc			
Boeuf	27	1, 97 (3, 48)	1, 38 (2, 88)
Produits laitiers		1, 75 (3, 34)	1, 40 (5, 86)
Produits d'élevages de ruminants	27	3, 75 (6, 84)	1, 78 (8, 74)

\*en considérant qu'1/3 de la viande provient du troupeau laitier, et après correction des exportations

## Réorienter les élevages de ruminants

### Minimiser l'usage des terres arables pour alimenter les ruminants

La contribution de l'élevage de ruminants à notre consommation de protéines animales est donc modeste au regard de la quantité de ressources qu'ils consomment (terres arables dont les PT et prairies permanentes). De ce point de vue, les ruminants ne peuvent donc s'avérer d'intérêt vis-à-vis des monogastriques que si la contribution des terres arables (PT incluses) à leur alimentation est réduite et que la contribution des PP est élevée. C'est la condition pour que la moindre compétition des ruminants avec l'alimentation humaine en valeur relative (Tableau 3) présente un réel atout.

Compte tenu de l'efficacité de conversion des ressources végétales en protéines animales plus élevée pour les élevages laitiers que pour les élevages allaitants, une option prometteuse serait de développer des élevages laitiers à même de fournir du lait et de la viande de qualité (de Vries *et al.*, 2015, van Selm *et al.*, 2021) à partir de ressources minimisant le recours à des terres arables et maximisant l'usage des prairies. Ceci suppose d'élever des types d'animaux capables de produire du lait et de la viande (ex : races mixtes, croisement de races) à partir de ressources prairiales. Les régions de coteaux et de moyenne montagne se prêteraient bien à ce retour à un modèle d'élevage plus autonome et économe car elles sont historiquement des territoires à base de prairies, où des surfaces réduites en cultures peuvent être implantées pour une complémentarité en protéines. L'atteinte de ces objectifs, via

TABLEAU 6 : Protéines végétales mobilisées par les ruminants et les monogastriques et contribution à la composition de l'assiette en protéines animales aux USA

TABLE 6: Plant proteins used by ruminants and monogastrics and contribution to the percentage of animal proteins in the diet in the USA

Protéines végétales mobilisées pour les élevages (Mt)			
	Total	Monogastriques	Ruminants
Concentrés	31	15	16
Fourrages (foin, maïs...)	21		21
Pâturage	11		11
Total	63		48
Protéines végétales provenant des terres arables		15	21-26*
Protéines animales dans l'assiette (Mt)	5, 1	2, 4	2, 7

\*selon deux hypothèses : concentrés auxquels sont ajoutés 25 ou 50% des fourrages

le développement de systèmes maximisant l'utilisation des prairies y compris pour la phase de finition des animaux, conduirait à une relocalisation d'une partie de l'élevage laitier, une conversion de l'élevages allaitants vers le lait et une réduction des effectifs (voir par exemple le scénarios Afterres<sup>5</sup>). Il importerait aussi de transformer l'organisation et les orientations prises en amont (génétique animale notamment) et en aval des filières laitières et allaitantes (de Herde *et al.*, 2019 ; Magne et Quénon, 2021). Ces changements de grande ampleur nécessiteraient de déverrouiller le régime socio-technique du secteur de l'élevage et de l'agriculture (Duru et Magrini, 2023).

### L'élevage à l'herbe permet de répondre à trois défis

Au-delà de la nécessaire réduction de la compétition feed/food pour tendre vers zéro utilisation de terres arables, il importe aussi de faire face à deux autres défis importants : la réduction des émissions d'azote réactif et celle de GES, dont les niveaux ont conduit au dépassement des limites planétaires, majoritairement du fait de l'agriculture (Campbell *et al.*, 2017). Une alimentation à l'herbe est un levier à privilégier pour faire face à ces défis, tout en permettant de mettre sur le marché des produits d'intérêt pour la santé (Duru *et al.*, 2018).

### Tendre vers des élevages « zéro-terres arables »

Réduire les terres utilisées en culture annuelle tout en fournissant des services à la société suppose de circonscrire au maximum l'alimentation des ruminants aux prairies et parcours. Le pâturage d'inter-rang et d'interculture est une autre voie pour fournir des ressources additionnelles sans augmenter la compétition

feed/food (Thiessen Martens et Entz, 2011). La suppression des terres arables utilisées pour l'alimentation des ruminants conduirait à une diminution des ressources fourragères de 44% (tableau 2), ce qui pourrait réduire d'au moins 50% la production de lait et de viande, puisque l'alimentation à l'herbe, du fait d'une moindre concentration en énergie et protéines que les concentrés, conduit à des baisses des rendements laitiers et des performances de croissance (Mottet *et al.*, 2017). Une telle réduction de la production des produits animaux resterait néanmoins compatible avec la couverture de nos besoins nutritionnels tels qu'estimés par modélisation (Toujgani *et al.*, 2023). Elever les bovins à l'herbe amène cependant les éleveurs à changer leurs pratiques d'élevage notamment celles de configuration de troupeau (ex : critères de sélection, de renouvellement et de réforme), ce qui peut en retour améliorer les performances de reproduction des troupeaux mais aussi de santé animale ainsi que la longévité des vaches (Magne *et al.*, 2019 ; Quénon *et al.*, 2023). En revanche, ces élevages herbagers sont confrontés aux défis : i) du changement climatique qui rend incertain et variable la disponibilité et l'accès aux ressources herbagères ; ii) des races mises à disposition des éleveurs qui n'ont pas été jusqu'alors sélectionnées pour valoriser des ressources fourragères variables en quantité et qualité (par exemple pour engraisser des jeunes ovins à l'herbe) (Brito *et al.*, 2021 ; Mertens *et al.*, 2023) ; iii) de la régulation du parasitisme auquel certaines espèces comme les caprins sont particulièrement sensibles ; iv) du besoin en infrastructures supplémentaires (ex : place en bâtiment à un moment dans le cycle de production) et en main-d'œuvre par exemple si l'on souhaite valoriser les veaux à partir des troupeaux laitiers (Berry, 2021).

