

# Quel élevage pour une agriculture biologique performante ?

Marc BENOIT<sup>1</sup>, Pietro BARBIERI<sup>2</sup>, Bertrand DUMONT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup> Bordeaux Sciences Agro, Univ. Bordeaux, UMR 1391 ISPA, CS 40201, 33175, Gradignan, France

Courriel : marc-p.benoit@inrae.fr

■ Face aux défis planétaires qui caractérisent notre époque, les activités agricoles sont fortement questionnées. La crise énergétique récente, qui préfigure les décennies à venir, remet en cause la majorité des systèmes de production animale. Nous montrons ici qu'un changement profond du système agri-alimentaire, qui conduirait en particulier à concevoir les systèmes d'élevage selon les principes de l'agriculture biologique, est nécessaire pour faire face à ces défis majeurs.

## Introduction

L'agriculture est aujourd'hui confrontée à de nombreux enjeux largement liés au mode de développement socio-économique des cinquante dernières années, parmi lesquels le changement climatique, l'érosion de biodiversité et l'effet des produits chimiques de synthèse sur la santé humaine. Au-delà de la question du bien-être animal, l'élevage est fortement présent dans les débats associés à ces enjeux, en particulier *i*) pour son rôle dans le réchauffement climatique (Émissions de gaz à effet de serre – GES –, directs pour le méthane, ou indirects, avec par exemple le protoxyde d'azote lié à l'utilisation des engrais de synthèse) ; *ii*) pour la déforestation qu'il engendre en Amérique Latine, largement associée à la culture d'oléoprotéagineux destinés à l'alimentation des animaux ; *iii*) pour les pollutions dont il est responsable au travers des excédents potentiels de déjections vis-à-vis des surfaces d'épandage et *via* les pesticides utilisés par les cultures qui lui sont destinées ; *iv*) pour l'impact sur la

santé humaine d'une consommation excessive de produits carnés. Par ailleurs, le contexte énergétique tendu de 2022 pourrait préfigurer celui des décennies à venir. Il met en exergue les concurrences d'utilisation des surfaces agricoles, en particulier des terres arables, entre l'alimentation humaine, l'alimentation animale (Wilkinson, 2011 ; Barbieri *et al.*, 2022) et la production d'énergie (Benoit & Mottet, 2023). Ce contexte énergétique a largement contribué à la forte augmentation du prix des denrées agricoles, en particulier celles issues de l'élevage.

Dans ce contexte global difficile et complexe, nous proposons de dessiner les contours d'un possible avenir des systèmes d'élevage. Notre analyse vise à montrer qu'une agriculture et un élevage conduits selon les principes de l'agroécologie et plus précisément de l'agriculture biologique (AB) pourraient répondre à nombre des enjeux précédemment énoncés. Nous discutons la nécessité de limiter l'utilisation des intrants dédiés à l'élevage, en particulier ceux qui sont coûteux en énergie et qui génèrent souvent de forts impacts

environnementaux négatifs. Nous cherchons à démontrer qu'en adaptant nos régimes alimentaires et en redéfinissant la place de l'élevage, celui-ci peut conserver une contribution déterminante dans l'alimentation humaine tout en fournissant de nombreux autres services. Enfin, nous abordons la question de l'accompagnement, des conditions d'une telle évolution et de ses conséquences pour les systèmes de production et l'organisation des filières. Le cadre d'analyse retenu est celui de l'élevage européen, avec un focus sur la France, en particulier pour la consommation d'énergie.

## 1. L'élevage : un élément clé pour structurer une agriculture biologique productive et durable à grande échelle

L'agriculture biologique est aujourd'hui l'une des alternatives agroécologiques aux pratiques dites « conventionnelles » parmi les plus étudiées (Cavigelli *et al.*, 2009 ; Barbieri

*et al.*, 2021). Bien que plusieurs études aient montré qu'une expansion à plus grande échelle de l'AB était envisageable (Smith *et al.*, 2018 ; Billen *et al.*, 2021), la question de la productivité nourricière de ce modèle de production est encore débattue (Connor, 2018 ; Barbieri *et al.*, 2021). Le bouclage des cycles des minéraux et l'optimisation des ressources utilisées sont des déterminants majeurs de la productivité, de la résilience et de la durabilité des systèmes agricoles et alimentaires qui se fondent sur les principes de l'AB. Le bouclage des cycles est essentiel au maintien et à l'amélioration de la fertilité des sols (azote, phosphore...) à l'échelle de la ferme, mais doit aussi être envisagé à l'échelle de la filière agro-alimentaire. L'élevage y contribue fortement, en particulier en Europe (Watson *et al.*, 2002).

### ■ 1.1. L'élevage, un élément clé pour la productivité de l'agriculture biologique

L'élevage, en particulier celui de ruminants, joue un rôle clé dans le fonctionnement des systèmes biologiques en bouclant le cycle de l'azote grâce à des transferts entre les prairies et les terres cultivées, *via* la redistribution des déjections (Barbieri *et al.*, 2022). L'absence de ruminants en systèmes de grandes cultures biologiques conduit à une baisse de productivité principalement due à des déficits azotés mais aussi en phosphore et en potassium, en particulier dans les régions où la disponibilité des fertilisants organiques est faible (Foissy *et al.*, 2013). Plus globalement, l'utilisation par les animaux de toute biomasse non valorisable pour l'alimentation humaine (prairies temporaires en rotation, résidus de cultures, couvert végétaux, co-produits des grandes cultures) contribue à maintenir la fertilité des sols (Benoit *et al.*, 2020). C'est particulièrement le cas pour les cultures fourragères intégrant des légumineuses, très utilisées en AB, en lien avec les bénéfices agronomiques liés à l'allongement des rotations et la complexification des systèmes de cultures (Barbieri *et al.*, 2017 ; Benoit *et al.*, 2020). L'introduction de ruminants, spécialement des ovins et caprins, dans les systèmes de cultures pérennes (vignes et vergers) fournit de nombreux services

agronomiques (réduction d'intrants, contrôle des adventices, couverture du sol) *via* le pâturage des animaux.

### ■ 1.2. Une forte extension de l'agriculture biologique : l'élevage au cœur d'adaptations importantes des systèmes de production dans les territoires

L'optimisation des interactions entre productions animales et végétales telle qu'elle est recherchée en AB (c'est-à-dire la maximisation des synergies et la minimisation de la consommation par les animaux des produits végétaux directement utilisables pour l'alimentation humaine) a plusieurs conséquences. Selon les principes précédemment énoncés, cela conduit à redéployer l'élevage dans les exploitations de grandes cultures, en particulier dans les territoires encore très spécialisés (Verret *et al.*, 2020). Une forte extension de l'AB pourrait toutefois nécessiter une réduction significative des effectifs animaux par rapport à la situation actuelle (Barbieri *et al.*, 2021 ; Barbieri *et al.*, 2022) ; le degré de réduction des effectifs animaux varie selon les études d'environ 45 % à l'échelle européenne (Poux & Aubert, 2018) 20 % à l'échelle globale (Barbieri *et al.*, 2021). Cette réduction permet de compenser la baisse de productivité de la production agricole en AB vis-à-vis de l'agriculture conventionnelle ; en effet, dédier un hectare de culture à l'alimentation humaine plutôt qu'à l'alimentation animale permet de nourrir *in fine* une population beaucoup plus importante. Cette réduction concerne avant tout les situations où l'élevage entre en concurrence avec les surfaces cultivables permettant de fournir des productions végétales directement consommables par l'homme.

