HAL open science

Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ?

Marie-Angélina Magne, Marie-Odile Nozieres-Petit, Sylvie Cournut, Emilie Ollion, Laurence Puillet, David Renaudeau, Laurence Fortun-Lamothe

To cite this version:

Marie-Angélina Magne, Marie-Odile Nozieres-Petit, Sylvie Cournut, Emilie Ollion, Laurence Puillet, et al.. Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ?. INRA Productions Animales, 2019, 32 (2), pp.263-280. 10.20870/productions-animales.2019.32.2.2496 . hal-02619341

HAL Id: hal-02619341

https://hal.inrae.fr/hal-02619341

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

LA REVUE INRA PRODUCTIONS ANIMALES

INRA SCIENCE & IMPACT

INRA Prod. Anim., 2019, 32 (2), 263-280

Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ?

Marie-Angélina MAGNE[1], Marie-Odile NOZIÈRES-PETIT[2], Sylvie COURNUT[3], Émilie OLLION[4], Laurence PUILLET[5], David RENAUDEAU[6], Laurence FORTUN-LAMOTHE[7]

[1]AGIR, Université de Toulouse, ENSFEA, INRA, INPT, INP- EI PURPAN, 31320, Castanet-Tolosan, France
[2]INRA, UMR SELMET, 2 place Viala, 34000, Montpellier, France
[3]Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, Inra, Irstea, VetAgro Sup, UMR Territoires, F-63000, Clermont-Ferrand, France
[4]ISARA-Lyon, équipe AGE 23 Rue Jean Baldassini, 69007, Lyon, France
[5]UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005, Paris, France
[6]INRA, UMR PEGASE, Agrocampus Ouest, 35590, St Gilles, France
[7]GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31320, Castanet-Tolosan, France

Courriel : marie-angelina.magne@inra.fr

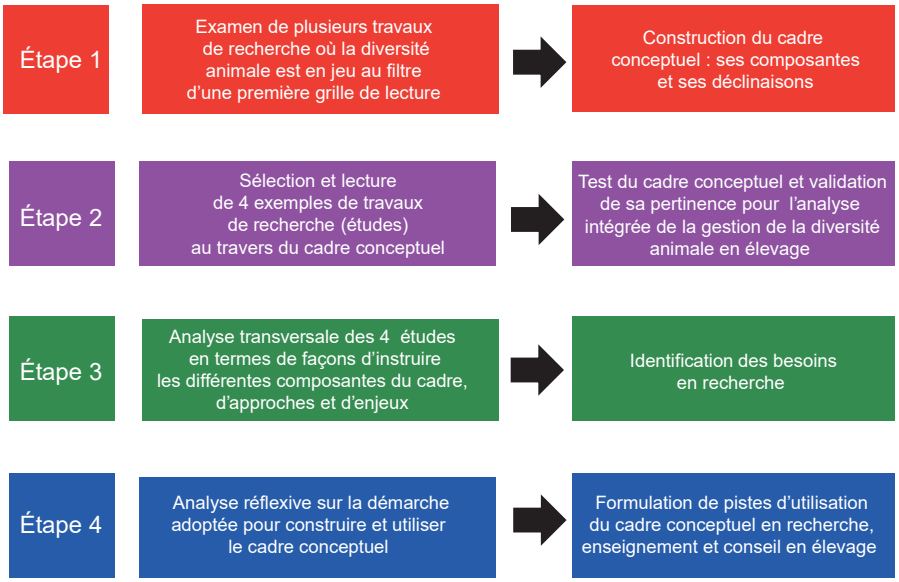
■ La biodiversité, et en particulier, la diversité animale est présentée comme un levier prometteur pour adapter les systèmes d'élevage aux aléas et opérer leur transition agroécologique. Pourtant, la majorité des éleveurs, conseillers, enseignants et chercheurs ont des difficultés à l'envisager comme un atout dans la gestion des élevages. Nous proposons un cadre conceptuel et des pistes pour aider à analyser la diversité animale et ses modalités de gestion en élevage pour la valoriser.

Introduction

Durant la seconde moitié du XXe siècle, le développement de l'élevage sur un modèle productiviste a permis une augmentation de la production animale grâce à *i)* la sélection des plantes et des animaux sur des traits de production ; *ii)* l'utilisation d'intrants (aliments concentrés, produits phyto-zoo-sanitaires…) permettant de réduire l'hétérogénéité environnementale et les effets des facteurs limitants la production ; et *iii)* la standardisation et rationalisation des modes de production ainsi que la spécialisation des fermes et des régions (Mazoyer, 1982). Les limites de ce modèle sont aujourd'hui bien documentées (Brussaard *et al.*, 2015 ; Duru et Therond, 2015). Premièrement, il a contribué au déclin de la biodiversité, dont celui de l'agrobiodiversité, entendue comme la diversité des végétaux cultivés et des animaux domestiques (Altieri, 1987), ce qui, à terme, remet en cause la capacité d'adaptation des systèmes de production aux changements globaux (Hoffmann, 2013). Deuxièmement, l'augmentation à court terme de la productivité qu'il permet est souvent négativement corrélée à la productivité à long terme (Weiner, 2003). À titre d'exemple, la forte productivité animale des vaches laitières, permise grâce à la sélection sur la production laitière annuelle, a entraîné une détérioration des performances de reproduction (Mackey *et al.*, 2007 ; Sørensen *et al.*, 2008), de la longévité (Knaus, 2009), une plus grande sensibilité aux problèmes sanitaires (Oltenacu et Broom, 2010), aux variations de l'environnement climatique (Gauly *et al.*, 2013) et aux fluctuations des apports alimentaires (Delaby *et al.*, 2009).

Face à ces limites, les orientations et les pratiques agricoles ont été infléchies par exemple en intégrant des aptitudes fonctionnelles dans les schémas de sélection des vaches laitières (Phocas *et al.*, 2014). Cependant la capacité de ces évolutions à s'affranchir de ces limites est questionnée. C'est pourquoi, des systèmes d'élevage alternatifs ont émergé, mettant en évidence la nécessité et la faisabilité d'une transition agroécologique en élevage. L'agroécologie repose notamment sur l'hypothèse que la biodiversité, et en particulier l'agrobiodiversité est un levier essentiel pour assurer la durabilité des fermes d'élevage et pour accroître leurs capacités d'adaptation dans des environnements non

Figure 1. ***La démarche séquentielle suivie pour construire, tester et tirer profit du cadre conceptuel pour l'analyse intégrée de la gestion de la diversité animale en élevage.***



optimaux et variables (Darnhofer *et al.*, 2010 ; Biggs *et al.*, 2012 ; Dumont *et al.*, 2013 ; Duru *et al.*, 2015). Si des travaux en font la preuve, la grande majorité porte sur l'agrobiodiversité végétale, et notamment celles des prairies (Damour *et al.*, 2018). Ceux portant sur l'agrobiodiversité animale (appelée diversité animale ci-après) sont moins nombreux, plus récents et épars. Nous faisons l'hypothèse que cette situation résulte d'abord d'un manque de formalisation partagée par les zootechniciens de ce que recouvre la notion de diversité animale et de sa gestion à l'échelle des systèmes d'élevage.

Cet article vise donc à développer un cadre conceptuel pour analyser de manière intégrée la gestion de la diversité animale à l'échelle des systèmes d'élevage et à proposer des pistes de recherche pour identifier les conditions dans lesquelles elle est bénéfique sur le long terme. Pour cela, nous avons mis en œuvre une démarche séquentielle en quatre étapes (figure 1).

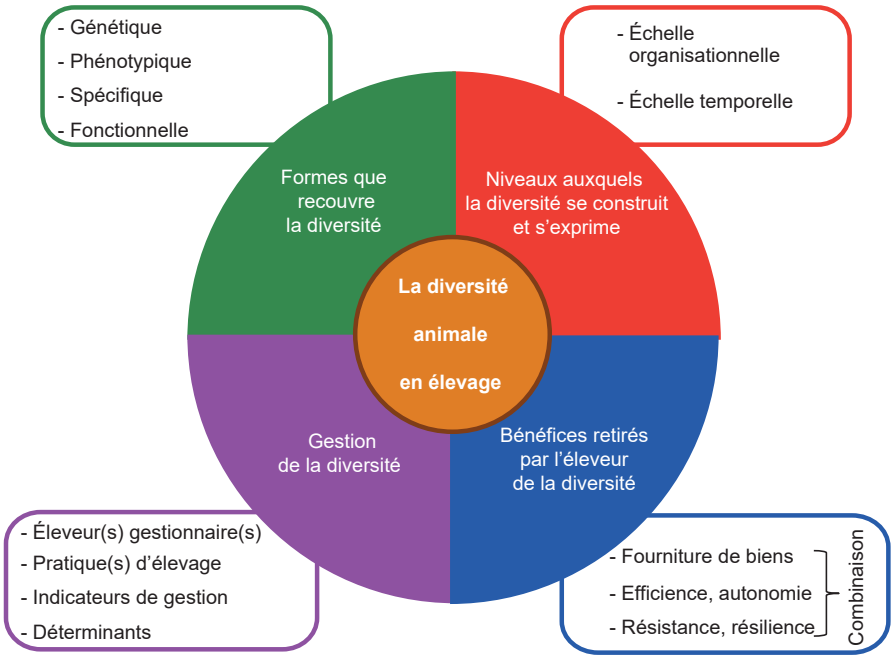
La première étape a consisté à examiner plusieurs travaux de recherche dans lesquels la diversité animale en élevage était en jeu à partir d'une première grille de lecture construite selon notre expertise. Elle a permis de stabiliser les différentes composantes du cadre conceptuel et d'en identifier leurs déclinaisons (partie 1 de l'article). La deuxième étape a consisté à sélectionner quatre études (exemples de recherche) et à les instancier selon le cadre développé. Ces études ont été sélectionnées pour être contrastées en termes de diversité animale considérée et de façon et degré d'instruction des différentes composantes du cadre. Cette étape a permis de tester le cadre conceptuel et d'en montrer la pertinence pour analyser l'ensemble de ce que recouvre la gestion de la diversité animale en élevage dans chaque étude (partie 2). La troisième étape a consisté en l'analyse croisée de ces quatre études. Elle a permis d'identifier des régularités et des différences dans les façons d'instruire les différentes composantes du cadre et de faire émerger des besoins en recherche pour analyser de manière intégrée la gestion de la diversité animale en élevage (partie 3). La dernière étape a consisté en une analyse réflexive sur la démarche adoptée pour construire et utiliser le cadre pour formuler quelques pistes d'utilisation de ce dernier dans la recherche, l'enseignement et le conseil en élevage (partie 4).

1. Présentation du cadre conceptuel pour analyser la diversité animale et ses modes de gestion en élevage

Le cadre conceptuel que nous proposons comprend quatre composantes (figure 2).

Deux composantes (en haut, figure 2) visent à analyser la diversité animale en interrogeant à la fois la forme qu'elle

Figure 2. ***Cadre conceptuel pour analyser de manière intégrée la gestion de la diversité animale en élevage.***



prend (§ 1.1) et les niveaux organisationnel et temporel auxquels elle se construit et s'exprime (§ 1.2). Les deux autres composantes (en bas, figure 2) visent à analyser les modalités de gestion de la diversité animale en élevage (§ 1.3) et le(s) bénéfice(s) qu'en retire ou en attend l'éleveur (§ 1.4). Nous précisons que si le niveau de la population animale est fondamental pour gérer sur le long terme la diversité animale au sein des espèces et des races, nous focalisons ici sur sa gestion à l'échelle du système d'élevage. Dès lors, les populations animales sont vues comme des ressources à disposition de l'éleveur pour acquérir de la diversité animale qu'il doit ensuite utiliser, entretenir et valoriser au sein de son élevage.

