LA REVUE INRAE PRODUCTIONS ANIMALES

INRAE

INRAE Prod. Anim.,
2026, 39(3), 9559

Vers un cadre d'analyse multidimensionnel des risques pour les systèmes d'élevage pastoraux à l'interface avec la faune sauvage

Morgane VIRAPIN[1, 2], Enrico STURARO[2], Gilles BRUNSCHWIG[1]

[1]Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France
[2]Département d'agronomie, des sciences alimentaires, des ressources naturelles, des animaux et de l'environnement, Université de Padoue, Legnaro, Italie

Courriel : morgane.virapin@vetagro-sup.fr

Les risques encourus par les systèmes d'élevage pastoraux à l'interface avec la faune sauvage sont encore peu appréhendés dans leur complexité et leurs interactions. L'analyse de la littérature scientifique permet d'identifier les principaux types de risques et de caractériser leurs interconnexions. La mise en évidence des vulnérabilités écologiques, sanitaires, économiques et institutionnelles qui structurent les dynamiques de risques à cette interface ouvre des pistes pour des stratégies de coexistence durable face aux défis du changement global.

Introduction

Les systèmes d'élevage pastoraux jouent un rôle central dans les systèmes socio-écologiques mondiaux. Fondés sur l'utilisation extensive des habitats naturels, la mobilité des troupeaux et de faibles niveaux d'intrants, ils reposent sur des pratiques de gestion adaptative des ressources des parcours, souvent complétées par des activités agricoles. Toutefois, ces systèmes sont exposés à une diversité des pressions socio-environnementales liées aux changements globaux, telles que la variabilité climatique, la dégradation des parcours et les transformations de l'usage des terres, les politiques de conservation et la marginalisation institutionnelle, ou encore la volatilité des marchés (Desta & Coppock, 2004). Ces dynamiques menacent leur résilience et redéfinissent les fondements écologiques et institutionnels dont ils dépendent (Nori & Scoones, 2019).

Dans ce contexte, les systèmes pastoraux se trouvent au cœur de débats contrastés concernant leur durabilité et leurs rôles dans les transitions environnementales. D'une part, ils sont de plus en plus reconnus pour leur contribution au maintien des services écosystémiques, à la préservation des paysages ouverts et à la production alimentaire à faibles intrants, résiliente face au changement climatique (Fernández-Giménez *et al.*, 2000). D'autre part, ils sont souvent critiqués pour leur vulnérabilité aux fluctuations des marchés et leur contribution à la dégradation des terres et aux émissions de gaz à effet de serre (Herrero *et al.*, 2011). Le pastoralisme a également longtemps été perçu comme un facteur de surpâturage, de désertification, de compétition avec la faune sauvage pour l'accès aux ressources, et comme une menace directe pour la biodiversité (Alkemade *et al.*, 2012). Cette vision a alimenté des politiques promouvant une séparation stricte entre conservation et production, conduisant parfois à l'exclusion des communautés pastorales des aires protégées, à des politiques de sédentarisation forcée et à des restrictions d'accès aux ressources (Igoe & Brockington, 2002). En raison de leur forte dépendance à l'accès aux ressources naturelles et de leurs interactions régulières avec les populations animales sauvages, les systèmes pastoraux se situent au cœur d'interfaces écologiques partagées, où leur compatibilité avec les objectifs de conservation de la biodiversité est constamment questionnée (Niamir-Fuller *et al.*, 2012). En effet, leur proximité avec la faune sauvage génère à la fois des interdépendances écologiques et des interactions conflictuelles, telles que la prédation, la transmission de maladies, la compétition pour les ressources et les conflits d'usage des terres (Barroso & Zanet, 2024). Pris dans ces débats globaux, exposés à des pressions climatiques, écologiques, économiques et institutionnelles convergentes, et situés au

cœur d'interfaces socio-écologiques complexes, les systèmes pastoraux apparaissent de plus en plus vulnérables (Niamir-Fuller *et al.*, 2012). Comprendre la manière dont ces risques émergent, interagissent et sont gérés au sein des systèmes pastoraux et de parcours est donc essentiel pour développer des stratégies adaptatives favorisant la coexistence entre les activités pastorales, la faune sauvage et les sociétés humaines.

À partir d'une revue systématique de la littérature portant sur les interfaces faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux (Virapin *et al.*, 2026), il apparaît que les risques sont majoritairement abordés de manière fragmentée, sans prendre pleinement en compte la complexité de cette interface. Dans cet article, nous proposons ainsi un cadre destiné à structurer et analyser les principaux risques affectant les systèmes pastoraux à l'interface entre la faune sauvage et les systèmes d'élevage, en identifiant leurs modes d'interaction et leurs implications pour les systèmes pastoraux. Notre démarche s'appuie sur les questions de recherche suivantes : quels sont les principaux risques à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux ? Comment ces risques interagissent-ils entre eux ? De quelle manière sont-ils pris en compte dans les stratégies de gestion et d'adaptation ? L'article est structuré comme suit : 1) présentation de la méthodologie et du corpus de données, 2) analyse des risques identifiés, et 3) discussion des dynamiques à l'interface faune sauvage – système d'élevage pastoral, en vue de favoriser une coexistence durable entre les activités pastorales et la présence de la faune sauvage.

1. Mise en œuvre de la revue de la littérature

Cette étude s'appuie sur une revue de littérature structurée visant à analyser les risques à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux. La méthodologie adoptée combine la définition des concepts mobilisés, une stratégie de recherche bibliographique explicite et une analyse qualitative du corpus sélectionné. Les différentes étapes de cette démarche sont détaillées dans les sections suivantes.

■ 1.1. Stratégie de recherche bibliographique et concepts mobilisés

a. Définition des concepts clés

L'élaboration de notre stratégie de recherche d'études de cas s'est appuyée sur une approche itérative, fondée sur le développement successif de plusieurs cadres conceptuels visant à structurer la problématique et à construire notre équation de recherche. Cette démarche a permis d'affiner progressivement les concepts mobilisés et leurs articulations afin de rendre compte de la diversité des situations documentées à l'interface entre faune sauvage et système d'élevage pastoral.

Le plan de concept final s'articule ainsi autour de quatre concepts clés qui structurent la recherche bibliographique et l'identification du corpus analysé :

i) la *faune sauvage* entendue comme l'ensemble des espèces animales vivant en liberté et coexistant, de manière directe ou indirecte, avec les troupeaux domestiques au sein des territoires pastoraux ;

ii) le *pastoralisme*, appréhendé à travers les systèmes d'élevage extensif reposant majoritairement sur l'utilisation de ressources naturelles pâturées ;

iii) l'*interface*, considérée comme la zone de contact et d'interactions entre faune sauvage et bétail domestique ;

iv) enfin, le *risque*, mobilisé ici comme un concept transversal.

Pour les besoins de la recherche bibliographique, ce concept a été décliné en plusieurs entrées thématiques correspondant aux principales formes de matérialisation des risques documentées dans la littérature, telles que la prédation, la compétition pour les ressources, les maladies, les impacts économiques ainsi que les dimensions sociales (tensions, conflits, coexistence) et les dynamiques liées au changement climatique. Une catégorie générale dénommée « risque » a également été incluse pour couvrir les approches transversales ou systémiques. Cette déclinaison du concept de risque s'explique notamment par sa complexité intrinsèque, qui ne permet pas d'en faire un concept unique homogène. Cette structuration permet d'appréhender à la fois les facettes générales et les expressions spécifiques des risques à l'interface faune sauvage – système d'élevage pastoral.

b. Cadre conceptuel d'analyse des risques

Dans cette revue, nous mobilisons une approche analytique du risque visant à caractériser et à articuler les aléas, les vulnérabilités et leurs impacts au sein des systèmes d'élevage pastoraux. Le risque est compris au sens large comme la combinaison d'un aléa et d'une vulnérabilité, susceptible de produire des impacts sur ces systèmes.

Les aléas désignent des évènements, processus ou pressions potentiellement dommageables, d'origine naturelle, biologique, économique ou institutionnelle susceptibles d'affecter les systèmes pastoraux. À l'interface avec la faune sauvage, ces aléas peuvent notamment inclure la prédation, la circulation d'agents pathogènes, la compétition pour les ressources, ou encore les dynamiques environnementales et climatiques (Blaikie *et al.*, 1994).