5 <https://afterres2050.solagro.org/debattre/universite-afterres-2023/>

## Tendre vers la neutralité carbone

Atteindre la neutralité carbone en élevage de ruminants semble difficilement possible au regard des émissions de GES. Selon Pellerin *et al.* (2020) le potentiel additionnel de séquestration dans les prairies permanentes est faible ; il est estimé en moyenne à 185kg CO<sub>2</sub>eq/ha/an, car ces prairies ont souvent atteint un état proche de l'équilibre (Smith, 2014). Néanmoins, certaines pratiques de pâturage permettent une séquestration additionnelle qui dépend fortement des conditions de sol et de climat (Angers *et al.*, 2020 ; Lemoine *et al.*, 2021 ; Elias *et al.*, 2023). En outre, un épisode de sécheresse peut inverser la dynamique de stockage (Van Oijen *et al.*, 2014).

L'introduction de prairies temporaires en rotation avec des cultures permet de séquestrer du carbone, même si elles sont retournées après quelques années (Pellerin *et al.*, 2020). En complément, l'allongement de la durée des prairies temporaires et l'introduction de couverts végétaux entre deux cultures permettent une séquestration additionnelle de 422 et 1158kg CO<sub>2</sub>eq/ha/an. L'implantation de haies offre la possibilité de séquestrer 63kg CO<sub>2</sub>eq pour une parcelle de 8 ha (Pellerin *et al.*, 2020). L'agroforesterie offre aussi un important potentiel de séquestration de carbone dans le sol et dans la biomasse aérienne (Pellerin *et al.*, 2022).

Ces données sont à mettre en face des émissions de GES, notamment de méthane qui à elles seules sont de l'ordre de 3300kg en CO<sub>2</sub>eq. par unité gros bétail (Jouany et Thivend, 2008). Aussi, même en considérant un chargement plancher d'une vache par ha, on est loin d'un équilibre émission-séquestration. C'est pourquoi la méthanisation des déjections animales est une voie complémentaire pour tendre vers la neutralité carbone<sup>6</sup>. L'Ademe a évalué le potentiel de production du biométhane à partir des déjections à 22 et 27 TWh respectivement en 2030 et 2050<sup>7</sup>, alors que 7 TWh ont été produits en 2019. Ce choix nécessite cependant une évaluation multicritère pour s'assurer qu'il n'y ait pas d'effets non désirés (trop grande capacité de méthanisation en regard des ressources sur un territoire, augmentation d'émissions d'ammoniac et réduction de biodiversité dans les sols, dégradation de l'esthétique des paysages par exemple) (Cadiou *et al.*, 2023), et que les leviers pour les éviter soient bien identifiés (précautions lors de l'épandage des digestats, plantations de haies... par exemple).

## Tendre vers l'autonomie en azote

Atteindre l'autonomie n'est pas non plus possible car il y a des émissions (pertes) incompressibles, notamment par les urines. En revanche, deux grands types de leviers existent et doivent être articulés pour se rapprocher le plus possible de l'autonomie azotée tant pour les cultures que pour l'alimentation des animaux :

- développer massivement les légumineuses dans les prairies, en les intégrant dans les mélanges en prairies temporaires, par sursemis dans les prairies permanentes<sup>8</sup> (Golka *et al.*, 2016), en cultures principales et en intercultures, voire sous forme d'arbres fourragers (Emile *et al.*, 2017). Il demeure d'importantes marges de progrès sur ces leviers. C'est par exemple le cas du sursemis en prairies. Il est aujourd'hui plus facile à faire dans des céréales avec un sol régulièrement travaillé et la possibilité de créer un lit de semis superficiel entre les céréales que dans une prairie permanente riche en litière.

- améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote par les ruminants en agissant conjointement sur deux entrées : (i) sélectionner des animaux sur des aptitudes à valoriser et être élevés à l'herbe ; (ii) améliorer les modalités de gestion de l'alimentation des animaux, du pâturage et de la conservation des fourrages pour assurer une ration équilibrée en azote et énergie adaptée aux besoins des animaux tout en assurant leur bonne santé et leur bien-être (Hutchings *et al.*, 2020).

## Exemples de systèmes herbagers répondant à ces défis

D'une manière générale, comme en témoignent les réseaux d'élevage et les expérimentations, les marges de progrès sont élevées pour tendre vers l'autonomie protéique dans toutes les filières de ruminants, que ce soit en valorisant mieux le pâturage (Pierre *et al.*, 2023) ou les fourrages conservés (Deroche et Cheveau, 2023), comme souvent pratiqué en élevages biologiques.<sup>9</sup>

Tendre vers une faible empreinte carbone et azotée suppose aussi d'être vigilant pour les conduites de prairies car un chargement trop élevé réduit la séquestration de carbone (Soussana et Lemaire, 2014) et génère de plus grandes pertes d'azote (Simon *et al.*, 1997 ; Laurent *et al.*, 2000).