■ 1.1. Les différentes formes de la diversité animale

La diversité est le caractère de ce qui est varié, hétérogène, différent. Cette notion s'oppose à celles d'uniformité, d'homogénéité et de ressemblance.

La *diversité génétique* désigne le degré de variété (ou polymorphisme) des gènes au sein d'une même espèce, race ou lignée. Elle est le support de la sélection génétique qui a pour principe de choisir, parmi la variabilité existante, les animaux porteurs des versions (ou allèles) favorables aux gènes d'intérêt comme reproducteurs ; ceci pour transmettre ces allèles favorables d'une génération à une autre et donc permettre l'amélioration génétique de la population animale concernée (espèce, race ou lignée). Les gènes d'intérêt peuvent concerner des caractères de production ou des aptitudes fonctionnelles telles que la résistance à des agents pathogènes ou la capacité de reproduction dans un milieu donné pour améliorer la robustesse des animaux (Phocas *et al.,* 2017 ; § 2.4). La diversité génétique est également le support d'actions de conservation et de valorisation de races à petits effectifs (Audiot, 1995).

La *diversité phénotypique* décrit la variabilité des traits observables et mesurables pour un animal. Ces caractères peuvent être physionomiques (gabarit, couleur de la robe, cornes), physiologiques (âge, parité, efficacité digestive, production de lait, poids, conformation…), comportementaux (activité au pâturage, relation à l'Homme), ou biochimiques (groupes sanguins). Elle est le résultat conjoint de la diversité génétique et des effets de l'environnement physique, chimique et social. La diversité phénotypique (âge, poids, conformation…) peut induire une diversité de produits animaux à mettre sur le marché.

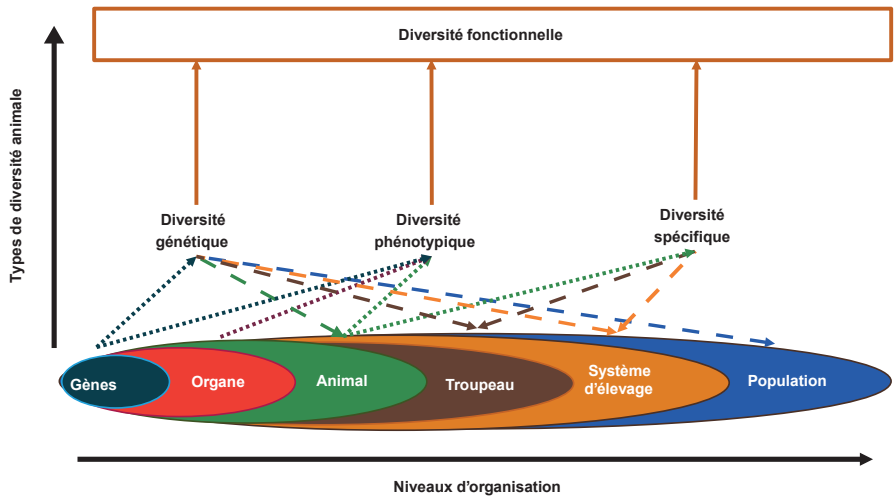
La *diversité spécifique* renvoie aux associations d'espèces animales en élevage. Des études ont portées sur les associations bovins-ovins (Cournut *et al.*, 2012 ; Meisser *et al.,* 2013 ; D'Alexis *et al.,* 2014) et bovins-équins (Martin-Rosset et Trillaud-Geyl, 2011). À l'inverse, peu d'études portent sur les associations entre espèces de ruminants et espèces monogastriques alors que ces deux catégories d'animaux ont des rôles complémentaires dans la chaîne alimentaire au sein des écosystèmes (ingestion de fourrages et dégradation des polymères des constituants pariétaux des végétaux *vs* ingestion de graines et tubercules et dégradation des autres constituants, respectivement).

Enfin, potentiellement supportée par les trois précédentes formes de diversité (figure 3), la *diversité fonctionnelle* est mentionnée comme celle intéressante en élevage (Tichit *et al.,* 2011). Elle renvoie à l'association d'entités animales ayant des fonctionnements (ou aptitudes) biologiques ou écologiques différents (par exemple, race à viande *vs* race laitière) ou des réponses biologiques et écologiques à des perturbations différentes (par exemple, phénotype tolérant au stress climatique *vs* phénotype sensible). À titre d'exemple, en aquaculture le fonctionnement de l'écosystème est optimisé par un assemblage fonctionnel entre espèces de poissons (détritivores, végétariens, carnivores) aux caractéristiques, fonctions et habitats complémentaires (reproduction, thermophilie, alimentation ; Néori *et al.,* 2004).

■ 1.2. Les niveaux organisationnels et temporels auxquels la diversité animale se construit et s'exprime

Les différentes formes de diversité animale, leur coexistence voire leur emboîtement au sein des systèmes d'élevage sont liées au fait que ces derniers sont des systèmes biologiques pilotés (ou systèmes biotechniques ; Dedieu *et al.*, 2008). Ces systèmes sont en effet constitués d'un emboîtement de niveaux d'organisation du vivant. Le fonctionnement et la dynamique d'ensemble résultent du fonctionnement et de la dynamique de chacun des niveaux d'organisation sous-jacents et de leurs

Figure 3. ***Les différentes formes de diversité animale et les niveaux d'organisation où elle se construit et s'exprime.***



Flèches en pointillés : niveaux d'organisation où la diversité se construit ; Flèches en tirets : niveaux d'organisation où la diversité animale s'exprime ; Flèches pleines : diversité fonctionnelle supportée par les autres formes de diversité animale.

interactions, pilotés par les pratiques de l'éleveur. Ainsi, le fonctionnement dynamique d'un atelier de production animale résulte de celui des groupes d'animaux qui le composent. Le fonctionnement dynamique d'un animal résulte de celui des différents systèmes d'organes qui le composent (organes du système digestif, reproducteur, respiratoire…). À cet emboîtement de niveaux d'organisation du vivant s'ajoute un emboîtement des échelles de temps. En effet, le fonctionnement dynamique des systèmes d'élevage repose sur des processus spécifiques à chaque niveau d'organisation s'inscrivant différemment dans le temps. Par exemple, alors qu'au niveau cellulaire, les processus métaboliques s'opèrent à l'échelle de la minute, au niveau du troupeau, le processus de renouvellement s'opère à l'échelle de plusieurs années.

Pour caractériser la diversité animale en élevage et la gérer pour en tirer parti sur le long terme, il est utile d'appréhender la complexité liée à l'intrication de ces différents niveaux. Il s'agit de distinguer (figure 3) : *i)* le niveau organisationnel et temporel auxquels se construit la diversité animale, à savoir les niveaux auxquels des éléments constitutifs interagissent par le biais de processus biologiques ; et *ii)* le niveau organisationnel et temporel auxquels la diversité animale s'exprime, à savoir le niveau plus englobant auquel la diversité animale est bénéfique pour le système. L'analyse du niveau où se construit la diversité animale est liée à sa forme (§1.1). L'analyse du niveau où elle s'exprime permet de comprendre ses modalités de gestion (§1.3) et les bénéfices qui en sont attendus/retirés par l'éleveur (§1.4).

Dans les modèles d'élevage développés pour tester les bénéfices à retirer de certaines modalités de gestion de la diversité animale, ces niveaux d'organisation et de temps sont clairement identifiés. Par exemple, en élevage caprin, la question de l'intérêt de la diversité animale pour la résilience du troupeau a été abordée en construisant un modèle combinant le niveau animal et le niveau troupeau (Tichit *et al.*, 2012). Le niveau animal, à l'échelle d'une campagne de production, est celui où se construit la diversité phénotypique des chèvres selon leurs stratégies d'allocation des ressources alimentaires aux fonctions biologiques de reproduction et de lactation. Les chèvres « généralistes » ont de bonnes performances de reproduction (90 % taux de mise bas) et des performances laitières moyennes (700 L/lactation) quel que soit l'environnement. Les chèvres « spécialistes » ont des performances de reproduction moyennes (70 % de taux de mise bas) et des performances laitières élevées en environnement favorable (1 000 L) et faibles en environnement défavorable (600 L). Le troupeau, à l'échelle de plusieurs campagnes de production, est le niveau d'organisation où la diversité des animaux s'exprime et où les bénéfices qui en sont retirés sont évalués. Ainsi, les simulations ont montré que la diversité phénotypique des chèvres dans le troupeau, à savoir la combinaison de chèvres « spécialistes » et « généralistes », est bénéfique pour diminuer la variabilité interannuelle de la production laitière du troupeau en réponse à des variations de l'environnement.

■ 1.3. La gestion de la diversité animale en élevage

Décrire et comprendre la gestion de la diversité animale nécessite d'identifier le(s) gestionnaire(s) de cette diversité, les modalités de gestion c'est-à-dire ici les pratiques d'élevage liées à la diversité, les indicateurs de gestion et les déterminants de ces modalités de gestion.

L'éleveur, ou le collectif de travail de la ferme, est le premier acteur gestionnaire de la diversité animale en élevage. Cependant, selon l'organisation de la sélection dans la filière de production considérée, il est utile de spécifier le type d'éleveur concerné. C'est particulièrement le cas en filière porcine ou avicole où il est utile d'identifier comment est gérée la diversité animale à chacun des étages que sont les sélectionneurs, les multiplicateurs ou les producteurs (§ 2.4).

L'éleveur gère la diversité animale *via* une combinaison de pratiques : des pratiques de conduite de troupeaux (reproduction, santé, alimentation), des pratiques de configuration de troupeaux (renouvellement, réforme, gestion des accouplements…), et des pratiques de commercialisation (exploitation et valorisation d'un ensemble de produits animaux : animaux vendus en vif pour la reproduction ou pour l'engraissement, lait, œuf, viande, poisson et leurs dérivés). Ces pratiques permettent de créer ou acquérir la diversité animale, de l'utiliser (l'orienter, la valoriser, la segmenter) et de la renouveler ou pas (la réduire, l'amplifier, la maintenir). Ainsi, un éleveur vendant l'ensemble de ses agneaux sous Signe de l'Identification de la Qualité et de l'Origine à une organisation de producteurs, peut chercher à réduire la diversité phénotypique dans son élevage, en groupant les naissances et/ou complémentant de manière plus importante les agneaux doubles, de façon à construire des lots de vente les plus homogènes possibles en poids, conformation et état de gras. À l'opposé, un éleveur vendant des agneaux en vente directe peut chercher à augmenter la diversité phénotypique par l'organisation des naissances et l'élevage des jeunes, en particulier par les pratiques de reproduction et d'alimentation, de façon à avoir tout au long de l'année des animaux hétérogènes, adaptés à des consommateurs individuels qui expriment des demandes différentes (Nozières, 2014). Parmi les pratiques d'élevage, le choix des animaux reproducteurs, l'alimentation différenciée entre lots ou les pratiques d'allotement sont les plus mobilisées pour gérer la diversité. Cette gestion s'organise à différents niveaux, à différents moments d'une année ou d'une série d'années, et dans l'espace (§ 1.2). Ainsi, dans des systèmes d'élevage associant bovins et ovins, les surfaces peuvent être pâturées de façon séparée, alternée ou simultanée, suivant les objectifs de l'éleveur en matière de niveaux de production de chacun des troupeaux et de valorisation des ressources (§ 2.3). Dans d'autres situations, les pratiques mises en œuvre par l'éleveur peuvent ne pas tenir compte de la diversité animale. C'est le cas des éleveurs qui alimentent toutes les vaches laitières de leur troupeau de manière identique même si elles sont de race et/ou de potentiel laitier différent (§ 2.2). Enfin, il nous semble pertinent de distinguer la diversité animale subie, c'est-à-dire celle qui découle du

fonctionnement du système d'élevage mais « sans être voulue », de la diversité animale pilotée, c'est-à-dire celle qui fait l'objet d'une gestion basée sur des objectifs et des indicateurs, formalisés ou non.

