Une expertise scientifique collective analyse les rôles, impacts et services issus des élevages en Europe

Bertrand Dumont, Pierre Dupraz, Rodolphe Sabatier, Catherine Donnars

▶ **To cite this version:**

Bertrand Dumont, Pierre Dupraz, Rodolphe Sabatier, Catherine Donnars. Une expertise scientifique collective analyse les rôles, impacts et services issus des élevages en Europe. Fourrages, 2017, 229, pp.63-76. hal-01604662

HAL Id: hal-01604662
https://hal.science/hal-01604662

Submitted on 25 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue ***Fourrages***,

est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy –75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Française pour la Production Fourragère

Une expertise scientifique collective analyse les rôles, impacts et services issus des élevages en Europe

B. Dumont[1], P. Dupraz[2], R. Sabatier[3], J. Hercule[4], C. Donnars[4]*

L'élevage est un secteur majeur pour l'économie des territoires et structure les paysages ruraux en Europe, mais il fait aussi l'objet de controverses (dommages environnementaux, bien-être animal…). Un très riche travail de synthèse des connaissances a été conduit dans le cadre d'une expertise collective, dont une synthèse est ici présentée.

RÉSUMÉ

Cette expertise scientifique collective (ESCo) aborde conjointement les multiples conséquences de la production et de la consommation de produits d'origine animale (bovins, petits ruminants, porcins et aviculture) sur les écosystèmes et le climat, le travail et l'emploi, les marchés et les principaux enjeux sociaux et culturels. Abordées dans un premier temps dimension par dimension, les connaissances ont ensuite été analysées sous la forme d'un «bouquet de services» au sein des principaux territoires d'élevage européens. Dans chacun de ces territoires, les relations entre les différents impacts et services permettent d'identifier les compromis et les principaux leviers d'action envisageables pour accroître la durabilité de l'élevage.

SUMMARY

A collective scientific assessment of the roles, impacts, and services associated with livestock production systems in Europe

Livestock production is of major economic importance and defines rural landscapes in many parts of Europe. It has elicited controversy over the past decades, specifically with regards to its environmental impacts and animal welfare in industrial systems. It is therefore important to review scientific knowledge on the roles, impacts, and economic, or social- associated with European livestock production systems (i.e., cattle, small ruminants, pigs, and poultry). First, we addressed each effect category individually; then, we identified bundles of services associated with livestock systems across different European livestock areas. In each area, interactions between impacts and services can be used to identify the trade-offs and options for different systems, which will enhance their ability to cope with future challenges.

Introduction

L'élevage et la consommation de produits animaux ont été particulièrement présents dans l'actualité médiatique et scientifique de la dernière décennie. En particulier, le rapport *Livestock's long shadow* de la FAO (Steinfeld *et al.*, 2006) a eu un effet de cadrage des débats en mettant en balance les enjeux de sécurité alimentaire et les dommages climatiques et environnementaux associés à l'élevage. Son chiffrage de la contribution de l'élevage aux

* Avec la contribution des autres experts de l'expertise. B Dumont et P Dupraz ont été les responsables scientifiques d'un collectif comprenant 24 autres experts : J. Aubin, M. Benoit, Z. Bouamra-Mechemache, V. Chatellier, L. Delaby, C. Delfosse, J.Y. Dourmad, M. Duru, M. Friant-Perrot, C. Gaigné, J.L. Guichet, P. Havlik, N. Hostiou, O. Huguenin-Elie, K. Klumpp, A. Langlais, S. Lemauviel-Lavenant, O. Lepiller, B. Méda, J. Ryschawy, R. Sabatier, I. Veissier, E. Verrier, D. Vollet

AUTEURS

1 : INRA, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, Theix, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; bertrand.dumont@inra.fr

2 : INRA, Agrocampus Ouest, UMR1302 Smart Lereco, F-35000 Rennes

3 : INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR1048 SAD-APT, F-75000 Paris

4 : INRA, UAR1241 DEPE, F-75338 Paris

MOTS CLÉS : Biodiversité, changement climatique, diversité régionale, eau, environnement, Europe de l'Ouest, fourrage, gestion du territoire, prairie, prévision, services écosystémiques, services rendus par les prairies, sol, système d'élevage, système de production, travail, typologie d'exploitations.

KEY-WORDS : Biodiversity, climatic change, ecosystem services, environment, farm typology, forage, forecast, grassland, land management, livestock system, production system, regional diversity, services provided by grasslands, soil, UE, water, work.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Dumont B., Dupraz P., Sabatier R., Hercule J., Donnars C. (2017) : «Une expertise scientifique collective analyse les rôles, impacts et services issus des élevages en Europe», *Fourrages*, 229, 63-76.

émissions de gaz à effet de serre (18% des émissions mondiales revu à 14,5% en 2013 ; Gerber *et al.*, 2013) a identifié l'élevage comme une des causes majeures du réchauffement climatique. Ce rapport pointe également l'emprise territoriale de l'élevage (3/4 des surfaces agricoles mondiales), les perturbations qu'il induit dans les grands cycles biogéochimiques et la faible efficacité de la conversion protéique cultures - produits animaux ; il faut en effet, selon les espèces et les produits, entre 2 et 10 kg de protéines végétales pour fabriquer 1 kg de protéines animales, ces valeurs étant aujourd'hui re-analysées et affinées au regard des possibilités de mise en culture des surfaces (van Zanten *et al.*, 2016 ; Peyraud, 2017).

Dans ce contexte, il est apparu nécessaire d'étayer le débat en faisant le point sur les connaissances relatives aux rôles, impacts et services environnementaux, économiques et sociaux issus des élevages européens et de leurs produits. Pour ce faire, les ministères français en charge de l'Environnement et de l'Agriculture ainsi que l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) ont sollicité l'Inra pour réaliser une expertise scientifique collective (ESCo, *cf.* annexe 1) abordant conjointement les multiples conséquences de la production et de la consommation de produits d'origine animale (bovins, petits ruminants, porcins et aviculture) sur les écosystèmes et le climat, le travail et l'emploi, les marchés et les principaux enjeux sociaux et culturels. Un collectif de 26 experts a examiné la littérature scientifique internationale (Dumont *et al.*, 2016).

La part des produits animaux dans l'alimentation

Depuis 2006, le diagnostic environnemental de la FAO a été régulièrement complété et affiné. Il continue néanmoins d'interroger la hausse de la demande alimentaire mondiale en produits animaux, même si celle-ci concerne aujourd'hui en priorité les pays émergents. Réduire la part des protéines animales dans l'alimentation converge également avec les recommandations de santé publique qui lient le développement de maladies chroniques à l'alimentation (Patterson *et al.*, 2012 ; Stoll-Kleemann et O'Riordan, 2015). S'y ajoutent les revendications de mouvements défendant la cause animale ainsi que l'intérêt croissant porté au végétarisme. L'accent est ainsi régulièrement mis sur les effets bénéfiques qu'auraient une réduction de la part de viande dans les régimes alimentaires. Parallèlement, certaines innovations technologiques trouvent un écho médiatique comme la viande *in vitro* (Hocquette, 2016) ou la consommation d'insectes en alimentation animale (alternative aux protéines végétales : van Zanten *et al.*, 2015) ou humaine (alternative aux protéines animales classiques : van Huis *et al.*, 2015).

Les transitions agricoles en question

Les débats sur l'élevage et l'alimentation entrent en résonance avec des enjeux sociétaux plus larges concernant notre modèle de développement et sa responsabilité dans les dommages causés à la biosphère. La redéfinition des modes de production vise à préserver la production tout en assurant une maîtrise de ses impacts environnementaux. La notion d'« intensification écologique » par exemple promeut la bio-ingénierie, et l'élevage de précision mobilise capteurs, robots et données statistiques pour piloter et ajuster les interventions techniques (Rains *et al.*, 2011 ; Levain *et al.*, 2015). L'agroécologie cherche à refonder les systèmes agricoles en valorisant les fonctions écologiques au sein des agroécosystèmes et la fourniture de services écosystémiques à la société (Dumont *et al.*, 2013). Ces deux voies de modernisation, bien que poursuivant un même objectif de durabilité, reposent sur des conceptions différentes : la première cherche à augmenter l'efficience d'utilisation des ressources et le recyclage des déchets et sous-produits. La seconde opte pour une refonte plus profonde des systèmes et renforce leur résilience face aux pressions externes en particulier *via* leur lien au sol (Duru *et al.*, 2015). Ces différentes voies émergent dans un contexte d'incertitudes et de tensions récurrentes sur les marchés européens des produits animaux, qui mettent nombre d'éleveurs en difficulté. La transition du modèle « productiviste » vers ces modèles plus durables reste à préciser.

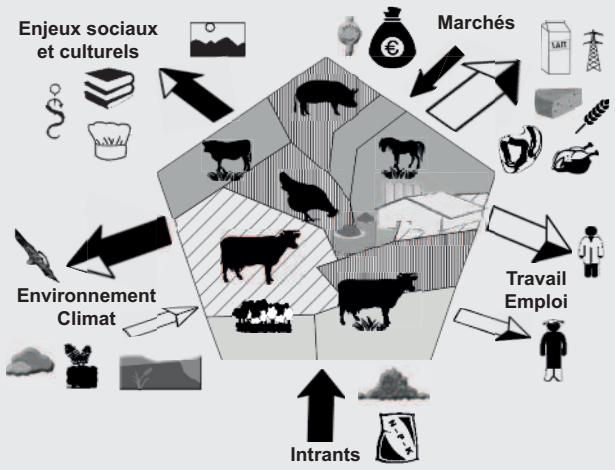
1. Evaluer les impacts et services issus des élevages

Les impacts et services issus des élevages sont étudiés dans la littérature scientifique dans de multiples domaines et selon de multiples critères d'évaluation. L'intensité de ces impacts est fort variable selon les types d'élevage. Plusieurs d'entre eux ont déjà fait l'objet d'exercices de même nature que cette ESCo et ne seront pas détaillés ici[1]. Les volets relatifs à la nutrition humaine et à la qualité des produits ont par ailleurs été exclus du périmètre de l'expertise car élargissant trop son champ d'investigation.

Les « services » étudiés sont ceux rendus par les élevages. Ils renvoient à la fourniture d'un avantage que la société retire des activités d'élevage et/ou de la consommation de produits d'origine animale. Cette acception n'équivaut donc pas à la notion de services écosystémiques, lesquels se limitent aux processus biophysiques issus des écosystèmes et dont les hommes tirent avantage.