### ■ 1.3. Une évolution conjointe des systèmes agricoles et alimentaires

Une évolution importante de la production agricole vers l'AB, avec une réduction globale des activités d'élevage, doit ainsi être mise en cohérence avec l'évolution des régimes alimentaires. De nombreuses études

prospectives basées sur la forte extension d'une agriculture fondée sur les principes de l'agroécologie ou de l'AB concluent à une baisse sensible de la consommation de produits animaux et donc à une profonde modification des régimes alimentaires (Dumont *et al.*, 2019). Barbieri *et al.* (2021) ont montré, par modélisation, qu'une conversion massive à l'AB entraînerait une réduction de 73 % de la production de viande (spécialement des monogastriques) accompagnée d'une augmentation des produits laitiers. Cette évolution est cohérente avec celle observée dans les comportements des consommateurs de produits AB en France, avec des conséquences positives : leur plus faible consommation de produits animaux se traduit par une réduction importante des émissions de gaz à effet de serre et par une moindre emprise sur les terres agricoles (Baudry *et al.*, 2019).

## 2. Le défi énergétique accentue la nécessité d'un élevage revisité du point de vue des ressources végétales utilisées

### ■ 2.1. Une agriculture structurellement dépendante de l'énergie

L'humanité s'est développée depuis un siècle et demi grâce à l'utilisation de ressources non renouvelables (charbon, pétrole, gaz) qui sont, par nature, limitées et qui ont un impact majeur sur le réchauffement climatique. L'agriculture a fondé son développement sur ces sources d'énergie abondantes et peu chères. Alors qu'elles ne représentaient que 7 % de l'énergie utilisée dans le secteur agricole dans les années 1930, elles comptaient pour 90 % de l'énergie utilisée en agriculture dans les années 1970 (Harchaoui & Chatzimpiros, 2018). Les activités d'élevage ont été structurées en cohérence avec cette apparente disponibilité, aboutissant à *i)* une augmentation très significative de la dimension des ateliers, une forte mécanisation permettant d'assurer la fourniture de quantités importantes d'aliments

pour le bétail (céréales ou fourrages) et *ii*) l'intensification de la production, avec des productivités animales élevées tant pour la viande que pour le lait, grâce à des aliments à forte densité énergétique (céréales, ensilage de maïs par exemple). Ces aliments présentent un double coût énergétique : par la mécanisation nécessaire à leur mise en œuvre mais aussi par la fertilisation azotée qu'ils requièrent.

## ■ 2.2. Comparaison des performances énergétiques de six productions agricoles françaises : l'élevage en position de faiblesse

Le **tableau 1** reprend les caractéristiques de fermes représentatives de six productions agricoles clés en France et les décrit succinctement du point de vue de leurs caractéristiques structurales et techniques ainsi que du point de vue de leurs performances énergétiques (consommation d'énergie directe et indirecte, selon approche d'analyse de cycle de vie). Un focus sur la production laitière illustre deux stratégies : un système (« Bovins lait sans maïs ») fondé sur l'achat d'aliments concentrés qui représente 23,1 % du coût énergétique total et un second (« Bovins lait avec maïs »), basé sur la culture de fourrages à forte densité nutritionnelle, avec une réduction à 18,2 % de la part de l'énergie associée à l'achat d'aliment mais une hausse, à 15,4 % du total, de l'énergie liée à la fertilisation. À noter que le système laitier sans maïs reste très dépendant des cultures pour l'alimentation du troupeau, avec une consommation de concentré de 1 421 kg par vache et par an.

L'indicateur de consommation d'énergie, rapporté le plus généralement à l'unité fonctionnelle [quantité produite] (litre de lait, kg de viande vive, kg de céréales), permet difficilement de comparer des productions aussi différentes que le lait, la viande et les céréales. Aussi, nous avons transformé les quantités produites par les différents systèmes étudiés en unités alimentaire du produit *i.e.* la viande consommable pour ce qui concerne

les animaux d'élevage, la matière sèche du lait, les kilos de matière sèche des céréales (**tableau 1**). Cet indicateur de « méga joules (MJ) consommés par tonne standardisée » montre un niveau moyen proche de 50 000 MJ par tonne consommable pour les bovins viande, 34 000 à 38 000 MJ par tonne de matière sèche pour le lait, 17 000 à 19 000 MJ par tonne de viande consommable pour les porcs et les volailles et 3 500 MJ par tonne de matière sèche pour les céréales. Bien que ces unités ne soient pas directement comparables, les ordres de grandeurs montrent bien les niveaux de dépendance à l'énergie, depuis la viande bovine (niveau le plus élevé) à la production de céréales (niveau le plus bas), avec un facteur multiplicatif de 14 entre ces deux productions. Rappelons que ces données concernent la France où, pour les ruminants, les systèmes qualifiés « d'herbagers » sont certes situés dans des contextes où l'herbe a une place déterminante (zones de demi-montagne ou montagne en particulier) mais où les niveaux de consommation des concentrés restent élevés.

Une autre approche consiste à comparer l'efficacité d'utilisation de l'énergie, *i.e.* la capacité d'un système de production à produire des MJ à partir de l'énergie mise en œuvre (approche ACV : analyse de cycle de vie) dans le processus de production. Cette approche confirme les observations précédentes : l'élevage porcin est six fois moins efficace que les systèmes de grandes cultures, les bovins laitiers et allaitants 11 à 12 fois moins (Benoit & Mottet, 2023).

Au final, nous en concluons qu'une augmentation importante du coût de l'énergie aura des effets démultipliés sur l'élevage par rapport aux grandes cultures. Dans un contexte fortement inflationniste où le consommateur voit son pouvoir d'achat baisser, il paraît peu concevable d'envisager tout à la fois une hausse importante des prix des produits issus de l'élevage permettant le maintien de la rentabilité des activités d'élevage, et le maintien des volumes actuellement mis en marché.

## ■ 2.3. Une double adaptation nécessaire de l'élevage

Dans ce contexte, un enjeu majeur est de revisiter le mode d'alimentation des animaux. En effet, l'alimentation représente près de 75 % du coût énergétique de l'élevage dans les systèmes de production les plus représentés en France (Benoit & Mottet, 2023). Les dépenses d'énergie incluent l'énergie nécessaire à la production des concentrés achetés (**tableau 1**) et celle liée à la production de l'alimentation sur la ferme, dont celle issue des cultures annuelles. Diverses utilisations d'énergie sont ainsi prises en compte, en particulier la fertilisation mais aussi la mécanisation associée à la mise en place des cultures, leur récolte et leur distribution (ensilage en particulier), voire à l'épandage des déjections. Limiter l'utilisation de ces moyens renvoie, pour les ruminants, à reconsidérer à la fois le type d'aliment (herbe plutôt que cultures dédiées) mais aussi le mode d'utilisation, en privilégiant le prélèvement direct par le pâturage à la récolte et distribution en bâtiment. Le champ d'adaptation des systèmes de production de monogastriques est plus restreint et s'appuie essentiellement sur la valorisation de coproduits. Globalement, le report massif de l'élevage sur ce type de ressources peu coûteuses en énergie conduira à une baisse importante des volumes de produits animaux, au regard de la part actuellement très élevée des surfaces de culture qui leur sont dédiées, évaluées à près de 500 millions d'hectares à l'échelle de la planète, dont 210 millions d'hectares de céréales (Mottet *et al.*, 2017).