Pour mettre en œuvre ces pratiques de gestion de la diversité animale, l'éleveur collecte, recherche et organise un certain nombre d'informations, internes et externes au système d'élevage (Magne *et al.,* 2011). Les données collectées sur le système biotechnique renvoient d'abord à la façon dont il perçoit et caractérise la diversité animale aux niveaux où elle se construit et où elle s'exprime pour lui (et pour ses interlocuteurs ; § 1.2). Mais sont également convoquées des informations sur l'environnement physique, social et économique de l'élevage, et sur la façon dont la diversité animale évolue sous l'effet des modifications de l'environnement. Tout ou partie de ces informations peuvent être formalisées au travers d'indicateurs. Les indicateurs de performances zootechniques, tels que les niveaux de production laitière et leurs variations interannuelles sur la ferme ou entre fermes mais aussi les index de sélection construits à l'échelle d'une population animale sélectionnée, peuvent être mobilisés.

Le choix des pratiques mises en œuvre pour gérer la diversité animale dépend de deux types de déterminants selon qu'ils sont internes à l'élevage ou à l'éleveur (valeurs, normes et objectifs de l'éleveur) ou externes (orientation des filières, ressources disponibles dans l'environnement). Ces déterminants constituent des facteurs freinant ou facilitant la mise en œuvre des pratiques de gestion de la diversité animale en élevage. Ainsi les organismes et entreprises de sélection animale, en structurant fortement la variabilité génétique disponible parmi les reproducteurs mis sur le marché, peuvent freiner l'utilisation de la diversité animale en élevage. De même, les structures d'achat des produits d'élevage en aval émettent, vis-à-vis des élevages, une demande d'animaux homogènes ou hétérogènes selon les circuits et les périodes, voire les accompagnent techniquement ou simplement par incitation financière dans la construction de leur offre. La gestion de la diversité des produits, à leur échelle, complète celle effectuée par l'éleveur. Cela permet de faire coïncider globalement au sein de la filière l'offre de produits animaux, par essence inégalement répartie, fluctuante et aléatoire dans le temps et dans l'espace, à une demande (consommation) constante et concentrée dans les centres urbains (Malassis, 1979).

■ 1.4. Les bénéfices retirés par l'éleveur de la gestion de la diversité animale

La quatrième composante du cadre renvoie aux bénéfices potentiels retirés ou attendus de la gestion de la diversité animale en élevage. Le bénéficiaire que nous considérons est l'éleveur, bien qu'il en existe d'autres (les organismes de sélection, les acteurs de la société civile…). Les bénéfices sont les avantages que l'éleveur retire des processus biologiques et écologiques assurés/supportés par la diversité animale gérée.

Le premier bénéfice concerne l'amélioration de la fourniture de biens (produits animaux, coproduits animaux…) et la construction d'un produit brut, nécessaire pour élaborer un revenu. La gestion de la diversité animale peut ainsi permettre d'élargir la gamme de biens à un instant t et sur une campagne *via* la complémentarité des cycles de production et d'améliorer la qualité et la quantité des biens produits *via* la complémentarité fonctionnelle qu'elle supporte. Par exemple, mobiliser la diversité raciale au sein de troupeaux de bovins laitiers permet de produire du lait en quantité tout en gardant une bonne qualité laitière, et en valorisant convenablement les produits carnés grâce à la complémentarité des aptitudes des races de type spécialiste et généraliste (§ 2.2). De même, le pâturage mixte de génisses et de chèvres permet d'améliorer le gain de poids des chèvres et la production animale globale tout en améliorant la gestion des pâturages (D'Alexis *et al.,* 2014).

Le deuxième bénéfice relève de l'amélioration de l'efficience du système d'élevage, définie ici comme le rapport entre les produits obtenus et les ressources utilisées à cette fin. Lorsque l'on focalise sur la valorisation des ressources internes à la ferme, alors l'efficience intègre l'autonomie. Ainsi, la diversité animale dans les élevages peut être un moyen de mieux valoriser les ressources disponibles (ressources alimentaires pour les animaux, main-d'œuvre, foncier, équipement) sur la ferme. Elle peut consister en la complémentarité entre les éléments du système dans le but « *d'exploiter au mieux toute la gamme des ressources et des conditions offertes* » (Reboud et Malezieux, 2015). Ainsi l'association d'ovins à viande et de vaches laitières sur une même ferme permet de mieux valoriser la diversité des ressources herbagères (dans l'espace et dans le temps), les deux espèces ayant ni les mêmes comportements ni les mêmes besoins alimentaires ni les mêmes sensibilités aux strongles gastro-intestinaux. L'association d'espèces aux cycles de production différents peut permettre d'être plus efficient en travail en le répartissant sur la campagne de production.

Un troisième bénéfice potentiel de la gestion de la diversité animale concerne l'amélioration de la résilience du système d'élevage, définie ici comme sa capacité à se maintenir, mais aussi à s'adapter à des évolutions de son environnement (Dedieu et Ingrand, 2010). La diversité animale peut, en effet, permettre de tamponner un aléa, qu'il soit climatique, économique, sanitaire ou zootechnique, et offrir des possibilités d'adaptation et de transformation du système d'élevage (Darnhofer *et al.*, 2010 ; Nozières *et al.*, 2011). Ainsi, la diversité spécifique ovin-bovin permet de réajuster les ressources herbagères et le stock aux besoins des animaux (Cournut *et al.*, 2012) en cas d'aléas climatique, et la diversité phénotypique gérée par la conduite des ovins (reproduction, alimentation et allotement) permet d'adapter la commercialisation aux évolutions du marché (Nozières et Moulin, 2016).

Si chacun de ces trois types de bénéfices peut être évalué indépendamment l'un de l'autre, il ressort que c'est souvent la recherche d'une combinaison entre eux qui est attendue ou retirée de la gestion de la diversité animale dans les élevages (§ 3 et 4).

2. Lecture de quatre études traitant de la diversité animale en élevage au filtre du cadre conceptuel proposé

Pour comprendre quelle diversité animale est bénéfique en élevage et les conditions dans lesquelles elle peut l'être, il est utile de considérer l'ensemble des quatre composantes du cadre conceptuel proposé. Pour démontrer cela, nous utilisons le cadre conceptuel pour rendre compte de quatre travaux de recherche menés à l'INRA (et appelés études par la suite) et traitant de la diversité animale et de sa gestion en élevage (tableau 1).

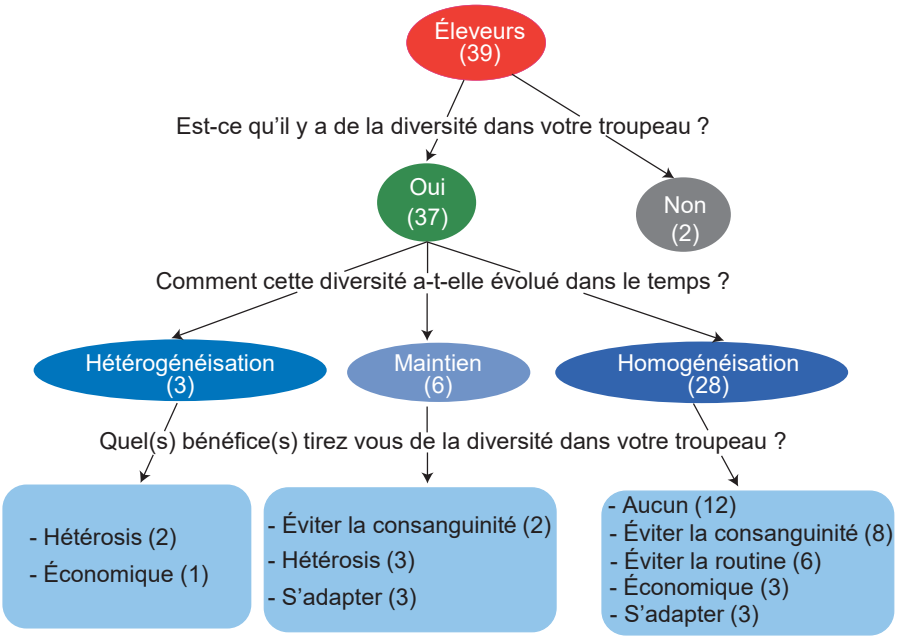
■ 2.1. Étude 1. Points de vue des éleveurs de bovins laitiers sur la diversité intra-troupeau et ses bénéfices

Ollion (2015)décrit la manière dont les éleveurs de vaches laitières caractérisent les formes de diversité animale dans leur élevage, comment cette diversité a évolué dans le temps, sous quelle(s) influence(s), et enfin quels bénéfices ils en retirent. Ce travail questionne la diversité intra-spécifique du point de vue des éleveurs eux-mêmes. Il se base sur un échantillon d'élevages composé de 25 troupeaux comportant une seule race – mono-race – (11 en race Holstein, 7 en race Montbéliarde, 6 en Normande, 1 en Ferrandaise), 9 troupeaux comportant plusieurs races – multi-races – (5 mixant les races Holstein et Montbéliarde, 2 mixant les races Holstein et Normande, 1 mixant les races Holstein et Simmental et

Tableau 1. ***Présentation des quatre études au regard du cadre conceptuel proposé pour décrire et comprendre la diversité animale dans les systèmes d'élevage.***

Type de production animale	Formes de diversité animale	Niveaux auxquels la diversité se construit et s'exprime		Bénéfices retirés de la diversité animale	Gestion de la diversité animale : modalité (M), indicateur (I) ou déterminants (D)
		Organisationnel	Temporel		
Étude 1. Bovins laitiers	Génotype et Phénotype	Animal ➔ Troupeau,	De la carrière de l'animal à la campagne en cours	Production de biens (*via* hétérosis, complémentarité lait/viande, volume lait et taux) ; Efficience (économique, au travail) ; Résilience (aléas climatique)	M : diversité subie *vs.* pilotée I : diversité comportementale, génétique, physionomique, performance D : Éviter la consanguinité et la routine ; rechercher l'hétérosis
Étude 2. Bovins laitiers	Génotype et Fonction	Animal ➔ Troupeau	Année (campagne)	Production de biens (lait/viande, qualité/ quantité lait) ; Efficience (en concentrés) ; Résilience (capacité à se renouveler) ; Compromis entre bénéfices	M : trois modes de gestion selon le degré de renouvellement de la diversité animale (la réduire, segmenter, amplifier) et le type d'utilisation/ valorisation (complémentarité de production et efficience) I : diversité fonctionnelle supportée par les races D : degré de rationalisation du système
Étude 3. Bovins laitiers et ovins à viande	Espèce	Troupeau ➔ système d'élevage	Année (campagne)	Production de biens (lait de vache/viande d'agneaux ; production fourragère) ; Efficience (alimentaire, travail, économique) ; Résilience (aléas climatique, économique)	M : intensité de complémentarité entre espèces I : diversité spécifique ovin viande-bovin lait D : Organisation du travail, degré de rationalisation du système, valorisation sous AOP
Étude 4. Porc	Génotype et phénotype	Animal ➔ Troupeau	Bande	Efficience économique pour la filière (entreprises de sélection) ; Résistance vis-à-vis de stress thermique et efficience économique pour les éleveurs commerciaux	M : trier et orienter les reproducteurs selon leur phénotype de robustesse à la chaleur I : prédicteurs de la robustesse des porcs à la chaleur D : recherche de rationalisation des systèmes d'élevage et de la filière

Figure 4. ***Réponses de 39 éleveurs de bovins laitiers sur les dynamiques d'évolution et les bénéfices retirés de la diversité animale au sein de leur troupeau.***



1 mixant Holstein, Montbéliarde et Abondance, avec des effectifs autres que la race Holstein allant de 10 à 75 % du troupeau) et 5 troupeaux en croisement, avec des effectifs de vaches croisées allant de 50 à 100 % du troupeau sur des schémas de croisement allant de 3 à 5 voies utilisant des races variées (Holstein, Normande, Jersiais, Montbéliarde, Rouge scandinave, Holstein Néozélandaise, Brunes des Alpes).

