

Durabilité des exploitations d'élevage multi-espèces en France et en Europe : bénéfices observés, freins et leviers pour leur déploiement

DUMONT B. (1), BENOIT M. (1), CHAUVAT S. (2), COURNUT S. (3), MARTIN G. (4), MISCHLER P. (5), MAGNE M.-A. (4)

- (1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champanelle
- (2) Institut de l'Élevage, SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex1
- (3) Université Clermont Auvergne, AgroParis Tech, INRAE, VetAgro Sup, UMR Territoires, 63170 Aubière
- (4) AGIR, Université de Toulouse, INRAE, ENSFEA, INPT, ENSAT, 31326 Castanet-Tolosan
- (5) Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris

RESUME - L'agroécologie stipule que la gestion de la diversité animale et végétale au sein des exploitations d'élevage renforce leur durabilité. Pour aller au-delà de ce principe théorique, nous analysons ici le fonctionnement et les performances d'exploitations de polyélevage, c'est-à-dire de fermes dans lesquelles sont élevées au moins deux espèces animales. Dans les systèmes herbagers, la complémentarité des modes de pâturage des ovins, des bovins et des chevaux permet de réduire le recours aux aliments concentrés, en particulier pour les ovins. La dilution des parasites digestifs en pâturage mixte profite aux petits ruminants et aux chevaux, et permet d'envisager de réduire la fréquence des traitements anthelminthiques. Un atelier monogastrique de petite taille permet de valoriser les co-produits (petit lait...) ; la transformation laitière, créatrice de valeur ajoutée, et les faibles volumes de viande commercialisés sont bien adaptés à la vente en circuits courts. L'organisation du travail entre toujours en ligne de compte dans la manière d'articuler différentes espèces au sein d'une même exploitation. Plutôt que de vouloir maximiser coûte que coûte la diversité au sein du système, il s'agit avant tout de rechercher une cohérence d'ensemble que les éleveurs puissent gérer. Nous discutons enfin des freins au déploiement des fermes de polyélevage, liés à un système socioéconomique construit pour bénéficier des économies d'échelle offertes par la spécialisation. Pour dépasser ces freins, nous proposons des leviers en amont (innover pour des équipements et infrastructures polyvalentes), à l'aval (réorganiser la logique de collecte), et autour des exploitations d'élevage (revisiter la formation et le conseil) qui doivent être pensés de manière couplée.

Sustainability of multi-species livestock farms in France and Europe: benefits, obstacles and levers for their scaling-out

DUMONT B. (1), BENOIT M. (1), CHAUVAT S. (2), COURNUT S. (3), MARTIN G. (4), MISCHLER P. (5), MAGNE M.-A. (4)

- (1) INRAE, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champanelle

ABSTRACT - One of the principles of agroecology is that the management of animal and plant diversity within livestock farms can enhance their sustainability. To go beyond this theoretical principle, we analyze the farm operation and performance of multi-species livestock farms, i.e. farms where at least two animal species are raised. In grassland-based systems, the complementarity of sheep, cattle and horse grazing behaviour reduces the use of feed concentrates, especially for sheep. Parasite dilution in mixed grazing systems benefits small ruminants and horses, and makes it possible to reduce the number of anthelmintic treatments. Adding a small monogastric enterprise to a beef or dairy system makes it possible to value farm co-products (whey...); milk processing is often associated with on-farm processing and opens up the possibility of short-distribution channels of diversified food baskets, which enhance farm viability. Work organization plays a key role in the way different species are integrated on the same farm. Rather than focusing on the maximization of within-farm diversity only, what matters is to reach an overall consistency of the system that the farmer is able to manage. Finally, we discuss the obstacles to the scaling-out of multi-species livestock farms, linked to a socioeconomic system built to benefit from the economies of scale offered by specialisation. To overcome these obstacles, we propose levers upstream (innovating for multipurpose equipment and infrastructures), downstream (reorganizing the collect chain) and around these farms (revisiting training and advice) that must be thought out in a coupled manner.

INTRODUCTION

La diversification des systèmes d'élevage est avancée comme un des leviers permettant de répondre aux enjeux de durabilité auxquels ils sont confrontés (Dumont *et al.*, 2013, 2020b ; Magne *et al.*, 2019 ; Martin *et al.*, 2020 ; Aare *et al.*, 2021). Les exploitations diversifiées et très liées au sol, parmi lesquelles la plupart des exploitations de polyélevage, s'éloignent du modèle d'élevage intensif qui vise à fortement augmenter les volumes produits, notamment en augmentant les densités animales et en s'affranchissant du milieu grâce au confinement des animaux et aux importations d'aliments. Ce modèle productiviste a certes permis d'augmenter les productions et les exportations françaises et européennes, mais est fortement remis en cause pour ses atteintes à l'environnement et au bien-être animal.

Aujourd'hui, malgré une spécialisation des territoires et une concentration des productions animales marquée en France (Aigrain *et al.*, 2016) et en Europe (Roguet *et al.*, 2015), certains territoires, à l'instar de la région Auvergne-Rhône-Alpes, conservent de nombreuses exploitations associant plusieurs ateliers d'élevage, et une diversité d'élevages au sein des bassins de production (Rapey *et al.*, 2018). Ces exploitations d'élevage diversifiées constituent un modèle digne d'intérêt pour repenser l'élevage, comme le propose d'ailleurs l'agroécologie (Gliessman, 1997 ; Dumont *et al.*, 2013 ; Duru et Théron, 2014). Toutefois, nous manquons encore de connaissances sur l'organisation et le fonctionnement des systèmes d'élevage diversifiés, leur durabilité et leur insertion dans les circuits de commercialisation. Pour dépasser ce constat différents travaux ont été conduits depuis 2015 sur les systèmes de polyélevage en France et en Europe. L'analyse de leurs résultats est au cœur de cette synthèse qui ambitionne de faire un état des lieux des connaissances sur le fonctionnement, la multi-performance et les conditions permettant un plus large déploiement des fermes de polyélevage. Nous définissons les exploitations de polyélevage comme étant celles dans lesquelles sont élevées au moins deux espèces animales. Nous illustrons ici notre propos à partir d'exploitations où des bovins laitiers ou allaitants sont élevés avec des ovins, des chevaux ou des espèces monogastriques, porc ou volailles. La diversification « produits » est inhérente à ces exploitations de polyélevage qui offrent une gamme de produits par essence plus large que les élevages monospécifiques. Enfin, les exemples que nous prenons concernent aussi bien des systèmes bio que des systèmes conventionnels, des systèmes herbagers que des systèmes de polyculture-élevage. Plusieurs synthèses récentes ont proposé des cadres d'analyse permettant d'appréhender l'organisation, la conduite, la durabilité et la résilience des exploitations de polyélevage (Magne *et al.*, 2019 ; Dumont *et al.*, 2020b ; Martin *et al.*, 2020). Ici, nous prolongeons cet état de l'art en rappelant les processus (interactions, relations biotiques...) qui opèrent au sein de ces exploitations et sous-tendent les bénéfices escomptés (partie 1). Nous discutons ensuite de comment c'est la cohérence d'ensemble de ces exploitations qui permet d'accroître le revenu

des éleveurs (partie 2). Au-delà du revenu, nous analysons comment, la conduite d'au moins deux ateliers animaux sur une même exploitation, modifie l'organisation du travail (partie 3). Enfin, nous identifions des freins pouvant expliquer le faible déploiement du polyélevage et proposons des pistes pour les lever (partie 4).

1. PROCESSUS, BÉNÉFICES ATTENDUS ET LIMITES DES SYSTÈMES DE POLYÉLEVAGE

1.1. UNE COMPLÉMENTARITÉ DES PRÉLEVEMENTS ENTRE ESPÈCES QUI PERMET DE MIEUX VALORISER L'HERBE ET GÈNERE DES BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX

Au pâturage, la mixité d'espèces permet de mieux valoriser l'herbe en raison des différences de choix alimentaires entre les bovins, les ovins et les équins (Figure 1). Dans ces conditions, il devient possible d'accroître le chargement des prairies sans avoir recours à une fertilisation minérale additionnelle. Les modes de conduite du pâturage sont très variés dans les systèmes mixtes ; ils vont de l'allocation de chaque parcelle à une espèce, jusqu'au pâturage alterné voire au co-pâturage. Ainsi, dans 11 exploitations associant des bovins allaitants et des chevaux de selle au nord du Massif central, les animaux des deux espèces étaient conduits simultanément ou de manière alternée sur les mêmes parcelles sur 61 % des surfaces (Forteau, 2019 ; Dumont *et al.*, 2020a). En revanche, dans 17 exploitations mixtes du Cantal, les ovins et les vaches laitières pâturaient la plupart du temps des parcelles ou des estives distinctes (Mugnier *et al.*, 2021). Lorsque les deux espèces pâturent ensemble, on observe un phénomène de « facilitation » puisque le pâturage bovin ou équin crée de grandes placettes d'herbe rase, stables dans le temps (Dumont *et al.*, 2012), où l'herbe reste au stade végétatif. Les coûts liés à la recherche de ces placettes sont alors réduits, ce qui facilite la sélection d'un régime de haute valeur nutritive par les ovins (Joly *et al.*, 2022).