## ■ 2.4. Vers un redéploiement des activités d'élevage

La nécessité économique de contourner la concurrence d'utilisation des surfaces arables – qui seront utilisées en priorité pour l'alimentation humaine voire la production d'énergie – conduira à redistribuer l'élevage dans les territoires en fonction des ressources alimentaires disponibles pour l'élevage. En zone de plaine, des ruminants pourront valoriser différents types de biomasse par le pâturage dans des systèmes de grande culture conduits selon les principes de l'agriculture biologique

**Tableau 1. Comparaison de six productions agricoles françaises majeures : caractéristiques globales des fermes et consommations d'énergie (estimée via une approche par analyse de cycle de vie).**

		<b>Bovins viande<sup>1</sup></b>	<b>Bovins lait sans maïs</b>	<b>Bovins lait avec maïs</b>	<b>Porcs</b>	<b>Volailles de chair</b>	<b>Céréales</b>
<b>Caractéristiques des fermes</b>	Nombre de fermes	92	201	116	60 (44 + 16) <sup>2</sup>	71	271
	SAU [ha]	161	73	59	60	7 ha dédiés volailles	166 ha (11 ha gel)
	Surface Fourragère Principale (SFP) [ha]	109	68	53			
	Maïs/SFP [%]	7	0	18			
	UGB/ha SFP	1,4	0,99	1,33			
	N minéral/ha SAU [kg]		19	46			
	Nombre de vaches	82	42	46			
	Production	66 tonnes viande vive	221 300 litres lait	277 000 litres lait	413 tonnes viande vive	320 tonnes viande vive	875 tonnes
	Production par unité	0,422 t vv UGB <sup>3</sup>	5 240 litres/vache	6 087 litres/vache			4,8 t MS/ha SAU <sup>3</sup>
	Intrants/unité de production	Concentré : 2 200 kg/vache	Concentré : 1 421 kg/vache	Concentré : 1 334 kg/vache	Concentré : 4 400 kg/UGB 2,9 kg/kg vv	Concentré : 2,2 kg/kg vv	Azote : 132 kg N/ha SAU
<b>Consommation d'énergie</b>	Concentré acheté/ Concentré total [%]	46	65	49	62	91	
	MJ/unité	30 474 MJ/t vv	4 913 MJ/ 1 000 L	4 389 MJ/ 1 000 L	13 848 MJ/t vv	11 943 MJ/t vv	3 492 MJ/t MS
	MJ/unité standardisée <sup>4</sup>	49 151 MJ/t conso <sup>5</sup>	37 792 MJ/t MS	33 762 MJ/t MS	16 684 MJ/t conso <sup>5</sup>	19 262 MJ/t conso <sup>5</sup>	3 492 MJ/t MS
	MJ/ha.SAU	16 590	14 882	20 470			16 780
	Prod. Pétro <sup>6</sup> [%]	22,9	22,4	24,0	8,1	11,1	20,8
	Électricité [%]	4,0	19,9	17,2	21,9	4,6	9,5
	Fertilisation [%]	17,9	8,9	15,4	6,4	0	48,7
	Aliments [%]	26,1	23,1	18,2	50,0	70,9	
	Autres [%]	29,1	25,7	25,2	13,6	12,9	21,0

<sup>1</sup>Bovins viande naisseurs engraisseurs.<sup>2</sup>44 fermes de naisseur-engraisseurs et 16 engraisseurs stricts.<sup>3</sup>t vv = tonnes de viande vive et t MS = tonnes de matière sèche.<sup>4</sup>Le but est de comparer au mieux les productions entre elles i.e. la part consommable par l'homme dans la production et en considérant la matière sèche pour le lait. Prise en compte du pourcentage du poids vif consommable par rapport au poids vif, y compris abats et autres produits (graisse pour suif, couenne, os et peaux pour gélatine...): Bovins viande 62 %, vaches laitières 57 %, porcs 83 %, volailles 62 % (Laisse *et al.* (2019)). Pour le lait, nous avons retenu le taux de 130 g de matière sèche par litre de lait.<sup>5</sup>conso : consommable par l'Homme.<sup>6</sup>Prod.Pétro. : Produits pétroliers utilisés sur la ferme.

(Benoit *et al.*, 2020) avec des rotations longues incluant des cultures de légumineuses fourragères et de cultures intermédiaires d'intérêt agronomique (voir section I). Des travaux de recherche se développent depuis une dizaine d'années pour définir les modalités d'utilisation par les ovins de ressources fourragères issues des systèmes de grandes cultures (Verret *et al.*, 2020). En zone de moyenne montagne, sur les surfaces peu ou pas labourables, les ruminants, en particulier les bovins, valoriseront avant tout les prairies permanentes. En zone méditerranéenne, les petits ruminants tireront parti des zones de parcours. Enfin, des monogastriques ou des bovins à l'engraissement élevés à proximité des unités de transformation des grandes cultures valoriseront leurs coproduits (son, tourteaux, pulpes...). Cette redistribution permettra en outre d'éviter en grande partie le coût énergétique croissant du transport et du conditionnement des matières premières (déshydratation en particulier) avec des activités d'élevage qui se déploieront à proximité des ressources disponibles et des surfaces destinées à l'épandage des déjections animales.

### 3. Dans cette nouvelle configuration, les activités d'élevage délivrent de nombreux services

#### ■ 3.1. Une gamme de services rendus à l'échelle des fermes et des territoires

Les nouvelles modalités de l'alimentation des animaux proposées dans les sections I et II mettent en évidence de nombreux services procurés par l'élevage, et les ruminants en premier lieu. Le pâturage est la conduite d'élevage la plus sobre en énergie, tant par l'utilisation directe de la ressource que pour la restitution directe des déjections sur les surfaces utilisées. Dans les territoires herbagers à faible potentiel de cultures, l'élevage assure une fonction d'entretien du territoire (Dumont *et al.*, 2019), incluant l'atténuation des risques d'incendies associés au changement climatique et le maintien de zones récréatives (Rodríguez-Ortega

*et al.*, 2014). Un corolaire important est le maintien d'activités socio-économiques, en lien avec le fort potentiel culturel et touristique de ces territoires. Plus globalement, les activités d'élevage génèrent une dynamique socio-économique importante en termes d'emploi (Hostiou *et al.*, 2020).

La contribution de l'élevage apparaît essentielle au maintien d'un patrimoine culturel (Vollet *et al.*, 2017). La poursuite d'une activité d'élevage dans des territoires largement couverts par la forêt conduit à une mosaïque paysagère très favorable à la biodiversité (Huber *et al.*, 2013 ; Zachar *et al.*, 2022) et contribue à l'identité de ces espaces (Chai-Allah *et al.*, 2023).

Dans les zones à potentiel agronomique plus élevé et disposant de terres labourables, l'association de l'élevage à différents types de cultures, telle que cela est pratiqué en AB, apparaît déterminante en termes de services : destruction de couverts d'intérêt agronomique, avec restitution de déjections ayant un fort potentiel fertilisant, limitation des adventices, réduction des maladies et ravageurs (Zambujo, 2020 ; Bosshardt *et al.*, 2022). Par ailleurs, dans ces espaces, les prairies contribuent à créer des mosaïques paysagères et les élevages herbagers fournissent ainsi indirectement divers services : réduction de la pression des produits phytosanitaires, régulation des crues, esthétique du paysage, etc., mais aussi préservation des infrastructures écologiques indispensables aux insectes pollinisateurs et aux auxiliaires des cultures (Ryschawy *et al.*, 2017 ; Ouin *et al.*, 2021).

À l'échelle des parcelles pâturées ou fauchées, les bénéfices d'une conduite en AB plutôt qu'en agriculture conventionnelle sont toutefois moins marqués qu'en grandes cultures (Schneider *et al.*, 2014 ; Inclán *et al.*, 2015 ; Seufert & Ramankutty, 2017). Ce sont principalement des effets indirects, tels que l'abandon de la fertilisation minérale, la baisse du chargement ou du nombre de fauches, ou encore la mise en œuvre de fauches tardives, qui réduisent l'intensité d'exploitation des couverts et expliquent des niveaux de biodiversité parfois plus élevés dans les prairies des élevages

en AB (Klaus *et al.*, 2013 ; Gerling *et al.*, 2019). Globalement, les bénéfices de l'AB (tous usage des terres confondus) semblent plus marqués sur l'abondance des espèces que sur leur richesse spécifique (Seufert & Ramankutty, 2017). Ainsi, la comparaison d'une quarantaine de prairies conduites dans des exploitations bio vs conventionnelles en Allemagne a révélé une plus forte richesse spécifique globale des arthropodes dans les prairies conduites en bio corrélée à la plus faible intensité d'utilisation de ces couverts, mais aucun effet significatif sur la richesse floristique des couverts, ni sur la richesse spécifique des araignées (Klaus *et al.*, 2013). Au Pays de Galles, la conduite de prairies en AB a bénéficié à l'abondance des abeilles sauvage, des bourdons et des vers de terre (Schneider *et al.*, 2014). Dans un autre site en Suisse, l'abondance des araignées bénéficiait aussi de la conduite des prairies en bio. Toutefois, certains des effets positifs observés à l'échelle de la parcelle disparaissent à l'échelle de l'exploitation et du paysage (Schneider *et al.*, 2014). À ce jour il semble donc difficile de quantifier les effets sur la biodiversité d'une AB devenue majoritaire à l'échelle d'un territoire.