L'étude des effets positifs et négatifs de l'élevage se fonde généralement sur des évaluations multicritères, aujourd'hui développées dans une large gamme de systèmes (Veissier *et al.*, 2011 ; Botreau *et al.*, 2014). Les approches par analyse de cycle de vie (ACV) tiennent une place centrale car cette méthode permet des évaluations normalisées à grande échelle (de Vries et de Boer, 2010). Les ACV s'appuient sur des données de plus en plus fines, sur des méthodologies éprouvées et partagées, et sur un ensemble grandissant d'indicateurs (Vazquez-

1 : Parmi ceux-ci, l'ESCo relative à l'azote en élevage est la plus souvent remobilisée ici : http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Expertise-Les-flux-d-azote-lies-aux-elevages



Intérieur du territoire	
	Industries agroalimentaires (amont+aval) ; Méthaniseur
	Pâturage (herbe) ou Rations à base de concentrés
	Haies, paysage bocager
Intrants	
	Aliments pour animaux ; Engrais, pesticides, énergie
Travail emploi	
	Eleveurs, salariés agricoles (noir) ; Employés des industries agroalimentaires (blanc)
Environnement et climat	
	Biodiversité
	Qualité de l'eau
	Qualité des sols dont séquestration C
	Emissions de GES et de particules fines dans l'air

Marchés	
	Produits animaux
	Produits végétaux
	Valeur monétaire
	Signes de qualité des produits
	Production d'énergie
Enjeux sociaux et culturels	
	Aspects sanitaires
	Patrimoine gastronomique
	Esthétique paysagère
	Aspects réglementaires et juridiques

Afin d'approcher conjointement toutes les dimensions des impacts et services rendus par l'élevage, nous avons défini un cadre d'analyse permettant de les visualiser sous forme d'un " bouquet de services ".

Le pentagone central figure un système ou un territoire d'élevage. Celui-ci intègre certains éléments paysagers (haies) et les activités agro-industrielles (industries agro-alimentaires, méthaniseur) sur lesquelles s'appuie l'élevage. Ce **territoire d'élevage** est décrit par ses caractéristiques : espèces animales, densité animale (symbolisée par un animal petit ou grand), source de l'alimentation (animal sur herbe : pâturage et fourrages, sinon à base d'aliments concentrés dont l'ensilage de maïs). Le **mode d'usage des sols** est suggéré par un **parcellaire** à deux nuances de gris pour les prairies permanentes et temporaires, et à deux nuances de hachures pour symboliser la diversité des rotations de cultures.

Ce système interagit avec **cinq interfaces** : les marchés, le travail et l'emploi, les intrants, l'environnement et le climat, et les enjeux sociaux et culturels. Les **pictogrammes** symbolisent les principaux éléments concernés par ces interfaces et sont détaillés ci-dessus. La nature et l'ampleur des effets sont représentées par une **flèche sortante** plus ou moins large et dont la couleur indique que ces effets sont positifs (flèche blanche), négatifs (noire) ou mitigés (bicolore) ; dans ce cas, l'effet dominant est celui qui remplit la flèche. Sur l'interface travail - emploi, nous distinguons les emplois directs en élevage des emplois indirects (flèche issue du pictogramme industries agroalimentaires). Les **flèches entrantes** indiquent l'existence de pressions liées à l'utilisation de ressources exogènes (intrants), au marché, ou bien (sur l'interface environnement, climat) que les systèmes d'élevage bénéficient de services intrants (flèche blanche) ou subissent la pression de facteurs environnementaux (prédation, ravageurs, sécheresse ; flèche noire). Les "granges" sont surtout à considérer relativement les unes par rapport aux autres ; l'absence d'un pictogramme ou d'une flèche ne signifie pas une absence d'effet, mais plutôt que celui-ci a été jugé négligeable comparé à d'autres territoires.

FIGURE 1 : **La « grange », illustration du cadre d'analyse du « bouquet de services » issu des systèmes et des territoires d'élevages**.

*FIGURE 1 : **The «barn» - an analytical framework used to assess bundles of services provided by livestock farming systems across different production areas**.*

ROWE *et al.*, 2013 ; LEAP, 2015). L'intérêt de l'ACV est d'évaluer conjointement plusieurs types d'impacts à toutes les étapes du cycle de vie. Les dimensions économiques, sociales et culturelles sont cependant encore assez mal prises en compte par les méthodes issues des analyses environnementales. Ainsi, le recours à des méthodes complémentaires est utile pour accompagner la prise de décision.

Quelle que soit l'approche privilégiée, l'interprétation des résultats nécessite de garder à l'esprit certaines précautions d'usage. Ainsi, définir le périmètre d'une évaluation est complexe : s'appuie-t-il sur les frontières environnementales ou socio-économiques du système ? Prend-il en compte les effets directs, indirects, induits ? Les résultats divergent selon l'échelle considérée. Ainsi, une hausse de la productivité des animaux se traduit par une économie de ressources par animal, mais souvent par un besoin accru en ressources au niveau de l'exploitation et *a fortiori* de la région. Le choix de l'unité fonctionnelle, base de la quantification des indicateurs de performance, peut également changer l'appréciation de certains effets. Ainsi, rapporter une émission au « kilo produit » ou à l'« hectare utilisé » modifie le classement relatif des systèmes d'élevage (SALOU *et al.*, 2017). Le choix de l'unité fonctionnelle dépend des objectifs visés : globaux ou locaux, court ou long terme. Enfin, l'interprétation de certains indicateurs comporte une part de subjectivité, notamment lorsque l'on cherche à préciser un seuil de vulnérabilité : établir, par exemple, que 10% de boiteries dans un élevage laitier est acceptable ou non.

2. La multiplicité des impacts et services issus des élevages européens

L'examen des impacts et des services rendus par les élevages européens a été organisé selon les cinq grands domaines du cadre d'analyse retenu que nous avons appelé « grange de l'ESCo » (figure 1). Ce cadre permet de balayer conjointement les effets de l'élevage sur les marchés des produits issus de l'élevage, l'emploi et le travail, les intrants, l'environnement et le climat, et les principaux enjeux sociaux et culturels.

Marchés

Consommation alimentaire : Apportant près de 60% des protéines quotidiennement ingérées, la consommation européenne de produits animaux est deux fois plus élevée que la moyenne mondiale. Depuis les années 1990, la consommation de protéines animales moyenne stagne en Europe avec néanmoins des substitutions entre produits (figure 2) et des variations de consommation entre pays. Si la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni et l'Espagne connaissent des évolutions convergentes par exemple dans la consommation de produits carnés, la Pologne reste à un bas niveau de consommation malgré une augmentation du revenu moyen des ménages. En Suède, en dépit d'une image très « verte », cette consommation déjà élevée continue d'augmenter. Les évolutions de prix et de revenu n'expliquent qu'une faible part de ces évolutions (Schroeder *et al.*, 2011). Les changements de préférences des consommateurs européens suivent deux tendances : i) une certaine « désanimalisation » de la consommation carnée (Fourat et Lepiller, 2017) qui se traduit d'une part par une substitution des viandes rouges par les viandes blanches moins marquées par l'animalité, et d'autre part par un poids croissant des produits transformés dans lesquels la référence à l'animal est occultée ; ii) un développement net mais encore modeste des aliments sous signe de qualité qui traduit l'attrait des consommateurs européens pour les produits à valeur gastronomique, voire patrimoniale. La valorisation de ces modes de production « mieux-disant » en termes de qualité s'inscrit dans un contexte de défiance envers l'industrie agro-alimentaire.

Production : Les productions animales de l'Union Européenne (UE-28) s'élevaient en 2014 à 168 milliards €, soit environ 45% de la production agricole totale. L'UE-28 était alors le premier producteur mondial de lait et le deuxième producteur de porc, avec dans les deux cas 20% de la production mondiale. Elle était le troisième producteur mondial de volailles et de bœuf, autour de 12% de la production mondiale pour les deux filières. Plus de 80% de cette production est réalisée par 10 pays de l'Europe de l'Ouest et du Nord, dont la Pologne (source : Commission Européenne, DG Agri). Un tiers du cheptel est concentré au sein de quelques territoires (Danemark, Pays-Bas, nord de l'Allemagne, Bretagne… ; figure 3 ; Roguet *et al.*, 2015). C'est en particulier le cas pour les filières laitières, porcines et avicoles, avec de nombreuses exploitations spécialisées à forts cheptels (100 UGB et plus en bovins lait, 300 UGB en porcs ou volailles). Une « exploitation européenne d'élevage » de l'UE-28 utilise en moyenne 34 ha de SAU (Surface Agricole Utile) et dispose d'un cheptel de 47 UGB (Unité Gros Bétail), avec une large variabilité en fonction des systèmes d'élevage et des pays. Les élevages des nouveaux états membres sont nettement plus petits (12 UGB en moyenne hors Pologne) et représentent une part importante des exploitations en poly-élevage et polyculture-élevage (40% des exploitations) de l'UE, avec de très petits troupeaux (7 UGB en moyenne).

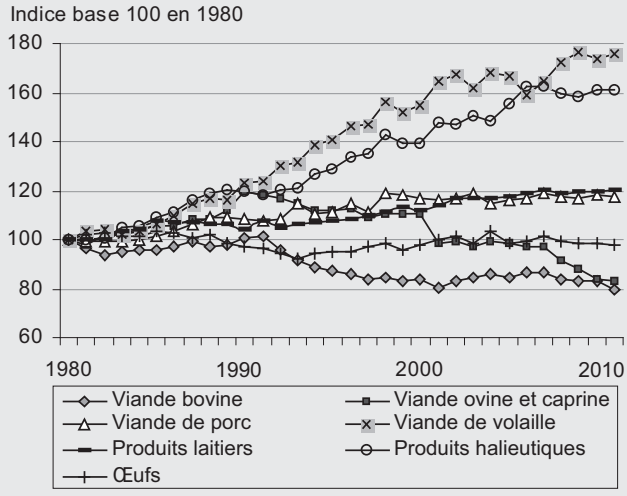


Figure 2 : **Evolution des consommations par personne de protéines animales dans l'UE à 28 entre 1980 et 2010** (source FAO Stat).