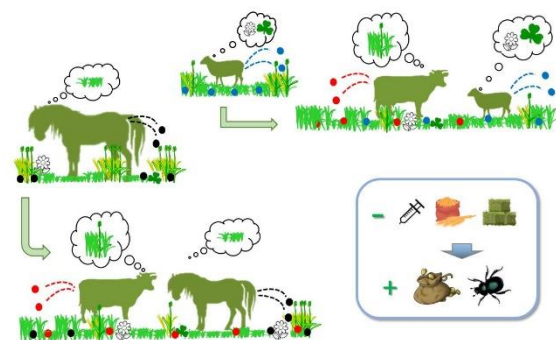


Figure 1 : Représentation synthétique des atouts d'un pâturage mixte bovins-ovins ou bovins-équins (cadre en bas à droite), liés à la complémentarité des préférences alimentaires des différentes espèces (schématisées par les items alimentaires dans les « bulles ») et à la spécificité de leurs parasites digestifs (schématisés par des fèces de différentes couleurs).

Ainsi, 84 % des 37 éleveurs bovins laitiers ou allaitants possédant une troupe ovine enquêtés par Mugnier *et al.* (2021) dans le Massif central ont-ils cité la meilleure valorisation de l'herbe parmi les critères les ayant conduits à adopter un système mixte. Dans les exploitations associant bovins allaitants et chevaux de selle (avec un ratio moyen de 1,28 entre les UGB équine/bovine), nous avons observé une augmentation du chargement des parcelles pâturées de l'ordre de 15 % par rapport aux systèmes équine spécialisés, associée à une nette réduction des fourrages achetés et à un moindre recours au gyrobroyage pour gérer les refus (Forteau, 2019 ; Dumont *et al.*, 2020a). A ce jour, seule une expérimentation, réalisée au Danemark, a mis en évidence les possibles bénéfices d'un pâturage mixte associant des bovins laitiers à des truies (Sehested *et al.*, 2004). Les truies étaient alors équipées d'un anneau nasal pour limiter les dégradations des prairies, ce qui n'est pas sans interroger sur le bien-être animal. En pâturage mixte, la valorisation de l'herbe était en moyenne 27 % supérieure à celle observée avec un pâturage bovin monospécifique (Sehested *et al.*, 2004).

Des simulations réalisées avec un modèle bioéconomique (Mosnier *et al.*, 2017) ont permis de quantifier que la meilleure valorisation de l'herbe en pâturage mixte bovins viande-ovins viande réduirait de 15 à 30 % (selon les hypothèses de modélisation) la consommation d'aliments concentrés par rapport aux deux systèmes spécialisés (Dumont *et al.*, 2020a ; Mosnier *et al.*, 2021) ; ceci s'explique notamment par la meilleure valorisation de l'herbe par les ovins en pâturage mixte. Les ovins présentent aussi de bonnes aptitudes au pâturage hivernal ou en intersaison, et ont donc des besoins en fourrages conservés moindres que les bovins. Conséquence de ces effets directs et indirects, l'empreinte carbone par kilo de viande produite serait réduite de 2 à 4 % dans les exploitations mixtes bovins viande-ovins viande par rapport aux deux systèmes spécialisés (Dumont *et al.*, 2020a ; Mosnier *et al.*, 2021).

Ce dernier résultat a été confirmé par une expérimentation système comparant à même chargement un système mixte ovins-bovins à deux systèmes spécialisés ovins ou bovins dans le Massif central (Veysset *et al.*, 2016). Par rapport au système ovins spécialisé, la production de viande d'agneaux en système mixte requiert 15,7 % moins d'énergie et émet 10,9 % moins de gaz à effet de serre par kilo de carcasse (Benoit, Vazeille, Prache, comm. pers.). Ceci s'explique par un moindre recours aux aliments concentrés (Figure 1) et une croissance des agneaux plus rapide dans le système mixte.

Le pâturage mixte ovins-bovins peut aussi augmenter la diversité spécifique et fonctionnelle des prairies (insectes prédateurs, microfaune du sol...) et les services écosystémiques qui lui sont associés (Wang *et al.*, 2019). Ce n'était en revanche pas le cas dans un exemple en Amérique Latine où le pâturage mixte ovins-bovins s'est traduit par une augmentation du chargement qui fragilisait les performances du système (Modernel *et al.*, 2019). Plus généralement, l'exploitation plus complète des couverts en pâturage mixte est susceptible de nuire à leur biodiversité, du fait des relations positives qui lient l'hétérogénéité des couverts prairiaux, l'abondance des plantes à

fleurs et la diversité spécifiques des orthoptères et des insectes pollinisateurs (Dumont *et al.*, 2022). Toutefois, ce n'est pas ce qui est généralement observé lorsque des bovins et des chevaux pâturent les mêmes parcelles (Loucougaray *et al.*, 2004). Le pâturage et le piétinement des chevaux ouvrent alors le milieu, ce qui facilite l'accès à leurs ressources préférées par les bovins et les ovins, et bénéficie à la biodiversité des couverts (Fleurance *et al.*, 2011).

1.2. UNE DILUTION DES PARASITES DIGESTIFS EN PATURAGE MIXTE QUI BENEFICIE AUX PETITS RUMINANTS ET AUX CHEVAUX MAIS UN RISQUE DE TRANSMISSION ACCRU D'AUTRES MALADIES

Au-delà de la meilleure valorisation de l'herbe en pâturage mixte, celui-ci dilue aussi la charge parasitaire des animaux en raison de la spécificité de la plupart des strongles digestifs à leur hôte (Figure 1). Plusieurs études rapportent un bénéfice pour la croissance des petits ruminants (Mahieu, 2013 ; d'Alexis *et al.*, 2014 ; Dumont *et al.*, 2020b ; Joly *et al.*, 2022) mais peu (Jerrentrup *et al.*, 2020) ou pas de bénéfice pour les bovins. Conséquence de cela, la production de viande ovine par hectare est plus élevée en pâturage mixte qu'en pâturage ovins spécialisé (d'Alexis *et al.*, 2014). L'effet de dilution parasitaire et les performances du système semblent peu sensibles au ratio bovins-ovins (d'Alexis *et al.*, 2014 ; Joly *et al.*, 2022). Il ne serait donc pas nécessaire de piloter finement ce ratio pour bénéficier des effets escomptés (Joly *et al.*, 2021). A contrario de ses atouts pour réduire la charge parasitaire des animaux, la mixité d'espèces favorise la transmission de maladies bactériennes et virales (Martin *et al.*, 2020). Ainsi, un des éleveurs enquêtés par Mugnier *et al.* (2021) sépare-t-il les ovins des bovins durant l'hiver depuis que sa troupe ovine a transmis la fièvre catarrhale aux bovins (voir aussi Stachurski et Gourreau, 1988 ; Headley *et al.*, 2020). D'autres exemples de transmission entre ovins et bovins ont été rapportés pour le piétin (Rogdo *et al.*, 2012) et la para tuberculose ovine (Moloney et Whittington, 2008).

En pâturage mixte bovins-équins, le niveau d'excrétion d'œufs de strongles par de jeunes chevaux était réduit de moitié dans les exploitations mixtes par rapport aux exploitations équine spécialisées (Forteau *et al.*, 2020). Cet effet de dilution parasitaire permet d'envisager de réduire la fréquence des traitements anthelminthiques (Figure 1). Il reste toutefois peu connu des éleveurs, y compris de ceux qui pratiquent la mixité, chez qui les traitements restaient systématiques (Forteau *et al.*, 2020). Par ailleurs, une gestion fine de la conduite des chevaux et des bovins peut s'avérer nécessaire pour bénéficier des effets escomptés. Fleurance *et al.* (2022) ont ainsi observé que lorsque des génisses Limousines et des chevaux pâturaient ensemble des parcelles en rotation, les animaux des deux espèces consommaient en priorité les repousses d'herbe végétative, de bonne valeur nutritive, à chaque entrée de parcelle. Ce faisant, les génisses exploitaient peu les zones de refus des chevaux. La majorité des larves infestantes de strongles étant présentes dans ces zones où sont aussi concentrés

les crottins des chevaux, le pâturage mixte n'a ici pas dilué la charge parasitaire des équins. Cet exemple illustre que la gestion du pâturage mixte nécessite d'observer les animaux et de comprendre leurs interactions avec les couverts pâturés, plutôt que de chercher à appliquer des solutions « clé en main ».