Quasiment tous les éleveurs (n = 37/39) considèrent avoir de la diversité dans leur troupeau (figure 4).

Dans leurs discours, ils abordent la diversité sous deux formes : génétique et phénotypique. Une majorité d'éleveurs (24/39) mentionne l'origine génétique des animaux comme critère de diversité intra-troupeau avec des éleveurs qui distinguent leurs vaches selon leur origine maternelle (19/39) « *Olympe, eh ben, toutes ses filles, elles ont le même caractère, elles vont être dociles* », et ceux qui les caractérisent selon l'origine paternelle (5/39) « *il y a des taureaux qui nous déçoivent et d'autres où, on ne misait pas forcément dessus, et on a 4-5 filles et il n'y a rien à redire* ». Certains éleveurs associent la diversité à l'origine génétique des animaux à travers des races différentes ou des croisements (n = 15) « *c'est plus rancunier que les noires les rouges, les abondances, ça a plus de caractère* ». Les éleveurs la caractérisent la diversité phénotypique de leurs animaux selon des critères physionomiques (morphologie, robe, cornage, n = 31/39), comportementaux (caractère, tempérament, comportement alimentaire ; n = 18/39), capacité à moduler la production laitière en cas d'aléas (n = 34/39) ou physiologiques (qualité et quantité de lait), âge, longévité, compromis de performance (par exemple, lait vs fertilité ou lait vs longévité, n = 9).

Parmi les 37 éleveurs mentionnant avoir de la diversité dans leur troupeau, 28 ont cependant constaté qu'elle s'était réduite dans le temps, pour certains de manière consciente et volontaire, pour d'autres, plutôt de manière subie et difficilement explicable. Après analyse des pratiques d'élevage, il ressort que cette réduction résulte de pratiques de conduite de troupeaux (sélection du renouvellement, réforme, gestion des accouplements) orientées par la recherche d'une vache « idéale », et donc basées sur des règles de décisions uniformes pour l'ensemble des animaux du troupeau. Chez les neuf autres éleveurs, la diversité a été maintenue ou augmentée (pour trois éleveurs) dans le temps par la pratique du croisement entre races laitières dans le troupeau.

Vingt-cinq éleveurs parmi les 37 soulignent qu'ils retirent différents bénéfices du maintien de la diversité intra-troupeau (figure 4). Ainsi, la diversité comportementale et physionomique des animaux leur permet de faciliter la gestion de la consanguinité et donc d'améliorer l'efficience au travail. Cette gestion passe par le maintien d'une base génétique assez large pour le renouvellement des femelles et le choix de mâles d'origine diversifiée. La diversité raciale (4/37) permet d'améliorer la fourniture de biens du système d'élevage lorsque les races ont des orientations productives contrastées : quantité (Holstein) *vs* qualité du lait (Montbéliarde, Simmental), ou conjuguent une image touristique (Abondance) et de bonnes performances de production (Holstein). La diversité permet aussi de mieux gérer les aléas (6/37) ou de s'adapter au marché : réorientation de la production vers plus de quantité ou de matière utile selon les prix, possibilité de tamponner l'effet d'aléas de nature variée « *Ce que je dis, c'est que si t'as des années aléatoires, des situations alimentaires qui sont pas optimales, sur un troupeau très mélangé, certains animaux vont résister mieux que d'autres, et si la situation s'inverse, ça sera l'inverse. Ça doit donner un peu d'amortissement, amortir un peu les diverses fluctuations* ».

■ 2.2. Étude 2. Modes de gestion et bénéfices retirés de troupeaux bovins laitiers multi-races

Magne *et al.* (2016) ont étudié les performances et les modes de gestion de troupeaux bovins lait multi-races en Aveyron, soit 16 % des élevages du contrôle laitier du département en 2010. La diversité animale étudiée ici est la diversité fonctionnelle supportée par la diversité génétique (race spécialiste *vs* généraliste). La race Holstein (Ho) est qualifiée de race spécialiste en lait et les autres races, parmi lesquelles la Montbéliarde (Mb), la Normande (No), la Simmental (Si) et la Brune (Br) sont qualifiées de races généralistes. Un troupeau est dit multi-race (TMR) si : *i)* il est

composé de vaches des deux types de races et *ii)* aucun des deux types de race ne représente plus de 80 % de l'effectif total du troupeau. L'analyse des performances individuelles des vaches des deux types de races au sein de 22 TMR (parmi lesquels 13, 3, 3, 3 combinent de la Ho avec respectivement des Mb, Si, Br et No) confirme une complémentarité fonctionnelle des deux types de races sur certains traits. Ainsi, intra-troupeau, les vaches de type spécialiste ont produit plus de lait (en moyenne + 1 137 kg/an) pour une durée de lactation plus longue (en moyenne + 38 j) que les vaches de type généraliste. Inversement, ces dernières ont produit du lait avec des teneurs en protéines (en moyenne + 2,1 g/kg) et en matières grasses (en moyenne + 2,2 g/kg) plus élevées et avaient un rang de lactation légèrement plus long (+ 5 mois).

Les bénéfices retirés de la gestion de la diversité des types de races au sein de TMR ont été évalués en comparant les performances de l'ensemble des TMR du contrôle laitier aveyronnais (n = 83) à celles des Troupeaux monoRaces de type Spécialiste (405 TRS) et de type Généralistes (117 TRG) (tableau 2).

Les TMR présentent un profil de performances intéressant entre production de lait (quantité et taux), reproduction (résilience au sens de capacité à se renouveler) et efficience en concentrés relativement aux troupeaux mono-races. En effet, s'ils produisent moins de lait que les TRS, ils sont plus économes en concentrés, ont de meilleures performances de reproduction et des taux protéiques supérieurs. S'ils ont des performances de reproduction inférieures au TRG, ils produisent plus de lait, avec des taux équivalents et ont une meilleure efficience en concentrés tout en étant aussi économes en concentrés. En revanche, les TMR n'offrent pas d'avantages en termes de santé de la mamelle par rapport aux troupeaux mono-races.

L'analyse des pratiques d'élevage dans les 22 TMR a permis d'identifier trois groupes d'éleveurs ayant différentes façons d'utiliser, de renouveler et de valoriser la diversité raciale (Gi = 1 à 3). Le choix de la race Ho a toujours pour finalité une production de lait en quantité important ; le choix de la race généraliste associée est liée à une complémentarité fonctionnelle différente ciblée au niveau des élevages de chaque groupe. Le groupe 1 compte six élevages. Dans ces élevages, les races généralistes sont la Si (2 élevages), la No (2 élevages) ou la Br (2 élevages). Trois élevages sont à dominante Ho (*i.e.* comptent entre 60 et 80 % de Ho) et trois à dominante d'une race généraliste. Ces éleveurs utilisent la race généraliste pour sa complémentarité fonctionnelle à la race Ho en termes de reproduction et d'aptitude à produire du lait avec des taux élevés à partir de ressources fourragères locales et de peu de concentrés. Trois de ces éleveurs cherchent à combiner ces aptitudes et un bon niveau de production dans un nouveau génotype *via* du croisement laitier alternatif. En lien avec leur quête d'efficience alimentaire, ces éleveurs pratiquent des vêlages tardifs (les génisses valorisant des ressources fourragères à faible valeur alimentaire) et distribuent les concentrés sur la base des besoins des vaches de types généralistes qu'ils sélectionnent sur la production de lait. Le groupe 2 compte huit élevages. Les races généralistes présentes sont la Mb, la Br, la Si, la No dans respectivement quatre, deux, deux et un élevages. Cinq élevages sont à dominante Ho et trois ont des proportions équilibrées entre Ho et races généralistes. Pour ces éleveurs, la complémentarité fonctionnelle des deux races résulte de l'aptitude à produire du volume de lait de la race de type spécialiste et de la mixité de production lait/viande de la race de type généraliste. Ces éleveurs segmentent certaines de leurs pratiques en fonction du type de race : *i)* ils pratiquent du croisement viande sur en moyenne 30 % des vaches de type généraliste pour optimiser l'aptitude bouchère de leurs veaux alors qu'ils le pratiquent peu

Tableau 2. ***Performances moyennes de 83 Troupeaux Multi-Races (TMR), troupeaux mono-races constitués d'animaux de type spécialiste (405 TRS) ou de type généraliste (117 TRG) en Aveyron en 2010.***

Performances exprimées en moyennes (écart type)	TRS	TMR*	TRG**
Quantité de lait/VL (kg/an)	7 497[a](1 091)	6 457[b](1 059)	6 028[c](879)
Taux protéique (g/kg)	33,1[c](0,9)	33,6[b](1,2)	34,9[a](1,1)
Taux butyreux (g/kg)	41,8[b](1,6)	42[ab](1,8)	42,5[a](2,1)
Taux de cellules somatiques (1 000 cellules/mL)	266,9[a](100,2)	265,8[a](105,2)	205,8[b](86,3)
Intervalle Vêlage Vêlage (jours)	430[a](30)	414[b](26)	399[c](27)
Concentré distribué (kg/VL/an)	1 747[a](416)	1 537[b](397)	1 581[b](342)
Efficience en concentré (g/kg de lait)	234[b](52)	239[b](50)	266[a](64)

a, b, c : les moyennes affectées d'une lettre différente diffèrent au seuil de P < 0,05.
*Parmi les 83 TMR, 53 ont pour race dominante, la race Ho, 19 la race Mb, 5 la race Br et 6 la race Si.
**Parmi les 117 TRG, 50 sont composés de Mb, 34 de Si, 32 de Br et 1 de No.