Figure 2 : ***Change in per capita consumption of different types of animal protein in the 28 EU member states from 1980 to 2010*** *(source FAO Stat).*

Echanges internationaux : Les flux commerciaux de produits animaux entre pays membres de l'UE sont nombreux et en expansion sur la dernière décennie. Portée par les évolutions démographiques et le développement économique des pays émergents, la croissance de la demande mondiale en produits animaux dynamise les exportations hors UE, notamment dans les secteurs laitier et porcin. La concurrence sur les marchés européens et internationaux est forte ; le poids de la France dans les exportations européennes de produits animaux a ainsi baissé depuis 2000 tandis que celui de l'Allemagne s'accroît (ceci n'étant pas uniquement imputable au différentiel du coût du travail).

Filières aval : Les industries européennes des filières animales (lait, viandes, aliments pour bétail) réalisaient en 2013 un chiffre d'affaires d'environ 400 milliards €. Malgré un grand nombre d'entreprises (50 000), les industries alimentaires du secteur sont dominées par quelques grands groupes d'envergure mondiale. La grande distribution représentait 54% des ventes de produits alimentaires en 2012, le reste passant par d'autres circuits (marchés, boucheries, restauration…). On assiste récemment à un rapprochement des centrales d'achat à l'initiative des grands groupes de distribution. Quelles que soient les filières, la recherche de gains d'efficacité - coûts ou/et la différenciation par la qualité (et les signaux qui y sont associés) jouent un rôle clé dans la compétitivité.

Emploi et travail

Emploi direct et indirect : Les élevages européens emploient environ 4 millions d'actifs (salariés et non-salariés), dont 80% dans les nouveaux états membres (source : Commission Européenne, DG Agri). Les exploitations de polyculture-élevage et les exploitations laitières représentent l'essentiel des emplois (respectivement 37 et 25%), loin devant les élevages porcins et avicoles (8%). Les

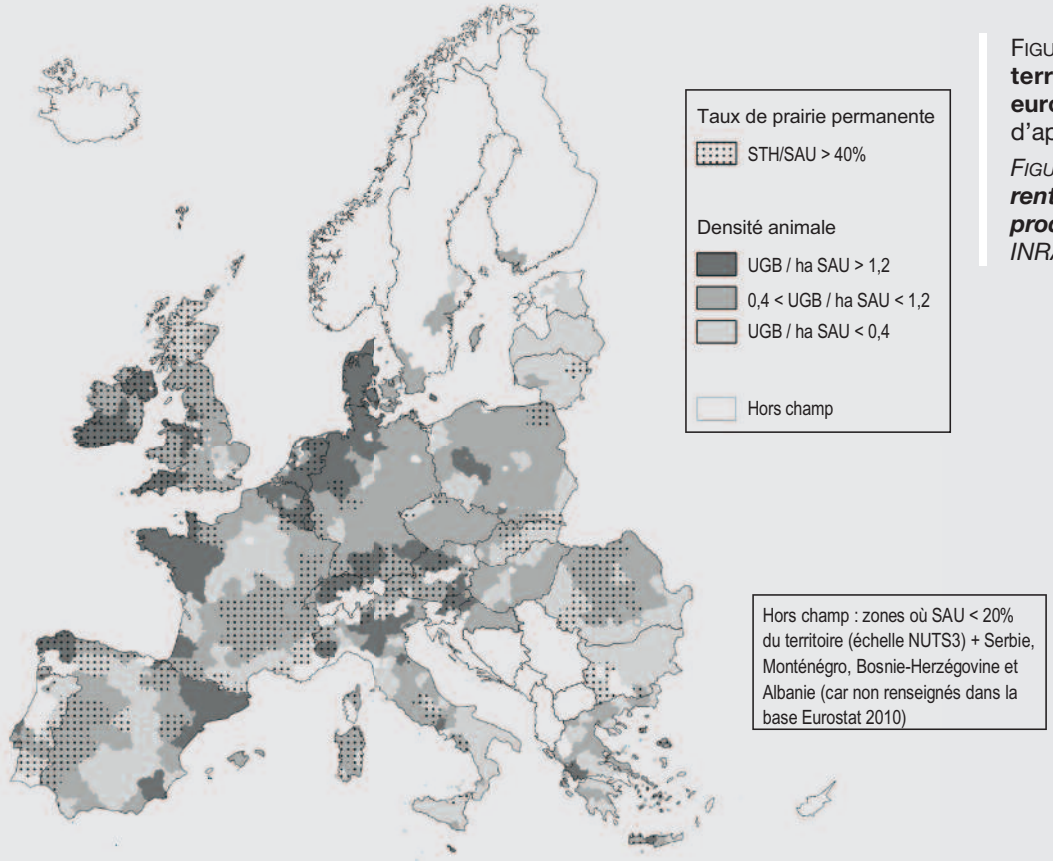


FIGURE 3 : **Diversité des territoires d'élevage européens** (source INRA d'après Eurostat, 2010).

*FIGURE 3 : **Map of different European livestock production areas** (source INRA after Eurostat, 2010).*

élevages de monogastriques sont certes moins nombreux mais plus grands et rassemblent l'essentiel des salariés du secteur. Les industries alimentaires des filières animales emploient plus d'un million de salariés dans l'UE. L'effet multiplicateur de l'emploi direct est estimé entre 1,2 et 2,5 selon les filières ; il est généralement plus élevé dans les filières viande que dans les filières laitières, et varie également entre pays (LINDBERG *et al.*, 2012). Certains territoires sont très dépendants des filières aval du fait de leur poids dans l'économie locale. En France, l'emploi total lié à l'élevage est évalué à 3,2% de l'emploi national.

Travail : Une exploitation d'élevage européenne « type » compte en général un ou deux travailleurs. La main-d'œuvre familiale continue de régresser au profit du salariat, du recours à des entreprises de travaux agricoles et de nouveaux arrangements collectifs (ANZALONE et PURSEIGLE, 2014). Le salariat représente 15% du travail en élevage dans l'UE avec de fortes variations (de 2% en Belgique à 50% au Danemark). L'attractivité du métier d'éleveur apparaît faible, les conditions de travail et le manque de reconnaissance expliquant le désengagement des jeunes générations (BATTAGLINI *et al.*, 2014).

Rapport aux techniques : Les pratiques d'élevage évoluent rapidement. Les choix techniques influent sur la durée du travail, ce qui justifie l'intérêt pour des pratiques d'élevage simplifiées. Leurs effets sont cependant controversés (BRUMMEL et NELSON, 2014) puisque l'augmentation de la productivité du travail tend à limiter la relation affective avec les animaux, et altère la symbolique et les règles du métier. Le temps de travail varie également beaucoup selon l'orientation de l'élevage, ses équipements, la main d'œuvre, la localisation de l'exploitation et la rationalité privilégiée par l'éleveur (HOSTIOU *et al.*, 2014)

La santé au travail : Cette question est peu abordée dans la littérature scientifique. Les industries agro-alimentaires, dont les abattoirs, affichent une fréquence élevée de maladies du fait de tâches répétitives, des postures debout, du bruit et des températures souvent basses. En élevage, le travail physiquement pénible décroît mais la pénibilité mentale augmente, liée à un excès de stress. Le suicide tient aujourd'hui une place non négligeable (supérieur de 40% à la moyenne nationale en France) dans les causes de mortalité des agriculteurs.

Intrants et ressources mobilisées

Les intrants désignent les ressources directes et indirectes utilisées par les élevages : cultures, terres, eau, fertilisants, énergie. Ils sont devenus une clé de lecture de l'efficience environnementale de l'élevage. Les débats concernent l'empreinte territoriale des filières d'élevage selon leur taux de conversion des protéines végétales en protéines animales, leur plus ou moins forte délocalisation de l'approvisionnement protéique et la pression qu'elles exercent sur la biodiversité.

Alimentation animale : Les élevages européens consomment annuellement 220 millions de tonnes de céréales et d'oléoprotéagineux, dont la moitié sous forme de concentrés industriels riches en protéines et en énergie. L'UE importe 70% des protéines d'oléoprotéagineux

(surtout le soja) destinées à l'alimentation animale. Si l'on compte les protéines contenues dans l'ensemble des aliments concentrés, la dépendance protéique de l'UE passe à 40%. Elle baisse encore si l'on y ajoute les protéines contenues dans l'herbe et les fourrages grossiers, plus difficiles à estimer.

Usage des terres : Les bovins en systèmes herbagers sont plus consommateurs de surfaces que les volailles et les porcins, mais ils valorisent des prairies et parcours sur des sols peu propices aux cultures, et ne concurrencent donc que peu la production de biomasse destinée à l'alimentation humaine (van Zanten *et al.*, 2016 ; Peyraud, 2017). Dans l'UE, entre 57 et 66 M ha de prairies permanentes et de parcours (environ un tiers de la SAU), 10 M ha de prairies temporaires et 35 M ha de céréales fourragères (soit environ 60% des surfaces céréalières de l'UE) sont dédiés à l'alimentation animale (sources : FAOSTAT et Eurostat). La moitié de la surface céréalière est destinée aux porcs, un quart aux volailles et un quart aux ruminants. L'estimation des surfaces délocalisées hors UE pour l'alimentation du cheptel européen ne fait pas consensus. Elle varie selon les surfaces considérées (hectares labourables, de céréales et d'oléoprotéagineux, totaux) et les hypothèses retenues concernant les rendements des cultures et des prairies, le nombre de récoltes annuelles et l'allocation des terres entre les différents coproduits.

Energie : L'élevage consomme environ 45% de l'énergie utilisée en agriculture (28 Mtep/an dans l'UE). L'énergie nécessaire pour produire un kilo de protéines diffère selon les types de produits (la viande de bœuf en nécessitant plus que le porc et que les produits avicoles et le lait) mais aussi au sein d'une même production (porcs : écarts de 95 à 236 MJ/kg ; lait : de 37 à 144 MJ/kg). En fonction du type d'alimentation, l'énergie indirecte, liée à la fabrication d'aliments industriels et de fertilisants, peut représenter entre 50% et 80% de l'énergie totale (de Vries et de Boer, 2010). L'élevage est aussi producteur d'énergie *via* la méthanisation de ses effluents. L'Allemagne se distingue en produisant les 2/3 du biogaz européen dans près de 9000 exploitations. La France approche 600 unités et valorise moins de 1% de ses effluents par méthanisation.