1.3. UNE TAILLE DES ATELIERS A RAISONNER POUR OPTIMISER LE BOUCLAGE DU CYCLE DES NUTRIMENTS EN MONOGASTRIQUES

Peu de travaux se sont jusqu'ici intéressés aux exploitations de polyélevage comprenant des monogastriques. Ce type d'exploitations a été étudié récemment au sein d'un réseau d'une centaine d'exploitations de polyélevage conduites en agriculture biologique dans sept pays européens (Ulukan *et al.*, 2021). Dans 17 fermes françaises de ce réseau, Steinmetz *et al.* (2021) ont utilisé la méthode des réseaux écologiques pour caractériser finement les interactions entre les ateliers animaux, les prairies et les cultures, et quantifier les flux d'azote et de biomasse entre ces compartiments du système (Figure 2).

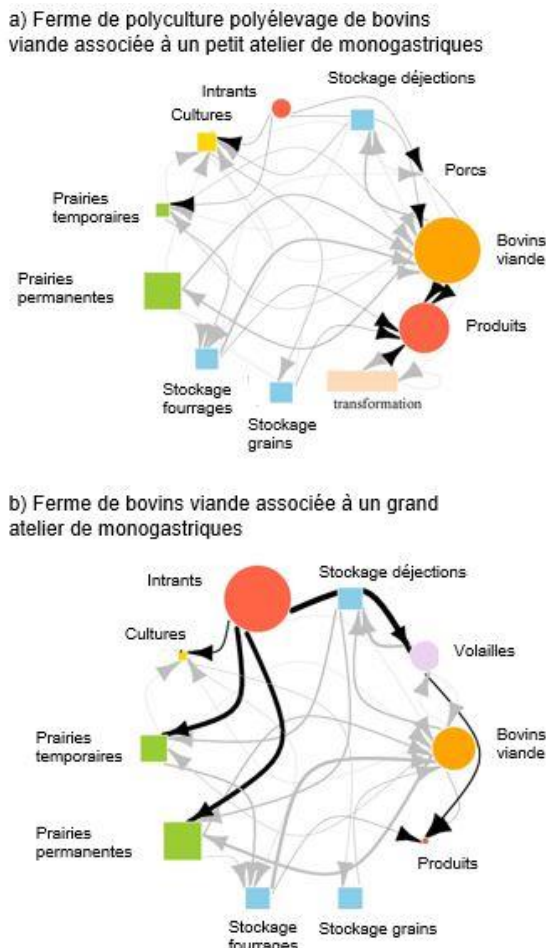


Figure 2 : Représentation des flux au sein de deux exploitations de polyélevage caractérisées par une taille contrastée de l'atelier de monogastriques (le rond rose rapporté à la taille de l'atelier bovin : rond orange). La largeur des flèches traduit la quantité de biomasse échangée entre les deux compartiments, exprimée en flux d'azote (adapté de Steinmetz *et al.*, 2021).

Des indicateurs permettent ensuite de calculer la complexité d'organisation du réseau (Rufino *et al.*, 2009). Celle-ci permet de juger, entre autres, du degré d'intégration entre cultures et élevage, et de ses conséquences sur les performances du système. L'exemple de ces deux fermes (Figure 2) illustre que l'organisation d'un système de polyélevage associant des monogastriques aux bovins dépend non seulement de la combinaison des espèces élevées, mais aussi de la taille respective des ateliers.

Dans les systèmes de polyculture-polyélevage, les céréales produites sur l'exploitation permettent d'alimenter les monogastriques, mais aussi les ruminants. Ceci peut conduire les éleveurs à accorder moins d'importance à la valorisation des prairies, et à terme les laisser se dégrader. Les pailles de céréales servent aux litières. Dans certaines fermes, le bouclage des flux est également optimisé via l'utilisation par l'atelier porcin du lactosérum, issu de la transformation fromagère. Les exploitations comportant de grands ateliers de monogastriques ont en revanche un réseau de flux très déséquilibré (Figure 2b) ; leur dépendance aux intrants pénalise leurs performances économiques et environnementales (Steinmetz *et al.*, 2021).

Partant d'un échantillon de fermes bien plus large (2077 exploitations françaises en agriculture biologique issues de la base de données Inosys-réseaux d'élevage), Mischler (2019) a calculé le bilan azoté d'exploitations bovines spécialisées, mixtes bovins-ovins et mixtes bovins-monogastriques. Ces dernières étaient les plus excédentaires en azote (+35 à 45 kgN/ha) comparées aux autres systèmes (-4 à +4 kgN/ha), ce qui suggère une faible intégration entre l'atelier bovins et l'atelier monogastriques. L'achat de grosses quantités d'aliments concentrés pour les porcs ou les volailles augmente encore ces excédents. A l'inverse, on peut faire l'hypothèse qu'un réseau d'interactions plus équilibré au sein d'un système diversifié (Figure 2a) permettrait de mieux boucler les cycles, et d'accroître la résilience du système grâce à la redondance fonctionnelle de certains de ses composants (Mori *et al.*, 2013). Ceci reste à démontrer par enquête, modélisation et/ou expérimentation.

2. UNE COHERENCE D'ENSEMBLE A RECHERCHER POUR MAXIMISER LE REVENU DES ELEVEURS

2.1. DES ECONOMIES DE GAMME SUR LES EQUIPEMENTS POSSIBLES MAIS PAS SYSTEMATIQUES EN POLYELEVAGE HERBAGER

La diversification des systèmes peut générer des coûts d'équipement réduits en système herbager dès lors que les ateliers de ruminants ont un certain nombre d'équipements en commun, notamment pour la récolte des fourrages. Les simulations réalisées avec un modèle d'optimisation (Mosnier *et al.*, 2017) confirment que conduire conjointement plusieurs ateliers de ruminants dans une même exploitation peut diluer les coûts d'équipement de récolte des fourrages, et générer des économies de gamme sur les charges fixes allant jusqu'à 25 % (Dumont *et al.*, 2020a). Toutefois, 22 % des éleveurs bovins-ovins

enquêtés par Mugnier *et al.* (2021) dans le Massif central ont rapporté des besoins en matériels et en bâtiments spécifiques qui augmentent leurs investissements et représentent un frein au développement de la mixité bovins-ovins. C'est d'ailleurs ce qui a été observé dans l'expérimentation système comparant un système mixte ovins-bovins aux deux systèmes spécialisés (Veysset *et al.*, 2016). Le coût des clôtures par Unité Gros Bétail (UGB) était sensiblement augmenté en système mixte (24,1 €/UGB vs 10,5 €/UGB en bovins spécialisé et 21,1 €/UGB en ovins spécialisé ; Benoit, Vazeille, Prache, comm. pers.), afin de donner la possibilité aux deux espèces de pâturer l'entièreté du parcellaire et ainsi tirer parti de leur complémentarité. De même, se diversifier en développant un atelier de monogastriques requiert d'importants investissements initiaux pour pouvoir alimenter les animaux, les loger et épandre leurs lisiers.

2.2. UNE SECURISATION DU REVENU DANS LES EXPLOITATIONS DE POLYELEVAGE

Les simulations réalisées avec un modèle d'optimisation (Mosnier *et al.*, 2017) indiquent que, grâce aux économies de gamme, l'intégration de deux ateliers de production de viande bovine et ovine au sein d'une même exploitation augmenterait le revenu global de l'exploitation de 11 %, à taille d'exploitation constante (Mosnier *et al.*, 2021). Ceci ne se retrouve toutefois pas dans l'analyse de la base de données Inosys-réseaux d'élevage. Le revenu par hectare des éleveurs mixtes bovins-ovins allaitants en agriculture biologique y est identique à celui des éleveurs bovins allaitants bio spécialisés (357 vs 364€/ha ; Mischler, 2019).

Les simulations réalisées par Mosnier *et al.* (2021) indiquent par ailleurs que l'intégration de deux ateliers de production de viande de ruminants sur une même exploitation réduirait de 12 % la variabilité du revenu annuel. Le résultat de cette simulation est cohérent avec la perception qu'avaient les éleveurs bovins-ovins enquêtés par Mugnier *et al.* (2021) : 86 % d'entre eux ont en effet cité la sécurisation du revenu comme l'une des principales raisons les ayant conduits à adopter un système mixte.

Par ailleurs, associer un atelier de monogastriques à des bovins permet d'avoir des rentrées d'argent plus régulières au cours de l'année (Dumont *et al.*, 2020b), et de proposer des paniers de biens diversifiés. Vollet et Said (2018) ont montré que ceux-ci étaient prisés des consommateurs locaux. Parmi les 17 exploitations de polyélevage caractérisées par la méthode des réseaux écologiques, les deux exploitations les plus efficaces au niveau économique (celles avec le ratio valeur ajoutée sur produit brut le plus élevé) associaient des bovins allaitants et des monogastriques, et avaient un atelier de transformation (Steinmetz *et al.*, 2021).