La vulnérabilité renvoie au degré de sensibilité des systèmes pastoraux face à ces aléas, en fonction de leurs caractéristiques écologiques, techniques, socio-économiques et institutionnelles, qui déterminent leur capacité à limiter les dommages associés à ces aléas. Ces différentes dimensions conditionnent également la résilience des systèmes, c'est-à-dire leur capacité à absorber les perturbations, à s'adapter et à maintenir leurs fonctions essentielles (Adger, 2006).

Les impacts renvoient quant à eux aux effets concrets et observables de la matérialisation des risques sur les systèmes pastoraux, leurs composantes écologiques, socio-économiques et institutionnelles, ainsi que sur leur capacité de résilience. En ce sens, ils peuvent se traduire par des pertes de bétail, des modifications des pratiques d'élevage,

des coûts économiques accrus ou des transformations des relations sociales et institutionnelles.

Certaines formes d'impacts peuvent se traduire par des conflits, entendus ici comme des relations antagonistes entre acteurs humains résultant de la coexistence d'usages, d'intérêts et de dynamiques considérés comme incompatibles au sein d'un même système socio-écologique et se traduisant par des tensions, des oppositions ou des pratiques de confrontation (Dickman, 2010). Ces conflits doivent également être replacés dans leur contexte culturel. Toute pratique est par définition culturellement située, et ancrée dans un système de valeurs, de représentations, de normes et de savoirs, structurant ainsi les relations des acteurs humains au vivant, à la faune sauvage et aux territoires (Douglas & Wildavsky, 1987 ; Slovic, 1987). Dans les contextes pastoraux, ces systèmes de valeurs, de représentations, de normes et de savoirs influencent la prise en compte des risques ainsi que les formes de tolérance ou de rejet de la faune sauvage, sans oublier l'acceptabilité des dispositifs de gestion et des politiques de conservation (Manfredo & Dayer, 2004).

En ce sens, cette interface entre la faune sauvage et le système d'élevage constitue une entrée d'analyse pertinente car elle permet d'appréhender conjointement les processus écologiques, socio-économiques et institutionnels qui façonnent des risques interdépendants au sein des socio-écosystèmes pastoraux. Son analyse permet de mettre en lumière la manière dont les processus écologiques, socio-économiques et institutionnels interagissent pour moduler la résilience et la vulnérabilité des systèmes pastoraux. Toutefois, les cadres analytiques capables de saisir cette multidimensionnalité demeurent rares. En effet, une lecture exclusivement centrée sur un conflit entre pastoralisme et faune sauvage ne permet pas de rendre compte de l'ensemble des interactions structurant cette interface. Aborder celle-ci sous l'angle de l'interdépendance et de la coexistence permettrait d'intégrer à la fois les conflits, les complémentarités et les mécanismes d'adaptation qui la façonnent (Redpath *et al.*, 2013 ; Carter & Linnell, 2016). Le développement d'un cadre d'analyse des risques multiples à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux apparaît ainsi indispensable pour mieux identifier ces derniers et leurs interconnexions, et pour rendre compte des stratégies de gestion favorisant la coadaptation et la résilience des systèmes pastoraux et des populations de faune sauvage.

■ 1.2. Équations de recherches et sélection des articles

L'équation de recherche principale, dérivée des cadres conceptuels : ((« *wildlife* » OR « *wild ungulates* ») AND (« *livestock* » OR « *pastoralism* ») AND (« *risk* » OR « *hazard* » OR « *threat* » OR « *wildlife-livestock interface* » OR « *wildlife-livestock interactions* » OR « *disease transmission* » OR « *pathogens* » OR « *zoonoses* » OR « *parasites* » OR « *predation* » OR « *depredation* » OR « *carnivore* » OR « *competition* » OR « *habitat overlap* » OR « *forage* » OR « *economic impact* » OR « *economic losses* » OR « *human-wildlife* » OR « *conflict* » OR « *coexistence* » OR « *climate* » OR « *water resources* » OR « *water points* »)).

La recherche documentaire a été menée *via* la base *Web of Science*. Des ressources complémentaires (*Scopus*, *Science Direct*, *HAL*, *Wiley*) et des échanges avec des experts ont permis d'identifier des références additionnelles, récentes ou peu diffusées. Pour affiner l'analyse et couvrir les différentes dimensions du sujet, l'équation principale de recherche a été déclinée en huit sous-équations thématiques. Cette approche a permis d'explorer plus finement les notions clés qui la composent, tout en assurant une couverture cohérente et ciblée de la littérature. Chaque sous-équation intègre systématiquement les deux concepts centraux de cet article : le pastoralisme et la faune sauvage (concepts 1 et 2), pour garantir la pertinence des publications retenues par rapport à notre objet d'étude. Les concepts liés à l'interface (concept 3) et aux risques (concept 4) ont été considérés comme des entrées thématiques à décliner. Chaque sous-équation a donné lieu à une recherche bibliographique ciblée et à une extraction spécifique des références obtenues. La période couverte s'étend de 2010 à 2025 en raison de la faible prédominance de publications avant cette date et de l'augmentation du nombre de publications à partir de celle-ci (entre 1990 et 2010 : seulement 10 % des publications, moins de 100 publications par an). Seuls les articles scientifiques et les revues ont été inclus dans l'analyse (98 % des publications), avec un filtrage supplémentaire selon les catégories scientifiques pertinentes (*Ecology*, *Biodiversity Conservation*, *Environmental Sciences*, *Agricultural Multidisciplinary Sciences*, *Zoology*), ainsi que des catégories d'intérêts complémentaires permettant d'intégrer les dimensions sanitaires, économiques et sociales des risques (*Public* Environmental Occupational Health, *Economics*, *Geography*, *Veterinary Sciences*, *Parasitology*, *Infectious Diseases*, *Sociology*). Cette sélection a conduit à la constitution d'une première base de données qualifiée, dite Bronze, comprenant 6 078 références.

Une classification thématique a ensuite été réalisée pour chaque sous-base de données à l'aide du logiciel de clustering Carrot[2]. Cet outil *open source*, fondé sur des techniques de traitement automatique du langage naturel, permet le regroupement automatique de corpus textuels en ensembles thématiques cohérents. Plusieurs paramètres ont été ajustés afin d'optimiser la qualité des regroupements, notamment la gestion des termes à forte fréquence, le nombre de clusters souhaité et le choix des algorithmes de clustering. La cohérence des principaux groupes thématiques a également été vérifiée de manière qualitative sur un sous-ensemble de données, afin de s'assurer que la classification automatique reflétait des distinctions thématiques pertinentes au regard de l'objet de l'étude. À partir de cette classification, les clusters les plus représentatifs (en termes de volume de publications) ont été retenus pour chaque sous-base, ainsi que certains clusters de plus petite taille présentant un intérêt particulier pour l'analyse, notamment ceux traitant explicitement de l'interface faune

sauvage – système d'élevage ou de notions peu documentées mais centrales pour cette étude. Une analyse manuelle des titres et des résumés des articles appartenant à ces clusters a ensuite été conduite afin d'affiner la sélection sur la base de critères thématiques et contextuels.

La sélection des publications a ensuite été guidée par un principe central : identifier des études portant sur des contextes socio-écologiques dans lesquels les interactions entre l'élevage et la faune sauvage génèrent des risques. Les articles centrés sur des espèces tropicales humides ou aquatiques (telles que celles des forêts équatoriales ou des écosystèmes marins) ont été exclus en raison de leur applicabilité limitée au contexte étudié. L'analyse s'est concentrée sur des espèces communément associées aux écosystèmes pastoraux, définis ici comme des paysages ouverts ou semi-arides où le pâturage constitue un usage dominant du sol. Ces espèces incluent notamment les grands carnivores (loups, ours, lynx, lions…) et les grands herbivores (ongulés tels que les antilopes, chamois, bouquetins…), qui interagissent généralement avec les troupeaux domestiques par des mécanismes de prédation, de compétition pour les ressources fourragères ou de circulation partagée de pathogènes. La sélection de ces taxons repose sur leur récurrence au sein du corpus analysé. Les études menées en milieux arides ou désertiques ont également été retenues en raison de leurs dynamiques éco-anthropiques marquées par de fortes contraintes sur les ressources naturelles, des situations de marginalité territoriale, des conflits d'usage du sol et une forte capacité d'adaptation des systèmes pastoraux. Ce choix permet d'intégrer des formes alternatives de résilience observées dans des écosystèmes présentant des niveaux de vulnérabilité comparables. Les publications les plus pertinentes au regard de chacun des risques identifiés ont constitué le socle de cette sélection. Une attention particulière a été portée aux articles croisant plusieurs types de risques (par exemple : prédation et impact économique ; maladies et changement climatique) ainsi qu'aux publications adoptant une approche systémique et intégrée afin de mieux saisir la complexité des interactions, des dynamiques, des représentations et des stratégies liées à l'interface faune sauvage – système d'élevage pastoral. Cette sélection a permis d'identifier 350 études pertinentes (base Silver), puis d'aboutir à 150 références retenues pour une analyse approfondie (base Gold).