Phosphore : L'utilisation du phosphore en agriculture, principalement comme fertilisant, a été multipliée par 15 depuis 1950 (Cordell et White, 2013). Or, il s'agit d'une ressource non renouvelable. Nutriment apporté aux animaux, il est majoritairement rejeté dans les déjections puisque son taux de rétention n'est que d'environ 20%. Il est alors recyclé comme fertilisant et contribue, en France, à 40% des apports de phosphore aux cultures. L'excès restant dans les sols est une source de pollution et son lessivage affecte la qualité des eaux. Enfin, les produits animaux contribuent largement aux apports de phosphore dans l'alimentation humaine (60% de l'apport moyen des français).

Eau : L'eau étant répartie très inégalement, son niveau de consommation par unité de produit n'est un indicateur pertinent que dans un contexte donné. Les méthodes d'évaluation des consommations d'eau comptabilisent différents types d'eau (l'eau « bleue » prélevée pour les animaux ou l'irrigation des cultures fourragères, l'eau « verte » stockée dans les sols) et utilisent différents indicateurs (niveau de consommation, efficience d'utilisation, *etc.*). Les résultats présentent de telles variations qu'ils sont difficilement comparables, même si en moyenne les ruminants consomment de plus grandes quantités d'eau (surtout lorsque l'eau verte est comptabilisée) en raison de durées d'élevage plus longues : selon les sources, la production d'un kilo de viande de bœuf mobiliserait de 27 à 53 200 litres d'eau (bleue et verte) et un kilo de viande de porc de 4 850 à 6 000 litres, *etc.*

Environnement et climat

Gaz à effet de serre (GES) : Contribuant de manière importante aux émissions anthropiques de GES, l'élevage a un impact négatif sur le changement climatique. Selon Leip *et al.* (2010), 42% des émissions de l'élevage européen relèvent de l'alimentation animale, 22% de la fermentation entérique, 19% des effluents d'élevage et 17% de la consommation d'énergie directe ou indirecte. Les ruminants sont responsables de 60% des émissions de GES provenant des élevages européens. Cependant, les prairies qu'ils exploitent séquestrent du carbone avec un effet bénéfique et durable sur le climat lorsqu'elles ne sont pas retournées ou surexploitées. Face à la diminution constante des prairies permanentes ces dernières décennies, la réforme 2013 de la Politique agricole commune a inscrit leur maintien dans la conditionnalité des aides.

Qualité de l'air : Les élevages sont les principaux émetteurs d'ammoniac (90%), lequel est un précurseur de particules fines. Celles-ci sont une préoccupation majeure de santé publique. Les particules primaires nuisent à la santé des personnes travaillant dans les élevages confinés, principalement les poulaillers. La contribution de l'ammoniac à la formation de particules secondaires affecte tous les territoires. Selon Sutton *et al.* (2011), l'impact des particules secondaires liées aux émissions d'ammoniac dans l'air par l'agriculture (et particulièrement l'élevage) est au premier rang des dommages causés par les pollutions azotées d'origine agricole sur la santé humaine.

Sols : Les élevages interviennent sur le fonctionnement biologique et physique des sols en apportant de la matière organique et des nutriments favorables à la fertilité des sols, mais également des contaminants biologiques, médicamenteux et chimiques. Les effets de l'élevage diffèrent selon l'usage des terres, cultures ou prairies, les effets les plus positifs étant liés aux prairies permanentes pâturées et les plus négatifs aux conséquences d'une forte densité animale (Soussana et Lemaire, 2014). Evaluer les effets cumulés des différents types d'impacts sur la vie du sol est trop complexe pour pouvoir conclure à un effet global positif ou négatif de l'élevage.

Qualité de l'eau : Dans les zones à forte densité d'élevage, l'augmentation de la teneur de l'eau en azote et phosphore contribue à l'eutrophisation des lacs, des rivières et des zones littorales, ainsi qu'à une détérioration de la qualité de l'eau et à une hausse des coûts d'assainissement. L'UE a mis l'accent sur le suivi et la

réduction de la charge en nutriments issus des effluents (directive Nitrates). Le chargement à l'hectare est le principal facteur aggravant mais les impacts dépendent aussi de la sensibilité des écosystèmes récepteurs.

Biodiversité : L'effet positif de l'élevage sur la biodiversité sauvage européenne passe par le maintien des prairies permanentes, parcours et landes (Battaglini *et al.*, 2014 ; Gibon *et al.*, 2015), milieux riches en biodiversité floristique et faunistique et qui évolueraient naturellement vers des couverts boisés en absence d'élevage. La biodiversité dans les territoires agricoles s'accroît lorsqu'on y rencontre de l'élevage, du fait de la présence de prairies, même temporaires, de cultures diversifiées, et de paysages de bocage ou sylvopastoraux (Groot *et al.*, 2010 ; Ryschawy *et al.*, 2012). La régression des prairies permanentes et l'intensification de leur fertilisation ont toutefois diminué la diversité végétale qu'elles abritent. Pour les prairies temporaires, différents essais ont permis de quantifier l'effet positif des mélanges d'espèces fourragères sur la production (quantités ingérées, qualité nutritionnelle des produits, *etc.* ; Baumont *et al.*, 2016) et la résilience des systèmes face aux aléas climatiques (Novak et Emile, 2014). La biodiversité domestique des espèces d'élevage s'est quant à elle fortement réduite. Aujourd'hui, quelques races spécialisées prédominent, caractérisées par des effectifs importants et des aires de répartition étendues (Phocas *et al.*, 2016). Leur base génétique étroite limite leur potentiel d'adaptation, notamment chez les bovins laitiers. Le contexte institutionnel est cependant plus favorable à la préservation des races locales depuis 2012.

Enjeux sociaux et culturels

Enjeux liés à la santé animale : Soixante-quinze pour cent des maladies infectieuses humaines émergentes sont zoonotiques (Jones *et al.*, 2008). Ces dix dernières années, la circulation d'agents infectieux (grippe aviaire, fièvre catarrhale, *etc.*) s'est accrue, traduisant une mondialisation croissante des risques sanitaires. Les maladies d'élevage sont responsables de 20 % des pertes de production à l'échelle planétaire. Le développement des phénomènes d'antibiorésistance met en cause certains mésusages des antibiotiques en élevage. L'épandage des déjections dissémine les résistances dans l'environnement, et les antibiotiques exercent alors une pression de sélection sur les flores bactériennes du sol (Marshall et Levy, 2011) qui reste à quantifier. De nombreux agents biologiques (micro-organismes pathogènes, virus, parasites) et substances chimiques (hormones de synthèse, *etc.*) présents dans les effluents sont potentiellement contaminants.

Enjeux patrimoniaux et culturels : Les fromages français, italiens, hollandais, des Balkans, les charcuteries et techniques de viande séchée, *etc.* dont la production est encadrée par des signes d'origine et de qualité (AOP et IGP) illustrent la richesse du patrimoine alimentaire européen lié aux produits animaux. Leur nombre continue de croître et avoisinait les 600 en 2015. Pour autant, la transmission des savoir-faire artisanaux n'est pas toujours assurée. L'élevage pastoral contribue, quant à lui, à la création de paysages culturels jouant le rôle de marqueurs identitaires, attractifs pour une société européenne largement citadine.

Bien-être animal : La protection des animaux a été introduite dans le droit européen dans les années 1990, l'enjeu étant d'établir un cadre commun aux pratiques d'élevage, de transport et d'abattage. L'évaluation du bien-être animal est un exercice complexe, qui a cherché à être objectivé par différents projets d'ampleur européenne (Veissier *et al.*, 2011). Les pratiques des éleveurs sont très variables et les « bonnes pratiques » peu reconnues par des labels, même si certains pays en développent (Royaume-Uni, Pays-Bas, porcs Thierry Schweitzer élevés sur paille en France). Le bien-être animal semble mieux pris en compte dans les productions sous signe de qualité que dans d'autres formes d'agriculture. Par ailleurs, les attentes des consommateurs en matière de bien-être animal ne sont en général pas dissociées de leurs attentes vis-à-vis de la protection de l'environnement, de la qualité des produits et de la santé humaine (Miele *et al.*, 2011).

3. Les approches par bouquets de services

En raison de la multiplicité des effets précédemment décrits, de leur variabilité selon les régions et les produits, de leur non-additivité et des incertitudes pesant sur certains indicateurs, il est difficile d'établir un bilan global des effets de l'élevage européen et de ses produits. Les dimensions positives tendent plutôt à relever de la production, des échanges et de certaines dimensions culturelles. Les impacts environnementaux et les pressions sur les ressources sont majoritairement perçus comme négatifs, et cela d'autant plus que la consommation de produits animaux reste élevée en Europe, au regard de la part de l'UE dans la population mondiale. L'agrégation des effets relatifs aux différents domaines en un indicateur global d'impact est un exercice peu pratiqué car il masque des effets négatifs majeurs derrière certains effets positifs ou le contraire.

Une approche encore peu développée et centrée sur les antagonismes

Rares sont encore les travaux qui traitent simultanément de plusieurs services ou d'un « bouquet de services » (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2014). Ceux-ci mettent en évidence que l'augmentation de la fourniture d'un service est en général contrebalancée par la diminution d'un autre, et qu'il s'agit alors d'arbitrer des « compromis » dont le résultat sera jugé différemment selon les acteurs. La question des compromis a jusqu'ici surtout été abordée sous l'angle de l'arbitrage entre production de biens d'une part et impacts environnementaux d'autre part ; l'objectif est de réduire ces derniers sans altérer le niveau de production (Farruggia *et al.*, 2012 ; Sabatier *et al.*,

2014), voire d'obtenir un bénéfice environnemental pour des coûts d'aménagement réduits (Groot *et al.*, 2010). Cet antagonisme entre production et services environnementaux est prégnant à toutes les échelles : parcelles, exploitations, territoires, mais aussi à l'échelle globale.

Les relations entre services ne sont cependant pas linéaires : les lois de réponse peuvent comporter des seuils, des optima, des points d'inflexion, *etc.* (Kragt et Robertson, 2014 ; Van der Biest *et al.*, 2014). Par exemple, la courbe de séquestration du carbone et le bilan des émissions de gaz à effet de serre dans une prairie s'infléchissent à partir d'une intensité d'exploitation modérée. Ce seuil correspond au compromis optimal, au-delà duquel la production animale augmente aux dépens de l'ensemble des fonctions écologiques des prairies, causant en particulier un déstockage du carbone (Soussana et Lemaire, 2014).