La présence d'un atelier bovin laitier offre elle aussi l'opportunité d'une forte création de valeur ajoutée par la transformation et la commercialisation en circuit court. Benoit *et al.* (2021) ont analysé que celle-ci pouvait être favorisée par la vente d'autres produits de la ferme, voire par l'offre de services (28 % des fermes bio enquêtées avaient une activité

d'agrotourisme). Par ailleurs, les « petites fermes » bio diversifiées, limitées par l'accès au foncier, misaient davantage sur la création de valeur ajoutée et l'offre de services pour sécuriser leur revenu, que sur la maximisation des performances techniques.

2.3. QUEL NIVEAU DE DIVERSIFICATION VISER EN POLYELEVAGE ?

Les résultats précédents laissent entrevoir qu'au-delà des facteurs de production, la création de valeur sur les exploitations de polyélevage dépend de la possibilité de transformer les produits, et de les commercialiser en vente directe. Ceci fait écho au cadre d'analyse de la diversification des exploitations d'élevage proposé par López-i-Gelats *et al.* (2011) à partir d'observations réalisées dans les Pyrénées espagnoles. Cette diversification doit toutefois être raisonnée et ne pas dépasser les capacités qu'a l'éleveur à gérer son système (Biggs *et al.*, 2012). Ainsi, parmi la centaine d'exploitations européennes conduites en agriculture biologique (Ulukan *et al.*, 2021), les cinq éleveurs qui atteignaient les meilleures performances de durabilité (productivité, dépendance aux intrants, satisfaction vis-à-vis du revenu) ne cherchaient pas à maximiser la diversité de leur système, mais plutôt à la raisonner en créant de la valeur ajoutée (Ulukan *et al.*, 2022). Ces cinq exploitations associaient des bovins à des porcs ou des ovins. Aucun de ces éleveurs ne faisait de pâturage alterné (pour s'affranchir du problème de clôtures déjà évoqué), ni d'agrotourisme. Certains de ces éleveurs faisaient de la transformation et une partie de leurs produits étaient vendus sur l'exploitation. En résumé, ils valorisaient un niveau de diversité adaptée aux ressources disponibles et aux potentialités du milieu.

3. LE TRAVAIL, UN ELEMENT A PART ENTIERE DU SYSTEME A AJUSTER EN FONCTION DES ESPECES ELEVEES

3.1. DANS LES SYSTEMES MIXTES BOVINS-OVINS, LE TRAVAIL PROCURE A LA FOIS SATISFACTIONS ET CONTRAINTES

Le polyélevage comme les autres systèmes introduisant de la diversité dans les exploitations agricoles, modifie le type de tâches et nécessite une réorganisation du travail (Darnhofer *et al.*, 2010). Il est souvent associé à un travail jugé plus complexe et à une charge mentale plus élevée. De récentes études contribuent à nuancer cette image et précisent les liens entre polyélevage et travail.

Dans l'étude de Mugnier *et al.* (2021), le travail est la première contrainte citée par 82 % des éleveurs mixtes ovins-bovins enquêtés, en raison de la charge de travail jugée importante pour la surveillance des deux troupeaux, et pour poser et entretenir deux types de clôtures. Ainsi, en système mixte bovins-ovins allaitants, certains éleveurs disent avoir réduit leur troupe ovine au profit des bovins lorsque la charge de travail s'avérait trop élevée.

La nécessité de maîtriser techniquement deux espèces au lieu d'une seule constituait aussi un frein au développement de systèmes mixtes aux yeux de 62 % de ces éleveurs. Elever deux espèces sur une

même exploitation permet toutefois de mieux gérer la charge de travail au cours de la campagne, en jouant sur la date des périodes d'agnelages et de vêlages. Le fait que les cycles de production des bovins et des petits ruminants n'aient pas la même durée offre de la souplesse d'organisation aux éleveurs. Pour certains, la diversification de leur activité est aussi une source de satisfaction (Duval *et al.*, 2021).

3.2. COMPOSITION ET ORGANISATION DU COLLECTIF DE TRAVAIL

La composition et l'organisation du collectif de travail diffèrent selon les dimensions du système et les productions combinées, selon leurs caractéristiques propres et leur degré de dissemblance (supérieure entre ruminants et monogastriques qu'entre bovins et ovins). Dans les systèmes associant des ovins viande et des bovins laitiers, la spécialisation d'un des exploitants sur l'atelier laitier est fréquente, même si le remplacement pour un week-end reste possible (Mugnier *et al.*, 2021). En revanche, dans les systèmes bovins-ovins allaitants, la polyvalence est souvent de mise du fait de la similitude des compétences techniques nécessaires à la conduite des deux espèces.

L'articulation des processus de production des deux espèces prend en compte la temporalité des ressources disponibles (fourragères et de main-d'œuvre). Pour les systèmes bovins-ovins, Mugnier *et al.* (2021) ont identifié trois types d'organisation qui correspondent à différentes manières d'articuler les agnelages et les vêlages. Une première forme d'organisation des activités vise à limiter le chevauchement des périodes de forte activité : les vêlages sont groupés en fin d'automne début d'hiver, suivis des agnelages en fin d'hiver début de printemps, puis les récoltes. Dans la deuxième forme d'organisation, la recherche de valorisation optimale de l'herbe conduit à un important chevauchement des vêlages et des agnelages en début du printemps, et nécessite le recours à une main-d'œuvre temporaire, souvent bénévole. Enfin, dans la troisième forme d'organisation, spécifique aux systèmes en production laitière, vêlages et agnelages sont répartis toute l'année afin de garantir une production régulière et d'étaler le travail.

Ajouter un atelier de production de monogastriques à une exploitation bovine nécessite en général un collectif de travail plus important. Dans le réseau de fermes biologiques issues de la base de données Inosys-réseaux d'élevage, il y a ainsi en moyenne 3,7 UTH pour 100 ha lorsqu'on associe des monogastriques aux bovins laitiers vs 2,7 UTH/100 ha en système laitier spécialisé (Mischler, 2019). Il y a en moyenne 2,2 UTH/100 ha lorsqu'on associe des monogastriques aux bovins allaitants vs 1,7 UTH/100 ha en système allaitant spécialisé.

En système mixte bovins-équins, la passion pour le cheval régit une grande partie des activités équinées et a des répercussions sur l'organisation du travail (Bigot *et al.*, 2018). On constate un important recours aux bénévoles, aux stagiaires et aux apprentis et, d'autre part, une répartition du travail qui permet aux éleveurs de conserver pour eux l'activité de « travail des chevaux », activité plaisir bien que très chronophage (Forteau, 2019). Dans ces systèmes, la

conduite des bovins est souvent raisonnée pour laisser du temps à l'atelier équin.

La manière d'articuler deux espèces (et donc de mettre en œuvre leurs complémentarités) dépend donc très largement de considérations liées au travail. Dans le réseau de fermes européennes conduites en agriculture biologique, celles qui obtenaient les meilleurs compromis entre performances de durabilité semblent avoir fait le deuil des pratiques d'intégration du pâturage (alterné ou simultané), au profit de gains escomptés sur la recherche de valeur ajoutée et l'organisation du travail (Ulukan *et al.*, 2022). Mais d'autres configurations existent où l'intégration au pâturage est plus importante, y compris dans des systèmes mixtes vaches laitières-ovins : la priorité est alors de simplifier l'organisation du travail et de valoriser le lien entre l'utilisation de ressources fourragères locales et la qualité des produits (Magne *et al.*, 2019). Enfin, le « non travail », c'est-à-dire la place réservée par les agriculteurs à leur vie privée, guide aussi les choix de conduite et par voie de conséquence les pratiques d'intégration entre espèces.

3.3. L'EFFICIENCE DU TRAVAIL

L'efficacité du travail (i.e., le temps de travail par UGB) et la productivité apparente du travail (UGB/UTH avec UTH = Unité de Travailleur Humain soit l'équivalent d'un temps plein pour 1 UTH) dépendent de la combinaison des espèces élevées, mais aussi des choix de conduite et d'équipement. En systèmes bovins-ovins (Mugnier *et al.*, 2021), la comparaison des valeurs observées avec les références issues de systèmes spécialisés comparables en termes de conditions d'élevage (Cournut et Chauvat, 2012), montre que l'efficacité du travail d'astreinte (le travail quotidien non différable ni concentrable, comme par exemple les soins aux animaux) est intermédiaire dans les systèmes mixtes, entre les deux valeurs de référence des systèmes spécialisés.