■ 1.3. Analyse des publications : élaboration d'un cadre analytique des risques

L'analyse des publications issues des bases Silver puis Gold s'est appuyée sur une lecture approfondie et comparative des articles sélectionnés, dans le but d'identifier comment les risques à l'interface faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux sont définis, caractérisés et articulés dans la littérature scientifique. Cette étape s'inscrit dans une démarche exploratoire, cohérente avec l'objectif de cartographier un champ de recherche hétérogène plutôt que de produire une typologie normative des risques. À cette fin, une analyse thématique des contenus a été réalisée, portant notamment sur les phénomènes étudiés, les dimensions mobilisées ainsi que sur les échelles d'analyse et les mécanismes d'interaction décrits. Les thèmes identifiés ont ensuite été regroupés de manière analytique en fonction de leurs proximités conceptuelles et des logiques de causalité mises en avant dans les publications. Ce travail a conduit à la mise en évidence de trois grandes catégories analytiques, qui reflètent des registres dominants de traitement des risques dans la littérature, sans prétendre à une homogénéité conceptuelle stricte ni à une exhaustivité :

i) les *risques biologiques et écologiques* incluant notamment les zoonoses et parasitoses, la prédation par la faune sauvage et les phénomènes de compétition pour les ressources. Ces travaux se concentrent principalement sur les interactions directes entre faune sauvage et troupeaux domestiques, et sur leurs impacts sur la santé, les performances et la conduite des troupeaux ;

ii) les *risques socio-économiques*, qui regroupent les pertes financières associées aux interactions avec la faune sauvage, les impacts sur les conditions de travail et le bien-être des éleveurs, ainsi que les tensions et conflits entre acteurs humains autour de la gestion de la faune et des systèmes pastoraux. Dans cette catégorie, les risques sont majoritairement appréhendés à travers leurs impacts économiques, sociaux et psychosociaux, et les vulnérabilités socio-économiques des systèmes pastoraux ;

iii) les *risques systémiques et amplificateurs*, qui renvoient à des dynamiques de fond susceptibles de renforcer ou de reconfigurer les risques identifiés dans les deux catégories précédentes. Il s'agit notamment du changement climatique, des mutations sociétales et institutionnelles, ainsi que des processus de pertes et de fragmentation des habitats. Ces travaux mettent en évidence des facteurs structurels qui influencent les conditions d'exposition et de vulnérabilité des systèmes pastoraux, sans constituer des risques indépendants au sens strict.

Cette structure analytique constitue une grille de lecture issue de l'analyse du corpus, permettant d'organiser l'argumentation développée dans les parties Résultats et Discussion, tout en mettant en évidence les interrelations entre les différentes dimensions des risques à l'interface faune sauvage – système d'élevage. Au total, 59 références issues des 150 publications identifiées dans la base Gold ont été mobilisées pour étayer l'analyse présentée dans cet article. Cette sélection s'appuie sur leur pertinence directe pour le corpus étudié, d'autres références étant mobilisées dans les sections conceptuelles et la discussion.

2. Analyse des trois grandes catégories de risques

Cette partie s'appuie sur l'analyse qualitative et thématique des publications des bases Silver et Gold et restitue la manière dont la littérature scientifique caractérise les risques pesant sur les systèmes d'élevage pastoraux liés à l'interface avec la

faune sauvage. Si l'analyse est centrée méthodologiquement sur les risques pesant sur les systèmes pastoraux, les résultats mettent en évidence que ces risques ne peuvent être pleinement compris qu'en les replaçant dans le fonctionnement plus large de systèmes socio-écologiques intégrant faune sauvage, animaux domestiques et acteurs humains.

■ 2.1. Des risques biologiques et écologiques

Les risques biologiques et écologiques à l'interface faune sauvage – système d'élevage renvoient à trois grandes dimensions : les risques liés à la santé animale et le risque de prédation qui perturbent les équilibres entre éleveurs et faune sauvage ainsi que les risques liés à l'usage des ressources naturelles partagées.

a. Les risques biologiques et écologiques liés aux dynamiques épidémiologiques

Les interfaces entre élevages pastoraux et faune sauvage constituent des espaces épidémiologiques dynamiques, caractérisés par la coexistence d'une grande diversité d'hôtes et par des interactions directes et indirectes favorisant la circulation d'agents pathogènes d'origines diverses. Ces interfaces, marquées par des usages partagés de l'espace (pâturages, points d'eau, abris), et par la mobilité des animaux, créent des conditions propices à la persistance et à la transmission de maladies affectant les animaux domestiques, la faune sauvage et, dans certains cas, les populations humaines.

Une continuité épidémiologique entre faune sauvage et troupeaux domestiques

Plusieurs études soulignent une réelle continuité épidémiologique entre espèces sauvages et domestiques, reposant sur des cycles de pathogènes partagés, des réservoirs multiples et des vecteurs communs. Anderson *et al.* (2011) mettent en évidence, dans la vallée de Luangwa (Zambie) une circulation active de trypanosomes entre une grande diversité d'hôtes sauvages (antilopes, buffles, lions, léopards), véhiculée par la mouche tsé-tsé (*Glossina* spp.). De même, Smith & Parker (2010) montrent que la tique *Rhipicephalus appendiculatus*, vectrice de la Maladie du corridor (*Corridor disease*), est strictement associée aux zones de cohabitation faune-bétail (notamment dans une zone étroite de déplacement du bétail par les communautés de pasteurs entre l'Ouganda, le Kenya et la Tanzanie), attestant du rôle de ces interfaces partagées dans le maintien de cycles parasitaires complexes. Plus largement, Barone *et al.* (2020) identifient les ruminants sauvages comme réservoirs significatifs de nématodes gastro-intestinaux pour les animaux d'élevage tandis que Vasileiou *et al.* (2015) mettent en évidence une forte similarité parasitaire entre les petits ruminants domestiques et la faune sauvage. Cette convergence parasitaire résulterait de contacts indirects fréquents et de l'usage commun des ressources pastorales.

Le rôle du partage des ressources et de l'environnement dans l'intensification des transmissions

Le partage des ressources naturelles constitue un facteur clé d'intensification des contacts épidémiologiques. Plusieurs travaux identifient les points d'eau et les zones de pâture comme des points chauds de transmission, favorisant les contacts indirects entre espèces et la persistance environnementale des agents pathogènes. Berggoetz *et al.* (2014) identifient notamment que ces espaces concentrent les interactions interspécifiques, tandis que Titcomb *et al.* (2021) soulignent le rôle des points d'eau comme des nœuds épidémiologiques, facilitant la transmission environnementale des œufs, larves et vecteurs. La distribution spatiotemporelle des agents pathogènes est également influencée par les saisons sèches, la fragmentation des habitats, et les épisodes de stress écologique (sécheresse, surpâturage), qui tendent à concentrer les animaux autour de ressources rares et à accroître la probabilité de transmission.