L'examen des compromis entre services implique d'examiner à la fois leur concomitance spatiale, leurs interactions, les facteurs de changement qui les affectent et qui sont liés à la gestion des agroécosystèmes et des territoires ou à des facteurs exogènes (choc du marché, changement climatique, *etc.*). L'intrication des phénomènes plaide pour l'adoption d'un cadre d'analyse large. Les dimensions sociales et culturelles sont souvent sous-évaluées par manque d'indicateurs ; or elles peuvent déterminer *in fine* l'arbitrage entre deux alternatives.

Le recours à la modélisation globale et aux scénarios pour l'analyse des compromis

Les démarches de modélisation et de simulation globales, s'appuyant sur des scénarios prospectifs, ont pour principal intérêt l'effort d'assemblage d'informations de diverses natures et origines, lequel donne une cohérence d'ensemble aux projections réalisées. Ces modélisations permettent également d'imaginer des scénarios de rupture et de prédire les effets du changement climatique (Kirchner *et al.*, 2015). Lorsqu'elles donnent accès à la construction des résultats, ces modélisations favorisent la mise en discussion des hypothèses de travail au regard des résultats obtenus (Mahmoud *et al.*, 2009). Leur principale limite est qu'elles ne considèrent pas l'ensemble des risques environnementaux et sociaux induits par les changements modélisés (par ex. l'augmentation d'usage des pesticides du fait d'une part accrue des cultures, l'emploi, les équilibres territoriaux). Ces travaux prennent également encore peu en compte l'effet des prix sur la demande alimentaire. Ils restent ainsi disjoints de l'analyse fine des habitudes et des préférences des consommateurs, qui permettraient d'apprécier si les changements de mode de consommation, dont on teste les effets sur l'environnement, sont ou non plausibles.

Ce type d'approche est toutefois utile pour mettre en évidence des synergies ou des antagonismes entre les services issus des élevages (concernant à la fois la région d'élevage et ses régions d'approvisionnement en aliments concentrés) et le résultat des compromis qui en résultent. Diminuer la consommation de produits animaux apparaît être un levier majeur pour limiter les impacts environnementaux de l'élevage, de par ses conséquences sur l'usage des terres dédiées aux animaux et aux cultures. Du point de vue de la consommation, les scénarios analysent l'effet de substitutions entre les viandes issues des ruminants et des monogastriques, et les céréales, fruits et légumes, et les bénéfices d'une réduction des gaspillages alimentaires (Solagro, 2014). Du point de vue de la production, ils quantifient les bénéfices de rendre les systèmes ruminants plus herbagers, et de mieux valoriser les coproduits en particulier par les monogastriques (van Zanten *et al.*, 2016 ; zu Ermgassen *et al.*, 2016). Une idée importante est que la suppression complète de l'élevage ne permettrait pas d'atteindre les plus hauts niveaux de services environnementaux. Un travail récent de modélisation identifie en effet un optimum de la part des produits animaux dans la consommation humaine, entre 10 et 15% des apports protéiques totaux ; de telles valeurs permettent d'utiliser en prairies les surfaces non cultivables et de nourrir une part des animaux avec des résidus de cultures, optimisant ainsi l'usage des terres (Van Kernebeek *et al.*, 2016).

La quantification des bouquets de services à une échelle large présente cependant des limites tant la diversité des territoires et des systèmes d'élevage européens engendre des bouquets de services contrastés. Ces limites résultent principalement de la non-prise en compte aux échelles larges des effets de l'hétérogénéité spatiale (Groot *et al.*, 2010 ; Sabatier *et al.*, 2014) et des interactions techniques ou organisationnelles entre élevages (ou entre élevages et grandes cultures) d'un même territoire (Moraine *et al.*, 2014). Le cadre d'analyse précédemment présenté (figure 1) permet une lecture des bouquets de services centrée sur le territoire.

Une cartographie pour représenter la diversité des territoires d'élevage en Europe

Du panorama des effets de l'élevage précédemment décrits se dégagent deux variables majeures, la densité animale et le mode d'alimentation du bétail, en particulier le recours ou non à la prairie permanente et aux parcours. Ces deux variables peuvent structurer une typologie de la diversité des territoires d'élevage en Europe et des bouquets de services qu'ils fournissent. Les autres caractéristiques des systèmes d'élevage (espèce animale, conduite des troupeaux, gestion des effluents, *etc.*) leur sont d'ailleurs largement corrélées.

La densité animale est très variable en Europe, avec des régions très denses qui concentrent la majeure partie de la production de granivores (porcs et volailles) et une part importante des vaches laitières (Roguet *et al.*, 2015). La densité animale reflète le mouvement d'intensification qui a eu lieu au cours des dernières décennies. L'augmentation de la densité animale crée de l'emploi, permet des économies d'échelles mais génère nombre de problèmes

environnementaux lorsqu'il se crée localement un déséquilibre entre les hautes densités animales et la sensibilité du milieu. A l'inverse, les territoires moins denses en animaux connaissent moins d'impacts environnementaux négatifs et fournissent davantage de services de régulation et culturels (Ryschawy *et al.*, 2015). Ainsi, la plus ou moins grande concentration territoriale de l'élevage structure-t-elle fortement le bouquet de services qui en résulte.

Le second facteur clé est l'importance des prairies et parcours dans le territoire, qui n'est que partiellement corrélé à la densité animale. On trouve en effet d'importantes surfaces de prairies temporaires, voire permanentes, dans des territoires à forte densité animale, tels que l'Irlande ou la Bretagne. Lorsque les ruminants valorisent des prairies permanentes, des landes ou des parcours, ils entrent moins en compétition avec les surfaces dédiées à l'alimentation humaine. En Europe, ces milieux abritent une importante biodiversité fonctionnelle et patrimoniale, stockent du carbone et contribuent à l'identité des territoires au point de devenir des éléments centraux dans le cahier des charges de nombre de produits sous signes de qualité. Ils fournissent également différents services culturels (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2014 ; Ryschawy *et al.*, 2015).

Une typologie des territoires européens (UE-28 à laquelle nous avons adjoint la Suisse, la Norvège et l'Islande ; figure 3) reposant sur la densité animale par hectare de SAU et la contribution de la surface toujours en herbe (STH) à la SAU permet de distinguer :

- des territoires denses en animaux et peu herbagers qui regroupent 30% du cheptel concerné sur 11% de la SAU et où la gestion des effluents d'élevage est au cœur des arbitrages locaux ;

- des territoires herbagers qui présentent des densités animales très variables et dans lesquels la productivité de l'herbe détermine le niveau de production, d'autonomie alimentaire et les stratégies de différenciation des produits. Ces territoires herbagers regroupent 35% du cheptel et occupent 33% de la SAU ;

- des territoires où cohabitent cultures et élevage dans lesquels s'observent des dynamiques contrastées selon la place que conserve l'élevage par rapport aux grandes cultures. Ces territoires regroupent 27% du cheptel et occupent 32% de la SAU.

4. Bouquets de services et leviers d'action selon les principaux territoires d'élevage européens

Les territoires peu herbagers à haute densité animale

Le bouquet de services « moyen » des territoires à haute densité animale et peu herbagers est fortement orienté vers l'approvisionnement des marchés à des prix compétitifs (figure 4a). La principale caractéristique de ces territoires est leur niveau élevé de production par unité de surface, en raison de l'importance des élevages hors sol. Du fait des volumes produits, les coûts unitaires de production sont relativement bas et, pour encore les réduire, les éleveurs cherchent à optimiser les indices de conversion alimentaire des animaux par l'alimentation et le progrès génétique (Patience *et al.*, 2015). Ceci a pour conséquence d'améliorer le bilan d'usage des ressources par animal.

Ces activités d'élevage sont créatrices d'emplois, majoritairement concentrés autour de pôles agro-industriels ayant un fort effet d'entraînement sur les secteurs d'amont, d'aval et connexes. Elles s'inscrivent dans un contexte international concurrentiel, avec des systèmes fortement intégrés reposant sur des investissements, des flux de consommation et de production croissants. Les produits issus de ces élevages et territoires sont surtout des produits de masse vendus sur les marchés nationaux, européens, mondiaux. Les éleveurs en tirent une marge par unité de produit assez faible mais réalisent un chiffre d'affaires en moyenne plus élevé que dans les systèmes d'élevage plus extensifs grâce à la part des monogastriques et aux importants volumes produits ; de faibles variations des prix induisent cependant des à-coups violents sur les résultats économiques du fait des volumes concernés. Ces systèmes sont ainsi très sensibles à la conjoncture économique (cours mondiaux des intrants et des produits) sur laquelle ils n'ont pas de prise. Les éleveurs ont dans ce cas une capacité de négociation restreinte liée à des asymétries de pouvoir vis-à-vis du reste de la filière.

Si les fortes concentrations d'animaux sur un territoire permettent des gains de productivité, elles engendrent aussi des nuisances et des pollutions (dégradation de la qualité des eaux et eutrophisation, nuisances olfactives, *etc.*). L'empreinte écologique sur les ressources est âprement discutée car bien que limitée lorsqu'elle est ramenée au kg produit (Gerber *et al.*, 2013), elle est perçue comme élevée du fait des émissions polluantes ramenées à l'hectare et des nuisances perceptibles par les citoyens (nitrates, algues vertes, odeurs). Au-delà de leurs impacts locaux, ces systèmes ont également de forts effets délocalisés en raison de leur dépendance à des ressources extérieures importées. Utiliser des terres dans les pays du Sud pour cultiver des céréales et des oléoprotéagineux utilisés dans l'alimentation du bétail européen a un impact important dans ces pays sur des écosystèmes remarquables et leur biodiversité (Chaudhary et Kastner, 2016). Enfin, une part des controverses porte sur les atteintes au bien-être animal dans les systèmes qualifiés « d'industriels » (van de Weerd et Sandilands, 2008).