Les références sur la productivité apparente du travail dans les systèmes de polyélevage sont rares. Celle-ci doit rester compatible avec une bonne maîtrise du système afin de préserver son efficacité technique (Biggs *et al.*, 2012). Au sein du sous-échantillon de fermes européennes (Ulukan *et al.*, 2021) qui pratiquent la transformation et commercialisent prioritairement en circuits courts, Benoit *et al.* (2021) ont identifié deux groupes contrastés affichant chacun une bonne efficacité technique en termes de produits animaux rapportés aux quantités de concentré utilisées. Le nombre de travailleurs variait du simple au double (2,15 et 4,30 UTH) entre ces deux groupes de fermes, avec au final une productivité apparente du travail identique (respectivement 21,7 et 22,7 UGB par UTH) pour un même nombre d'ateliers animaux (3,4 en moyenne). Combiner une bonne gestion technique d'une ferme très diversifiée en polyélevage avec une forte valorisation des produits ne nécessite donc pas nécessairement un collectif de travail important. Toutefois, le nombre de travailleurs semble très déterminé par les effectifs animaux, avec en moyenne 22 UGB par équivalent temps plein.

4. LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DU POLYELEVAGE ET DES PROPOSITIONS DE LEVIERS

En dépit des bénéfices potentiels que nous venons de décrire, les exploitations de polyélevage restent minoritaires en France et en Europe et peinent à se développer. A notre connaissance, aucune étude n'a traité spécifiquement des freins et leviers au déploiement des exploitations de polyélevage, comme cela a été fait dans les cas de la diversification des systèmes de grandes cultures (Meynard *et al.*, 2018) et de l'utilisation du croisement entre races en système laitier spécialisé (Magne et Quénon, 2021). Le verrouillage sociotechnique lié à l'hyperspécialisation des systèmes agricoles que révèlent ces travaux semble pour partie transposable au cas du polyélevage. Selon la définition de Geels (2002), le verrouillage sociotechnique est une situation dans laquelle la diffusion d'une « innovation » (par exemple une pratique d'élevage, une technologie, un mode de production) avantageuse pour de nombreux éleveurs est freinée par les stratégies économiques et techniques déjà mises en place par l'ensemble des acteurs de l'élevage et des secteurs amont et aval. En nous inspirant de ces travaux et en remobilisant d'autres relatifs aux exploitations de polyélevage en France (Dumont *et al.*, 2020a) et en Europe (Ulukan *et al.*, 2021), nous caractérisons des freins sociotechniques à leur déploiement (Figure 3a) et proposons quelques leviers pour les dépasser (Figure 3b).

4.1 UN SYSTEME D'AGROFOURNITURE EFFICIENT MAIS CONÇU POUR LES ELEVAGES MONOSPECIFIQUES

En amont des exploitations d'élevage, un premier frein concerne le matériel et les infrastructures qui sont pensés par type de productions animales plus que pour leur association. C'est en particulier le cas pour les bâtiments d'élevage et les systèmes de clôtures au pâturage (Mugnier *et al.*, 2021). Dès lors, sans disposer de matériels et d'infrastructures polyvalentes (par exemple des cornadis et des râteliers modulables, des clôtures utilisables pour des bovins et des petits ruminants), les éleveurs en polyélevage doivent réaliser des investissements supplémentaires à ceux des éleveurs spécialisés.

Un deuxième frein concerne l'approvisionnement en alimentation animale. Les éleveurs en polyélevage achètent des aliments adaptés aux besoins des différents types d'animaux qu'ils élèvent mais en plus petites quantités pour chaque espèce que les éleveurs spécialisés. Dès lors, ils ne peuvent pas bénéficier d'économies d'échelles (conditionnement des intrants, remises éventuelles) auxquelles prétendent des élevages spécialisés. Enfin, l'investissement dans plusieurs petites unités de stockage a un coût plus élevé et est plus long à amortir que celui des grandes unités des systèmes spécialisés.

Un troisième frein, bien que non spécifique du polyélevage, concerne la sélection animale et la recherche d'un animal « optimal » aux performances et aux produits calibrés pour des environnements d'élevage spécialisés, standardisés et contrôlés. Le

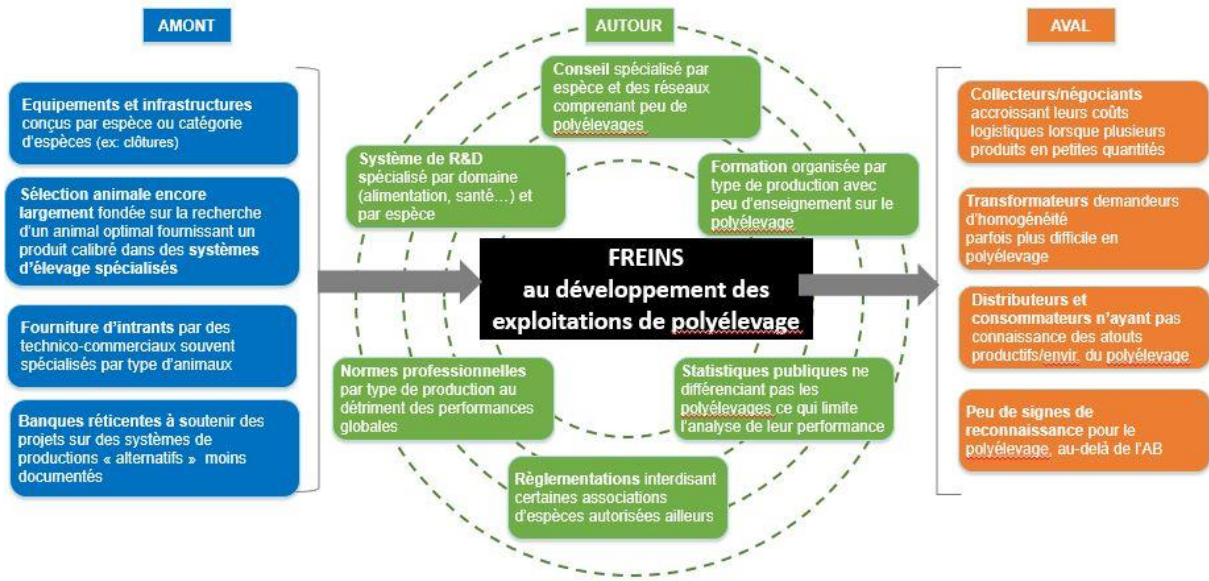
fonctionnement et les environnements, souvent fluctuants et non optimaux, dans lesquels évoluent très souvent les systèmes de polyélevage amènent à repenser les schémas de sélection des animaux. On pourrait chercher à privilégier des caractères d'intérêt impliqués dans les interactions entre les différentes espèces animales, et dans l'élaboration de leurs performances dans des environnements sub-optimaux (Yin *et al.*, 2012 ; Ducos *et al.*, 2021). Par exemple, on pourrait inclure dans les schémas de sélection des porcs leur aptitude à valoriser des coproduits issus d'autres ateliers animaux comme le lactosérum ; sélectionner les animaux sur leur résistance à certains pathogènes qu'ils ont en commun, ou au contraire donner moins de poids à la résistance à un agent pathogène dont on sait qu'il sera dilué en pâturage mixte. Cela peut aussi amener à intégrer des caractères liés à la capacité de certaines espèces à vivre en interaction avec d'autres, dont leurs traits comportementaux. Chez les ruminants, dès lors que les animaux des élevages de sélection seront en "polyélevage", les traits relatifs à la complémentarité des animaux pourront être intégrés dans les schémas de sélection. Pour l'heure, les organismes de sélection sont mono spécifiques et ne se préoccupent pas forcément de cette complémentarité.

4.2. UNE LOGISTIQUE AVAL FONDEE SUR DES ECONOMIES D'ECHELLES ET DES PRODUITS STANDARDISES

A l'aval des exploitations d'élevage, le frein principal concerne les entreprises de collecte et de négoce, dont la logistique actuelle est basée sur une logique de centralisation et d'économie d'échelle. L'enjeu pour ces dernières est en effet de collecter un type de matière première standardisée, en grand volume plutôt que de collecter de petites quantités de différentes matières premières. Ce faisant, ce système, hérité du mouvement de spécialisation initié dans les années 50 et qui présente des avantages, exerce une pression sur les éleveurs, les pousse à la spécialisation et les empêche de diversifier leurs ateliers de productions animales, quand bien même cette diversification présente des avantages dans une perspective de durabilité. En effet, en multipliant les types de produits, en plus faibles volumes, le polyélevage se traduit pour les entreprises de collecte par des coûts logistiques accrus et de faibles bénéfices économiques. Le développement du polyélevage suppose donc une réorganisation de la logistique de collecte vers un système plus polycentrique et territorialisé facilitant la collecte de faibles volumes.