Des vulnérabilités sanitaires systémiques et des enjeux autour de la santé animale et humaine

Au-delà des cycles pathogènes spécifiques, l'interface faune sauvage – système d'élevage pastoral constitue un espace majeur d'émergence et de circulation de zoonoses, du fait de la coexistence étroite entre espèces animales sauvages, domestiques et humaines. Plusieurs travaux révèlent des vulnérabilités sanitaires systémiques. Katale *et al.* (2013) décrivent, dans l'écosystème du Serengeti (Tanzanie), la cooccurrence de la tuberculose bovine (*Mycobacterium bovis),* chez les buffles et bovins domestiques dans le Serengeti. Ils soulignent l'effet amplificateur du partage des ressources naturelles, notamment des zones de vie, de pâturage et d'abreuvement sur la persistance et la transmission de maladies. Mbizeni *et al.* (2013) ajoutent par ailleurs que l'absence de barrière physique (clôtures, zonages, régulations sanitaires) accentuent la propagation et la persistance significative de pathogènes exacerbant ainsi les vulnérabilités structurelles propres aux systèmes extensifs. Ces dynamiques sont renforcées par des facteurs globaux tels que la fragmentation des habitats, la mondialisation des échanges et le changement climatique, qui contribuent à l'émergence et la reconfiguration des risques sanitaires aux interfaces faune sauvage – système d'élevage pastoral (Meurens *et al.*, 2021). Ainsi, les interfaces entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux apparaissent comme de véritables systèmes épidémiologiques dynamiques, interconnectées du local au global. Elles sont notamment structurées par la diversité des hôtes, la fréquence et la nature des interactions spatiales, les mobilités animales, ainsi que par les transformations environnementales, sanitaires et sociales.

b. Le risque de prédation : des interfaces de conflits et de tension avec la faune sauvage

Outre les impacts économiques qu'elle entraîne (voir § 2.2), la prédation agit ainsi comme un facteur de transformation structurelle des pratiques d'élevage, réorganisant à la fois les stratégies

de production, les calendriers d'activité et les arbitrages économiques des systèmes pastoraux.

Plusieurs travaux mettent en évidence le caractère fortement contextuel et variable de la prédation, en fonction des saisons, de la configuration paysagère et de la disponibilité des ressources. Beattie *et al.* (2020) montrent ainsi, dans un contexte multi-usage en Tanzanie, que les attaques de lions se concentrent en saison sèche dans les zones de végétation dense, tandis qu'en saison humide elles sont plus fréquentes à proximité des enclos. Dans les deux cas, la proximité des points d'eau accroît le risque. Ces résultats soulignent que le caractère variable de la prédation dépend à la fois de l'abondance des proies, de leur accessibilité et des usages humains de l'espace. Face à cette variabilité, les éleveurs adaptent leurs pratiques en intensifiant les mesures de prévention : amélioration des enclos nocturnes, renforcement de la surveillance, usage accru de chiens de garde, ou encore modification des horaires et de lieux de pâturages. Par exemple, les éleveurs autour du parc national des monts Balé en Éthiopie ajustent les itinéraires et temporalités du pâturage pour limiter leur exposition aux prédateurs (Sebsibe, 2022). En France, les dispositifs combinant barrières physiques (clôtures électrifiées) et surveillance active (chiens de protection ou présence humaine renforcée) sont largement préconisés. Les approches multifonctionnelles apparaissent globalement plus efficaces que les solutions isolées, mais leur mise en œuvre implique des coûts humains, organisationnels et économiques importants, susceptibles de freiner leur adoption à grande échelle (Bruns *et al.*, 2020).

Toutefois, la prédation ne saurait être appréhendée comme un phénomène statique. De nombreux travaux soulignent la capacité des grands carnivores à ajuster leurs comportements en réponse aux pratiques pastorales et aux dispositifs de protection. D'autres dispositifs non létaux, comme les fladry (banderoles visuelles) ont également montré un certain potentiel pour dissuader temporairement les prédateurs. Windell *et al.* (2022) montrent par exemple que les coyotes, après une phase d'évitement initial, développent des stratégies de contournement ou d'exploration des zones protégées, illustrant des phénomènes d'apprentissage et d'habituation. Ces dynamiques d'adaptation des prédateurs contribuent à expliquer la variabilité spatiotemporelle des attaques et les limites de certaines mesures techniques lorsqu'elles sont mises en œuvre de manière isolée.

Certaines initiatives s'inscrivent dès lors dans des approches plus collaboratives, à l'image de *Wood River Wolf Project* aux États-Unis, qui repose sur la coopération entre éleveurs, ONG et autorités pour tester et diffuser ces outils non létaux dans une perspective de coexistence. Toutefois, les outils techniques ne suffisent pas, à eux seuls, à assurer une coexistence durable. Leur acceptabilité et leur efficacité dépendent également de facteurs sociaux et institutionnels, tels que la confiance entre acteurs, les modalités de gouvernance, l'adaptation aux contextes locaux et l'engagement dans le temps (Martin, 2021).

Ainsi, bien que les éleveurs reconnaissent l'importance des compensations financières pour les pertes de bétail dues aux attaques [de loups], ces mesures ne suffisent pas à améliorer significativement leur tolérance envers les grands prédateurs (Milheiras & Hodge, 2011). Bautista *et al.* (2019) soulignent notamment que les attaques de prédateurs sont fréquemment considérées comme un symptôme d'un déséquilibre dans les politiques de conservation, jugées plus protectrices envers la faune qu'envers les besoins des communautés locales. Ces points de vue sont d'autant plus marqués dans les contextes où l'accès aux dispositifs de compensation est limité, inégal ou bureaucratisé. Álvares *et al.* (2011), démontrent aussi que les représentations symboliques et culturelles du loup influencent fortement la tolérance sociale, indépendamment des pertes économiques réelles. Leur étude, dans la péninsule Ibérique, met notamment en lumière un héritage ethnographique riche, façonné par des siècles de cohabitation entre les communautés pastorales et le loup. Ce patrimoine immatériel, constitué de mythes, de récits et de pratiques traditionnelles, contribue à forger deux représentations contrastées : celle du loup comme une menace concrète et celle d'un animal porteur de significations symboliques. Ces représentations soulignent l'importance d'intégrer les dimensions culturelles dans les stratégies de conservation et de gestion du conflit. Álvares *et al.* (2011) soulignent ainsi que les enjeux culturels sont tout aussi importants que les pertes économiques réelles. De même, Jacobsen *et al.* (2021) soulignent que le vécu, les croyances et l'histoire de cohabitation façonnent la conflictualité, parfois plus que les pertes tangibles. Leurs enquêtes montrent que les variables émotionnelles et culturelles sont parfois plus décisives que les indicateurs socio-économiques. Ces constats appellent à une approche plus holistique de la coexistence, qui tienne compte des dimensions subjectives et symboliques du rapport entre humains et carnivores.

La prédation apparaît ainsi comme un phénomène socio-écologique complexe, situé à l'intersection des usages du territoire, des dynamiques écologiques, des dispositifs de gestion et des rapports sociaux à la faune sauvage. Cette complexité contribue à expliquer pourquoi certaines politiques de gestion du risque, centrées sur la compensation financière ou la mise en place de dispositifs techniques, peinent à être acceptées localement. Elles sont parfois considérées comme déconnectées des réalités vécues par les éleveurs, ou comme insuffisantes face à un sentiment d'injustice, de perte de contrôle ou de marginalisation dans la gouvernance de la faune sauvage. Ces tensions peuvent alors conduire à des réponses directes, telles que le piégeage, l'empoisonnement ou les tirs de représailles. Si ces pratiques peuvent être considérées comme des moyens de réduire le risque de prédation ou de reprendre le contrôle de la situation, elles peuvent compromettre à la fois les populations de prédateurs, les objectifs de conservation et alimenter durablement des tensions entre acteurs (Thinley *et al.*, 2021).

c. Le risque de compétition pour les ressources : des interfaces écologiques partagées

Dans de nombreux territoires à forte cohabitation entre faune sauvage et systèmes d'élevage extensif, la compétition pour les ressources essentielles, telles que les pâturages et les points d'eau, engendre une dynamique conflictuelle.

Martinez *et al.* (2024) démontrent comment les sécheresses saisonnières forcent herbivores sauvages et bétail à se regrouper autour des mêmes points d'eau. De même, dans les milieux méditerranéens espagnols, Triguero-Ocaña *et al.* (2019) mettent en lumière une co-utilisation fréquente des pâturages entre bovins et sangliers. Ces contacts réguliers, amplifiés par le chevauchement des activités aux heures crépusculaires et la concentration autour des ressources partagées, favorisent non seulement la compétition, mais également la transmission croisée de parasites et de pathogènes (Triguero-Ocaña *et al.*, 2019 ; Martinez *et al.*, 2024).