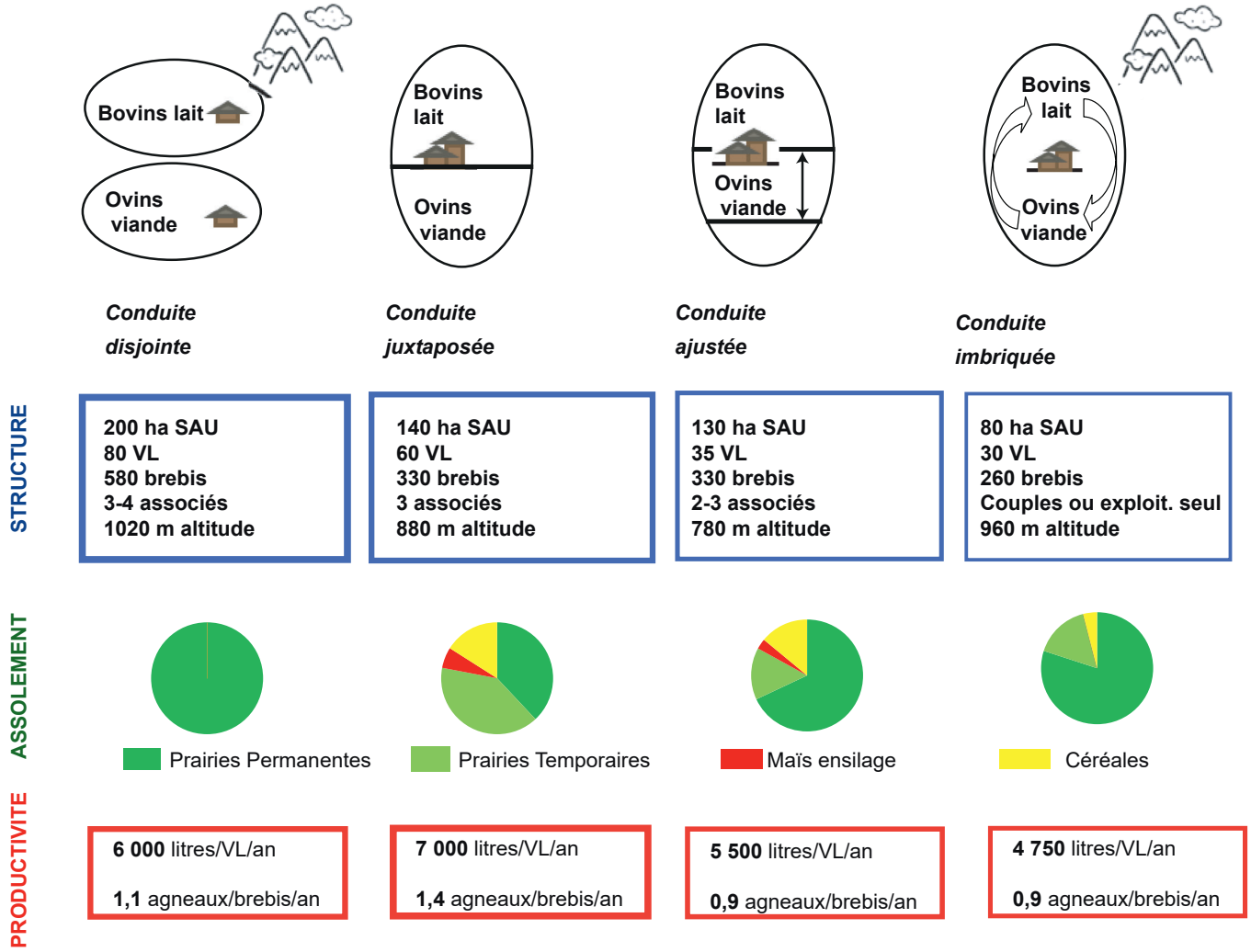
sur la Ho, et seulement en cas d'échec à plus de 3 IA ; *ii)* quatre d'entre eux pratiquent un vêlage précoce sur les vaches Ho et un vêlage tardif pour les vaches de type généraliste ; *iii)* ils ajustent les quantités de concentrés distribués en fonction de la production de lait des vaches. Le groupe 3 compte huit élevages : sept sont composées de Ho-Mb et un de Ho-Br. Quatre élevages sont à dominante Ho, trois ont des proportions équilibrées entre les deux races et un est à dominante la race généraliste. La complémentarité fonctionnelle à la production de lait de la Ho que les éleveurs de ce groupe recherchent est la résistance aux maladies de la race généraliste. Ils ciblent leurs pratiques sur la conduite des vaches Ho et cherchent à réduire le degré de dissemblance entre les deux types races pour intensifier la production laitière et rationaliser le travail. Un éleveur pratique même le croisement d'absorption. L'âge au premier vêlage est à 24 mois pour toutes les vaches afin de réduire les périodes improductives et d'empêcher l'engraissement des vaches généralistes. Les quantités de concentrés sont adaptées au niveau de production quelle que soit la race. Les éleveurs veillent à maintenir la composition des races qu'ils ont dans leur troupeau car ils ont investi dans la génétique des deux races.

L'analyse comparée des performances des élevages dans ces trois groupes conforte l'idée que la complémentarité entre volume de lait produit et efficience en concentrés sont les bénéfices retirés des TMR : les trois groupes ne présentent pas de différences significatives en termes de performances hormis pour le volume de lait/VL/an (G3 > G2 > G1) et l'efficience en concentré (G1 = G3 < G2). Les bénéfices en termes de production de viande n'ont pu être évalués faute de données.

■ 2.3. Étude 3. Modes de gestion d'élevage associant des bovins laitiers et des ovins à viande

Cournut *et al.* (2012) ont analysé les modes de gestion de 18 élevages auvergnats associant des bovins laitiers et des ovins à viande. Ils ont caractérisé l'organisation dans l'espace et le temps des interactions entre espèces animales ainsi qu'entre animaux et ressources végétales, en lien avec les caractéristiques structurelles de la ferme et les objectifs de production de l'éleveur. Ils ont aussi précisé les leviers mobilisés par les éleveurs en cas d'aléas climatiques. Quatre modes de gestion d'élevage ont été discriminés selon la configuration du pâturage entre les deux troupeaux, et le niveau d'intensification des surfaces en lien avec le niveau de productivité des animaux (figure 5). Dans ces modes de gestion

Figure 5. ***Quatre modes de gestion d'élevage combinant des bovins laitiers et ovins à viande en Auvergne.***



qui expriment des niveaux différents d'imbrication des deux troupeaux, les leviers mobilisés en cas d'aléas climatiques ne sont pas les mêmes.

Dans la conduite dite « disjointe » (3 fermes), les deux espèces sont conduites de façon séparée sur des sites différents ayant chacun leur siège. La priorité est donnée à la qualité du lait de vaches pour la fabrication de fromage AOP (Saint-nectaire, Fourme d'Ambert), et à la production de lait de vaches et de viande ovine à l'herbe en altitude. Ces systèmes extensifs à base de prairies permanentes, ont un faible chargement animal (0,8 UGB/ha de SFP). Les éleveurs mobilisent la diversité spécifique pour utiliser au mieux les ressources herbagères d'altitude qui permettent de produire dans les filières de qualité. Ils utilisent les estives qu'ils font pâturer par les brebis vides et les génisses, comme levier de résilience aux aléas climatiques. Dans la conduite « juxtaposée » (5 fermes), les surfaces allouées aux deux espèces sont séparées mais proches du siège d'exploitation. La priorité est donnée à la productivité (en moyenne 7 000 L de lait par vache et par an et conduite ovine en 3 agnelages en 2 ans), grâce à un assolement où les prairies temporaires productives, les céréales et le maïs prennent une part importante. Le chargement animal est le plus important de l'échantillon (1,1 UGB/ha de SFP) et le recours à l'achat de fourrage est fréquent en cas d'aléas climatiques. La mixité d'espèce est utilisée pour étaler sur l'année la fourniture de produits des deux espèces en quantité. Les ressources fourragères sont gérées de façon intensive et vise à satisfaire les besoins des deux troupeaux : la complémentarité fonctionnelle des deux espèces au pâturage est peu mobilisée. Dans la conduite « ajustée » (6 fermes), les brebis ont leurs propres parcelles de pâturage mais pâturent aussi celles dédiées aux vaches après leur passage afin de nettoyer les refus. La priorité est donnée à la sécurisation économique en misant sur une large gamme de produits (lait et fabrication de fromage, veaux croisés et agneaux légers produits à faibles coûts), en améliorant la valorisation (agriculture biologique et/ou vente directe) en diversifiant les activités (agrotourisme), et en recherchant l'autonomie alimentaire (assolement comprenant des céréales et des prairies temporaires et chargement animal faible : 0,7 UGB/ha de SFP). Dans ces élevages la gestion des deux troupeaux permet d'élargir la gamme des produits fournis *via* la fabrication de fromage de vache et la diversification des produits ovins. La complémentarité fonctionnelle des espèces au pâturage est mobilisée *via* du pâturage alterné et éventuellement mixte. En cas d'aléas climatiques, les ajustements se font sur le troupeau ovin et couvrent un large champ allant de la modification des ressources fourragères qui leur sont allouées, jusqu'à la réduction de son effectif. Enfin, dans la conduite « imbriquée » (4 fermes), toutes les parcelles peuvent être pâturées par l'une ou l'autre des espèces et le pâturage alterné est majoritairement pratiqué. L'assolement comprend un peu de céréales et de prairies temporaires et le chargement est faible (0,7 UGB/ha de SFP). La priorité est de simplifier l'organisation du travail et de valoriser la qualité des produits à partir de l'utilisation de ressources fourragères locales (efficience). La gestion de la complémentarité sur les ressources s'étend ici à l'ensemble des ressources disponibles. Dans ces fermes, c'est la faible exigence productive pour les animaux des deux espèces qui permet de résister en cas d'aléas.

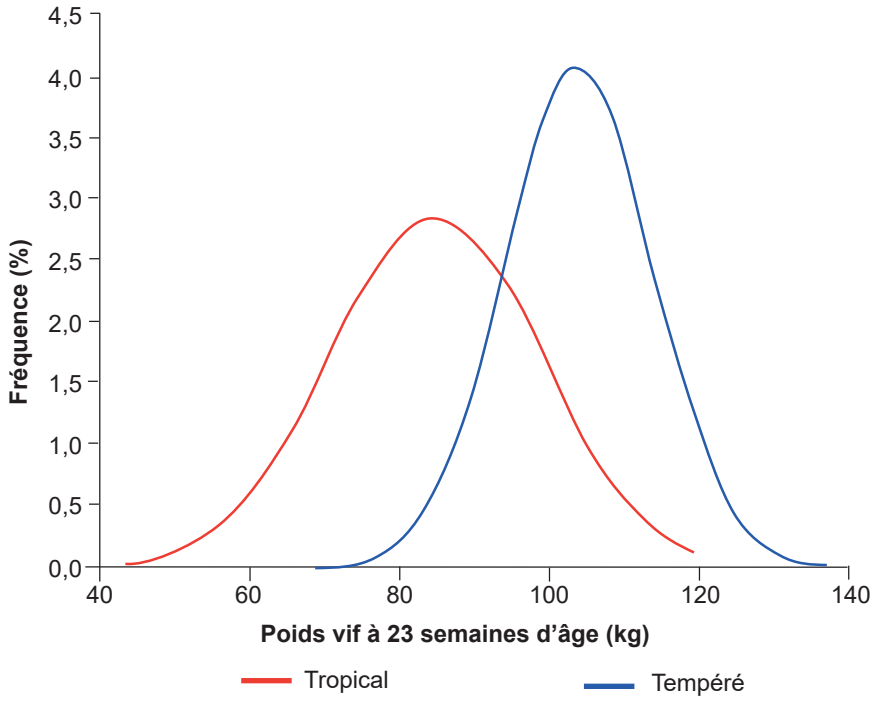
Ce travail montre que les bénéfices retirés de l'existence d'une diversité interspécifique dans ces élevages diffèrent selon ses modalités de gestion et notamment selon les équilibres recherchés par les éleveurs entre production, efficience et résilience.

■ 2.4. Étude 4 : Gestion de la diversité phénotypique de la tolérance à la chaleur dans élevages porcins

Dans les élevages commerciaux de porcs, les perturbations environnementales et plus particulièrement climatiques ne permettent pas d'exprimer pleinement le potentiel génétique des animaux ce qui entraine une perte d'efficience économique. La recherche d'une plus grande robustesse des animaux, définie ici comme la capacité pour un animal à exprimer son potentiel génétique dans une large gamme d'environnements, est donc devenue une priorité pour la filière et plus particulièrement pour les éleveurs sélectionneurs et multiplicateurs. Or, la sensibilité à la chaleur des porcs varie généralement d'un animal à l'autre à l'intérieur d'une même lignée avec certains animaux ayant une croissance plus faible et plus variable dans l'environnement tropical par rapport au climat tempéré (figure 6). Caractériser et utiliser cette variabilité pour catégoriser les animaux selon leur robustesse a constitué l'objet de cette étude. Les bénéfices attendus sont l'amélioration de la résilience et de l'efficience économique des systèmes d'élevage (multiplicateurs ou producteurs) en rendant les performances des animaux moins sensibles aux variations de l'environnement climatique.