Par ailleurs, les transformateurs demandent aujourd'hui une homogénéité la plus forte possible dans les produits qui leur sont livrés ainsi qu'une conformation des carcasses à des standards. Ces standards ont été établis à partir de produits issus des filières conventionnelles où l'homogénéité est le maître mot. En situation de polyélevage, les éleveurs visent souvent à mettre en place des systèmes de production autonomes et économes en intrants, en valorisant les ressources locales.

a)



b)

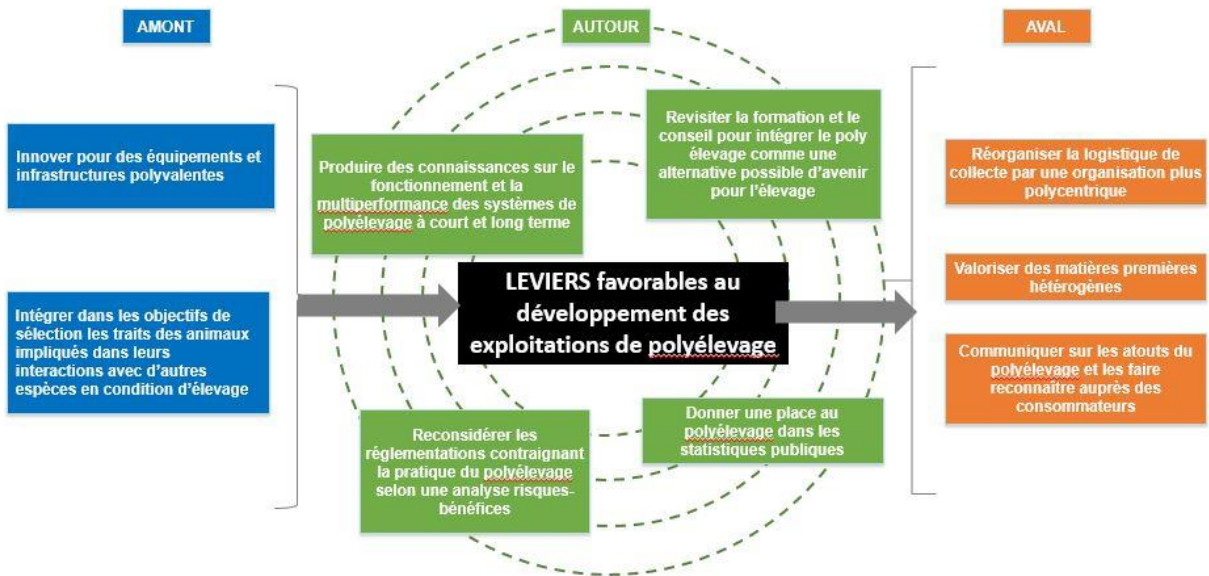


Figure 3 : Synthèse des freins au développement des exploitations de polyélevage (a), et des leviers susceptibles de favoriser leur développement (b).

Cela peut se faire au détriment de cette homogénéité et standardisation des produits livrés (Magne et Quénon, 2021), et entraîner une déconnection entre les performances du système et les attentes des filières (Benoit *et al.*, 2019). Un levier propice au développement du polyélevage résidera donc dans la capacité des transformateurs à reconsidérer leurs standards et à accepter une plus grande diversité des produits livrés. Celle-ci pourrait à terme être valorisée sur des marchés différenciés. Mais au-delà des produits standardisés et des économies

d'échelle, les filières recherchent aussi à sécuriser et régulariser leur approvisionnement, ce qui peut les amener à considérer le développement du polyélevage comme une opportunité plutôt qu'une contrainte. A titre d'exemple, des enquêtes récentes réalisées en ligne auprès de 105 éleveurs ovins allaitants spécialisés ou mixtes du nord du Massif central ont permis d'identifier des profils contrastés de répartition des ventes d'agneaux au cours de l'année. Un profil spécifique aux exploitations mixtes ovins-bovins fournit des agneaux en été à une

période où les exploitations spécialisées en fournissent moins, contribuant ainsi à l'étalement de l'approvisionnement en agneaux des coopératives (Cournut *et al.*, 2022).

Pour certains éleveurs en polyélevage, la commercialisation des produits en filières longues, particulièrement en agriculture conventionnelle, ne permet pas de dégager de profits compte tenu des plus petits volumes vendus et des surcoûts opérationnels (par exemple l'alimentation des animaux) ou structurels (les clôtures). Ceci peut expliquer qu'un certain nombre d'entre eux optent pour des stratégies de valorisation des produits *via* des cahiers des charges, tels que l'agriculture biologique ou des AOP, et/ou *via* la vente directe (Vollet et Said, 2018 ; Ulukan *et al.*, 2022). A titre d'exemple, sur la centaine d'exploitations européennes en polyélevage conduites en agriculture biologique (Ulukan *et al.*, 2021), 90% faisaient de la vente directe (les circuit-courts représentaient plus de la moitié du produit des ventes pour 60% d'entre elles), et la moitié de la transformation à la ferme (Benoit *et al.*, 2021). Ces voies de valorisation constituent donc un levier privilégié pour le polyélevage (Ulukan *et al.* 2022). Elles sont aussi un moyen de sensibiliser les distributeurs et les consommateurs aux atouts des exploitations de polyélevage pour les territoires. Ces modes de commercialisation révèlent également que les systèmes de polyélevage restent pour l'heure un marché de niche. Pour aller au-delà, un frein à lever sera le consentement des consommateurs à payer plus cher pour les produits issus de ces élevages. A notre connaissance, aucune étude n'a jusqu'ici abordé cette question. La tendance au déclasserement des prix des produits issus des élevages biologiques ou en AOP, observée en France depuis mi 2022, témoigne de son aspect critique et de la nécessité de l'explorer.

4.3. DES FREINS POLITIQUES ET REGLEMENTAIRES

D'autres types de freins sont d'ordre politique et réglementaires. Pour des raisons de prévention des risques sanitaires, la réglementation française interdit les interactions directes/de contacts entre les volailles et les autres espèces animales au sein d'un élevage pour éviter les risques de contaminations croisées à la salmonelle (JORF n°0034 du 10 février 2016). Même si ces risques sanitaires existent, il conviendrait de les analyser au regard des bénéfices escomptés, par exemple une diminution du risque de prédation sur les volailles lorsqu'elles exploitent les mêmes parcours que des ruminants. Dans certains pays européens, comme l'Allemagne (Schanz *et al.*, 2022), ces interactions directes sont autorisées.

Un autre frein institutionnel est lié à la prise en compte du polyélevage dans la statistique publique. Le recensement agricole en France se fonde sur les données d'orientations technico-économiques des exploitations (OTEX) qui restent globales. De plus, la catégorie « polyélevage » n'est pas clairement définie puisque le seul OTEX qui y renvoie s'intitule

« Polyculture, polyélevage, autre ». Dès lors, il est impossible d'identifier et de suivre l'évolution des exploitations de polyélevage en France, ce qui ajoute au faible nombre d'analyses et de références sur leur organisation, leur fonctionnement pluriannuel et leur insertion dans les circuits de commercialisation. L'utilisation de la typologie d'exploitations Inosys réalisée par les chambres d'agriculture en 2012 à partir des données du recensement agricole de 2010 permet de mieux identifier ces systèmes (Rapey *et al.*, 2018). La création d'une OTEX polyélevage distincte de l'OTEX polyculture-élevage permettrait de suivre de manière plus systématique l'évolution des caractéristiques et des performances de ces systèmes.

4.4. UN RESEAU DE RECHERCHE CONSEIL FORMATION MAJORITAIREMENT CENTRE SUR DES SYSTEMES D'ELEVAGE SPECIALISES

Une dernière catégorie de freins concerne le système de recherche-conseil-formation. Celui-ci repose encore sur la spécialisation des individus/acteurs dans un domaine particulier (par exemple l'alimentation, la santé...) et/ou une production (les bovins laitiers, les porcs...). Cette organisation « d'experts spécialistes de » rend difficile une approche multi-domaines et interspécifique des élevages, pourtant requise pour comprendre le fonctionnement et évaluer les performances des exploitations de polyélevage. Par ailleurs, comme cela a été observé dans le cas du croisement laitier (Magne et Quénon, 2021), le fait que les exploitations de polyélevage ne représentent qu'une faible part de la population d'éleveurs peut être un argument évoqué pour justifier le faible investissement de la recherche sur ces systèmes jusqu'à très récemment.