Au-delà de la compétition directe pour les ressources fourragères et hydriques, Raimondi *et al.* (2023) soulignent que la présence de bétail domestique entraîne une exclusion spatiale des ongulés sauvages des points d'eau, observée à travers une ségrégation complète de l'espace entre espèces. Ce phénomène, observé en fin de saison sèche, semble s'appuyer sur un mécanisme de partage de niche spatiale, les espèces sauvages adaptant leur comportement pour éviter la compétition directe avec le bétail dans un contexte de ressource critique. Connolly *et al.* (2021) ont observé, dans le South Rift Valley (Kenya), que le bétail et la faune accèdent aux points d'eau selon une partition temporelle marquée entre le jour et la nuit. Lorsque les éleveurs et leurs troupeaux s'installent près des ressources, les animaux sauvages modifient leurs comportements pour fréquenter ces points d'eau principalement la nuit, période où le bétail est confiné en enclos. Cette coadaptation permet de limiter la compétition directe, malgré une forte pression sur ces ressources partagées (Connolly *et al.*, 2021). Fynn *et al.* (2016) suggèrent même une planification territoriale intégrant zonation, clôtures mobiles et participation des communautés locales pour concilier conservation et pastoralisme. Raimondi *et al.* (2023) soulignent qu'une séparation physique aux points d'eau permettrait d'éviter que la faune ne soit exclue par les troupeaux domestiques. Par ailleurs, Titcomb *et al.* (2021) mettent en avant comment les regroupements d'herbivores autour des sources d'eau dans les savanes peuvent entraîner des effets négatifs sur les communautés végétales et les sols. De même, Vargas *et al.* (2022), dans les Andes chiliennes, montrent comment les territoires d'élevage et de faune sauvage se chevauchent, provoquant une surexploitation des ressources communes et contribuant à une perte de résilience des systèmes pastoraux face aux aléas climatiques et environnementaux. Ces dynamiques révèlent ainsi que la compétition pour les ressources naturelles n'est pas unilatérale : la faune sauvage comme les troupeaux domestiques subissent des effets de la cohabitation. D'un côté, les animaux sauvages peuvent être exclus des points d'eau ou des zones de pâturage stratégiques, de l'autre, les éleveurs sont confrontés à des pertes de ressources fourragères, des risques de transmission de maladies ou de prédation. La gestion de ressources est ainsi un enjeu central à la fois pour la gestion des écosystèmes et pour la résilience des systèmes pastoraux.

■ 2.2. Des risques socio-économiques

Deux dimensions particulièrement sensibles ressortent de la littérature : *i)* les vulnérabilités économiques susceptibles d'affecter la viabilité des exploitations et la sécurité des ménages pastoraux et *ii)* les vulnérabilités psychosociales, moins visibles mais déterminantes dans les trajectoires professionnelles et les rapports à la faune sauvage.

a. Le risque économique : des impacts sur la viabilité de l'exploitation

Les risques biologiques et écologiques associés à l'interface faune sauvage – système d'élevage pastoral se traduisent par des impacts économiques directs (perte de bétail, baisse de production) et indirects (coûts de prévention, surcroît de travail, contraintes de mobilité), qui peuvent fragiliser la viabilité des exploitations. Plusieurs articles mettent en évidence les coûts supplémentaires liés à la prévention et à la gestion des risques sanitaires. Keesing *et al.* (2018) énoncent notamment que la prévention des risques parasitaires nécessite des traitements vétérinaires réguliers pour le bétail, constituant un coût supplémentaire non négligeable pour les éleveurs. De même, si certaines pratiques de gestion intégrée (traitements acaricides, mesures de contrôle chimique) peuvent limiter les risques sanitaires, elles sous-entendent des investissements sanitaires conséquents (Chakraborty *et al.*, 2023). Au Bhoutan, les pertes attribuées au léopard des neiges et au loup tibétain équivalent à 10,2 % du revenu annuel par habitant, poussant certains éleveurs à réduire leur cheptel ou à abandonner totalement l'élevage, au profit d'autres activités économiques (Jamtsho & Katel., 2019). Plus largement, Braczkowski *et al.* (2023) mettent en évidence un fardeau économique inégal : la vulnérabilité économique liée à la prédation du bétail est deux à huit fois plus élevée dans les pays en développement ou en transition que dans les pays développés, en raison du poids relatif des pertes sur le revenu par habitant. Cette inégalité est également renforcée par les caractéristiques des systèmes d'élevage dans les pays en développement où la productivité moyenne du bétail est plus faible. Selon les contextes, chaque perte animale peut représenter une part plus importante du potentiel de production et des moyens de subsistance des ménages, limitant leur capacité à absorber les impacts économiques de la prédation. Dans certains contextes de forte précarité, la perte d'un seul bovin dans les régions les plus pauvres peut représenter jusqu'à 1,5 an de calories pour un enfant, soulignant l'impact direct sur la sécurité alimentaire. Cette étude met en lumière un « fardeau inégal » des conflits homme-carnivore, appelant à concilier plusieurs objectifs du développement durable, en particulier en lien avec la conservation de la biodiversité et la lutte contre la pauvreté

et la faim. L'impact économique de la prédation reste globalement peu étudié : Marois & Poiraud (2024) ont néanmoins réalisé une évaluation des pertes indirectes sur les élevages ovins allaitants français afin de mieux estimer les impacts financiers occasionnés par la dégradation d'indicateurs de performances techniques de production. Les résultats soulignent des conséquences économiques relativement importantes et la nécessité d'intégrer davantage les dommages indirects de la prédation. Enfin, la gestion du risque de compétition pour les ressources engendre également des coûts supplémentaires pour les éleveurs : Raimondi *et al.* (2023) démontrent notamment que la compétition pour les points d'eau dans le désert de Gobi implique des coûts opérationnels en termes de main-d'œuvre (surveillance accrue) et en mobilité (déplacement vers d'autres points d'eau). De même, certaines mesures de conservation de la biodiversité, telles les restrictions d'accès aux ressources naturelles, par le biais de clôtures physiques, d'interdictions de pâturage ou de zones réservées à la conservation, peuvent limiter l'accès des troupeaux aux ressources naturelles. Dans certaines régions soumises à un stress climatique croissant, ces restrictions sont susceptibles de fragiliser les systèmes pastoraux en réduisant leur capacité d'adaptation. Boone *et al.* (2024) soulignent ainsi, en Afrique de l'Est dans un contexte de sécheresse, que limiter l'accès des troupeaux aux ressources centrales des zones protégées entraîne une perte significative de cheptel, une baisse de la production laitière et une diminution des revenus pour les ménages pastoraux. Selon l'étude de Benka (2023) au Kenya, les politiques de conservation limitant l'accès à certaines ressources ou espaces afin de préserver les habitats et la faune sauvage peuvent heurter les pratiques de mobilité des éleveurs, compromettant leur sécurité économique et aggravant les tensions locales. Ce travail rappelle notamment que la gestion des ressources partagées ne peut faire l'impasse sur les besoins des populations qui en dépendent.

Ainsi, les impacts économiques associés à l'interface faune sauvage – système d'élevage ne se résument pas à des pertes visibles en lien avec le cheptel ou la production. Ils engendrent également des coûts indirects mais significatifs, qu'il s'agisse de dépenses sanitaires (prévention des zoonoses, lutte contre les vecteurs), d'adaptation des pratiques (renforcement des clôtures, déplacements supplémentaires) ou de réduction d'accès aux ressources naturelles (eau, pâturage). Ces coûts, souvent supportés par les seuls éleveurs, fragilisent la viabilité économique des systèmes pastoraux, particulièrement en contexte de précarité économique ou de vulnérabilité climatique.

b. Les risques psychosociaux : une vulnérabilité moins visible aux conséquences critiques