#### ■ 3.2. Les autres services écosystémiques fournis par le pâturage

La recherche d'autonomie et d'approvisionnement local pour l'alimentation des animaux, en particulier en élevage biologique, permet d'éviter les impacts indirects des activités d'élevage peu autonomes d'un point de vue alimentaire (protéines en particulier, de soja notamment), telle la destruction des forêts primaires du continent sud-américain et la disparition de la biodiversité associée (Chaudhary & Kastner, 2016).

La réduction globale des activités d'élevage est l'une des conclusions de notre analyse. Rappelons que c'est une voie essentielle pour réduire les émissions de GES (Bryngelsson *et al.*, 2016 ; Poore & Nemecek, 2018), par ailleurs préconisée par la Cour des comptes (2023). Notons aussi que, même si une ration riche en concentrés permet de réduire significativement les émissions de méthane par kilo de produit, l'analyse

du cycle de vie montre que les systèmes herbagers, particulièrement ceux qui sont extensifs, affichent une réduction des émissions de GES associée à celle des intrants utilisés tout en contribuant fortement à la séquestration de carbone dans les sols de prairies (Pellerin *et al.*, 2020). Les systèmes d'élevage bovins laitiers conduits en AB, largement fondés sur l'utilisation de l'herbe, illustrent ce principe (Gaudaré *et al.*, 2021).

Au-delà du fait que les produits animaux assurent un apport de composés nutritionnels de haute valeur pour l'Homme (vitamines, minéraux) (Rémond, 2019), les systèmes d'élevage largement fondés sur l'utilisation de l'herbe et du pâturage, tels ceux en AB, conduisent à des produits présentant des caractéristiques intéressantes d'un point de vue nutritionnel eu égard à leur richesse en acides gras polyinsaturés  $\omega 3$ . L'alimentation à l'herbe peut toutefois avoir des conséquences négatives sur les caractéristiques sensorielles des produits, par exemple une saveur désagréable des gras d'agneaux, liée au scatol (Prache *et al.*, 2011), conséquence de la part importante des légumineuses dans la ration des animaux.

La production selon les cahiers des charges de l'AB permet de réduire le risque de résidus de produits vétérinaires dans les produits animaux et de résistance aux antibiotiques (Prache *et al.*, 2022). Cependant, l'allongement de la durée de production associé aux modifications de mode l'alimentation (que l'on soit en AB ou en agriculture conventionnelle avec peu de concentrés) peut augmenter l'exposition à des contaminants environnementaux. Enfin, les stratégies d'élevage fondées sur la pratique du pâturage sont jugées favorables au bien-être animal (Mee & Boyle, 2020) même si certains aspects négatifs sont à relever, par exemple le risque accru d'infestation par des parasites gastro-intestinaux des petits ruminants et des jeunes chevaux.

proposées par l'agriculture biologique, selon les principes fondamentaux de l'agroécologie. La stratégie de recouplage généralisé de l'élevage aux activités de culture est centrale, permettant de réduire drastiquement les impacts négatifs de l'agriculture sur l'environnement avec en particulier la suppression de l'utilisation des intrants de synthèse.

La section 2 a montré que la raréfaction de l'énergie nécessitera un repositionnement des activités d'élevage qui, pour des raisons de compétitivité économique, devra se tourner vers des ressources alimentaires moins coûteuses en énergie et non concurrentes de la production d'énergie ou de l'alimentation humaine. Par ailleurs, dans ce contexte énergétique, l'élevage devra contribuer à la fertilisation des cultures, permettant ainsi une forte réduction voire la suppression de la fertilisation chimique de synthèse, très largement dépendante des énergies fossiles.

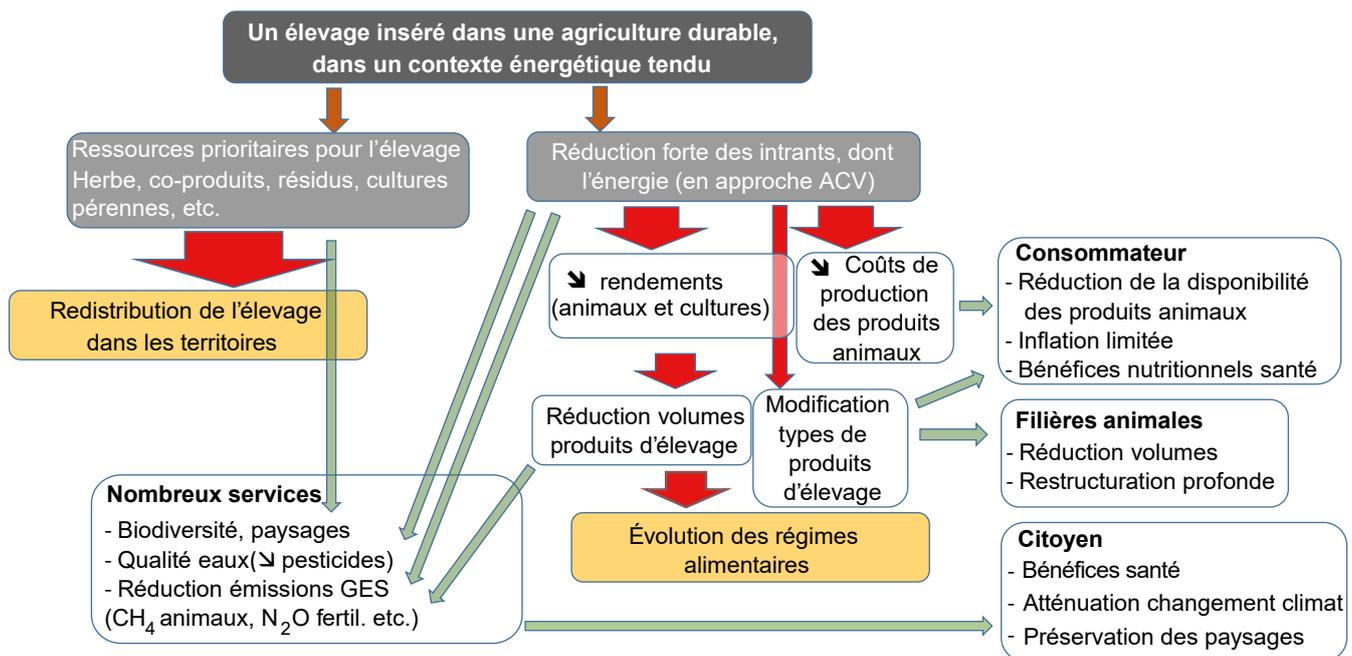
Les adaptations des systèmes d'élevage proposées dans ces deux sections convergent vers trois enjeux clés.

## 4. Discussion

### ■ 4.1. Repositionnement et réduction de l'élevage : vers une mise en cohérence d'objectifs globaux

La section I a montré le rôle essentiel des activités d'élevage telles que

**Figure 1.** Évolution du système agri-alimentaire face aux enjeux d'un élevage inséré dans une agriculture durable et dans un contexte énergétique tendu. Moyens, conditions et incidence sur le consommateur, le citoyen et les filières animales.



Rectangles oranges : les conditions de cette nouvelle organisation du système agri-alimentaire.  
Flèches rouges : les mécanismes à l'œuvre. Flèches vertes : conséquences à terme.