L'objet de cette étude a consisté à fournir des outils pour identifier dans une population d'animaux, les individus les moins sensibles à la chaleur (*i.e.* les plus robustes) à l'aide de biomarqueurs obtenus dans des matrices facilement accessibles (sang, salives, fèces). Ainsi Dou *et al.* (2017) montrent qu'il est possible d'identifier avec une bonne précision des animaux robustes ou sensibles à la chaleur à partir d'une simple prise de sang et l'analyse du métabolome plasmatique. En termes de gestion en élevage, sous réserve de validation, ces biomarqueurs pourraient être utilisés par les multiplicateurs pour orienter la diversité phénotypique des reproducteurs en évitant (par exemple) d'exporter des animaux sensibles dans des régions chaudes. La capacité de ces biomarqueurs à prédire un phénotype complexe comme la sensibilité à la chaleur pourrait être également utilisée pour identifier les marqueurs génétiques ayant une influence sur ce caractère d'intérêt et les utiliser dans des programmes de sélection avec la construction d'un index de robustesse des animaux reproducteurs. Dans les élevages commerciaux, cette diversité phénotypique sera à gérer par le choix des reproducteurs adaptés au contexte climatique ciblé.

Figure 6. ***Distribution du poids vif à 23 semaines d'âge dans deux populations de porcs de même lignée (backcross LW_xCR) et élevés en conditions tempérées (bleu, n = 634 porcs) ou en conditions tropicales (orange, n = 664 porcs ; Adapté de Rosé et al. 2017).***



3. Analyse transversale des études et perspectives de recherche

L'analyse des quatre études montre que la diversité animale est instruite de manière souvent incomplète au regard des quatre composantes du cadre conceptuel. Ainsi l'étude 4 se centre essentiellement sur les deux premières composantes du cadre (formes de diversité animale et niveau d'organisation où elle existe) car son enjeu est de caractériser de manière objective la diversité fonctionnelle des porcs (la thermotolérance) aux échelles où elle se construit, à partir de la définition de prédicteurs destinés à outiller sa gestion en élevage. Cette étude est donc en amont de la caractérisation des modalités de gestion et de l'évaluation des bénéfices en élevage.

Les trois autres études se focalisent principalement sur les deux autres composantes du cadre conceptuel, à savoir la gestion de la diversité animale dans les élevages et les bénéfices qui en sont retirés. En revanche, pour caractériser ces deux composantes, les approches adoptées dans ces trois études sont différentes (tableau 3). Les études 1 et 3 reposent exclusivement sur une approche à dires d'éleveurs alors que l'étude 2 combine l'approche à dires d'éleveurs avec des analyses quantitatives à partir de données de performances issues des élevages. Ainsi, concernant la caractérisation de la diversité animale en élevage, l'étude 1 contribuent à identifier les indicateurs réellement utilisés par les éleveurs pour cela dans leur troupeau de vaches laitières, mais sans les objectiver, ni tester leur validité. Dans les études 2 et 3, la caractérisation de la diversité animale est définie *a priori* à partir des complémentarités fonctionnelles théoriques des espèces (étude 3) ou des types de race (étude 2). La validité de cette complémentarité fonctionnelle est testée *a posteriori* à partir de l'évaluation des performances entre type de races au sein des troupeaux multi-races dans

Tableau 3. ***Types d'approche scientifique adoptée dans chacune des quatre études instanciées selon le cadre et contribution de chacune d'elles à trois fronts de recherche identifiés pour analyser de manière intégrée la diversité animale en élevage.***

		Étude 1 Bovins lait	Étude 2 Bovins laitiers multi-race	Étude 3 Bovins laitiers et ovins à viande	Étude 4 Porc
Type d'approche scientifique développée	À dires d'éleveurs	X	X	X	
	Données troupeaux, animaux		X		X
Les fronts de recherche	Caractériser la diversité animale et comprendre les mécanismes sous-jacents	**	**	*	***
	Caractériser les modes de gestion de la diversité animale	*	***	***	
	Évaluer les bénéfices	***	***	*	

Le nombre d'étoiles traduit le degré de contribution de chacune des quatre études aux trois fronts de recherche identifiés comme structurant les travaux menés sur la gestion de la diversité animale en élevage : * marginal ; ** important ; *** très important.

l'étude 2 ou à dires d'éleveurs dans l'étude 3. Enfin, les études 1 et 3 identifient les bénéfices retirés de la gestion de la diversité animale dans les élevages à partir de ce qu'en disent les éleveurs. À l'inverse, l'étude 2 les évaluent à partir de la comparaison des performances de troupeaux multi-races à celles des troupeaux mono-races d'une part et de la comparaison des performances des troupeaux multi-races selon leurs modes de gestion d'autre part.

Ce positionnement des études sur les quatre composantes du cadre traduit des contributions partielles de ces études à trois fronts de recherche : caractériser la diversité animale et comprendre les mécanismes biologiques et écologiques sous-jacents ; caractériser les modalités de gestion pertinentes pour tirer parti de la diversité animale en élevage ; évaluer les bénéfices retirés de la gestion de diversité animale en élevage et leurs combinaisons (tableau 3). S'il convient de mieux articuler ces fronts de recherche, l'analyse des quatre études et de la littérature nous amène à formuler ci-après des besoins de recherche pour chacun d'eux.

■ 3.1. Mieux caractériser et comprendre la diversité animale pour la gérer en élevage

Deux besoins de recherche ont été identifiés pour caractériser et comprendre la diversité animale en élevage.

Le premier porte sur une meilleure description et compréhension de la diversité fonctionnelle et de ses liens avec les autres formes de diversité (figure 2). En effet, les quatre études montrent qu'en zootechnie, ce qui est en jeu est plus la diversité fonctionnelle supportée par d'autres formes de diversité animale que ces dernières en tant que telles. Ainsi, associer deux espèces au pâturage ne présente d'intérêt que si elles ont des aptitudes au pâturage complémentaires (préférences alimentaires, hauteur d'herbe pâturée…) leur permettant de contribuer différemment au fonctionnement de l'élevage (par exemples, rôle de régulation des dynamiques de végétations dans le temps et l'espace, rôle de régulation des strongles gastro-intestinaux). Cela conforte l'idée soutenue en écologie, zootechnie et en agronomie (Petchey *et al.,* 2004 ; Tichit *et al.,* 2011 ; Duru *et al.,* 2013 respectivement) selon laquelle la diversité fonctionnelle est plus intéressante à étudier que la richesse spécifique.

Le second besoin de recherche identifié est intimement lié au précédent. Il s'agit d'affiner les variables (par exemple, traits morphologiques, comportementaux… ; performances zootechniques individuelle ; paramètres/marqueurs biologiques) utilisées pour catégoriser les groupes fonctionnels (ou décrire la diversité fonctionnelle) présents en élevage en s'appuyant sur la compréhension des mécanismes biologiques et écologiques sous-jacents. Plusieurs limites ressortent dans les façons de partitionner l'ensemble les animaux présents dans l'élevage en groupes fonctionnels ; elles résultent d'un manque de variables faciles d'accès en amont pour réaliser ce partitionnement. C'est tout l'enjeu de l'étude 1 qui vise à identifier des biomarqueurs facilement dosables dans les matrices telles que le sang et l'urine pour partitionner les porcs selon leur thermotolérance. Dans les études 2 et 3 les individus sont partitionnés sur la base d'une complémentarité fonctionnelle théorique des animaux, hypothèse qui n'est pas toujours testée faute de données de performances disponibles en élevage. L'élevage de précision devrait aider à dépasser cette limite, en assurant le suivi, en routine, de paramètres phénotypiques ou génétiques utiles. De plus, les cadres développés en écologie par Biggs *et al.* (2012) et Vigglizo (1994) pour décrire la biodiversité pourraient permettre d'affiner le partitionnement et la caractérisation des entités animales dans un élevage. Ces auteurs proposent de distinguer : la variété de ces entités, à savoir leur nature et leur nombre ; leur abondance relative ; leur degré de dissemblance ; et la nature et l'intensité des interactions entre elles. La variété renvoie aux formes de diversité animale dans le cadre conceptuel proposé et est utilisée dans les quatre études analysées. En revanche, l'abondance relative n'est traitée que dans l'étude 2 à travers la part de vaches généralistes et de spécialistes dans les troupeaux multi-races. Le degré de dissemblance renvoie aux variables utilisées pour partitionner les animaux en groupes fonctionnels (par exemple la réponse aux stress thermique des porcs dans l'étude 1, les différences d'aptitudes biologiques des vaches de races généraliste et spécialiste dans l'étude 2). Enfin, la nature et l'intensité des interactions entre entités renvoie à des effets de complémentarité fonctionnelle qui ont été identifiées dans les études analysées. Par exemple la complémentarité au pâturage des brebis allaitantes et vaches laitières dans les troupeaux mixtes ou la complémentarité entre le volume de lait et le taux des matières utiles pour les troupeaux multi-races. D'autres natures d'interactions telles que celles utilisées en écologie (neutralisme, coopération, compétition, apprentissage…) restent à décrire et documenter pour les systèmes d'élevage. Ces cadres nous semblent pertinents pour mieux caractériser la diversité animale, quel que soit le niveau organisationnel considéré : atelier, troupeau, ferme, territoire, pays.

■ 3.2. Caractériser les modes de gestion de la diversité animale pertinents pour en tirer parti sur le long terme

Nous formalisons trois enjeux de recherche visant à mieux caractériser les modalités de gestion de la diversité animale pertinents pour en tirer parti sur le long terme.

Le premier enjeu consiste à approfondir les effets des pratiques d'élevage élémentaires ou combinées sur la diversité animale en élevage et inversement en intégrant différents pas de temps et niveaux d'organisation. En effet, il ressort un manque de formalisation des combinaisons de pratiques qui permettent de créer la diversité animale, de l'utiliser/la valoriser et de la renouveler dans le temps. Les trois modes d'élevage des troupeaux multi-races de bovins laitiers constituent une tentative en ce sens. Il s'agit aussi de raisonner les effets des pratiques de gestion de la diversité animale sur le long terme et à différents niveaux d'organisation selon la filière de production

considérée (producteur, multiplicateur, sélectionneur d'une part, échelle élevage et population d'autre part). À titre d'exemple, dans l'étude 4, les biomarqueurs de sensibilité à la chaleur ont été développés pour trier les reproducteurs avant leur vente dans les élevages producteurs. Ainsi, selon l'origine géographique (tempérée ou tropicale) ou la saison, les éleveurs multiplicateurs auront un outil pour valoriser la diversité animale dans leur élevage et fournir des animaux reproducteurs ou de la semence, adaptés aux conditions climatiques des élevages producteurs. Cela conduira à réduire la diversité des robustesses au stress thermique des animaux intra-élevage producteurs mais à maintenir une diversité à l'échelle de la population (quel que soit l'étage considéré). Dans le futur, ces biomarqueurs pourraient être utilisés comme des phénotypes pour la recherche de marqueurs génétiques en lien avec la tolérance à la chaleur. L'exploitation de ces derniers dans des schémas de sélection permettrait de sélectionner des animaux moins sensibles aux variations de conditions climatiques. Ce processus de sélection pourrait conduire à réduire la diversité animale au sein de la population mais aussi potentiellement dans les élevages qui préféreront des porcs robustes quel que soit l'environnement climatique. Enfin, tout comme pour l'intégration culture-élevage (Moraine *et al.*, 2017), l'échelle spatiale (intra-ferme, petits collectifs de fermes, région…) à laquelle penser la gestion de la diversité animale en élevage se pose. L'échelle supra-ferme permettrait de s'affranchir des verrouillages relatifs à la spécialisation des filières, des élevages et des compétences des éleveurs. Mais elle nécessite de dépasser d'autres verrous organisationnels pour reconcevoir, en collectif, des pratiques de configuration, de conduite et de valorisation des animaux à l'échelle des fermes pour valoriser la diversité animale à l'échelle du territoire.