Une orientation souvent promue pour tendre vers des systèmes agricoles à faibles impacts négatifs sur l'environnement est de développer des synergies entre cultures et élevages à l'échelle d'un territoire agricole où existent des exploitations spécialisées en culture et en élevage. Les premières évaluations sur le terrain montrent que les situations de synergies sont rares. Les éleveurs parviennent difficilement à s'émanciper totalement des achats d'aliments concentrés et les agriculteurs de fertilisants minéraux (Ryschawy *et al.*, 2017). Il a aussi été montré que la coopération entre cultivateurs et éleveurs peut s'accompagner d'avantages environnementaux limités (Reagan *et al.*, 2017). Une étude plus complète conclut que la réintégration culture-élevage des exploitations spécialisées dans une région peut apporter des avantages aux agriculteurs, mais peut également conduire à une intensification supplémentaire de l'utilisation des terres (Reagan *et al.*, 2017 ; Schut *et al.*, 2021). Une clef pour atteindre un degré élevé d'autonomie est de coupler le développement de synergies

6 <https://bibliothèque.ademe.fr/recherche-et-innovation/5071-prospective-transitions-2050-synthese-9791029718885.html>

7 <https://www.senat.fr/rap/r20-872/r20-8721.pdf>

8 <https://www.cap-proteines-elevage.fr/article/le-sursemis-des-prairies-permanentes>

9 [https://idele.fr/?elD=cmis\\_download&olD=workspace%3A%2F%2FspacesStore%2F386e46e-9622-40cb-a507-6758337be09c&cHash=089f62a4c9c8f89452fb7c-0fa9e50765](https://idele.fr/?elD=cmis_download&olD=workspace%3A%2F%2FspacesStore%2F386e46e-9622-40cb-a507-6758337be09c&cHash=089f62a4c9c8f89452fb7c-0fa9e50765)

### Encadré 3- Exemples d'élevages bovins laitiers relevant le triple défi

Les réseaux Civam dans l'Ouest de la France ont misé de longue date sur des élevages laitiers à l'herbe, qui se révèlent avoir de meilleurs résultats économiques que la moyenne des autres élevages de la région : en 2021, le réseau a montré que le coût des concentrés pour 1000 litres de lait est de 86 euros pour la moyenne régionale et seulement de 20 euros en élevage herbager bio<sup>1</sup>. Certaines filières développent des cahiers des charges spécifiques. Ainsi la filière Comté interdit les ensilages et limite les concentrés à 1800kg/an/vache en cohérence avec un plafonnement de la productivité laitière<sup>2</sup>. Des expérimentations ont montré que des prairies temporaires multi-espèces riches en légumineuses ont permis de bons niveaux de production fourragère quelles que soient l'année et le mode d'exploitation (pâturage ou fauche), malgré le faible niveau de fertilisation, ce qui a permis de se rapprocher de l'autonomie fourragère (98%) et protéique (94%) sur 2017-2020 (Novak et al., 2022).

De manière plus circonscrite, le cahier des charges de la filière « lait de foin » stipule que l'alimentation des vaches doit être basée sur au moins 75% d'herbe ou de foin<sup>3</sup>. La capitalisation des connaissances sur les conduites de pâturage fournit des repères de hauteur entrée-sortie permettant d'augmenter les quantités ingérées (Delaby et Horan, 2021).

A noter que pour valoriser ces ressources fourragères, il est aussi important de revisiter conjointement l'allongement des carrières ainsi que les types d'animaux que l'on sélectionne et élève. Globalement tendre vers des animaux plus multi-performants est un impératif (Magne et al., 2019 ; Phocas et al., 2014) pour avoir des animaux qui se reproduisent et se maintiennent durablement dans les troupeaux.

1 <https://www.civam.org/ressources/reseau-civam/agriculture-durable-thematique/observatoire-technico-economique-des-systemes-bovins-laitiers-2021/>

2 [https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrkMvnjTaBkPkQ1.qUPAwx.;\\_ylu=Y29sbwMEcG9zAzUEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1688256100/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.comte.com%2farticles%2fdossier-alimentation-du-betail-dis-moi-ce-que-tu-manges-je-te-dirai-ce-que-tu-produis-septembre-2010%2f/RK=2/R5=GNuGyC5weJDHarUTkLjJrnyFLM5-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrkMvnjTaBkPkQ1.qUPAwx.;_ylu=Y29sbwMEcG9zAzUEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1688256100/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.comte.com%2farticles%2fdossier-alimentation-du-betail-dis-moi-ce-que-tu-manges-je-te-dirai-ce-que-tu-produis-septembre-2010%2f/RK=2/R5=GNuGyC5weJDHarUTkLjJrnyFLM5-)

3 <https://www.laitdefoin.fr/lait-de-foin/cahiers-des-charges/>

### Encadré 4- Exemples d'élevages allaitants relevant le triple défi

En élevage allaitant, l'augmentation du pâturage est possible par une mise à l'herbe précoce et l'utilisation de stocks sur pied pour l'été<sup>1</sup>. Les cultures sont surtout utilisées pendant la phase d'engraissement, qui est difficile à l'herbe pour les animaux de gros gabarits tels qu'ils ont été sélectionnés jusqu'alors, des expériences montrent que le croisement d'une race rustique (Salers) avec une race herbagère de petit gabarit (Angus) permet de réduire le recours à des concentrés<sup>2</sup>.

La filière pâtures et papilles garantit un élevage 100% à l'herbe et dispose d'un cahier des charges précis et ambitieux ; les grains sont interdits, de même que les espèces racines en phase d'engraissement<sup>3</sup>.