Les interactions avec la faune sauvage et les modalités de gestion peuvent également générer des risques psychosociaux, encore souvent sous-estimés dans les dispositifs de suivi et de gestion. Nicolas & Doré (2022) soulignent notamment que la prédation en France est un facteur de stress majeur, parfois traumatique, avec des effets sur le sommeil, la charge mentale et les relations sociales. L'intensité de ces effets dépend notamment du sentiment de maîtrise de la situation vécue. Yeshey *et al.* (2024) confirment également, *via* leur étude réalisée au Bhutan, que les personnes confrontées à des attaques répétées sur leurs cultures ou leur bétail, notamment dans les foyers les plus vulnérables (femmes seules, ménages pauvres), subissent une pression mentale élevée. Les auteurs soulignent que ces situations provoquent peur, anxiété, troubles du sommeil, perte de tranquillité d'esprit et sentiment d'insécurité permanente, affectant profondément le bien-être psychologique. Ce stress chronique peut aussi altérer les relations sociales et familiales, en particulier lorsque les éleveurs supportent seuls la charge mentale liée à la survie du foyer. Enfin, Barua *et al.* (2013) à travers une revue transversale, mettent en lumière les coûts « cachés » du conflit homme-faune, souvent négligés dans les dispositifs de gestion : détresse émotionnelle, temps mobilisé pour la surveillance, épuisement psychique ou encore perte d'opportunités économiques. L'accumulation de ces charges, bien que moins visibles que les pertes matérielles, compromet la tolérance envers la faune et réduit l'efficacité des politiques de gestion et de compensation. Plus largement, ces travaux invitent à reconnaître les impacts émotionnels et psychologiques dans les stratégies de gestion, au même titre que les pertes économiques ou écologiques, et à considérer que ces vulnérabilités psychosociales sont souvent renforcées par des sentiments d'injustice, de manque de reconnaissance ou d'exclusion des processus décisionnels.

■ 2.3. Des facteurs systémiques amplificateurs

Les facteurs systémiques amplifiant les risques désignent des processus dynamiques systémiques de grande ampleur qui reconfigurent simultanément les interactions et par conséquent plusieurs risques présents à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage. En modifiant les conditions d'expression des aléas, en accentuant les vulnérabilités et en limitant les capacités d'adaptation des systèmes, ils génèrent des effets en cascade qui renforcent les risques sanitaires, écologiques, économiques et sociaux.

a. Les mutations environnementales : la fragmentation des habitats comme facteur déstructurant les interfaces

La fragmentation des habitats multiplie les interfaces faune – système d'élevage et accentue les risques sanitaires, la prédation et la compétition pour les ressources, tout en fragilisant la conservation par l'isolement des populations et la perturbation de leurs dynamiques écologiques. En Afrique du Sud, Dion & Lambin (2012) montrent notamment que l'expansion des établissements humains en périphérie des zones protégées, couplée à l'élevage extensif, intensifie les interactions bétail-faune sauvage et accroît les risques de transmission de maladies, comme la fièvre aphteuse. Dans le nord d'Israël, Preiss-Bloom *et al.* (2025) démontrent que les loups persistent dans tous les types de zones d'un paysage fragmenté (zones pastorales, militaires, agricoles

et protégées), y compris celles à fort risque de conflit avec l'élevage (25 % de la population abattue annuellement). Leur persistance s'explique par leur flexibilité comportementale, notamment une activité accrue la nuit, et leur capacité à exploiter la mosaïque paysagère pour adapter leur occupation spatiale en fonction du niveau de risque. Cette hétérogénéité spatiale empêche une régulation homogène, limitant ainsi l'efficacité des mesures de contrôle et compliquant la gestion des conflits avec l'élevage. De manière complémentaire, Hawkinson *et al.* (2025) indiquent que la fragmentation des habitats accroît le risque de prédation sur le bétail, en augmentant l'exposition des troupeaux à la présence de prédateurs, notamment lorsque le pâturage saisonnier s'effectue dans des zones où la surveillance est limitée, difficile, voire absente. Si les types de pâturage affectent peu les pertes directes, leur interaction avec un paysage morcelé rend les évènements de prédation plus imprévisibles, en modifiant les conditions de rencontre entre prédateurs et troupeaux. Ces résultats soulignent l'importance de la structure des habitats dans la gestion des grands carnivores et des systèmes pastoraux. Puri *et al.* (2022), dans le corridor forestier Kanha-Pench (Inde), montrent comment la fragmentation des habitats constitue également un risque pour la conservation des tigres. En limitant la connectivité entre les noyaux de forêt, elle restreint les déplacements de l'espèce et augmente sa probabilité de se retrouver dans des zones de forte interaction avec l'élevage. Ces espaces à forte pression humaine peuvent ainsi se transformer en véritables pièges écologiques, où les éleveurs sont davantage exposés au risque de prédation sur leur bétail, tandis que les tigres encourent un risque accru de représailles, compromettant ainsi les efforts de conservation à long terme. Enfin, une étude menée en Roumanie met en évidence le rôle central du paysage, non seulement comme espace écologique, mais aussi comme construction sociale influençant la coexistence humain-ours. À travers trois dimensions, le paysage vu comme ressource pour l'ours, comme lieu vécu par les humains, et comme objet de gestion, Dorresteijn *et al.* (2016) montrent que les interactions entre humains, faune et environnement sont profondément façonnées par des réalités différentes et des usages sociaux du territoire. Par ailleurs, les changements environnementaux dans les territoires ne se limitent pas à la fragmentation des habitats, mais incluent également des dynamiques de déprise agricole, d'abandon des territoires pastoraux et d'enfrichement (Falcucci *et al.*, 2007 ; Moreira & Russo, 2007 ; Queiroz *et al.*, 2014). La diminution des pratiques de pâturage favorise la fermeture des milieux, réduisant la visibilité et complexifiant la surveillance des troupeaux, tout en offrant des habitats plus favorables à certains grands carnivores et ongulés. Ces évolutions peuvent ainsi contribuer à une augmentation du risque de prédation et à une reconfiguration des conditions de coexistence entre systèmes pastoraux et faune sauvage. La fragmentation des habitats naturels apparaît ainsi comme un élément fragilisant la structuration des interfaces. Ces résultats soulignent l'importance de considérer conjointement la fragmentation des habitats, les dynamiques de déprise agricole et les pratiques pastorales dans l'analyse des interfaces entre élevage pastoral et faune sauvage.

b. Les mutations sociétales : une pression structurelle supplémentaire reconfigurant les relations entre pastoralisme et faune sauvage

Les évolutions sociétales traduisent des mutations socio-économiques plus larges telles que l'évolution des politiques de conservation de la faune sauvage, les transformations des politiques agricoles et d'aménagement rural ainsi que la globalisation des normes sanitaires et la mondialisation des échanges commerciaux. Ces dynamiques constituent des pressions structurelles majeures sur les systèmes pastoraux en influençant directement l'organisation des exploitations, la mobilité des troupeaux, l'accès aux ressources et la viabilité économique des activités d'élevages. Plusieurs travaux montrent que l'engagement institutionnel en faveur de la conservation des grands carnivores peut susciter des tensions lorsqu'il est vécu comme déséquilibré dans l'accès aux ressources ou marginalisant les savoirs pastoraux (Olson & Goethlich, 2024). Des politiques de conservation considérées comme éloignées des réalités locales et imposées de manière descendante peuvent en effet susciter un sentiment d'impuissance et de frustration parmi les éleveurs, débouchant sur une intolérance envers la faune et, dans certains contextes, des pratiques illégales telle que le braconnage. Parallèlement, les politiques agricoles jouent un rôle central dans les reconfigurations des liens entre pastoralisme et faune sauvage. L'évolution des soutiens publics à l'élevage, les incitations à l'intensification ou, à l'inverse, les dynamiques de déprise agricole influencent les usages du sol, la structure des exploitations et la continuité des espaces pastoraux (Niamir-Fuller *et al.*, 2012 ; Nori & Scoones, 2019 ; Pozo *et al.*, 2021). Ces transformations peuvent ainsi indirectement accroître l'exposition des troupeaux aux interactions avec la faune sauvage, en modifiant les paysages, les calendriers de pâturage et les marges d'adaptation des éleveurs (Desta & Coppock, 2004 ; FAO, 2007). L'articulation entre politiques de conservation, politiques agricoles et normes globalisées semble alors transformer profondément l'interface entre populations humaines, bétail et milieux naturels, en amplifiant les risques sanitaires, écologiques et économiques ainsi que les tensions autour de la gouvernance des territoires pastoraux.