#### a. Une réduction de la compétition entre alimentation animale et humaine

Cette réduction se traduit par une transition des systèmes d'alimentation des animaux vers une plus grande utilisation des coproduits des cultures, de plusieurs types : *i)* les coproduits de la transformation des matières premières destinées à l'alimentation humaine (Dumont *et al.*, 2013) ; *ii)* les résidus à pâturer après la récolte de céréales ou la consommation de fruits et de légumes non récoltés ; *iii)* les cultures mises en œuvre dans un but agronomique comme les cultures intermédiaires (pour éviter le salissement des cultures par les adventices, casser les cycles de maladies, et éviter la fuite des éléments minéraux) ou les bandes enherbées dans les inter-rangs en arboriculture et en viticulture ; et *iv)* le pâturage au stade végétatif de cultures destinées à l'Homme, qui n'entraîne qu'une baisse limitée du rendement en grain (Harrison *et al.*, 2011) voire une légère augmentation dès lors que l'on respecte certaines modalités de pâturage (par exemple, sortir les brebis de la parcelle avant la fin du tallage) (Sagot & Verret, 2021). Au-delà de ces ressources, il s'agit aussi d'utiliser les surfaces n'ayant pas d'appétit à produire des aliments pour l'Homme, telles que les prairies permanentes et les parcours.

#### b. Une réduction importante des produits de l'élevage dans notre alimentation

Cette réduction a deux origines : *i)* la moindre importance des activités d'élevage dans l'activité agricole globale, avec la priorité donnée aux surfaces cultivables pour la fourniture de produits végétaux directement utilisables par l'Homme et *ii)* la baisse de productivité animale, au moins pour les ruminants, liée d'une part à la très forte réduction d'utilisation des aliments en concurrence avec l'alimentation humaine et d'autre part à la mise en œuvre de systèmes d'élevage plus économes ; ils devront mobiliser moins d'énergie directe ou indirecte et les systèmes d'alimentation animale seront ainsi moins utilisateurs d'aliments à haute valeur nutritionnelle (l'ensilage de maïs par exemple).

#### c. Une relocalisation des activités d'élevage

Le développement des activités d'élevage se fera ainsi à proximité des ressources qui leur sont dédiées. Cela conduira à une forte réduction des phénomènes de concentration de l'élevage, amplifiée par la réduction globale des activités d'élevage.

La **figure 1** résume les principaux éléments de l'analyse proposée : *i)* l'adaptation des systèmes d'élevage face aux enjeux actuels, en particulier en termes de ressources alimentaires utilisées ; *ii)* les conditions de cette adaptation en termes de répartition territoriale et d'ajustement des régimes alimentaires ; et *iii)* les services qui découlent de cette adaptation, les impacts sur les filières, le consommateur et le citoyen.

### ■ 4.2. Enjeux et concurrence des élevages de ruminants et de monogastriques, convergence et antagonisme entre élevages en AB et conventionnel

L'alimentation actuelle des animaux d'élevage en Europe est largement basée sur l'utilisation de concentrés, pour les monogastriques mais aussi pour les ruminants, pour lesquels la part du maïs ensilage – souvent associé à l'utilisation de soja sud-américain – est conséquente et son coût de production élevé.

Dans un contexte d'inflation importante du prix de l'énergie et des matières premières agricoles, la voie de substitution privilégiée pour l'élevage de monogastriques est celle des coproduits de transformation des produits agricoles. Dans ces conditions, les monogastriques sont en position de force vis-à-vis des ruminants, en raison de leur efficacité alimentaire plus élevée (Poore & Nemecek, 2018), et du fait de la limitation des coûts de transport qui résulte de la concentration géographique des ateliers, près des lieux de transformation des matières premières (Roguet *et al.*, 2015). À terme, on pourrait ainsi faire un double constat : *i)* l'élevage de monogastriques conventionnel resterait fortement différencié de l'élevage biologique dans la mesure

où, fondé sur l'utilisation de coproduits, il pourrait être mené dans de grosses unités de production, hors-sol, et proche des industries de transformation des grandes cultures ou des pôles de consommation (pour l'utilisation des déchets divers) ; l'élevage de monogastriques en AB ne pourrait, lui, qu'être conduit dans des unités de dimension limitée, du fait des contraintes liées à l'épandage des effluents (170 kg d'azote par ha, sur des surfaces en AB), et à un accès au plein air pour les animaux ; *ii)* une certaine convergence de l'élevage de ruminants conventionnel vers l'élevage biologique qui, tous deux, seraient conduits sur des modes de production relativement extensifs avec peu d'utilisation de coproduits et de céréales, voire peu de maïs ensilage ou de culture fourragère intensifiée coûteux en énergie et en ressource en eau. En effet, l'élevage de ruminants conventionnel pourrait progressivement adopter les principes de l'agroécologie pour faire face à de fortes contraintes de coûts des intrants, à la concurrence d'utilisation des céréales et à leur prix, voire à l'évolution de la réglementation (plus sévère vis-à-vis de l'utilisation de pesticides ou vis-à-vis de conditions d'élevage et de transport des animaux par exemple). Une telle convergence des modes de production d'élevage conventionnel et biologique pourrait se répercuter sur les caractéristiques des produits, en particulier concernant les aspects nutritionnels, en lien avec les modes d'alimentation des animaux (*e.g.* l'importance accrue de la part de l'herbe, pour les ruminants).

### ■ 4.3. Un couplage nécessaire des politiques concernant les systèmes de production et les systèmes alimentaires

Nous avons souligné qu'un développement significatif de la production en AB nécessitait, pour satisfaire les besoins alimentaires des populations, d'être coordonné avec l'évolution vers des régimes alimentaires moins riches en protéines d'origine animale. Røos *et al.* (2022) ont montré que la politique publique la plus à même de satisfaire un large panel d'objectifs environnementaux et sanitaires doit *i)*

être basée sur le développement des systèmes agroécologiques, tels ceux en AB, *ii*) viser à faire évoluer en parallèle les régimes alimentaires, *iii*) prendre en compte le périmètre des systèmes agro-alimentaires locaux. C'est bien la vision développée précédemment, en redéployant les productions d'élevage au sein des territoires. Guyomard *et al.* (2018) soulignent l'intérêt et la cohérence qu'il y aurait à compléter la politique agricole commune avec une politique nutritionnelle qui renforcerait la part des produits végétaux dans l'alimentation, avec des bénéfices tant sur la santé humaine que sur celle de l'environnement, en particulier la limitation des émissions de GES, en accord avec Irz *et al.* (2016). La prospective réalisée pour une Europe agroécologique à l'horizon 2050 (Poux & Aubert, 2018) postule une réduction de 50 % des protéines d'origine animale dans le régime alimentaire moyen, la quantité de protéines consommée étant *in fine* réduite de 17 %. Dans cette prospective, les productions de ruminants sont relativement stables car les animaux valorisent une grande diversité de ressources fourragères. Les effectifs de monogastriques sont en forte baisse (-66 et -60 % pour les volailles et les porcs, respectivement). Il faut noter l'antagonisme de cette perspective avec les orientations actuelles de la consommation de viande, avec des tendances plutôt à la baisse pour la viande rouge et à la hausse pour les volailles.