1 <https://vimeo.com/648592019>

2 <https://www.web-agri.fr/vaches-allaitantes-pmtva/article/144197/le-croisement-salers-x-angus-pour-produire-une-viande-finie-en-toute-autonomie>

3 <https://paturesetpapilles.fr>

à l'échelle de territoires et de coordination au sein des filières (Moraine et al., 2017). Cet objectif peut nécessiter des changements radicaux comme l'acceptation d'une forte saisonnalité de la production, qui est très souvent incompatible avec l'organisation actuelle des filières. Une autre voie serait d'imaginer de nouveaux modèles d'élevages « nomades » valorisant des résidus de cultures, des couverts, des inter rangs, des sous-bois, des landes voire des surfaces de bord de route aujourd'hui entretenues mécaniquement. Des exemples d'élevages relevant le triple défi sont indiqués pour

les bovins laitiers et allaitants respectivement dans les encadrés 3 et 4.

### Réallocation des terres arables libérées par un recentrage des élevages sur les prairies

Généralement les terres utilisées pour les cultures annuelles destinées aux élevages ont un bon potentiel agronomique. Plusieurs autres utilisations sont possibles. L'une consiste à poursuivre la culture de céréales, mais pour l'alimentation humaine et cultivées en bio car c'est une condition pour réduire notre exposition aux résidus de pesticides en consommant des farines complètes, comme le recommande le dernier PNNS<sup>10</sup>.

Une deuxième option est de développer des cultures de diversification d'intérêt pour l'environnement, la santé et les produits biosourcés. C'est une condition pour accroître la biodiversité dans les sols et les paysages (Kremen, 2020), et en retour réduire les intrants de synthèse et fournir plus de services écosystémiques à la société (Therond et Duru, 2021). Ainsi, la production de chanvre et de luzerne, respectivement pour des biomatériaux et de l'énergie, permettrait d'allonger les rotations, un levier incontournable pour réduire les intrants de synthèse et bénéficier des services écosystémiques que peuvent fournir ces cultures.

Une troisième option serait de développer la production de fruits, légumes et légumineuses, dont le taux d'approvisionnement est passé de 65 à 50% depuis 2000 alors qu'ils sont insuffisamment consommés pour notre santé (Willett et al., 2019), nécessiterait 1 million d'ha supplémentaire (Duru et Therond, 2023b).

10 <https://www.mangerbouger.fr/ressources-pros/le-programme-national-nutrition-sante-pnns>

## Limites de notre approche

Notre analyse est centrée sur les ruminants et ne traite donc pas des améliorations possibles pour les monogastriques. Il a pourtant été montré que les prairies peuvent contribuer à l'alimentation des porcs (Puech *et al.*, 2022). Il ne peut cependant s'agir que d'une filière de niche, et le pâturage ne peut constituer la totalité de la ration. Notre étude est centrée sur l'apport des protéines à notre alimentation.

D'autres composantes de la composition des produits (acides gras, vitamines), souvent dépendantes des modes d'alimentation des animaux, seraient aussi à considérer. D'autre part, nous n'avons pas pris en compte des scénarios d'évolution des importations et exportations des produits issus d'élevage de ruminants, sur lesquelles il faudrait agir de manière simultanée à la stratégie de réorientation des élevages proposée ici.

## Développer des politiques publiques pour une réorientation de l'élevage de ruminants

### Au niveau national

Des politiques publiques sont nécessaires d'une part pour développer un système alimentaire durable et pour soutenir la consommation de produits de ruminants issus d'une alimentation à l'herbe. Mais à ce jour, il n'y a pas d'articulation entre les politiques agricole, environnementale, alimentaire et de santé. Ainsi, bien que la recommandation de consommation journalière en produits laitiers (lait, yaourt, fromage<sup>11</sup>) soit passée de 3 à 2 portions pour les adultes entre les PNNS 3 et 4, elle n'intègre toujours pas d'objectifs environnementaux. C'est pourquoi ces recommandations sont plus élevées que celles issues des travaux de recherches prenant aussi en compte des objectifs environnementaux (Willett *et al.*, 2019 ; Fouillet *et al.*, 2022). Il en est de même pour les recommandations de consommation de viande où il n'y a pas de limite maximale proposée pour la volaille. La Stratégie nationale pour l'alimentation, la nutrition et le climat (SNANC) dans sa contribution adoptée par le CNA le 5 avril 2023 propose cependant de consommer plus de produits végétaux, et de modérer la consommation en produits laitiers et carnés, « ainsi que d'assurer une information complète, compréhensible et lisible auprès des consommateurs sur l'impact de l'alimentation sur la santé, la planète et sur le bien-être animal »<sup>12</sup>.

Les politiques publiques pour maintenir les prairies sont insuffisantes. Depuis les années 70, elles n'ont pas permis d'enrayer leur retournement (Cattan, 2014). Par ailleurs, il n'a pas été mis en place un label officiel du type « produits issus d'un élevage à l'herbe ». Les produits issus d'élevage biologique pourraient en constituer un proxy si l'on considère la part importante d'herbe

dans les rations des animaux. Seules quelques marques privées le signalent et précisent la part minimale d'herbe dans la ration<sup>13</sup>. Il serait pourtant justifié que les systèmes herbagers bénéficient d'un soutien économique supplémentaire de la part des politiques publiques considérant les services environnementaux fournis par ces élevages et les bénéfices pour la santé humaine des produits laitiers et carnés qui sont issus de ces élevages (Duru *et al.*, 2021). De la même manière il est aussi nécessaire de travailler à une meilleure répartition de la valeur entre les opérateurs de l'aval.