Dans le cas des monogastriques, les leviers d'action concernent : i) l'amélioration de l'efficience de la conversion alimentaire par la génétique, les modes de conduite d'élevage, la composition de la ration (Umar Faruk *et al.*, 2010 ; Patience *et al.*, 2015), ii) l'aménagement des bâtiments (normes HQE, lavage d'air, bien-être, *etc.* ; Dusart *et al.*, 2015 ; Loyon *et al.*, 2016), iii) la valorisation des produits animaux par des labels et marques régionales, iv) la

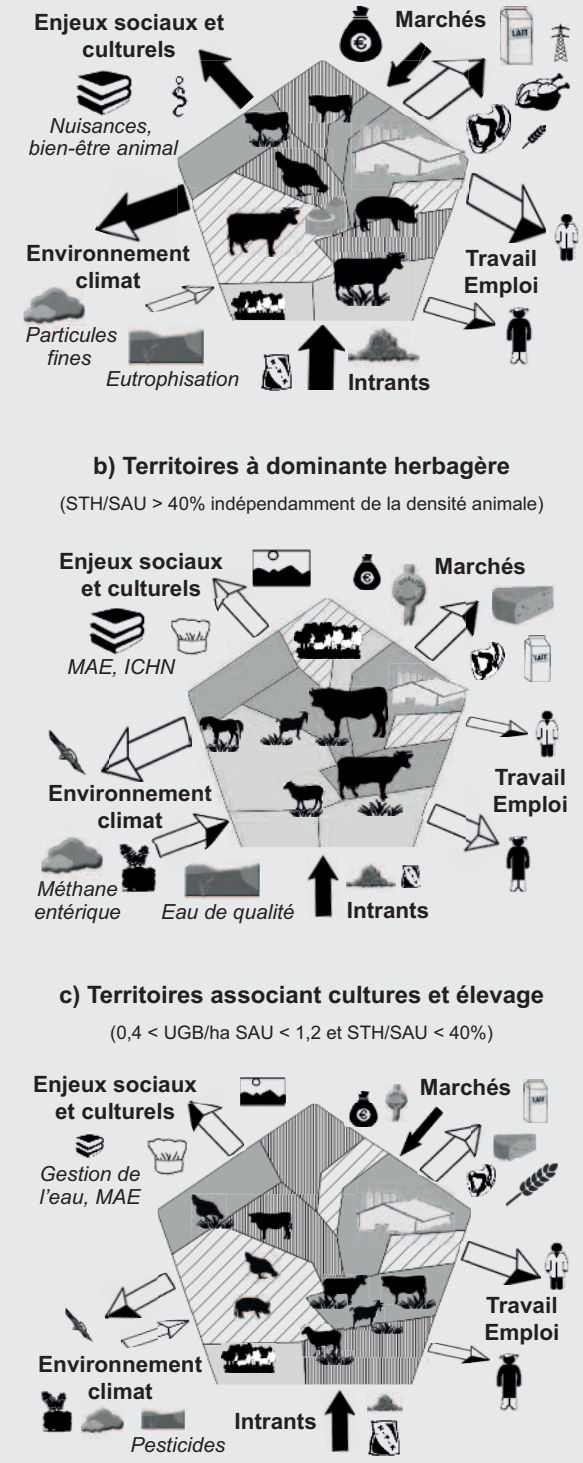


FIGURE 4 : **Bouquet de services « moyen » a) des territoires peu herbagers à haute densité animale, b) des territoires à dominante herbagère, c) des territoires associant cultures et élevage** (*cf.* figure 3).

FIGURE 4 : ***Average bundle services for a) areas with high animal densities and low levels of grassland use, b) areas with high levels of grassland use, and c) areas with mixed crop-livestock farming*** *(see fig. 3).*

préservation de la qualité sanitaire des troupeaux, v) le traitement des effluents permettant leur épandage dans de meilleures conditions, leur exportation et leur recyclage (séchage, méthanisation, *etc.* ; LOPEZ-RIDAURA *et al.*, 2009 ; DUMONT *et al.*, 2013 ; LOYON *et al.*, 2016). Dans les systèmes ruminants, le principal levier d'action consiste à accroître la part du pâturage dans l'alimentation des animaux ; là où il est pratiqué, le pâturage réduit les achats de concentrés, permet de séquestrer du carbone et génère moins de pollutions locales que le recours au maïs fourrage (DELABY et FIORELLI, 2014 ; DURU et THEROND, 2015).

Les territoires d'élevage à dominante herbagère

Le second type de territoire d'élevage concerne essentiellement les ruminants et se caractérise par un degré élevé d'autonomie alimentaire des systèmes (DELABY et FIORELLI, 2014). Les systèmes herbagers ne cherchent en effet pas à systématiquement maximiser la production mais plutôt à valoriser les ressources locales, en limitant la fertilisation minérale des prairies et la mécanisation (figure 4b). La réduction des intrants par une bonne gestion du pâturage constitue un élément de réussite économique de ces systèmes (BENOIT *et al.*, 1997 ; DUMONT *et al.*, 2013). En valorisant des terres non cultivables et/ou des espaces naturels protégés, ils n'entrent que peu en concurrence avec les productions végétales destinées à l'alimentation humaine.

La production du fourrage sur l'exploitation n'exclut cependant pas l'achat de concentrés, notamment en zone de montagne où les conditions pédoclimatiques ne permettent pas de les produire sur l'exploitation. Les races d'animaux utilisées sont adaptées aux milieux (PHOCAS *et al.*, 2016). Les conditions de production de ces systèmes (durée d'élevage des animaux plus longue, moindre efficience alimentaire, *etc.*) conduisent à des niveaux d'émissions de GES par unité de produit plus élevés que dans les territoires peu herbagers à haute densité animale. Cependant, du fait de la plus faible densité animale et du rôle des prairies permanentes dans la séquestration du carbone, leur impact environnemental par unité de surface reste en général limité (DOREAU *et al.*, 2011) ; il augmente cependant avec les densités animales.

Avec une productivité plus faible des surfaces (entre autres en l'absence d'élevage hors sol), la rentabilité économique de ces systèmes herbagers est en général moindre. Le revenu par hectare peut néanmoins être élevé lorsque les élevages et les territoires tirent parti des potentialités du milieu et de la typicité des produits. Les bouquets de services se caractérisent par des services d'approvisionnement moindres que dans le cas précédent (RYSCHAWY *et al.*, 2015) mais ces territoires misent sur l'image de qualité de leurs produits et limitent la pression sur leur environnement local.

Les compromis visent alors à préserver les bonnes performances environnementales sans pour autant pénaliser (voire en développant) leur potentiel de production. Lorsque la conjoncture économique devient difficile, les

territoires herbagers sont soumis à la double menace de l'intensification et de l'abandon (Gibon *et al.*, 2015). Les principaux risques dans ces territoires sont directement liés aux conditions pédoclimatiques et à leurs évolutions qui affectent la pousse de l'herbe. L'arbitrage entre performances productives et environnementales se joue en premier lieu dans la conduite des prairies : gestion fine de la temporalité du pâturage (Farruggia *et al.*, 2012 ; Milberg *et al.*, 2016), diversification des usages, adéquation du chargement au potentiel de production. L'échelle du paysage offre des leviers supplémentaires en jouant sur l'agencement des espaces agricoles et naturels (Sabatier *et al.*, 2014) et des infrastructures paysagères (Groot *et al.*, 2010). L'organisation des filières est cruciale pour la valorisation des produits, notamment lorsqu'ils sont sous signe de qualité (AOP/IGP, labels, AB) et pour la répartition de la valeur ajoutée entre acteurs de la filière (Mollard *et al.*, 2014). Enfin, la pérennité du compromis suppose une articulation étroite entre les gouvernances sectorielle et territoriale, impliquant les gestionnaires des ressources naturelles.

Les territoires où cohabitent cultures et élevages

Accueillant autant des monogastriques que des ruminants, les territoires qui associent cultures et élevage sont les zones où la structure des élevages est la plus variable tant en taille qu'en orientations productives. Les systèmes de polyculture-élevage valorisant les complémentarités entre les cultures et l'élevage (figure 4c) sont l'idéal-type de ces territoires (Benoit *et al.* 1997 ; Wilkins, 2008 ; Moraine *et al.*, 2014 ; Van der Biest *et al.*, 2014) car ils fournissent potentiellement de nombreux services. En particulier, ils améliorent la qualité des sols et la trame paysagère, et facilitent le bouclage des cycles biogéochimiques (Soussana et Lemaire, 2014).

Les interactions entre productions animales et végétales ne sont cependant que partiellement effectives dans les territoires de polyculture-élevage (Ryschawy *et al.*, 2012 ; Veysset *et al.*, 2014). L'élevage y subit une forte concurrence des grandes cultures dont le développement a longtemps été soutenu par un marché porteur et des aides publiques plus importantes. Les changements d'usage des sols menacent les prairies et les exploitations de polyculture-élevage se maintiennent surtout dans des portions du territoire peu propices aux cultures (pentes, fond de vallée humide). Le repli de l'élevage résulte aussi d'un déficit de main-d'œuvre et/ou d'organisation du travail au sein des exploitations et des territoires de polyculture-élevage (Wilkins, 2008 ; Ryschawy *et al.*, 2012 ; Moraine *et al.*, 2014).

Pour pallier les risques de disparition de l'élevage dans ces territoires, les leviers d'action visent à valoriser les bénéfices tirés de l'intégration entre cultures et élevage. La diversification des surfaces peut accroître l'autonomie alimentaire des élevages, grâce en particulier à l'insertion de légumineuses dans les rotations (Dumont *et al.*, 2013 ; Kragt et Robertson, 2014). L'implantation de cultures intermédiaires renforce également l'autonomie alimentaire. D'autres options sont testées avec succès comme l'introduction de ruminants ou de volailles dans les vergers, vignes ou rizières (par ex., Manuelian *et al.*, 2015). Enfin, le recours à des ressources fourragères arbustives ou arborées permettrait de limiter la sensibilité de la production aux sécheresses estivales (Novak et Emile, 2014).

Lorsque des verrous techniques et organisationnels freinent la réintroduction des animaux dans des exploitations de grandes cultures, des complémentarités locales entre exploitations spécialisées en élevage et exploitations de grandes cultures sont envisageables (Ryschawy *et al.*, 2012 ; Moraine *et al.*, 2014). On conserve ainsi l'intérêt du couplage des deux types de production sans ajouter de contraintes de main-d'œuvre, de bâtiments ou de savoir-faire. Dans certains territoires, le maintien des exploitations de polyculture-élevage ou de poly-élevage est également favorisé par l'existence de cahiers des charges et de labels assurant une rémunération de produits de qualité.