#### ■ 4.4. Des impacts socio-économiques importants dans les territoires et à une échelle macro

Les sections I et II ont conclu à une relocalisation des activités d'élevage liée à l'adaptation aux nouvelles ressources alimentaires mobilisées. Celles-ci sont largement associées au pâturage, en incluant les cultures intermédiaires et résidus de grandes cultures, ce qui devrait conduire au développement significatif de l'élevage de ruminants dans les zones de cultures annuelles et pérennes. Cela nécessitera, dans ces zones actuellement très spécialisées sur les productions végétales, non seulement le développement de filières

de services à l'élevage (dont le suivi sanitaire) mais également de filières d'aval, en premier lieu des abattoirs de proximité. Dans une vision globale de décroissance des activités d'élevage, l'avenir des régions présentant une très forte concentration d'animaux, réalisée grâce à des importations massives d'aliments du bétail, pose la difficile question de la reconversion des activités et des personnes. Une activité d'élevage significative pourrait se maintenir dans les zones de plaine présentant de faibles potentialités agronomiques et bien-sûr en zones de montagne et demi-montagne. Ces zones sont aujourd'hui considérées comme des zones refuge pour les populations d'insectes qui s'effondrent en zones de grandes cultures (Wagner *et al.*, 2021), y compris dans les espaces protégées (Hallmann *et al.*, 2017). La réintroduction de cultures qui pourrait être réalisée dans les zones d'altitude devrait ainsi l'être sans avoir recours aux pesticides de synthèse. L'AB y aura donc une place privilégiée.

Par ricochet de cette très forte reposition du paysage agricole, et face aux nouvelles stratégies concernant l'élevage, les flux des matières premières (céréales et oléoprotéagineux) évolueront fortement, en particulier l'importation de protéines d'Amérique du Sud et les exportations de céréales. Ces éléments sont d'ailleurs des résultats essentiels des divers travaux de prospective réalisés à grande échelle avec une agriculture sans intrants de synthèse ou en AB (Poux & Aubert, 2018; Billen *et al.*, 2021). Aussi, l'organisation des filières agricoles actuelles sera-t-elle fortement remise en question, tant pour ce qui concerne la fourniture d'intrants aux exploitations agricoles que pour ce qui touche à la mise en marché des produits. Certains produits animaux pourraient connaître de fortes baisses de volumes et la saisonnalité de mise en marché pourrait être significativement modifiée, avec moins de « contre-saison ». Leurs caractéristiques pourraient évoluer, en particulier en termes de qualités nutritionnelle, sensorielle et technologique. Ces critères pourraient en outre voir leur variabilité augmenter compte tenu de la diversité des ressources utilisées et de la technicité requise pour gérer une qualité

irrégulière des ressources fourragères, en particulier au pâturage. Aussi, les défis sont-ils nombreux pour les filières d'aval, dont l'activité pourrait être largement remise en question, avec une restructuration très importante de ses emplois directs et indirects. Il s'agit là d'un frein majeur à l'évolution attendue par la société, révélant les divergences entre les intérêts sociétaux et ceux des firmes privées (Fouilleux *et al.*, 2017). Cette remise en question interroge aussi les voies possibles pour favoriser les évolutions sociotechniques (Geels & Schot, 2007) et le rôle des politiques publiques. La mutation ainsi attendue dans le secteur de l'agriculture fait écho à celles d'autres secteurs économiques, comme celui de l'industrie (automobile, aviation), en pleine transition technologique, avec une restructuration soutenue et accompagnée par l'État et l'Europe.

## Conclusion

La productivité de l'agriculture pourrait stagner voire régresser dans les décennies futures en particulier du fait de la réduction des intrants utilisés pour des raisons d'impacts environnementaux ou de raréfaction et de coût. Par ailleurs, sur le moyen terme, l'augmentation des coûts de production associée au renchérissement du prix de l'énergie se traduira probablement par une forte inflation sur le prix des denrées alimentaires et particulièrement les produits animaux, conduisant à une réduction de leur part dans les régimes. Cette réduction pourrait alors permettre de maintenir la capacité nourricière de l'agriculture malgré sa moindre productivité. En effet, une part significative des produits végétaux cultivés pour les animaux pourrait alors être directement consommée par les humains. Dans ce contexte, l'AB pourrait avoir une place de choix, car elle peut être considérée comme le stade « ultime » du principe de réduction des intrants de synthèse et peut être considérée comme exemplaire de la mise en œuvre des principes de l'agroécologie. Elle a aussi fait ses preuves en tant que mode de production préservant les ressources naturelles, avec un impact très favorable sur le maintien d'une large biodiversité. L'élevage biologique pour-

rait ainsi trouver toute sa place dans les décennies à venir, avec un élevage de ruminants essentiellement basé sur l'utilisation des fourrages et la pratique du pâturage, et un élevage de monogastriques alimenté avant tout avec les coproduits de la transformation des produits agricoles destinés à l'alimentation humaine ou aux secteurs industriels et énergétiques.

Cependant, même si ce mode d'élevage en AB apparaît comme une excellente option pour une mutation de l'agriculture face aux nombreux enjeux actuels, un soutien de la part de la collectivité est nécessaire, au moins pour soutenir son développement dans la

phase de transition. Ce soutien viserait à structurer la différenciation de cette filière de commercialisation pour une garantie de traçabilité, et à compenser les moindres économies d'échelle liées aux plus faibles volumes de produits mis en marché. Ce soutien pourrait aussi se traduire par la rémunération des externalités positives produites, largement associées à la non-utilisation de produits de synthèse mais aussi aux services rendus par ce mode d'élevage, en particulier par les ruminants. Ce serait aussi un levier indirect contribuant à rendre accessible les produits AB au consommateur, dans une situation inflationniste limitant son pouvoir d'achat. Plus largement, des politiques

publiques ambitieuses semblent incontournables pour initier ce profond changement de modes de production et arbitrer les usages en compétition des surfaces et de la biomasse. Même si ce changement est encouragé par le contexte énergétique tendu qui préfigure l'avenir et qu'il semble incontournable vis-à-vis des enjeux environnementaux, il questionne très fortement l'organisation voire l'existence de nombreuses filières agricoles, tant en élevage qu'en grandes cultures. Un accompagnement s'avèrera ainsi indispensable, tant du point de vue économique que social. L'engagement et la contribution des acteurs de ces filières à cette mutation en dépendront.