Le deuxième enjeu de recherche porte sur l'analyse des reconfigurations du travail (physique, humain et cognitif) des éleveurs, induites par la gestion de diversité animale en élevage. Dans les études 1 et 3, le travail conditionne certains choix de pratiques de gestion de la diversité animale. Dans la littérature, la gestion de la diversité dans les systèmes agricoles est souvent mentionnée comme associée à une nécessaire réorganisation du travail (Duru *et al.*, 2015 ; Darnhofer *et al.,* 2010). Cependant, aucune étude n'en apporte la preuve notamment quand il s'agit de gestion de la diversité animale en élevage. Il convient d'étudier le travail dans ses dimensions *i)* organisationnelle : comment est organisée dans l'espace et dans le temps l'adéquation entre tâches à réaliser pour gérer la diversité et la main-d'œuvre disponible ; et *ii)* cognitive : quelles informations les éleveurs mobilisent-ils pour gérer la diversité animale ? comment construisent-ils de nouveaux indicateurs de pilotage et réajustent-ils leurs objectifs en fonction des bénéfices retirés ?

Le dernier enjeu de recherche est d'identifier les freins et leviers à la gestion de la diversité animale en élevage. Dans les études analysées, certains facteurs semblent ressortir comme freinant ou facilitant la gestion de la diversité animale intra-élevage (par exemple, organisation et libéralisation des marchés, organisation de la sélection génétique, normes de l'éleveur…). Cependant, peu d'études portent explicitement sur l'analyse de ces freins et leviers à la gestion de la diversité animale intra-élevage (Magne *et al.,* 2017). L'enjeu est alors de les identifier et catégoriser selon qu'ils renvoient à des facteurs : humains (valeurs, normes, connaissance…), socioéconomiques (organisation des marchés…), technologiques (techniques de phénotypage…), biophysiques (niveau d'exposition à des aléas climatiques, économiques, sanitaires…). Il s'agit aussi de les analyser du point de vue des éleveurs mais aussi de celui d'acteurs de l'environnement sociotechnique de l'élevage.

■ 3.3. Évaluer les bénéfices retirés de la gestion de la diversité animale en élevage

L'analyse comparée des quatre études montre qu'un effort de recherche doit porter sur l'évaluation des bénéfices retirés de la gestion de la diversité animale en élevage afin d'élargir la preuve de son intérêt. En effet, dans l'étude 4, le bénéfice attendu est la résilience des élevages naisseurs-engraisseurs dotés d'animaux plus robustes vis-à-vis d'un stress thermique. Il s'agira de vérifier s'ils sont effectivement plus résilients que lorsqu'ils abritaient des animaux présentant différents degrés de robustesse. De même, dans les études 1 et 3, il s'agit d'objectiver l'évaluation des bénéfices que disent retirer les éleveurs de la gestion de la diversité animale dans leurs élevages. Nous formulons deux enjeux de recherche.

Le premier porte sur l'évaluation des combinaisons de bénéfices retirés de la gestion de la diversité animale en élevage. En effet, les études montrent que ce qui est attendu ou retiré de la gestion de la diversité animale dans les élevages est le plus souvent une combinaison de plusieurs bénéfices (production de biens, résilience, efficience, autonomie en intrants, qualité de vie au travail) et non un seul. Ces combinaisons renvoient par ailleurs à des compromis que sont prêts à faire les éleveurs. Pour conduire ces évaluations, des questions méthodologiques se posent, de même ordre que celles posées par les évaluations multicritères (Lairez *et al.,* 2017). Cela interroge notamment les dispositifs et méthodes à développer pour respectivement acquérir et traiter des données de performances des troupeaux qui sont de différentes natures (santé, reproduction, production de différents produits, qualité des produits, efficience et qualité du travail…), et relèvent de niveaux temporels et d'organisation différents **.**

Le deuxième enjeu de recherche consiste à mieux intégrer la coévolution entre les pratiques d'élevage, la diversité animale et les performances du système dans l'évaluation des bénéfices retirés de la gestion de diversité animale en élevage. La coévolution met en avant deux points clefs : évaluer les bénéfices retirés : *i)* au regard des modalités de gestion de la diversité animale mises en œuvre par les éleveurs ; *ii)* sur des pas de temps moyens à longs pour intégrer les dynamiques des processus biologiques à l'origine de la diversité animale et de leur interaction avec les pratiques d'élevage. Ce dernier point

est particulièrement important lorsqu'on cherche à évaluer la résilience retirée de la gestion de la diversité animale en élevage. Cependant, les dispositifs de recherche ne sont pas toujours adaptés (ou disponibles) pour une évaluation sur le long terme. Les suivis d'élevage et la modélisation/simulation constituent des outils prometteurs pour cela. La modélisation présente en plus l'intérêt de pouvoir dissocier la composante décisionnelle de la composante biologique de l'élevage (Tichit *et al.*, 2011 ; Blanc et al., 2013).

4. Implications scientifiques et pratiques

■ 4.1. Un cadre intégrateur et support de discussion entre acteurs

Le cadre conceptuel que nous proposons constitue une carte mentale d'éléments à intégrer et questionner pour gérer la diversité animale en élevage. Son instanciation sur des cas d'étude constitue un support de discussion entre experts de différents horizons pour concevoir des actions à mettre en œuvre pour pouvoir la gérer dans les systèmes d'élevage. L'instanciation du cadre sur différents travaux de recherche a permis d'engager des discussions entre chercheurs en zootechnie s'inscrivant dans des enjeux de recherche différents et travaillant sur des systèmes d'élevage différents. Cet espace de discussion qu'offre le cadre d'analyse peut être ouvert à d'autres chercheurs et plus largement à d'autres acteurs de l'élevage.

Il serait utile de le partager et de le mettre en discussion avec des chercheurs en :

i)zootechnie mais travaillant sur des espèces ou productions qui n'ont pas été étudiées en tant que telles ici (ex : volailles ou poissons). Cela permettrait de conforter la généricité du cadre proposé et de faire émerger des différences dans la gestion de la diversité entre type de production (ex : monogastriques vs ruminants) ou des types de de complémentarités fonctionnelles intra ou interspécifiques non identifiées dans les études analysées dans cet article ;

ii) génétique pour mutualiser et articuler les travaux menés sur la diversité animale aux échelles que sont les systèmes d'élevage et les populations animales (Phocas *et al.*, 2017). En effet, il ressort que ces deux niveaux de création, d'organisation et d'utilisation de la diversité animale sont intimement liés alors qu'ils sont souvent pensés indépendamment ;

iii) microbiologie et médecine vétérinaire d'une part et *agronomie* d'autre part pour mieux formaliser les liens/relations entre la diversité animale élevée et la biodiversité associée. Cette dernière peut être une diversité microbienne hébergée dans l'animal (*cf.* synthèse de Calenge *et al.*, 2014 sur les liens entre microbiote et phénotype animal), une diversité microbienne hébergée dans le milieu environnant de l'animal (bâtiment, pâture) ou bien encore une diversité végétale cultivée ou non ;

iv) sciences humaines et sociales, plus particulièrement en économie pour évaluer les bénéfices retirés de la diversité animale en élevage et en sciences de gestion ou sociologie pour comprendre les déterminants sociotechniques et sociologiques des modes de gestion de la diversité animale en élevage.

Le cadre peut être aussi utilisé entre chercheurs et acteurs de l'élevage (éleveurs, conseillers, organismes de sélection, opérateurs de l'aval de la filière…) pour faire exprimer et faire-valoir les différents points de vue (convergences et divergences) et les intégrer dans les processus de co-conception de modes de gestion de la diversité animale.

■ 4.2. Contribution et implications pour former et conseiller en élevage

Cet article n'est pas une revue exhaustive des travaux sur la diversité animale en élevage et n'a pas vocation à définir les « bonnes pratiques de sa gestion en élevage », laquelle doit être pensée en contexte. En revanche, le cadre conceptuel développé ambitionne d'être générique et donc utilisable dans différents contextes d'élevage et par différents acteurs de l'élevage notamment les enseignants et les conseillers.

Ainsi, le cadre et plus globalement la démarche d'utilisation qui en est faite dans le papier, présente un fort potentiel pédagogique, ceci pour trois raisons. D'abord, le cadre structure le raisonnement de la gestion de la diversité animale en élevage autour de quatre composantes univoques (figure 2). Ensuite, les quatre études instanciées sur ces quatre composantes constituent des cas concrets aidant à l'appropriation du cadre. Enfin, l'analyse transversale de ces études permet d'extraire des régularités et des différences dans les modes de gestion de la diversité animale en élevage. Ces trois éléments facilitent l'apprentissage et la compréhension d'un objet complexe (Barth, 2013), comme l'est la gestion de la diversité animale en élevage. Le cadre peut être utilisé par les enseignants en zootechnie de l'enseignement supérieur ou technique agricole pour former les apprenants à décliner concrètement l'un des concepts clefs de l'agroécologie qu'est la biodiversité dans la gestion des systèmes d'élevage. Former les futurs éleveurs et conseillers en élevage à considérer la diversité animale comme une ressource pour gérer les élevages dans une perspective agroécologique est d'ailleurs clairement explicité comme un enjeu d'apprentissage dans les référentiels de diplômes de l'enseignement technique agricole français. Enfin, le cadre constitue un outil pour faire échanger les apprenants sur les freins et les appuis actuels à la gestion de la diversité animale en élevage. Ce faisant, il offre l'opportunité d'imaginer des leviers d'action techniques, organisationnels, cognitifs, économiques pour dépasser ces freins.

Pour les conseillers en élevage, les quatre études déclinées sur le cadre conceptuel constituent des exemples concrets de gestion de la diversité animale dans les systèmes d'élevage et montrent que cette diversité peut être pilotée et être bénéfique pour les

éleveurs. Cela permet de contrebalancer la vision souvent négative que ces acteurs ont de la diversité animale en élevage, laquelle est plutôt subie et à réduire car non bénéfique/viable dans le contexte économique actuel. À titre d'exemple, dans le conseil, les troupeaux de bovins laitiers multi-races sont souvent considérés comme des troupeaux en transition vers des troupeaux mono-races ou comme une conséquence de l'achat d'un second troupeau alors que pour nombre d'éleveurs, ils présentent des bénéfices et sont à maintenir. Par ailleurs, le cadre conceptuel peut être utilisé par et avec les conseillers pour repenser collectivement les données à recueillir en élevage pour produire des références sur les bénéfices (ou non) à gérer de la diversité animale en élevage. Il serait alors utile que les structures de conseil construisent et suivent dans le long terme des réseaux d'élevages basés sur de la diversité animale et pour cela qu'elles bénéficient de soutiens financiers.

Conclusion

Dans cet article, nous développons, à partir de travaux de recherche menés à l'INRA, un cadre conceptuel original pour analyser de manière intégrée la diversité animale et ses modalités de gestion à l'échelle des systèmes d'élevage et nous proposons des pistes de recherche pour identifier les conditions dans lesquelles elle est bénéfique sur le long terme. Nous formalisons ainsi ce que recouvre la diversité animale en élevage, concept clef de l'agroécologie mais que les acteurs de l'élevage y compris les chercheurs ont des difficultés à s'emparer. En déclinant le cadre sur quatre cas d'études, nous illustrons les formes que peut prendre la diversité animale, à différents niveaux organisationnel et temporel, la manière dont elle peut être gérée en élevage et les bénéfices qui peuvent en être retirés. Ce cadre conceptuel constitue un outil pour intégrer des connaissances produites ou à produire sur la gestion de la diversité animale en élevage et un support de discussion pour penser les projets de recherche et de recherche-développement à venir. Il constitue aussi un outil pour former et accompagner les éleveurs à concevoir et développer des modalités de gestion de la diversité animale en élevage qui sont bénéfiques sur le long terme pour eux et dans leurs contextes.

Remerciements

Nous dédions cet article à Muriel Tichit qui nous a quittés en avril 2019. Directrice de recherche à l'INRA au sein du département Sciences pour l'Action et le Développement, docteure en zootechnie, elle a conduit des travaux pionniers sur le rôle et les services rendus par la biodiversité en agriculture.

Muriel, merci pour l'héritage scientifique que tu nous laisses sur cette thématique et qui a ouvert de grandes perspectives de recherche.