Conclusion et besoins de recherche

L'inventaire des effets que les élevages européens ont d'un point de vue économique, environnemental et social permet d'apprécier la portée de chacun d'eux, sans pour autant être en capacité d'en proposer un bilan global. L'approche par bouquets de services territorialisés permet de raisonner les leviers d'action et les adapte à la configuration territoriale. Ainsi, dans les territoires à haute densité animale, la gestion des pollutions locales et la limitation des intrants sont au cœur des enjeux, alors que dans les territoires à dominante herbagère, l'enjeu se concentre surtout autour de la productivité de l'herbe et des stratégies de différenciation des produits. Les territoires associant cultures et élevages doivent s'organiser autour du maintien de l'élevage afin de profiter de ses interactions. Approfondir l'analyse des bouquets de services par type de territoire, réfléchir à l'articulation et aux interrelations entre différents types de systèmes, et anticiper leur évolution a soulevé des besoins de recherche dans plusieurs domaines.

Mieux intégrer l'ensemble des services rendus par l'élevage : Il est nécessaire de poursuivre les recherches qui analysent les bouquets de services de manière holistique. Celles-ci pourront bénéficier du cadre conceptuel que nous avons développé. Jusqu'ici les études d'impact ont surtout comptabilisé les effets négatifs de l'élevage sur l'environnement (pressions sur les ressources, contributions aux pollutions, *etc.*). Les variables socioculturelles restent difficiles à évaluer par analyse de cycle de vie. L'approche par bouquets de services permettrait d'y remédier mais la littérature est encore assez théorique ce qui limite l'intégration des connaissances, notamment dans les modèles. Le changement d'échelles temporelle et spatiale est un autre défi pour l'analyse multicritère. Les indicateurs du changement climatique sont, par exemple, calculés sur 100 ans

alors qu'il existe des fluctuations annuelles significatives de l'emploi en élevage ; les impacts d'un système d'élevage sur la qualité de l'eau peuvent se limiter à des bassins versants de quelques kilomètres carrés, alors que l'importation d'aliments concentrés a des effets délocalisés à des milliers de kilomètres. Ainsi, il s'agit d'analyser des effets qui affectent des aires géographiques différentes, et qui relèvent également d'acteurs et de politiques publiques différentes, des plus locales aux traités internationaux. Evaluer les effets d'un changement de politique publique sur l'élevage, en tenant compte des interactions mais sans double comptage, est l'objectif de l'analyse coût - bénéfice dont les applications à l'élevage sont encore très rares et partielles.

Affiner l'analyse des effets d'une réduction de la consommation en produits animaux : Dans les études évaluant les effets de changements de régimes alimentaires, ceux-ci sont souvent définis *a priori* et de façon normative. Ils ne prennent donc que peu en compte la complexité des comportements alimentaires et l'impact des transitions alimentaires sur les filières. Il y aurait lieu également de mieux y introduire la qualité nutritionnelle des aliments d'origine animale, leurs impacts sur la santé, et la substituabilité entre biens alimentaires.

Etudier les conditions des coordinations sectorielle et territoriale. La coordination au niveau sectoriel et territorial est souvent évoquée comme une voie pour mieux répartir la valeur ajoutée au sein des filières, influer sur leur compétitivité et maîtriser les risques. Toutefois, les connaissances manquent encore sur les contrats et autres formes de coordination dans les filières animales. Pour être pérennes, de telles coordinations doivent également intégrer les acteurs gestionnaires des impacts. Plus généralement, les statistiques économiques sont très parcellaires en deçà du niveau national, en particulier à l'échelle NUTS3 utilisée pour cartographier les territoires d'élevage européens. Elles se limitent alors soit à un bilan économique et environnemental de réseaux d'exploitations, soit à une quantification de la valeur ajoutée de tel ou tel secteur sans prendre en compte les interactions à distance discutées lors de cette expertise. En outre, elles ignorent en général les effets socioculturels à l'exception du travail.

Identifier les innovations et les transitions agricoles possibles. La question des transitions apparaît cruciale afin de comprendre le rôle des politiques publiques et autres types d'incitations, des freins et des leviers d'adoption. Des changements techniques et organisationnels rapides bousculent aujourd'hui le métier d'éleveur. Des systèmes d'élevage particulièrement novateurs voient le jour. Il s'agira de qualifier ces systèmes en rupture par rapport aux référentiels actuels, d'explorer leur stratégie de gestion des risques, et d'analyser leurs conditions de réussite et d'essaimage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anzalone G., Purseigle F. (2014) : «Délégation d'activités et sous-traitance au service de la transmission de l'exploitation et d'un patrimoine», Gasselin P., Choisis J.P., Petit S., Purseigle F., Zasser S. (éds.), *L'agriculture en famille : travailler, réinventer, transmettre*, EDP Science, 327-338.

Battaglini L., Bovolenta S., Gusmeroli F., Salvador S., Sturaro E. (2014) : «Environmental sustainability of Alpine livestock farms», *Italian J. Anim. Sci.,* 13, 3155.

Baumont R., Bastien D., Ferard A., Maxin G., Niderkorn V. (2016) : «Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants», *Fourrages*, 227, 171-180.

Benoit M., Laignel G., Lienard G., Dedieu B., Chabosseau J.M. (1997) : «Eléments de réussite économique des élevages ovins extensifs du Montmorillonnais», *INRA Productions Animales*, 10, 349-362.

Botreau R., Farruggia A., Martin B., Pomiès D., Dumont B. (2014) : «Towards an agroecological assessment of dairy systems: proposal for a set of criteria suited to mountain farming», *Animal*, 8, 1349-1360.

Brummel, R.F., Nelson K.C. (2014) : «Does multifunctionality matter to US farmers? Farmer motivations and conceptions of multifunctionality in dairy systems», *J. Environmental Management,* 146, 451-462.

Chaudhary A., Kastner T. (2016) : «Land use biodiversity impacts embodied in international food trade», *Global Environmental Change*, 38, 195-204.

Cordell D., White S. (2013) : «Sustainable phosphorus measures: Strategies and technologies for achieving phosphorus security», *Agronomy*, 3, 86-116.

Delaby L., Fiorelli J.L. (2014) : «Systèmes laitiers à bas intrants: entre traditions et innovations», *INRA Productions Animales*, 27, 123-133.

de Vries M., de Boer I.J.M. (2010) : «Comparing environmental impacts for livestock products. A review of life cycle assessments», *Livestock Sci.*, 128, 1-11.

Doreau M., van der Werf H.M.G., Micol D., Dubroeucq H., Agabriel J., Rochette Y., Martin C. (2011) : «Enteric methane production and greenhouse gases balance of diets differing in concentrate in the fattening phase of a beef production system», *J. Anim. Sci.*, 89, 2518-2528.

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, 1028-1043.

Dumont B., Dupraz P. (coord.), Aubin J., Benoit M., Bouamra-Mechemache Z., Chatellier V., Delaby L., Delfosse C. Dourmad J.Y., Duru M., Frappier L., Friant-Perrot M., Gaigné C., Girard A., Guichet J.L., Havlik P., Hostiou N., Huguenin-Elie O., Klumpp K., Langlais A., Lemauviel-Lavenant S., Le Perchec S., Lepiller O., Méda B., Ryschawy J., Sabatier R., Veissier I., Verrier E., Vollet D., Savini I., Hercule J., Donnars C. (2016) : *Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe. Synthèse de l'expertise scientifique collective*, INRA (France), 126 p.

Duru M., Therond O. (2015) : «Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization?», *Regional Environmental Change*, 15, 1651-1665.

Duru M., Moraine M., Therond O. (2015) : «An analytical framework for structuring analysis and design of sustainable ruminant livestock systems», *Animal Frontiers*, 5: 6-13.

Dusart L., Protino J., Meda B., Dezat E., Chevalier D., Magdelaine P., Chenut R., Ponchant P., Lescoat P., Berri C. (2015) : «Ovali, une méthode pour améliorer la durabilité des filières avicoles», *TeMA : techniques et marchés avicoles*, 35, 4-12.

Farruggia A., Dumont B., Scohier A., Leroy T., Pradel P., Garel J.P. (2012) : «An alternative rotational stocking management designed to favour butterflies in permanent grasslands», *Grass and Forage Sci.*, 67, 136-149.

Fourat E., Lepiller O. (2017) : «Forms of food transition: Sociocultural factors limiting the diets' animalization in France and India», *Sociologia Ruralis*, 57, 41-63.

Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G. (2013) : *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, ed. FAO (Rome), 115 p.

Gibon A., Ladet S., Balent G. (2015) : «Diagnostic socioécologique de la gestion des prairies en référence aux services écosystémiques attendus des paysages dans le Parc National des Pyrénées (France)», *Fourrages*, 224, 305-319.

Groot J.C.J., Jellema A., Rossing W.A.H. (2010) : «Designing a hedgerow network in a multifunctional agricultural landscape: Balancing trade-offs among ecological quality, landscape character and implementation costs», *Europ. J. of Agronomy*, 32, 112-119.

Hocquette J.F. (2016) : «Is in vitro meat the solution for the future?», *Meat Sci.*, 120, 167-176.

Hostiou N., Chauvat S., Cournut S. (2014) : «Faire face à des questions de travail : les leviers mobilisés par des éleveurs laitiers», Gasselin P., Choisis J.P., Petit S., Purseigle F., Zasser S. (éds.), *L'agriculture en famille : travailler, réinventer, transmettre*, EDP Science, 125-143.

Jones K.E., Patel N.G., Levy M.A., Storeygard A., Balk D., Gittleman J.L., Daszak P. (2008) : «Global trends in emerging infectious diseases», *Nature*, 451, 990-993.

Kirchner M., Schmidt J., Kindermann G., Kulmer V., Mitter H., Prettenthaler F., Rüdisser J., Schauppenlehner T., Schönhart M., Strauss F., Tappeiner U., Tasser E., Schmid E. (2015) : «Ecosystem services and economic development in Austrian agricultural landscapes - The impact of policy and climate change scenarios on trade-offs and synergies», *Ecological Economics*, 109, 161-174.

Kragt M.E., Robertson M.J. (2014) : «Quantifying ecosystem services trade-offs from agricultural practices», *Ecological Economics*, 102, 147-157.

LEAP (2015) : «A review of indicators and methods to assess biodiversity. Application to livestock production at global scale», *Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership*, ed. FAO (Rome), 135 p.

Leip A., Weiss F., Wassenaar T., Perez I., Fellmann T., Loudjani P., Tubiello F., Grandgirard D., Monni S., Biala K. (2010) : *Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) - Final Report*, Administrative Arrangements AGRI-2008-0245 and AGRI-2009-0296, European Commission Joint Research Centre, 323 p.