Notons enfin que le score environnemental des aliments en cours d'expérimentation pourrait être une opportunité pour identifier les produits de ruminants issus d'une alimentation à l'herbe. L'Eco-score est un dispositif de notation qui s'appuie principalement sur les analyses de cycles de vie (ACV) ainsi que des pondérations pour tenir compte de facteurs mal pris en compte par l'ACV<sup>14</sup>. Un autre dispositif expérimenté, le Planet-Score vise à corriger les angles morts des ACV en intégrant des données complémentaires telles l'impact de la déforestation dans les pays d'origine, ainsi que celui des pesticides et des antibiotiques sur la biodiversité et la santé dont les effets négatifs sont davantage pris en compte que dans l'Eco-score. Selon le dispositif choisi, le choix de produits issus des élevages herbagers sera plus ou moins bien noté en comparaison des élevages ayant moins recours aux prairies. Ces scores devraient être pensés pour tenir compte des coûts cachés de l'agriculture sur l'environnement et la santé (Rastoin, 2022), car les systèmes herbagers permettent d'en réduire la plupart (Duru et Therond, 2021).

### Au niveau des territoires

Il importerait d'impliquer davantage les collectivités territoriales sur la transition de l'élevage de ruminants et son retour à l'herbe (Demarcq *et al.*, 2022). Les intercommunalités pourraient intégrer la préservation des prairies permanentes et le développement d'élevage à l'herbe dans leur stratégie de développement via les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) pour leurs décisions d'aménagement et de lutte contre l'artificialisation des sols ou de la restauration collective et leur projets alimentaires territoriaux (Duru, 2024). Des expériences mettant localement en lien des élevages relevant le triple défi et l'approvisionnement de cantines avec les produits qui en sont issus existent (Martin *et al.*, 2022). Mais il s'agit d'initiatives pionnières qui sont aujourd'hui insuffisantes et qui demandent d'être étudiées de manière plus approfondie notamment concernant les types de systèmes d'élevage de ruminants que cela soutient réellement et des bénéfices et inconvénients qu'en retirent les différentes parties prenantes, notamment les éleveurs. Par ailleurs, les régions pourraient réunir des conférences régionales sur cette thématique puis financer des investissements et des actions de conseil, de coopération et

11 Un produit laitier c'est par exemple un yaourt nature, un verre moyen de lait (150mL), un morceau de fromage (30g) ou du fromage râpé sur les pâtes, gratins et quiches

12 [https://cna-alimentation.fr/wp-content/uploads/2023/04/CNA\\_Contribution\\_Strategie\\_nationale\\_alimentation\\_nutrition\\_climat.pdf](https://cna-alimentation.fr/wp-content/uploads/2023/04/CNA_Contribution_Strategie_nationale_alimentation_nutrition_climat.pdf)

13 <https://lespresdejen.fr/boeuf-nourri-herbe/>

14 <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/reconnaitre-produit-plus-respectueux-lenvironnement/dossier/laffichage-environnemental/cas-particulier-dispositif-eco-score>

de promotion de ces produits (2ème pilier de la PAC et crédits régionaux).

## Conclusion

Compte tenu des objectifs des politiques publiques en termes d'environnement, de souveraineté alimentaire, les élevages de ruminants tels que conduits actuellement sont particulièrement vulnérables car en plus des prairies ils utilisent autant de terres arables que les monogastriques sans apporter plus de protéines dans l'assiette. C'est pourquoi réduire l'utilisation des terres arables est incontournable pour faire face à leurs points faibles : faible efficacité de transformation des protéines végétales en protéines animales mais aussi émissions élevées de GES et d'azote réactif.

Un tel objectif requiert de profondes transformations des systèmes d'élevage en les réorientant vers l'utilisation quasi-exclusive des ressources herbagères et, de manière concomitante, en transformant le système sociotechnique dans lequel ils s'insèrent (i.e., schéma de sélection, dispositifs de développement, organisation des filières et politiques publiques). Pour favoriser cette stratégie, trois écueils sont à éviter :

- Baser les recommandations de consommation de viande seulement sur des critères nutritionnels et ne pas avoir de politique volontariste encourageant la végétalisation de l'assiette aboutit à une perte de souveraineté alimentaire. C'est la raison pour laquelle nous importons de plus en plus de viande bovine, la consommation baissant peu et moins vite que la production<sup>15</sup>;

- Développer des politiques environnementales, prenant bien plus en compte les services fournis par les prairies afin d'orienter le consommateur vers les produits qui en sont issus. Etant donné leur rôle environnemental clefs elles ne doivent pas être la variable d'ajustement des politiques publiques ;

- Limiter l'évaluation des élevages à l'échelle de la ferme sans intégrer les coûts des externalités négatives, et sans tenir compte des recommandations de consommation de produits animaux pour une assiette saine et durable. Un tel choix conduit souvent à optimiser l'alimentation des ruminants sans s'assurer que les mesures prises seront suffisantes pour atteindre les objectifs de politiques publiques.