Références

Altieri M.A., 1987. Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture. Westview Press, Boulder CO, USA, 227p.

Audiot A., 1995. Races d'hier pour l'élevage de demain 1995, 1re Édition, INRA Éditions, Paris, France, 229p.

Biggs R., Schlüter M., Biggs D., Bohensky E.L., BurnSilver S., Cundill G., Dakos V., Daw T.M., Evans L.S., Kotschy K., Leitch A.M., Meek C., Quinlan A., Raudsepp-Hearne C., Robards M.D., Schoon M.L., Schultz L., West P.C., 2012. Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. Annu. Rev. Environ. Resour., 37, 421-448.

Blanc F., Ollion E., Puillet L., Delaby L., Ingrand S., Tichit M., Friggens N.C., 2013. Évaluation quantitative de la robustesse des animaux et du troupeau : quels principes retenir ? Renc. Rech. Rum., 20, 265-272.

Brussaard L., Caron P., Campbell B., Lipper L., Mainka S., Rabbinge R., Babin D., Pulleman M., 2015. Reconciling biodiversity conservation and food security : scientific challenges for a new agriculture. Curr. Opin. Environ. Sustain., 2, 34-42.

Cournut S., Conrard A., Bertrand J., Ingrand S., 2012. Intérêt de la mixité d'espèces pour accroître la flexibilité des élevages : l'exemple des élevages bovin lait + ovin viande en Auvergne. Renc. Rech. Rum., 19, 273-276.

D'Alexis S., Sauvant D., Boval M., 2014. Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: a quantitative review. J. Agricult. Sci., 152, 655-666.

Damour G., Navas M.L., Garnier, E., 2018. A revised trait-based framework for agroecosystems including decision rules. J. Appl. Ecol., 55, 12-24.

Darnhofer I., Bellon S., Dedieu B., Milestad R., 2010. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. Agron. Sustain. Dev., 30, 545-555.

Dedieu B., Ingrand S., 2010. Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. In : Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité, résilience… les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage. Sauvant D., Perez J.M. (Éds). Dossier, INRA Prod. Anim., 23, 81-90.

Dedieu B., Faverdin P., Dourmad J.Y., Gibon A., 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. In : Numéro spécial, 20 ans de recherches en productions animales à l'INRA. Charley B., Herpin P., Perez J.M. (Éds). INRA Prod. Anim. 21, 45-58.

Delaby L., Faverdin P., Michel G., Disenhaus C., Peyraud J.L., 2009. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. Animal, 3, 891-905.

Dou S., Villa-Vialaneix N., Liaubet L., Billon Y., Giorgi M., Gilbert H., GourdineJ.L., Riquet J., Renaudeau D., 2017. 1HNMR-Based metabolomic profiling method to develop plasma biomarkers for sensitivity to chronic heat stress in growing pigs. PLoS ONE 12(11): e0188469.

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.

Duru M., Therond O., 2015. Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones : which form of ecological modernization ? Reg. Environ. Change, 15, 1651-1665.

Duru M., Jouany C., Roux X., Navas M.L., Cruz P., 2013. From a conceptual framework to an operational approach for managing grassland functional diversity to obtain targeted ecosystem services: Case studies from French mountains. Renew. Agr. Food Syst., 29, 239-254.

Duru M., Therond O., Martin G., Martin-Clouaire R., Magne M.A., Justes E., Journet E.P., Aubertot J.N., Savary S., Bergez J.E., Sarthou J.P., 2015. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. Agron. Sustain. Dev., 35, 1259-1281.

Gauly M., Bollwein H., Breves G., Brügemann K., Dänicke S., Daş G., Demeler J., Hansen H., Isselstein J., König S., Lohölter M., Martinsohn M., Meyer U., Potthoff M., Sanker C., Schröder B., Wrage N., Meibaum B., von Samson-Himmelstjerna G., Stinshoff H., Wrenzycki C., 2013. Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. Animal, 7, 843-859.

Hoffmann I., 2013. Adaptation to climate change--exploring the potential of locally adapted breeds. Animal, 7, 346-362.

Knaus W., 2009. Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. J. Sci. Food Agricult., 89, 1107-1114.

Lairez J., Feschet P., Botreau R., Bockstaller C., Fortun-Lamothe L., Bouvarel I., Aubin J., 2017. L'évaluation multicritère des systèmes d'élevage pour accompagner leurs évolutions : démarches, enjeux et questions soulevées. INRA Prod. Anim., 30, 255-268.

Mackey D.R., Gordon A.W., McCoy M.A., Verner M., Mayne C.S., 2007. Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows. Animal, 1, 29-43.

Magne, M.A., Cerf, M., Ingrand, S., 2011. Comment les éleveurs choisissent-ils et utilisent-ils des informations pour conduire leur exploitation ? Cah. Agricult., 20, 421-427.

Magne M.A., Thénard V., Mihout S., 2016. Initial insights on the performances and management of dairy cattle herds combining two breeds with contrasting features. Animal, 10, 892-901.

Magne M.A., Ollion E., Cournut S., Mugnier S., Sabatier R., 2017. Some key research questions about the interest of animal diversity for the agroecological transition of livestock farming systems. In: First Agroecol. Europe Forum Fostering synergies between movement, Science and Practice, 25-27 October 2017, Lyon, France, p70.

Malassis L., 1979. Economie agro-alimentaire : tome I : économie de la consommation et de la production agroalimentaire. Édition Cujas, Paris, France, 437p.

Martin-Rosset W., Trillaud-Geyl C., 2011. Pâturage associé des chevaux et des bovins sur des prairies permanentes : premiers résultats expérimentaux, Fourrages, 207, 211-214.

Mazoyer M.L., 1982. Origines et mécanismes de reproduction des inégalités régionales de développement agricole en Europe. Écon. Rurale., 150, 25-33.

Meisser M., Frey C.F., Deléglise C., Mosimann E., 2013. Pâturage mixte bovins – ovins en moyenne montagne : trois années d'essai dans le Jura suisse. Fourrages, 216, 305-311.

Moraine M., Duru M., Therond O., 2017. A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop-livestock systems from farm to territory levels. Renew. Agric. Food Syst., 32, 43-56.

Néori A., Chopin T., Troell M., Buschmann A.H., Kraemer G.P., Halling C., Shpigel M., Yarish C., 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. Aquaculture, 231, 361-391.

Nozières M.O., 2014. La commercialisation des produits, source de flexibilité pour les éleveurs ? le cas de l'élevage ovin allaitant en Languedoc-Roussillon., Thèse de doctorat. Montpellier SupAgro, France.

Nozières M.O., Moulin C.H., 2016. L'hétérogénéité biologique des agneaux : Une contrainte à gérer ou un atout à valoriser ? In: The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems. Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens (115). CIHEAM Eds. FAO-CIHEAM Network for Research and Development in Sheep and Goats, Montpellier, France, 633-636.

Nozières M.O., Moulin C.H., Dedieu B., 2011. The herd, a source of flexibility for livestock farming systems faced with uncertainties? Animal, 5, 1442-1457.

Ollion E., 2015. Evaluation de la robustesse des vaches laitières : entre aptitudes biologiques des animaux et stratégies de conduite des éleveurs. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II, France.

Oltenacu P.A., Broom D.M., 2010. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. Anim. Welf., 19, 39-49.

Petchey O.L., Hector A., Gaston K.J., 2004. How do different measures of functional diversity perform? Ecology, 85, 847-857.

Phocas F., Bobe J., Bodin L., Charley B., Dourmad J.Y., Friggens N.C., Hocquette J.F., Le Bail PY., Le Bihan-Duval E., Mormède P., Quéré P., Schelcher F., 2014. Des animaux plus robustes : un enjeu majeur pour le développement durable des productions animales nécessitant l'essor du phénotypage fin et à haut débit. In : Phénotypage des animaux d'élevage. Phocas F. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 2, 181-194.

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-Romeux C., Tixier-Boichard M., Brochard M., 2017. Quels programmes d'amélioration génétique des animaux pour des systèmes d'élevage agro-écologiques ? INRA Prod. Anim., 30, 31-46.

Reboud X., Malezieux E., 2015. Vers une agroécologie biodiverse : enjeux et principaux concepts mobilisés. Innov. Agron., 43, 1-6.

Sørensen M.K., Norberg E., Pedersen J., Christensen L.G., 2008. Invited review: crossbreeding in dairy cattle: a Danish perspective. J. Dairy Sci., 91, 4116-4128.

Tichit M., Puillet L., Sabatier R., Teillard F., 2011. Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: Functional diversity matters. Livest. Sci., 139, 161-171.

Tichit M., Puillet L., Martin O., Douhard F., Friggens N.C., Sauvant D., 2012. Livestock farming and uncertainties: exploring resilience with viability tools. In: 63rd Ann. Meet. Europ. Assoc. Anim. Prod., Bratislava, Slovakia, 338.

Vigglizo E., 1994. The Response of Low-Input Agricultural Systems to Environmental Variability. A Theoretical Approach. Agricult. Syst., 44, 1-17.

Weiner J., 2003. Ecology — the science of agriculture in the 21st century. J. Agricult. Sci., 141, 371-377.

Résumé

La biodiversité, et en particulier la diversité animale, est présentée comme un levier prometteur pour la transition agroécologique et la résilience des systèmes d'élevage. Or, les travaux traitant de cette question sont peu nombreux, récents et épars. Cet article vise à développer un cadre conceptuel pour analyser de manière intégrée la diversité animale et ses modalités de gestion à l'échelle des systèmes d'élevage et à proposer des pistes de recherche pour y contribuer. Ce cadre est structuré en quatre composantes : *i)* les formes que recouvre la diversité animale, *ii)* les niveaux organisationnel et temporel auxquels elle se construit et s'exprime, *iii)* ses modes de gestion et *iv)* les bénéfices retirés par l'éleveur. Quatre études de recherche contrastées en termes de diversité animale analysée ont été revisitées au travers du cadre conceptuel proposé. Leur relecture et leur analyse transversale montrent l'intérêt d'articuler les quatre composantes du cadre pour raisonner de manière intégrée la gestion de la diversité animale en élevage afin d'en tirer parti sur le long terme. Elles permettent aussi d'identifier trois fronts de recherche à investiguer conjointement : affiner la caractérisation de la diversité animale en élevage, mieux caractériser ses modes de gestion y compris ses déterminants et approfondir l'évaluation des différents bénéfices retirés de sa gestion. Des pistes d'utilisation du cadre en recherche, en enseignement et dans conseil en élevage sont enfin proposées.

Abstract

Managing animal diversity in livestock farming systems: which diversity? Which forms of management practices? For which benefits?

Biodiversity, and particularly animal diversity chosen by farmers, is seen as a promising lever for the agroecological transition and the resilience of livestock farming systems (LFSs). However, there are few researches on it, and when available they are recent and scattered. This paper aims at developing a conceptual framework to create an integrated view of the management of animal diversity in LFSs and provide some avenues in this research topic. The framework consists of four interrelated components: the forms of animal diversity, the organizational and temporal levels at which it is built and takes place, the forms of its management in LFSs and the benefits from its management for the farmers. The framework was applied on four research studies contrasted in terms of the forms of animal diversity. The crossed case-study analysis showed that articulating the four components enables to manage in an integrated way the animal diversity in LFSs and take advantage of it in the long term. It revealed three novel research directions aiming at deepening the characterization of animal diversity, the understanding of its management in LFSs and the assessment of the various benefits derived from its management. Some avenues for using the framework in research, teaching and advice in LFS were finally suggested.

MAGNE M.-A., NOZIÈRES-PETIT M.-O., COURNUT S., OLLION É., PUILLET L., RENAUDEAU D., FORTUN-LAMOTHE L., 2019. Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ? In : Numéro spécial. De grands défis et des solutions pour l'élevage. Baumont R. (Éd). INRA Prod. Anim., 32, 263-280.

https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2496