Par voie de conséquence, les conseillers et les enseignants ne disposent pas de suffisamment de références sur les performances de ces systèmes pour soutenir les éleveurs mixtes en activités, et informer ceux qui envisagent de se lancer. Le réseau de recherche-conseil-formation s'appuie encore beaucoup sur des normes socioprofessionnelles basées sur la spécialisation et les économies d'échelle, qu'il contribue ainsi à renforcer. Il convient donc d'inciter le système de R&D-formation-conseil à produire des connaissances sur les systèmes de polyélevage et à les intégrer comme des alternatives potentiellement prometteuses pour développer des systèmes d'élevage durables.

Cependant il faut souligner que le soutien financier apporté depuis 2014 à des projets de recherche sur la transition agroécologique des systèmes d'élevage, et l'intérêt de leur diversification constitue un levier important pour dépasser ce frein. Les résultats issus de ces travaux de recherche commencent à irriguer le système de conseil et de formation comme en témoignent certains outils et références produits dans le cadre des projets supports de cette synthèse, par exemple les pages consacrées aux systèmes d'élevage diversifiés¹ et à la mallette pédagogique sur les systèmes de polyélevage biologique².

¹ <https://www.encyclopediapratis.eu/product-category/newdeal/>

² <https://idele.fr/detail-article/mallette-pedagogique-sur-les-systemes-biologiques-en-polyelevation>

CONCLUSION

Plusieurs des références rapportées dans cette synthèse démontrent les atouts du polyélevage pour réduire les intrants nécessaires à la production de viande et de lait, et accroître la résilience des exploitations face à des aléas économiques ou liés au collectif de travail. A l'instar de l'agroécologie, il ne s'agit pas de disposer de solutions « clés en main » pour gérer des systèmes de polyélevage, mais plutôt de comprendre les mécanismes sous-jacents à leur fonctionnement, et de chercher une cohérence d'ensemble que l'éleveur arrive à gérer. Les performances des exploitations de polyélevage résultent en effet de choix combinés entre les modes de conduite des troupeaux et des parcelles, les modes de transformation et de commercialisation des produits, et les modes d'organisation du travail sur l'exploitation. Plutôt que de vouloir maximiser coûte que coûte la diversité au sein du système, la recherche des meilleurs compromis de durabilité peut conduire à renoncer aux bénéfices de certaines pratiques d'intégration au pâturage, au profit de gains escomptés sur les performances économiques et l'organisation du travail (Ulukan *et al.*, 2022). Ceci conforte les prédictions du modèle théorique proposé par Biggs *et al.* (2012) qui postule qu'il existerait un niveau optimal de diversité des systèmes qui maximise leur multi performance et la résilience des services écosystémiques qu'ils délivrent. En deçà de cet optimum, le système est trop simple pour tirer parti de la diversité des prairies, des cultures et des animaux élevés sur l'exploitation, et des interactions entre ateliers. Au-delà de l'optimum de diversité, le système possède certes ces capacités d'adaptation, mais il devient trop complexe à gérer de manière suffisamment précise pour que l'éleveur tire parti de l'ensemble de son potentiel.

Par ailleurs, le polyélevage aura besoin d'une reconnaissance et d'un fort soutien des décideurs publics pour qu'il se déploie à large échelle. A l'heure actuelle, les soutiens issus des politiques agricoles semblent insuffisants et peu adaptés à ce type de systèmes. Il ne faut *a priori* pas attendre de soutien des grands acteurs économiques agricoles (filières) qui n'ont pas intérêt à pousser à la diversification des exploitations. Les paiements pour services environnementaux sont quant à eux très critiqués pour leur manque d'ambition tant en volume, que vis-à-vis des résultats escomptés (Pe'er *et al.*, 2022). Or multiplier les ateliers au sein d'une ferme complexifie de façon notable sa gestion administrative, déjà importante vis-à-vis du montage des dossiers de soutien public. A l'avenir, faire reposer ces soutiens sur une obligation de résultats plutôt que sur les seuls moyens mis en œuvre devrait toutefois bénéficier aux exploitations de polyélevage qui peuvent générer des bénéfices environnementaux directs et indirects, et sont créatrices d'emploi.

Les travaux présentés dans cette synthèse ont été financés par le projet H2020 ERA net/CORE Organic MixEnable (Contract No. 727495), le projet PSDR4-Auvergne 2015-2020 new-DEAL, l'expérimentation système SALAMIX conduite sur le site INRAE de l'Herbipôle (Laqueuille, 63), le projet MEMIPAT conduit sur le même site et financé par le

département INRAE Phase et le projet new-DEAL, et le projet Strep du méta-programme INRAE GISA.

REFERENCES

- Aare A.K., Egmose J., Lund S., Huggaard-Nielsen H., 2021.** Opportunities and barriers in diversified farming and the use of agroecological principles in the Global North: The experience of Danish biodynamic farmers. *Agroecol. Sustain. Food Syst.*, 45, 390-416.
- Aigrain P., Agostini D., Lerbourg J., 2016.** Les exploitations agricoles comme combinaisons d'ateliers. AGRESTE, Les Dossiers n°32, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Paris, France, 35 pp.
- Benoit M., Sabatier R., Lasseur J., Creighton P., Dumont B., 2019.** Optimising economic and environmental performances of sheep-meat farms does not fully fit with the meat industry demands. *Agron. Sustain. Dev.*, 39, 40.
- Benoit M., Martin G., Bernes G., Blanc M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Grillot M., Ulukan D., Lang E., Magne M.A., Meischner T., Moerman M., Oehen B., Parsons D., Primi R., Schanz L., Steinmetz L., Veysset P., Winckler C., 2021.** A typology of European organic multi-species livestock farms. In: Pre-Conference on Animal Husbandry 6-7 September 2021 linked to the 20th Organic World Congress in Rennes, France on 8-10 September 2021 Organized by IFOAM Animal Husbandry Alliance (IAHA) <https://orgprints.org/id/eprint/40164/>
- Biggs R., Schlüter M., Biggs D., Bohensky E.L., Burn Silver 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.** Towards principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37, 421-448.
- Bigot G., Vial C., Fleurance G., Heydemann P., Palazon, R., 2018.** Productions et activités équines en France : quelles contributions à la durabilité de l'agriculture ? *INRA Prod. Anim.*, 31, 37-50.
- Cournut S., Chauvat S., 2012.** L'organisation du travail en exploitation d'élevage : analyse de 630 Bilans Travail réalisés dans huit filières animales. In : Numéro spécial, Travail en élevage. Hostiou N., Dedieu B., Baumont R. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 25, 101-112.
- Cournut S., Mugnier S., Husson C., 2022.** La mixité d'espèces contribue à sécuriser et régulariser l'approvisionnement des filières. *Renc. Rech. Rumin.*, 26 (ce volume).
- d'Alexis S., Sauvart D., Boval M., 2014.** Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: a quantitative review. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 152, 655-666.
- 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.
- Ducos, A., Douhard, F., Savietto, D., Sautier, S., Fillon, V., Gunia, M., Rupp, R., Moreno-Romieux, C., Mignon-Grasteau, S., Gilbert, H., Fortun-Lamothe, L., 2021.** Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage. *INRAE Prod. Anim.*, 34, 79-96.