## Références bibliographiques

Angers D., Augusto L., Bellassen V., Ceschia E., Chenu C., Gastal F., Klumpp K., Martin M., Pellerin S., Théron O. (2020). Stocks de carbone des sols métropolitains et effet des changements d'occupation des sols sur l'évolution de ces stocks ». Dans « Stocker du carbone dans les sols Français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? », Expertise collective, Rapport scientifique d'étude, France), 540 p

ANSES. (2021) État des lieux des consommations alimentaires et apports nutritionnels dans la restauration hors foyer en France, à partir des données de l'étude INCA3 (2014-2015), 202p

Arodudu O., Helming K., Wiggering H., Voinov A. (2017). Towards a More Holistic Sustainability Assessment Framework for Agro-Bioenergy Sys-

tems ? A Review', *Env. Impact Assessment Rev*, 62, 61–75 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.07.008>>

Barbieri P., Dumont B., Benoit M., Nesme T. (2022). Opinion paper: Livestock is at the heart of interacting levers to reduce feed-food competition in *agroecological food systems*. *Animal* :16(2), 100436.

Baumont R., Decruyenaere V., Maxin G., Rouillé B., Heuzé V., Tran G. (2023). Valoriser une diversité de biomasses pour répondre aux enjeux techniques, environnementaux et sociétaux des élevages de ruminants. *INRAE Productions Animales*, 36(1), 15-p.

Bengtsson J., Bullock J. M., Egoh B., Everson C., Everson T., O'Connor T., ... & Lindborg R. (2019). Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 10(2), e02582.

Berry, D.P., 2021. Invited review: Beef-on-dairy—The generation of crossbred beef × dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 104 <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>

Billen G., Aguilera E., Einarsson R., Garnier J., Gingrich S., Grizzetti B., et al. (2021). Perspective Reshaping the European Agro-Food System and Closing Its Nitrogen Cycle: The Potential of Combining Dietary Change , Agroecology , and Circularity', *One Earth*, 839–50

Brito L.F., Bedere N., Douhard F., Oliveira H.R., et al. (2021). Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal* 15, 100292. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.10029>

Cadiou J., Aubert P.-M., Meynard J.-M. (2023). The Importance of Considering Agricultural Dynamics When Discussing Agro-Environmental Sustainability in Futures Studies of Biogas, *Futures*, 153, 103218 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2023.103218>>

Campbell B. M., Bear D. J., Bennett E. M., Hall-Spencer J. M., Ingram J. S., Jaramillo F., ... & Shindell D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and society*, 22(4).

Cattan A. (2014). La préservation des prairies dans la PAC: l's raisons d'une illusion. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 64(64), 91-104.

Chapoutot P., Rouillé B., Sauvart D., Renaud B. (2018). Les co-produits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. *Productions animales*, 31 (3), 201-220.

de Herde V., Maréchal K., Baret P. V. (2019). Lock-ins and agency: Towards an embedded approach of individual pathways in the Walloon dairy sector. *Sustain.* 11, 1–19. <https://doi.org/10.3390/su11164405>

Delaby L., Horan B. (2021). Améliorer l'efficacité des systèmes laitiers herbagers en milieux tempérés. *INRAE Productions Animales*, 34(3), 161-172.

Demarcq F., Couturier C., Etienne E., Duru M., Morineau J., Boitas M., Bureau J.C. (2022). Les prairies et l'élevage des ruminants au cœur de la transition agricole et alimentaire. Note 44 de la Fabrique

Demilly S., Cesarine J.F., Pancher B. (2020). Mission d'information sur les agro-carburants ; [https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/cion-dvp/115b2609\\_rapport-information#\\_Toc256000050](https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/cion-dvp/115b2609_rapport-information#_Toc256000050)

Deroche B., Chaveau H. (2023). Les fourrages conservés riches en protéines : une ressource d'intérêt pour améliorer l'autonomie des élevages de bovins lait et viande. *Fourrages*, 253, 51-70.

Devun J., Legarto J. (2011). Fourrages Conservés et Modes de Récolte. *Fourrages*, (206), 91-105.

de Vries M., van Middelaar C.E., Boer, I. (2015). Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments. *Livest. Sci.*, 178, 279–288

Dumont B., Ryschawy J., Duru M., Benoit M., Chatellier V., Delaby L. ... & Sabatier, R. (2019). Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *Animal*, 13(8), 1773-1784.

Duru M. (2024). Les PAT : une opportunité pour se saisir des questions de

15 [https://fr.search.yahoo.com/yhs/search?hspart=trp&hsimp=yhs-001&stype=Y143\\_F163\\_201897\\_102620&p=%C3%89levage%2C+GIS%2C+%E2%80%98REGARDS+D+%E2%80%99+AVENIR+SUR+L+%E2%80%99+%C3%89LEVAGE+EN+FRANCE%E2%80%99%2C+2023](https://fr.search.yahoo.com/yhs/search?hspart=trp&hsimp=yhs-001&stype=Y143_F163_201897_102620&p=%C3%89levage%2C+GIS%2C+%E2%80%98REGARDS+D+%E2%80%99+AVENIR+SUR+L+%E2%80%99+%C3%89LEVAGE+EN+FRANCE%E2%80%99%2C+2023)