Levain A., Vertes F., Ruiz L., Delaby L., Gascuel-Odoux C., Barbier M. (2015) : «'I'm an intensive guy' : the possibility and conditions of reconciliation through the ecological intensification framework», *Environmental Management*, 56, 1184-1198.

Lindberg G., Midmore P., Surry Y. (2012) : «Agriculture's inter-industry linkages, aggregation bias and rural policy reforms», *J. Agricultural Economics*, 63, 552-575.

Lopez-Ridaura S., van der Werf H., Paillat J.M., Le Bris B. (2009) : «Environmental evaluation of transfer and treatment of excess pig slurry by life cycle assessment», *J. Environmental Management*, 90, 1296-1304.

Loyon L., Burton C.H., Misselbrook T., Webb J., Philippe F.X., Aguilar M., Doreau M., Hassouna M., Veldkamp T., Dourmad J.Y., Bonmati A., Grimm E., Sommer S.G. (2016) : «Best available technology for European livestock farms: Availability, effectiveness and uptake», *J. Environmental Management*, 166, 1-11.

Mahmoud M., Liu Y., Hartmann H., Stewart S., Wagener T., Semmens D., Stewart R., Gupta H., Dominguez D., Dominguez F., Hulse D., Letcher R., Rashleigh B., Smith C., Street R., Ticehurst J., Twery M., van Delden H., Waldick R., White D., Winter L. (2009) : «A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making», *Environmental Modelling and Software*, 24, 798-808.

Manuelian C.L., Albanell E., Rovai M., Caja G., Guitart R. (2015) : «Kinetics of lithium as a lithium chloride dose suitable for conditioned taste aversion in lactating goats and dry sheep», *J. Anim. Sci.*, 93, 562-569.

Marshall B.M., Levy S.B. (2011) : «Food animals and antimicrobials: Impacts on human health», *Clininal Microbiology Review*, 24, 718-733.

Miele M., Veissier I., Evans A., Botreau R. (2011) : «Animal welfare: Establishing a dialogue between science and society», *Animal Welfare*, 20, 103-117.

Milberg P., Bergman K.O., Cronvall E., Eriksson Å.I, Glimskär A., Islamovic A., Jonason D., Löfqvist Z., Westerberg L. (2016) : «Flower abundance and vegetation height as predictors for nectar-feeding insect occurrence in Swedish semi-natural grasslands», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 230, 47-54.

Mollard A., Dissart J.C., Vollet D. (2014) : «Valorisation des aménités et développement territorial, les cas des PNR», *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 20.

Moraine M., Duru M., Nicholas P., Leterme P., Thérond O. (2014) : «Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe», *Animal*, 8, 1204-1217.

Novak S., Emile J.C. (2014) : «Associer des approches analytiques et systémiques pour concevoir un système laitier innovant : de la Fée à l'OasYs», *Fourrages*, 217, 47-56.

Patience J.F., Rossoni-Serão M.C, Gutiérrez N.A. (2015) : «A review of feed efficiency in swine: biology and application», *J. Anim. Sci. and Biotechnology*, 6, 33.

Patterson E., Wall R., Fitzgerald G.F., Ross R.P., Stanton C. (2012) : «Health implications of high dietary Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acids», *J. Nutrition and Metabolism*, Article ID 539426, 16 p.

Peyraud J.L. (2017) : *L'élevage contribue à la production durable de protéines*, ed. Club Demeter (Paris), 363-388.

Phocas F., Belloc C., Bidanel J., Delaby L., Dourmad J.Y., Dumont B., Ezanno P., Fortun-Lamothe L., Foucras G., Frappat B., González-García E., Hazard D., Larzul C., Lubac S., Mignon-Grasteau S., Moreno C.R., Tixier-Boichard M., Brochard M. (2016) : «Review: Towards the agroecological management of ruminants, pigs and poultry through the development of sustainable breeding programs: I- Selection goals and criteria», *Animal*, 10, 1749-1759.

Rains G.C., Olson D.M., Lewis W.J. (2011) : «Redirecting technology to support sustainable farm management practices», *Agricultural Systems*, 104, 365-370.

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, 1361-1372.

Roguet C., Gaigné C., Chatellier V., Cariou S., Carlier M., Chenu R., Daniel K., Perrot C. (2015) : «Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes : état des lieux et facteurs explicatifs», *INRA Productions Animales*, 28, 5-22.

Ryschawy J., Choisis N., Choisis J.P., Joannon A., Gibon A. (2012) : «Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming?», *Animal*, 6, 1722-1730.

Ryschawy J., Tichit M., Bertrand S., Allaire G., Plantureux S., Aznar O., Perrot C., Guinot C., Josien E., Lasseur J., Aubert C., Tchakerian E., Disenhaus C. (2015) : «Comment évaluer les services rendus par l'élevage ? Une approche méthodologique sur le cas de la France», *INRA Productions Animales*, 28, 23-38.

Sabatier R., Doyen L., Tichit M. (2014) : «Heterogeneity and the trade-off between ecological and productive functions of agro-landscapes: A model of cattle-bird interactions in a grassland agroecosystem», *Agricultural Systems*, 126, 38-49.

Salou T., Le Mouel C., van der Werf H.M.G. (2017) : «Environmental impacts of dairy system intensification : the functional unit matters!», *J. of Cleaner Production*, 140, 445-454.

Schroeder T.C., Tonsor G.T., Lusk J., Roosen J., Shogren J.F. (2011) : «Demand for meat quality attributes», Roosen J. et Shogren J.F. (eds.), *The Oxford Handbook of the Economics of Food Consumption and Policy*, Oxford University Press, 791-810.

Solagro (2014) : *Afterres 2050. Un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050*, éd. Solagro (Toulouse), 63 p.

Soussana J.F., Lemaire G. (2014) : «Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 9-17.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C. (2006) : *Livestock long shadow. Environmental issues and options*, éd. FAO (Rome), 390 p.

Stoll-Kleemann S., O'Riordan T. (2015) : «The sustainability challenges of our meat and dairy diets», *Environment: Sci. and Policy for Sustainable Development*, 57, 34-48.

Sutton M.A., Howard C.M., Erisman J.W., Billen G., Bleeker A., Grennfelt P., van Grinsven H., Grizzetti B. (2011) : *The European nitrogen assessment. Sources, effects and policy perspectives*, Cambridge University Press, 612 p.

Umar Faruk M., Bouvarel I., Même N., Rideau N., Roffidal L., Tukur H.M., Bastianelli D., Nys Y., Lescoat P. (2010) : «Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens», *Poultry Sci.*, 89, 785-796.

Van der Biest K., D'Hondt R., Jacobs S., Landuyt D., Staes J., Goethals P., Meire P. (2014) : «EBI: An index for delivery of ecosystem service bundles», *Ecological Indicators*, 37, 252-265.

van de Weerd H., Sandilands V. (2008) : «Bringing the issue of animal welfare to the public: A biography of Ruth Harrison (1920 – 2000)», *Applied Animal Behaviour Sci.*, 113, 404-410.

van Huis A., Dicke M., van Loon J.J.A. (2015) : «Insects to feed the world», *J. Insects as Food and Feed*, 1, 3-5.

Van Kernebeek H.R.J., Oosting S.J., Van Ittersum M.K., Bikker P., de Boer I.J.M. (2016) : «Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products», *Int. J. Life Cycle Assessment*, 21, 677-687.

van Zanten H.H.E., Mollenhorst H., Oonincx D.G.A.B., Bikker P., Meerburg B.G., de Boer I.J.M. (2015) : «From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed», *J. Cleaner Prod.*, 102, 362-369.

van Zanten H.H.E., Meerburg B.G., Bikker P., Herrero M., de Boer I.J.M. (2016) : «Opinion paper: The role of livestock in a sustainable diet: a land-use perspective», *Animal*, 10, 547-549.

Vazquez-Rowe I., Rege S., Marvuglia A., Thenie J., Haurie A., Benetto E. (2013) : «Application of three independent consequential LCA approaches to the agricultural sector in Luxembourg», *Int. J. Life Cycle Assessment*, 18, 1593-1604.

Veissier I., Jensen K.K., Botreau R., Sandoe P. (2011) : «Highlighting ethical decisions underlying the scoring of animal welfare in the Welfare Quality® scheme», *Animal Welfare*, 20, 89-101.

Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M. (2014) : «Mixed crop-livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? Commercial farms results, questions and perspectives», *Animal*, 8, 1218-1228.

Wilkins R.J. (2008) : «Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems», *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sci.*, 363, 517-525.

zu Ermgassen E.K.H.J., Phalan B., Green R.E., Balmford A. (2016) : «Reducing the land use of EU pork production: where there's swill, there's a way», *Food Policy*, 58, 35-48.

L'expertise scientifique collective (ESCo) consiste en **un état des connaissances scientifiques actualisé et** en **son analyse critique** permettant de faire le point sur les débats et controverses qui traversent les communautés scientifiques, les incertitudes dont la prise en compte est nécessaire à l'interprétation des résultats et les lacunes qu'il s'agira de combler à l'avenir. Elle ne formule ni avis ni recommandation. La conduite de l'exercice s'appuie sur une charte de l'expertise scientifique dont les principes généraux sont la compétence, l'impartialité, la pluralité et la transparence.

Le collectif d'experts réuni pour cette ESCo comporte 26 chercheurs (dont 1/3 extérieur à l'INRA). Leurs disciplines se sont réparties équitablement entre les sciences animales, les sciences de l'environnement, les sciences économiques et les sciences sociales.

Le corpus bibliographique a été constitué après interrogation des bases de données *Web of Science-TM* et *EconLit*. Les experts y ont sélectionné des références et l'ont complété en fonction de leurs compétences disciplinaires. Le corpus final comprend environ 2 450 références (articles, ouvrages, chapitres d'ouvrages, rapports, textes réglementaires...). Des sources statistiques complémentaires ont été mobilisées pour contextualiser les résultats dans un cadre européen.

Pour en savoir plus : Le rapport complet de l'ESCo, la synthèse (Dumont *et al.*, 2016) et un résumé de 8 pages en français et en anglais sont disponibles sur le site de l'INRA : http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Roles-impacts-et-services-issus-des-elevages-europeens

Annexe 1 : **La démarche d'expertise scientifique collective**.

Appendix 1 : ***The collective scientific assessment approach***.