- Dumont B., Rossignol N., Loucougaray G., Carrère P., Chadoeuf J., Fleurance G., Bonis A., Farruggia A., Gaucherand S., Ginane C., Louault F., Marion B., Mesléard F., Yavercovski N., 2012.** When does grazing generate stable vegetation patterns in temperate pastures? *Agric. Ecosyst. Environ.*, 153, 50-56.
- 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., Cournut S., Mosnier C., Mugnier S., Fleurance G., Bigot G., Forteau L., Veysset P., Rapey H., 2020a.** Comprendre les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. *INRAE Prod. Anim.*, 33, 173-188.
- Dumont B., Puillet L., Martin G., Savietto D., Aubin J., Ingrand S., Niderkorn V., Steinmetz L., Thomas M., 2020b.** Incorporating diversity into animal production systems can increase their performance and strengthen their resilience. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 109.
- Dumont B., Rossignol N., Huguenin-Elie O., Jeanneret P., Jerrentrup J.S., Lüscher G., Taugourdeau S., Villerd J., Plantureux S., 2022.** Simple assessment of temperate grassland suitability as habitat for three insect taxa. *Front. Sustain. Food Syst.* 6, 881410.
- Duru M., Therond O., 2014.** Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization? *Reg. Environ. Change*, 15, 1651-1665.
- Duval J., Cournut S., Hostiou N., 2021.** Livestock farmers' working conditions in agroecological farming systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 41, 22.
- Fleurance G., Duncan P., Farruggia A., Dumont B., Lecomte T., 2011.** Impact du pâturage équin sur la diversité floristique et faunistique des milieux pâturés. *Fourrages*, 207, 189-200.
- Fleurance G., Sallé G., Lansade L., Wimel L., Dumont B., 2022.** Comparing the effects of horse grazing alone or with cattle on horse parasitism and vegetation use in a mesophile pasture. *Grass For. Sci.*, 77, 175-188.
- Forteau L., 2019.** Accroître les performances des systèmes d'élevages de chevaux de selle par la mixité avec des bovins allaitants en zones herbagères. Thèse Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand, 191 p + annexes.
- Forteau L., Dumont B., Sallé G., Bigot G., Fleurance G., 2020.** Horses grazing with cattle have reduced strongyle egg count due to the dilution effect and increased resilience on macrocyclic lactones in mixed farms. *Animal*, 14, 1076-1082.
- Geels F.W., 2002.** Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multilevel perspective and a case-study. *Res. Policy*, 31, 1257-1274.
- Gliessman S.R., 1997.** Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Headley S.A., de Oliveira T.E.S., Cunha C.W., 2020.** A review of the epidemiological, clinical, and pathological aspects of malignant catarrhal fever in Brazil. *Braz. J. Microbiol.*, 51, 1405-1432.
- Jerrentrup S.J., Komainda M., Seither M., Cuchillo-Hilario M., Wrage-Mönning N., Isselstein J., 2020.** Diverse swards and mixed grazing of cattle and sheep for improved productivity. *Front. Sustain. Food Syst.*, 3, 125.
- Joly F., Benoit M., Martin R., Dumont B., 2021.** Biological operability, a new concept based on ergonomics to assess the pertinence of ecosystem services optimization practices. *Ecosyst. Services*, 50, 101320.
- Joly F., Note P., Barbet M., Jacquet P., Faure S., Benoit M., Dumont B., 2022.** Parasite dilution improves lamb growth more than does the complementarity of forage niches in a mesic pasture grazed by sheep and cattle. *Front. Anim. Sci.*, 3, 997815.
- López-í-Gelats F., Milán M.J., Bartolomé J., 2011.** Is farming enough in mountain areas? Farm diversification in the Pyrenees. *Land Use Pol.*, 28, 783-791.
- Loucougaray G., Bonis A., Bouzillé J.B., 2004.** Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. *Biol. Conserv.*, 116, 59-71.
- Magne M.A., Nozières-Petit M.O., Cournut S., Ollion E., Puillet L., Renaudeau D., Fortun-Lamothe L., 2019.** Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ? *INRA Prod. Anim.*, 32, 263-280.
- Magne M.A., Quénon J., 2021.** Dairy crossbreeding challenges the French dairy cattle sociotechnical regime. *Agron. Sustain. Dev.*, 41, 25.
- Mahieu M., 2013.** Effects of stocking rates on gastrointestinal nematode infection levels in a goat/cattle rotational grazing system. *Vet. Parasitol.*, 198, 136-144.
- Martin G., Barth K., Benoit M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Grillot M., Hübner S., Magne M.A., Moerman M., Mosnier C., Parsons D., Ronchi B., Schanz L., Steinmetz L., Werne S., Winckler C., Primi R., 2020.** Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. *Agric. Syst.*, 181, 102821.
- Meynard J.M., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., Charlier A., Messéan A., 2018.** Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agron. Sustain. Dev.*, 38, 54.
- Mischler P., 2019.** Effects of livestock species diversity on the economic performance of commercial farms compared to specialized ruminant farms. IDELE, <https://orgrprints.org/id/eprint/36705/>
- Modernel P., Picasso V., Do Carmo M., Rossing W.A.H., Corbeels M., Soca P., Dogliotti S., Tittonell P., 2019.** Grazing management for more resilient mixed livestock farming systems on native grasslands of southern South America. *Grass For. Sci.*, 74, 636-649.
- Moloney B.J., Whittington R.J., 2008.** Cross species transmission of ovine Johne's disease from sheep to cattle: an estimate of prevalence in exposed susceptible cattle. *Aust. Vet. J.*, 86, 117-123.
- Mori A.S., Furukawa T., Sasaki T., 2013.** Response diversity determines the resilience of ecosystems to environmental change. *Biol. Rev.*, 88, 349-364.
- Mosnier C., Duclos A., Agabriel J., Gac A., 2017.** Orfee: A bio-economic model to simulate integrated and intensive management of mixed crop-livestock

- farms and their greenhouse gas emissions. *Agric. Syst.*, 157, 202-215.
- Mosnier C., Benoit M., Minviel J.J., Veysset P., 2021.** Does mixing livestock farming enterprises improve farm and product sustainability? *Int. J. Agric. Sustain.*, 20, 312-326.
- Mugnier S., Husson C., Cournut S., 2021.** Why and how farmers manage mixed cattle-sheep farming systems and cope with economic, climatic and workforce-related hazards. *Renew. Agric. Food Syst.*, 36, 344-352.
- Pe'er G., Finn J.A., Díaz M., Birkenstock M., Lakner S., Röder N., Kazakova Y., Šumrada T., Bezák P., Concepción E.D., Dänhardt J., Morales M.B., Rac I., Špulerová J., Schindler S., Stavrinides M., Targetti S., Viaggi D., Vogiatzakis I.N., Guyomard H., 2022.** How can the European Common Policy help halt biodiversity loss? Recommendations by over 300 experts. *Conserv. Lett.*, e12901.
- Rapey H., Gendron P.J., Healy S., Hiriart-Durruty M., Veny N., Miquel M., Bonestebe M., Dumont B., 2018.** La diversité de l'élevage de ruminants au sein des territoires. L'exemple de la région Auvergne-Rhône-Alpes. *Econ. Rur.*, 365, 89-102.
- Rogdo T., Hektoen L., Slettemeås J.S., Jørgensen H.J., Østerås O., Fjeldaas T., 2012.** Possible cross-infection of *Dichelobacter nodosus* between co-grazing sheep and cattle. *Acta Vet. Scand.*, 54, 19.
- Roguet C., Gaigné C., Chatellier V., Cariou S., Carlier M., Chenut R., Daniel K., Perrot C., 2015.** Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes : état des lieux et facteurs explicatifs. *INRA Prod. Anim.*, 28, 5-22.
- Rufino M.C., Hengsdijk H., Verhagen J.M.F., 2009.** Analysing interaction and diversity in agroecosystems by using indicators of network analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 84, 229-247.
- Schanz L., Hintze S., Hübner S., Barth K., Winckler C., 2022.** Single- and multi-species groups: A descriptive study of cattle and broiler behaviour on pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 257, 105779.
- Sehested J., Søgaard K., Danielsen V., Roepstorff A., Monrad J., 2004.** Grazing with heifers and sows alone or mixed: herbage quality, sward structure and animal weight gain. *Livest. Prod. Sci.*, 88, 223-238.
- Stachurski F., Gourreau J.M., 1988.** La fièvre catarrhale maligne des bovins (*Coryza gangreneux*). *Le Point Vétérinaire*, 20, 55-73.
- Steinmetz L., Veysset P., Benoit M., Dumont B., 2021.** Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies livestock farms. *Agron. Sustain. Dev.*, 41, 42.
- Ulukan D., Steinmetz L., Moerman M., Bernes G., Blanc M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Lang E., Meischner T., Moraine M., Oehen B., Parsons D., Primi R., Ronchi B., Schanz L., Vanwindakens F., Veysset P., Winckler C., Martin G., Benoit M., 2021.** Survey Data on European Organic Multi-Species Livestock Farms. *Front. Sustain. Food Syst.*, 5, 685778.
- Ulukan D., Grillot M., Benoit M., Bernes G., Dumont B., Magne M.A., Monteiro L., Parsons D., Veysset P., Ryschawy J., Steinmetz L., Martin G., 2022.** Positive deviant strategies implemented by organic multi-species livestock farms in Europe. *Agric. Syst.*, 201, 103453.
- Veysset P., Prache S., Vazeille K., D'hour P., 2016.** Grassland production systems: combining animal species and crossbreeding to strengthen sustainability? In: Book of Abstract of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Belfast, 29 August – 2 September 2016, p. 386.
- Vollet D., Said S., 2018.** Vers l'identification de paniers de biens et de services liés à la demande locale dans les territoires d'élevage : illustration à partir de la Planèze de Saint Flour et du bocage bourbonnais. *Géocarrefour*, 92/3/2018
- Wang L., Delgado-Baquerizo M., Wang D., Isbell F., Liu J., Feng C., Liu J., Zhong Z., Zhu H., Yuan X., Chang Q., Liu C., 2019.** Diversifying livestock promotes multidiversity and multifunctionality in managed grasslands. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 116, 6187-6192.
- Yin T., Bapst B., Borstel U.U.v., Simianer H., König S., 2012.** Genetic parameters for Gaussian and categorical traits in organic and low input dairy cattle herds based on random regression methodology. *Livest. Sci.*, 147, 159-169.