## Références

- Barbieri, P., Pellerin, S., & Nesme, T. (2017). Comparing crop rotations between organic and conventional farming. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14271-6>
- Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, V., Smith, L., Ramankutty, N., & Nesme, T. (2021). Global option space for organic agriculture is delimited by nitrogen availability. *Nature Food*, 2(5), 363372. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00276-y>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100436>
- Baudry, J., Pelletier, P., Seconda, L., Vidal, R., Taupier-Létage, B., Langevin, B., Allès, B., Galán, P., Herçberg, S., Amiot, M., Boizot-Szantai, C., Hamza, O., Cravedi, J. P., Debrauwer, L., Soler, L., Lairon, D., & Kesse-Guyot, E. (2019). Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet: findings from the BioNutriNet cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109(4), 1173-1188. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy361>
- Benoit, M., & Mottet, A. (2023). Energy scarcity and rising cost: towards a paradigm shift for livestock. *Agricultural Systems*, 205, 103585. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103585>
- Benoit, M., Dumont, B., Barbieri, P., & Nesme, T. (2020). Une agriculture durable pour nourrir la planète : l'élevage au coeur du débat. *Innovations Agronomiques*, 80, 23-32. <https://doi.org/10.15454/zpmg-rh95>
- Billen, G., Aguilera, E., Einarsson, R., Garnier, J., Gingrich, S., Grizzetti, B., Lassaletta, L., Noë, J. L., & Sanz-Cobena, A. (2021). Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: the potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. *One Earth*, 4(6), 839850. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.008>
- Bochu, J.L., Bordet, A.C., & Métayer, N. (2011a). Références PLANETE 2010, Fiche 10 – Production « Bovins viande ». SOLAGRO, 9p [https://solagro.org/medias/publications/f54\\_10refplanete2010bovin-viande.pdf](https://solagro.org/medias/publications/f54_10refplanete2010bovin-viande.pdf)
- Bochu, J.L., Bordet, C., Métayer, N., Trévisiol, A., & Touchemoulin, O. (2011b). Référence PLANETE 2010. Fiche 8 – Production « Volaille de chair ». SOLAGRO, 10p [https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f52\\_8volaille.pdf](https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f52_8volaille.pdf)
- Bordet, A.C., Bochu, J.L., & Trévisiol, A. (2010). Références PLANETE 2010, Fiche 2- Production « Bovins lait strict ». SOLAGRO, 25p [https://solagro.org/medias/publications/f46\\_2-refplanete-2010blaitstrict.pdf](https://solagro.org/medias/publications/f46_2-refplanete-2010blaitstrict.pdf)
- Bordet, A.C., Bochu, J.L., & Trévisiol, A. (2011). Références PLANETE 2010, Fiche 7- Production « Porcs ». SOLAGRO, 10p [https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f51\\_7refplanete2010porcs.pdf](https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f51_7refplanete2010porcs.pdf)
- Bosshardt, S., Sabatier, R., Dufils, A., & Navarrete, M. (2022). Changing perspectives on chicken-pastured orchards for Action : A review based on a heuristic model. *Agricultural Systems*, 196, 103335. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103335>
- Bryngelsson, D., Wirsenius, S., Hedenus, F., & Sonesson, U. (2016). How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture. *Food Policy*, 59, 152164. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.12.012>
- Cavigelli, M. A., Hima, B. L., Hanson, J. A., Teasdale, J. R., Conklin, A. E., & Lu, Y. (2009). Long-term economic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(2), 102119. <https://doi.org/10.1017/s1742170509002555>
- Chai-Allah, A., Fox, N., Brunschwig, G., Bimonte, S., & Joly, F. (2023). A trail-based approach using crowdsourced data to assess recreationists' preferences for landscape. *Landscape and Urban Planning*, 233, 104700. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104700>
- Chaudhary, A., & Kastner, T. (2016). Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Global Environmental Change*, 38, 195204. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.03.013>
- Connor, D. J. (2018). Organic agriculture and food security: a decade of unreason finally implodes. *Field Crops Research*, 225, 128129. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.008>
- Cour des comptes (2023). Les soutiens publics aux éleveurs de bovins. 137p <https://www.ccomptes.fr/system/files/2023-06/20230522-52023-0466-Soutiens-publics-eleveurs-bovins.pdf>
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., & Tichit, M. (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7(6), 10281043. <https://doi.org/10.1017/s1751731112002418>
- Dumont, B., Ryschawy, J., Duru, M., Benoit, M., Chatellier, V., Delaby, L., Donnars, C., Dupraz, P., Lemauiel-Lavenant, S., Méda, B., Vollet, D., & Sabatier, R. (2019). Review : associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *Animal*, 13(8), 17731784. <https://doi.org/10.1017/s1751731118002586>
- Foissy, D., Vian, J., & David, C. (2013). Managing nutrient in organic farming system : reliance on livestock production for nutrient management of arable farmland. *Organic Agriculture*, 3(3-4), 183-199. <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0060-8>
- Fouilleux, È., Bricas, N., & Alpha, A. (2017). 'Feeding 9 Billion People': global food security debates and the productionist trap. *Journal of European Public Policy*, 24(11), 1658-1677. <https://doi.org/10.1080/13501763.2017.1334084>

- Gaudaré, U., Pellerin, S., Benoit, M., Durand, G., Dumont, B., Barbieri, P., & Nesme, T. (2021). Comparing productivity and feed-use efficiency between organic and conventional livestock animals. *Environmental Research Letters*, 16(2), 024012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd65e>
- Geels, F. W., & Schot, J. J. (2007). Typology of socio-technical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Gerling, C., Sturm, A., & Wätzold, F. (2019). Ecological-economic modelling to compare the impact of organic and conventional farming on endangered grassland bird and butterfly species. *Agricultural Systems*, 173, 424434. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.016>
- Guyomard, H., Detang-Dessendre, C., Requillart, V., & Soler, L. (2018). La politique agricole commune doit-elle intégrer des objectifs de lutte contre le surpoids et l'obésité ? *INRA Sciences Sociales*, 5-6, 1-7. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.280331>
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Sipel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., & De Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Harchaoui, S., & Chatzimpiros, P. (2018). Energy, nitrogen, and farm surplus transitions in agriculture from historical data modeling. France, 1882–2013. *Journal of Industrial Ecology*, 23(2), 412425. <https://doi.org/10.1111/jiec.12760>
- Harrison, M. T., Evans, J. R., Dove, H., & Moore, A. D. (2011). Dual-purpose cereals: can the relative influences of management and environment on crop recovery and grain yield be dissected ? *Crop & Pasture Science*, 62(11), 930. <https://doi.org/10.1071/cp11066>
- Hostiou, N., Vollet, D., Benoit, M., & Delfosse, C. (2020). Employment and farmers' work in European ruminant livestock farms: a review. *Journal of Rural Studies*, 74, 223234. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.008>
- Huber, R., Briner, S., Peringer, A., Lauber, S., Seidl, R., Widmer, A., Gillet, F., Buttler, A., Le, Q. B., & Hirschi, C. (2013). Modeling social-ecological feedback effects in the implementation of payments for environmental services in pasture-woodlands. *Ecology and Society*, 18(2). <https://doi.org/10.5751/es-05487-180241>
- Inclán, D. J., Cerretti, P., Gabriel, D., Benton, T. G., Sait, S. M., Kunin, W. E., Gillespie, M. A., & Marini, L. (2015). Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 11021109. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12457>
- Irz, X., Leroy, P., Réquillart, V., & Soler, L. (2016). Welfare and sustainability effects of dietary recommendations. *Ecological Economics*, 130, 139155. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.025>
- Klaus, V. H., Kleinebecker, T., Prati, D., Goßner, M. M., Alt, F., Boch, S., Gockel, S., Hemp, A., Lange, M., Müller, J., Oelmann, Y., Pašalić, E., Renner, S. C., Socher, S. A., Türke, M., Weisser, W. W., Fischer, M., & Hölzel, N. (2013). Does organic grassland farming benefit plant and arthropod diversity at the expense of yield and soil fertility ? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 177, 19. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.019>
- Laisse, S., Baumont, R., Dusart, L., Gaudré, D., Rouillé, B., Benoit, M., Veyssset, P., Rémond, D., & Peyraud, J. (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), 269288. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2355>
- Mee, J. F., & Boyle, L. (2020). Assessing whether dairy cow welfare is "better" in pasture-based than in confinement-based management systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 68(3), 168177. <https://doi.org/10.1080/00480169.2020.1721034>
- Metayer, N., Bochu, J.L., Bordet, A.C., & Trevisiol, A. (2010). Références PLANETE 2010. Fiche 3 – Production « Grandes cultures strict » SOLAGRO, 33p. [https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f47\\_3refplanete2010qc.pdf](https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f47_3refplanete2010qc.pdf)
- 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, 18. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Quin, A., Andrieu, É., Vialatte, A., Balent, G., Barbaro, L., Blanco, J., Ceschia, É., Clément, F., Fauvel, M., Gallai, N., Hewison, A. J. M., Jean-François, D., Képhaliacos, C., Macary, F., Probst, A., Probst, J., Ryschawy, J., Sheeren, D., Sourdri, A., ... Sirami, C. (2021). Building a shared vision of the future for multifunctional agricultural landscapes. Lessons from a long term socio-ecological research site in south-western France. *Advances in Ecological Research*, 57106. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2021.05.001>
- Pellerin, S., Bamière, L., Launay, C., & Martin, R. (2020). Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif de 4 pour 1000 et à quel coût ? Rapport scientifique de l'étude INRA (France), 540p
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Poux, P., & Aubert, P. (2018). An agroecological Europe in 2050: multifunctional agriculture for healthy eating. findings from the ten years for agroecology (TYFA) modelling exercise IDDRI -AScA, Study N°09/18, Paris, France. <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/study/agroecological-europe-2050-multifunctional-agriculture-healthy-eating>
- Prache, S., Gatellier, P., Thomas, A., Picard, B., & Bauchart, D. (2011). Comparison of meat and carcass output in organically reared and conventionally reared pasture-fed lambs. *Animal*, 5(12), 20012009. <https://doi.org/10.1017/s175173111001030>
- Prache, S., Lebreton, B., Baéza, É., Martin, B., Gautron, J., Feidt, C., Médale, F., Corraze, G., Raullet, M., Lefèvre, F., Verrez-Bagnis, V., & Sans, P. (2022). Review: quality and authentication of organic animal products in Europe. *Animal*, 16, 100405. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100405>
- Rémond, D. (2019). Quelle place pour les produits animaux dans l'alimentation de demain ? In : R. Baumont (Coord.), Numéro spécial « De grands défis et des solutions pour l'élevage », *INRA Productions Animales*, 32(2), 147-158. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2500>
- Rodríguez-Ortega, T., Oteros-Rozas, E., Ripoll-Bosch, R., Tichit, M., Martín-López, B., & Bernués, A. (2014). Applying the ecosystem services framework to pasture-based livestock farming systems in Europe. *Animal*, 8(8), 13611372. <https://doi.org/10.1017/s1751731114000421>
- Roguet, C., Gaigné, C., Chatellier, V., Cariou, S., Carlier, M., Chenut, R., Daniel, K., & Perrot, C. (2015). Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes : état des lieux et facteurs explicatifs. *INRA Productions Animales*, 4(1), 522. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2015.28.1.3007>
- Röös, E., Mayer, A., Muller, A., Kalt, G., Shon, F., Erb, K., Rob, H., Matej, S., Kaufmann, L., Pfeifer, C., Frehner, A., Smith, P., & Schwarz, G. (2022). Agroecological practices in combination with healthy diets can help meet EU food system policy targets. *Science of The Total Environment*, 847, 157612. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157612>
- Ryschawy, J., Martin, G., Moraine, M., Duru, M., & Thérond, O. (2017). Designing crop–livestock integration at different levels : toward new agroecological models? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108(1), 520. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9815-9>
- Sagot, L., & Verret, V. (2021). Le retour des brebis dans la plaine. Fiche technique. Projet POSCIF, pâturage ovin en système céréalier en Ile-de-France Projet Agrofile, Retrieved, [http://www.agrofile.fr/wp-content/uploads/2021/12/POSCIF\\_Fiche\\_techinique\\_CEREALES.pdf](http://www.agrofile.fr/wp-content/uploads/2021/12/POSCIF_Fiche_techinique_CEREALES.pdf)
- Schneider, M. K., Lüscher, G., Jeanneret, P., Arndorfer, M., Ammari, Y., Bailey, D., Balázs, K., Báldi, A., Choisis, J. P., Dennis, P., Eiter, S., Fjellstad, W., Fraser, M., Frank, T., Friedel, J. K., Garchi, S., Geijzenborffer, I. R., Gómiero, T., González-Bornay, G., ... Herzog, F. (2014). Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. *Nature Communications*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/ncomms5151>
- Seufert, V., & Ramankutty, N. (2017). Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Science Advances*, 3(3). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602638>
- Smith, L., Jones, P., Kirk, G. J. D., Pearce, B., & Williams, A. (2018). Modelling the production impacts of a widespread conversion to organic agriculture in England and Wales. *Land Use Policy*, 76, 391404. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.035>