- santé. in Les chemins des projets alimentaires territoriaux. Sous la direction de Serge Bonnefoy et Christine Margetic (à paraître aux Presses Universitaires de Rennes).
- Duru M., Therond O. (2021). L'évaluation des systèmes agricoles à l'aune des services écosystémiques et de l'économie circulaire. *Agronomie, environnement et sociétés*, 11(1).
- Duru M., Therond O. (2023a). Paradigmes et scénarios de transition des systèmes alimentaires pour la neutralité carbone. *Cahiers Agricultures*, 32, 23.
- Duru M., Therond O. (2023b). Quel usage des terres pour une agriculture nourricière et durable ? *Revue Regards*, R116.
- Duru M., Magrini M. B. (2023). Changement de paradigme du système alimentaire-Comment dépasser les verrous?. *Systèmes alimentaires*, 2023(8), 43-64.
- Duru M., Le Bras C., Grillot M. (2021). Une approche holistique de l'élevage, au cœur des enjeux de santé animale, humaine et environnementale. *Cahiers Agricultures*, 30, 26.
- Duru M., Benoit M., Donnars C., Ryschawy J., Dumont B. (2017). Quelle Place Pour L'élevage, Les Prairies et Les Produits Animaux Dans Les Transitions Agricoles et Alimentaires ? *Fourrages*, 232, 281-96
- Elias D. M., Mason K. E., Howell K., Mitschunas N., Hulmes L., Hulmes S., ... & McNamara N. P. (2023). The potential to increase grassland soil C stocks by extending reseeding intervals is dependent on soil texture and depth. *Journal of Environmental Management*, 334, 117465.
- Emile J. C., Barre P., Delagarde R., Niderkorn V., Novak S. (2017). Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers?. *Fourrages*, (230), 155-160.
- Fouillet H., Dussiot A., Perraud E., Wang J., Huneau J.-F., Kesse-Guyot E., Mariotti F. (2022). Plant to animal protein ratio in the diet: nutrient adequacy, long-term health and environmental pressure. *medRxiv*, 2022.05.20.22275349.
- Golka W., Żurek G., Kamiński J. R. (2016). Permanent grassland restoration techniques-an overview. *Agricultural Engineering*, 20, 51-58.
- González A. D., Frostell B., Carlsson-Kanyama A. (2011). Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food policy*, 36(5), 562-570.
- Hutchings N. J., Sørensen P., Cordovil C. M., Leip A., Amon, B. (2020). Measures to increase the nitrogen use efficiency of European agricultural production. *Global Food Security*, 26(May), 100381. <http://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100381>
- Jouany J. P., Thivend P. (2008). La production de méthane d'origine digestive chez les ruminants et son impact sur le réchauffement climatique. *Management Avenir*, 20(6), 259-274.
- Karlsson J. O., and Rööös E. (2019). Resource-Efficient Use of Land and animals—Environmental Impacts of Food Systems Based on Organic Cropping and Avoided Food-Feed Competition', *Land Use Policy*, 85, 63-72 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.035>>
- Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouillé B., Benoît M., ... Peyraud J. L. (2019). 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(3), 269-288. <http://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2355>
- Laurent F., Vertès F., Farruggia A., Kerveillant P. (2000). Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle. *Fourrages (Versailles)*, (164), 397-420.
- Lee H., Brown C., Seo B., Holman I., Audsley E., Cojocar G., Rounsevell, M. (2019). Implementing land-based mitigation to achieve the Paris Agreement in Europe requires food system transformation. *Environmental research letters*, 14(10), 104009.
- Leip A., Weiss F., Lesschen J. P., Westhoek H. (2014). The nitrogen footprint of food products in the European Union. *The Journal of Agricultural Science*, 152(S1), 20-33.
- Lemoine C., Poilane A., Cliquet J., Gastal F. (2021). Stockage de carbone dans le sol sous prairies en pâturage tournant dynamique, *Fourrages* 248, 1-10
- Magne M.A., Quénon J. (2021). Dairy crossbreeding challenges the French dairy cattle sociotechnical regime. *Agron. Sustain. Dev.* 41. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00683-2>
- Magne M.-A., Nozières M.-O., Cournot S., Ollion E., Puillet L., Renaudeau D., Fortun-Lamothe L. (2019). Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ? *INRA Prod. Anim.* 32, 263-280.
- Martin G., Durand J-L., Duru M., Gastal F., Julier B., Litrico I., et al (2020). Role of Ley Pastures in Tomorrow's Cropping Systems. A Review', *Agronomy for Sustainable Development*, 40 <<http://dx.doi.org/10.1007/s13593-020-00620-9>>
- Martin G., Pujos L., Magrini M.-B. (2022). Micro-Level Sustainability Transition Pathways of Institutional Food Services in France. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6:15. doi: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.943020>.
- Martens J., Thiessen R., Entz M. (2011). 'Integrating Green Manure and Grazing Systems : A Review', *Canadian Journal of Plant Science*,
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600.
- Mertens, A., Kokemohr, L., Braun, E., Legein, L., Mosnier, C., Pirlo, G., Veyssset, P., Hennart, S., Mathot, M., Stilmant, D., 2023. Exploring Rotational Grazing and Crossbreeding as Options for Beef Production to Reduce GHG Emissions and Feed-Food Competition through Farm-Level Bio-Economic Modeling, *Animals* 13, 1-16. <https://doi.org/10.3390/ani13061020>
- Michaud A., Plantureux S., Baumont R., Delaby L. (2020). Les prairies, une richesse et un support d'innovation pour des élevages de ruminants plus durables et acceptables. *INRAE Prod. Anim.* 153-172. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.3.4543>
- Moraine M., Duru M., Therond O. (2017). A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop-livestock systems from farm to territory levels. *Renewable agriculture and food systems*, 32(1), 43-56.
- Mottet A., de Haan C., Falcucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P. (2017). Livestock: On Our Plates or Eating at Our Table? A New Analysis of the Feed/food Debate, *Global Food Security*, 14, 1-8
- Novak S., Didiot C., Bourgoin F., Guyard R., Chargelègue F., Audebert G., Delagarde, R. (2022). Diversified grasslands and grazed crops as the basis for feeding an agroecological dairy system adapted to climate change. In : 26èmes Rencontres Recherches Ruminants. 2022.
- Pellerin S., Bamière L., et al. (2019). Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 114 p : <https://www.inrae.fr/actualites/stocker-4-1000-carbone-sols-potentiel-france>
- Phocas F., Belloc C., Bidanel J., Delaby L., Dourmad J. Y., Dumont B., ... Brochard M. (2016). Towards the agroecological management of ruminants, pigs and poultry through the development of sustainable breeding programmes. II. *Breeding strategies. animal*, 10(11), 1760-1769.
- Pierre P., Delaby L., Daveau B. (2023). La prairie pâturée : un gisement de protéines à portée de gueules de vaches ! *Fourrages*, 254, 41-50.
- Poore J., Nemecek T. (2018) Reducing Food's Environmental Impacts through Producers and Consumers'. *Science*, 992, 987-92 <http://dx.doi.org/10.1126/SCIENCE.AAQ0216>
- Puech T., Py V., Durpoix A. (2022). Elever des porcs pour valoriser des fourrages et des productions non commercialisables en alimentation humaine dans un système agricole diversifié et autonome : performances zootechniques et points critiques. *Fourrages*, 248, 35-46.
- Rastoin J. L. (2022). Coûts cachés et juste prix de notre alimentation : entre marché, État et commons. Policy brief.
- Remond D. (2016). Quel équilibre entre protéines pour une alimentation saine et durable ?, Journées Nationales Des Groupements Techniques Vétéri-