c. Le changement climatique : un facteur aggravant transversal

Le changement climatique amplifie les autres risques liés à l'interface faune sauvage-système d'élevage. Selon Abrahms *et al.* (2023), les effets du changement climatique, tels que l'altération des régimes de précipitations et la hausse des températures, intensifient les risques de compétition pour les ressources hydriques. De même, Titcomb *et al.* (2021) mettent en évidence un lien direct entre les sécheresses accrues et la concentration d'animaux autour des rares points d'eau disponibles. Cette proximité favorise notamment la transmission de pathogènes entre faune sauvage et bétail, aggravant les

risques sanitaires (Barasona *et al.*, 2013). Le changement climatique modifie également les dynamiques de transmission parasitaire en lien avec la densité des hôtes, les microclimats et les pratiques d'élevage. L'allongement des périodes de pâturage saisonnier pourrait également accroître l'exposition des espèces sauvages, soulignant la nécessité d'intégrer les déplacements des hôtes dans les projections sanitaires liées au climat (Dickinson *et al.*, 2024). De même, la revue systémique de Becvarik *et al.* (2023) confirme la température comme un facteur déterminant dans la répartition des zoonoses. Les auteurs appellent notamment à une approche *One Health* pour anticiper et gérer le risque d'introduction de nouvelles zoonoses lié à l'augmentation de la température. Enfin, le climat et les caractéristiques du paysage à l'échelle des microhabitats influencent directement l'abondance et l'activité de certains parasites et donc la transmission de pathogènes (Knap *et al.*, 2009). La concentration des animaux en période de stress thermique ou hydrique, près des points d'eau par exemple, constitue des *hotspots* favorables à la prédation (Connolly *et al.*, 2021). Selon Vargas *et al.* (2022), les effets conjoints du changement climatique, en particulier la méga-sécheresse, et de la pression écologique exacerbent les conflits entre faune sauvage (puma, condor, guanaco) et éleveurs transhumants. Boone *et al.* (2024) soulignent une augmentation de la vulnérabilité des ménages au regard des effets combinés du changement climatique. Les auteurs mettent en évidence comment les sécheresses récurrentes entraînent une perte de cheptel, une pression accrue sur les ressources et l'effondrement progressif des mécanismes de résilience. Enfin, Killion *et al.* (2021) soulignent les limites des stratégies d'adaptation lorsque les événements climatiques extrêmes deviennent plus fréquents. Morales-Reyes *et al.* (2025) insistent sur l'épuisement des stratégies adaptatives, comme la diversification ou la migration, et sur l'augmentation des dettes et de l'insécurité alimentaire. Le ressenti des éleveurs y est central : beaucoup se sentent « piégés » dans un système devenu instable, où les options d'adaptation se rétrécissent. Le changement climatique agit ainsi comme un multiplicateur de risques. Il est essentiel de l'intégrer comme facteur transversal dans l'analyse des conflits et des vulnérabilités aux interfaces étudiées.

3. Discussion et mise en perspective

Cette discussion met en perspective les dynamiques identifiées à l'interface faune sauvage – système d'élevage, les tensions qu'elles révèlent et les principaux angles morts de la littérature afin de préciser la portée du cadre d'analyse proposée et d'en discuter les implications.

■ 3.1. Des risques multiples et interconnectés

À travers les trois grandes catégories de risques identifiées dans cette étude à l'interface entre la faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux, les risques apparaissent comme multiples et diversifiés, relevant à la fois de dimensions biologiques et écologiques, socio-économiques ainsi que de facteurs amplificateurs. Ces risques ne sont ni indépendants ni linéaires : ils interagissent, se renforcent et se transforment selon les contextes.

Ces dynamiques font écho à des constats plus globaux sur les systèmes pastoraux, où les risques climatiques, sanitaires et de gouvernance tendent de plus en plus à converger (Reid *et al.*, 2014). Parallèlement, les populations de faune sauvage sont elles aussi exposées à nombre des risques identifiés dans notre cadre analytique, reflétant la forte interdépendance écologique avec les herbivores domestiques au sein de paysages partagés. Elles sont confrontées à des risques biologiques et écologiques tels que le parasitisme, la transmission de pathogènes entre faune sauvage et animaux domestiques, la prédation et la compétition pour les ressources fourragères et hydriques (Keesing *et al.*, 2018 ; Katale *et al.*, 2013 ; Mbizeni *et al.*, 2013 ; Connolly *et al.*, 2021 ; Martinez *et al.*, 2024). Elles sont également affectées par les transformations des paysages, notamment la fragmentation des habitats, les dynamiques de déprise agricole et la variabilité climatique, dont les effets peuvent être contrastés selon les espèces et les contextes (Barasona *et al.*, 2013 ; Puri *et al.*, 2022 ; Abrahms *et al.*, 2023). Cette exposition parallèle souligne que les dynamiques de risque sont collectives plutôt qu'isolées, et que les vulnérabilités de la faune sauvage et des systèmes pastoraux sont étroitement imbriquées au sein des mêmes paysages socio-écologiques.

Si la littérature confirme l'existence de liens de causalité entre les différents risques identifiés à l'interface faune sauvage – système d'élevage pastoral, la nature de ces interactions, leur intensité, voire leur présence, varient fortement selon les contextes locaux. Les chaînes d'interactions reliant, par exemple, les changements environnementaux, les risques sanitaires, la compétition pour les ressources, la prédation et les conséquences économiques ou sociales peuvent ainsi être plus ou moins complexes, plus ou moins marquées, voire absentes entre certaines composantes. Cette variabilité souligne la nécessité d'approches de gestion adaptatives et contextualisées, capables de prendre en compte les configurations locales des interactions entre risques, plutôt que de supposer des chaînes de causalité ou des effets cascades uniformes d'un territoire à l'autre. Ces pressions multiples, modulées par de nombreux facteurs locaux, contribuent à des formes de vulnérabilité systémique, dans lesquelles les capacités de résilience sont continuellement mises à l'épreuve, tant pour les systèmes pastoraux que pour la faune sauvage (Du Toit *et al.*, 2017). Les effets en cascade, où un risque en amplifie ou en déclenche un autre, sont particulièrement pertinents dans les contextes pastoraux, caractérisés par une forte interdépendance entre dimensions écologiques, économiques et sociales. L'exploration approfondie de ces réactions en chaîne offre ainsi une grille de lecture précieuse pour comprendre comment des perturbations localisées (attaques de prédateurs, émergence de maladies, perte d'accès aux pâturages) peuvent entraîner des déséquilibres plus larges touchant les moyens de subsistance, les usages du sol et la cohésion territoriale.

De même, la diversité des situations décrites dans la littérature montre que l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux ne forme pas un espace homogène, mais un système socio-écologique complexe, évolutif, où interagissent des dimensions sanitaires, écologiques, sociales, économiques et politiques. Les risques qui y émergent résultent autant de facteurs socio-économiques (pertes de récoltes, précarisation des moyens de subsistance), de facteurs institutionnels et politiques (politiques agricoles, de conservation ou d'aménagement des territoires) (Meuret *et al.*, 2021) que de dimensions culturelles (représentations de la faune sauvage, rapports au territoire, valeurs associées à la conservation) (Skogen & Krange, 2003 ; Skogen *et al.*, 2008) et émotionnelles (peurs, frustrations face à la faune) (Campion-Vincent, 2005 ; Yeshey *et al.*, 2024). Les craintes sanitaires (même sans transmission avérée) modifient les pratiques des éleveurs : itinéraires vers les points d'eau, horaires de pâturage, surveillance des troupeaux (Benka, 2023). Ces ajustements traduisent une interface façonnée par le risque considéré, les émotions (frustration, anxiété) et la coexistence avec diverses espèces confirmant que les dynamiques sociales autour de la faune sauvage relèvent autant de logiques relationnelles que biologiques (Cozza *et al.*, 1996). Appréhender conjointement les dynamiques écologiques, les savoirs, les représentations, les rapports de pouvoir et les pratiques sociales permettrait de mieux saisir la complexité de cette interface (Teixeira *et al.*, 2021).

Enfin, trop souvent réduite à une simple zone de contact physique entre animaux domestiques et sauvages, cette interface constitue en réalité un espace socio-écologique dynamique, structuré dans le temps et l'espace, autour de ressources partagées et de relations sociales. La reconnaître comme une réalité multifacette, et non seulement comme un lieu de conflit, est en soi un enjeu. Or une caractérisation fine et multidimensionnelle de cette interface est essentielle pour mieux comprendre les risques qui pèsent sur la faune et les systèmes pastoraux exposés en raison de leur proximité avec les milieux naturels.