Verret, V., Emonet, E., Claquin, M., Rougier, M., Sagot, L., Mischler, P., Gautier, D., Lescoat, P., Havet, A., Levavasseur, F., Pechoux, S., & Wolgust, V. (2020). Recoupler grandes cultures et élevages ovins par le pâturage, en vue de systèmes économes en Île-de-France. *Innovations Agronomiques*, 80, 55-68. <https://doi.org/10.15454/fjkk-6d10>

Vollet, D., Huguenin-Elie, O., Martín, B., & Dumont, B. (2017). La diversité des services rendus par les terroirs d'élevage herbagers fournissant des produits de qualité dans des environnements préservés. In : B. Dumont (Coord.), *Numéro spécial : « L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts »*, INRA

*Productions Animales*, 30(4), 333350. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.4.2264>

Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., & Stopak, D. (2021). Insect decline in the anthropocene: death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(2). <https://doi.org/10.1073/pnas.2023989118>

Watson, C. A., Atkinson, D., Gosling, P., Jackson, L., & Rayns, F. (2002). Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management*, 18(s1), 239247. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00265.x>

Wilkinson, J. M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal*, 5(7), 10141022. <https://doi.org/10.1017/s175173111100005x>

Zachar, Z., Pápay, G., Csontos, P., Szabó, G., Zimmermann, Z., Saláta, D., Szentes, S., Pajor, F., Fuchs, M., & Penksza, K. (2022). The effects of different management methods on restored grasslands in potential temperate forest zones. *Diversity*, 14(7), 551. <https://doi.org/10.3390/d14070551>

Zambujo, C. (2020). Arboriculture : moutons y es-tu ? Retrieved, <https://www.jamag.fr/actualites/arboriculture-moutons-y-es-tu>

## Résumé

Les activités d'élevage sont fortement questionnées pour leurs impacts négatifs sur l'environnement, en particulier le changement climatique, et vis-à-vis de la compétition pour l'utilisation des surfaces agricoles. Depuis peu, elles sont en outre confrontées aux fortes tensions sur les ressources énergétiques. Nous montrons ici que, dans le contexte européen et français, le développement à grande échelle d'un élevage mettant en œuvre les principes de l'agriculture biologique, fortement inscrit dans la transition agroécologique, conduit à une reconception des systèmes agricoles et des régimes alimentaires. Face à l'augmentation du prix de l'énergie, nous montrons que les activités d'élevage vont perdre en compétitivité face à l'utilisation de surfaces arables dédiées à l'alimentation humaine ou à la production d'énergie. D'autre part, les produits animaux vont aussi devenir moins accessibles pour le consommateur qui voit son pouvoir d'achat baisser. Une issue pour l'élevage est de se recentrer sur l'utilisation de surfaces non cultivables et sur une large gamme de coproduits. Nous montrons que la mise en œuvre de pratiques d'élevage biologique est en totale cohérence avec ces enjeux. Une telle évolution renforcerait par ailleurs les services que les systèmes d'élevage peuvent rendre à la collectivité. Néanmoins, des freins à cette transition des systèmes de culture et d'élevage demeurent, notamment les stratégies et l'organisation actuelles des filières. Le rôle des politiques publiques est donc crucial pour anticiper une évolution qui semble inéluctable, et accompagner ces transitions.

## Abstract

### **What type of livestock farming for a successful organic agriculture in the Anthropocene era?**

*Livestock farming activities are often questioned for their negative impact on the environment, including climate change, and competition for agricultural land. More recently, they have also had to cope with severe pressure on energy resources. Here, we show that, in the European and French context, a large-scale implementation of organic livestock farming, strongly involved in agroecological transition, has led to the reorganization of farming systems and diets. Faced with rising energy prices, we show that livestock farming activities will lose competitiveness in the face of the use of arable land for human consumption and energy production. In addition, animal products will become less accessible to consumers, whose purchasing power will decline. One way out for livestock farming is to refocus on the use of non-cultivable land and a wide range of by-products as feedstuff. We show that the implementation of organic farming practices is fully consistent with these challenges. Such a development also enhances the services that livestock production systems could provide to society. However, there are still major obstacles for the transition of crop and livestock systems, including current strategies and organization of the sector. The role of public policy is therefore crucial in anticipating the inevitable changes and supporting this transition.*

BENOIT, M., BARBIERI, P., DUMONT, B. (2024). Quel élevage pour une agriculture biologique performante ? Dans : F. Médale, S. Penvern, N. Bareille (Coord.), *Numéro spécial : L'élevage biologique : conditions et potentiel de développement*, INRAE *Productions Animales*, 37(2), 7372. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2024.37.2.7372>



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI en respectant les informations figurant ci-dessus.