- naires, 2016, 18–20
- Quénon J., Magne M.A. (2021). Milk, fertility and udder health performance of purebred holstein and three-breed rotational crossbred cows within french farms: Insights on the benefits of functional diversity. *Animals* 11, 16. <https://doi.org/10.3390/ani11123414>
- Quénon J., Ingrand S., Magne M.A. (2023). Assessing and explaining trends in dairy cattle herd performance variables while using three-breed rotational crossbreeding: empirical evidence from commercial farms. *Animal* 17, 100983. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100983>
- Regan J. T., Marton S., Barrantes O., Ruane E., Hanegraaf M., Berland J., ... Nesme, T. (2017). Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. *European journal of agronomy*, 82, 342-356.
- Ryschawy J., Martin G., Moraine M., Duru M., Therond O. (2017). Designing crop–livestock integration at different levels: Toward new agroecological models?. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108, 5-20.
- Sailley M., Cordier C., Courtonne J. Y., Dufflot B., Cadudal F., Perrot C., ... Baumont R. (2021). Quantifier et segmenter les flux de matières premières utilisées en France par l'alimentation animale. *INRAE Productions Animales*, 34(4), 273-292.
- Schut A. G., Cooledge E., Moraine M., Van De Ven G. W., Jones D. L., Chadwick D. (2021). Reintegration of crop–livestock systems in Europe: An overview. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8(1), 111-129.
- Simon J. C., Vertès F., Decau M. L., Le Corre L. (1997). Les flux d'azote au pâturage. I. Bilans à l'exploitation et lessivage du nitrate sous prairies. *Fourrages*, (151), 249-262.
- Shepon A., Eshel G., Noor E., Milo R. (2016). Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environmental Research Letters*, 11(10).
- Smith P. (2014). Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?. *Global change biology*, 20(9), 2708-2711.
- Soussana J. F., Lemaire G. (2014). Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop–livestock systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 9-17.
- Thiessen Martens J., Entz, M. (2011). Integrating green manure and grazing systems: A review. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(5), 811-824.
- Thompson L., Rowntree J., Windisch W. (2023). Ecosystem Management Using Livestock: Embracing Diversity and Respecting Ecological Principles', *Anim Front*, 13.
- Toujgani., Brunin J., Perraud E., Allès B., Touvier M., Lairon D., et col l(2023). The Nature of Protein Intake as a Discriminating Factor of Diet Sustainability: A Multi-Criteria Approach', *Scientific Reports*, 13, 1–14 <<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-44872-3>>
- van Duren I., Voinov A., Arodudu O., Firrisa, M. T. (2015). Where to produce rapeseed biodiesel and why? Mapping European rapeseed energy efficiency. *Renewable Energy*, 74, 49–59. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2014.07.016>
- Van Oijen M., Balkovi J., Beer C., Cameron D. R., Ciais P., Cramer W., ... Xu, L. (2014). Impact of droughts on the carbon cycle in European vegetation: a probabilistic risk analysis using six vegetation models. *Biogeosciences*, 11(22), 6357-6375.
- van Selm B., de Boer I.J., Ledgard S.F., van Middelaar C.E. (2021). Reducing greenhouse gas emissions of New Zealand beef through better integration of dairy and beef production. *Agric. Syst.*, 186, 102936.
- van Selm B., Frehner A., De Boer I. J., Van Hal O., Hijbeek R., Van Ittersum M. K., ... Van Zanten H. H. (2022). Circularity in animal production requires a change in the EAT-Lancet diet in Europe. *Nature Food*, 3(1), 66-73.
- Willett W., Rockström J., Loken B., Springmann M., Lang T., Vermeulen S., ... Murray C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Zira S., Rööös E., Rydhmer L., Hoffmann R. (2023). Sustainability assessment of economic, environmental and social impacts, feed-food competition and economic robustness of dairy and beef farming systems in South Western Europe. *Sustainable Production and Consumption*, 36, 439-448.