■ 3.2. La dégradation des relations entre sociétés humaines et nature : un risque transversal et systémique

L'analyse du corpus met en évidence un autre risque transversal et systémique, à la fois omniprésent, silencieux et critique : la détérioration progressive des relations entre sociétés humaines et nature à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux. La coexistence avec la faune sauvage ne relève pas seulement d'une contrainte ou d'un risque précis, mais s'inscrit dans des modes d'habiter et des rapports à la nature construits au fil des interactions entre les sociétés pastorales, leurs territoires et la faune sauvage (Laverty *et al.*, 2019). L'érosion de ces logiques de coexistence fragilise progressivement les équilibres sociaux qui ont historiquement permis la durabilité de ces systèmes (Laverty *et al.*, 2019). Dans certains territoires, les interactions avec la faune cristallisent des tensions qui dépassent largement les impacts matériels directs. Les conflits observés traduisent souvent des ressentiments plus profonds, liés à la marginalisation historique ou à la perte du sentiment de reconnaissance (Álvares *et al.*, 2011) soulignant ainsi une dimension culturelle et historique des conflits (Dickman *et al.*, 2014). Un déséquilibre institutionnel des coûts liés à la faune sauvage entre les acteurs alimente également un sentiment d'injustice et un rejet des politiques de conservation perçues comme « extérieures » aux réalités locales (Braczkowski *et al.*, 2023). De même, certaines mesures de protection strictes des prédateurs peuvent produire un effet contre-productif lorsqu'elles sont imposées sans concertation, renforçant ainsi l'idée que les intérêts des éleveurs sont souvent négligés (Olson & Goethlich 2024). Le manque de dialogue peut ainsi générer de l'hostilité et détruire les liens entre humains et faune sauvage (Culos *et al.*, 2025). Une gestion efficace semble dépendre de la compréhension du comportement animal, intégrant non seulement les mécanismes écologiques qui influencent la prise en compte et la réponse aux risques, mais également la variabilité individuelle, les capacités d'apprentissage et les adaptations comportementales face aux dispositifs humains (Blackwell *et al.*, 2016 ; MacKinlay & Shaw, 2023). Ces tensions s'inscrivent également dans des conflits de valeurs où la conservation de la faune sauvage s'avère peu compatible avec les besoins économiques et sécuritaires (Broekhuis *et al.*, 2020). À l'inverse, plusieurs travaux montrent que des formes de coexistence peuvent être maintenues, voire renforcées, lorsque les systèmes de gouvernance reconnaissant les savoirs locaux, les droits d'usages et les dimensions culturelles et symboliques des relations au vivant. L'étude menée chez les Arhuacos en Colombie souligne par exemple l'opportunité que représentent les systèmes de valeurs locaux pour la conservation, en montrant que des attitudes positives envers la faune peuvent émerger malgré des impacts directs, dès lors que la coexistence s'inscrit dans une vision culturelle et spirituelle du vivant (Pinto-Marroquin *et al.*, 2022). Cet exemple illustre néanmoins une configuration située et ne saurait être généralisé à l'ensemble des contextes pastoraux. Il souligne notamment l'intérêt de prendre en compte la diversité des rapports sociaux, culturels et symboliques au vivant dans les analyses des situations de coexistence, sans pour autant considérer ces relations comme des modèles universels ni comme des leviers de conservation transposables d'un contexte à l'autre.

Renforcer les liens entre humains et nature suggère l'intérêt de dépasser une vision strictement conflictuelle des interactions avec la faune sauvage, en particulier en matière de prédation du bétail. Une meilleure prise en compte des comportements animaux et de leur écologie comportementale constitue à cet égard un levier important, en permettant de concevoir des stratégies de gestion fondées sur la compréhension des perceptions, des apprentissages et des adaptations des prédateurs face aux dispositifs humains (Blackwell *et al.*, 2016). Comprendre ces dynamiques permet non seulement d'affiner les stratégies de prévention, mais aussi de construire des formes de cohabitations fondées sur la connaissance, la considération du vivant, l'écologie partagée, le dialogue entre acteurs et la prise en

compte des différentes dimensions de la coexistence. La détérioration de ces relations apparaît ainsi comme un risque transversal qui conditionne l'efficacité des stratégies de gestion. Elle rappelle que la coexistence relève d'un processus dynamique, continuellement négocié et construit à travers les interactions, les tensions et les adaptations réciproques entre acteurs humains, animaux domestiques et faune sauvage.

■ 3.3. Vers une approche systémique et territorialisée de la gestion des risques

La majorité des publications analysées propose une lecture transversale des enjeux liés à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux. Ces travaux mettent en évidence des zones de convergence entre différents types de risques, souvent sous-estimées dans les approches thématiques cloisonnées. Si cette revue met en lumière des dynamiques transversales communes, elle révèle également des spécificités régionales marquées dans la manière dont les risques s'expriment et interagissent. En Afrique subsaharienne, par exemple, la mobilité pastorale et la gestion communautaire des ressources jouent un rôle central dans les dynamiques de coexistence avec la faune sauvage. En Europe, les tensions se concentrent souvent autour du retour des grands carnivores et des politiques de conservation associées. En Amérique latine et en Asie, les risques sont fréquemment liés à la fragmentation des habitats et à la pression agricole dans des zones de forte biodiversité, souvent marquées par des régulations foncières limitées. Au-delà de ces spécificités, l'analyse du corpus met en évidence une limite récurrente des approches existantes : la gestion des risques à l'interface faune sauvage – système d'élevage demeure majoritairement centrée sur des menaces spécifiques, telles que la prédation, les maladies ou les pertes économiques, abordées à travers des mesures techniques ou compensatoires. En particulier, l'évolution des politiques agricoles et d'aménagement rural (soutien à l'élevage, organisation des filières, dynamiques de déprise) influence l'usage des espaces pastoraux et reconfigure les conditions de coexistence avec la faune sauvage, au-delà des seuls dispositifs de conservation. Or, ces interventions ciblées peinent souvent à prendre en compte les facteurs structurels et systémiques qui produisent et amplifient les vulnérabilités des systèmes pastoraux (Du Toit *et al.*, 2017 ; Wilkinson *et al.*, 2020 ; Pozo *et al.*, 2021). Plusieurs travaux soulignent ainsi la nécessité de distinguer les risques proximaux, qui affectent directement les troupeaux et les moyens de subsistance des éleveurs, des facteurs structurels et ultimes, enracinés dans les politiques foncières, les cadres de gouvernance et les transformations socio-économiques, qui conditionnent les capacités d'adaptation et de résilience à différentes échelles (Reid *et al.*, 2014 ; Nori & Scoones, 2019). En ce sens, l'étude de Bacigalupo *et al.* (2020) souligne un enjeu méthodologique majeur à partir de leur revue systématique de 30 000 publications : l'absence de consensus sur la définition même du « contact » entre espèces qui limite l'évaluation précise des risques de transmission de maladies zoonotiques ou économiquement impactantes. Bien que la nécessité d'approches plus intégrées soit régulièrement évoquée dans la littérature (Thinley *et al.*, 2021 ; Benka, 2023 ; Culos *et al.*, 2025), elle se traduit encore trop rarement en cadres d'analyses opérationnels multidimensionnels et multicritères capables d'articuler de manière systématique les dimensions écologiques, sociales, économiques et institutionnelles des risques. Dans ce contexte, l'approche multirisque apparaît comme un changement de paradigme nécessaire : invitant à dépasser les entrées par type de risque pour adopter une lecture systémique des processus de vulnérabilité, d'exposition et de résilience qui structurent l'interface entre la faune sauvage et les systèmes d'élevage pastoraux.

Conclusion

Les risques affectant les systèmes d'élevage pastoraux à l'interface avec la faune sauvage sont structurés autour de trois dimensions majeures : *i)* les risques biologiques et écologiques, *ii)* les risques socio-économiques, *iii)* les risques systémiques amplificateurs. Cette revue propose ainsi un cadre de lecture des risques à l'interface entre faune sauvage et systèmes d'élevage pastoraux autour de ces trois dimensions complémentaires. Elle met en évidence leurs interactions et souligne l'importance de les appréhender conjointement, en tenant compte de la diversité des contextes socio-écologiques.

Dans ce cadre, l'interface entre systèmes d'élevage pastoraux et faune sauvage apparaît comme un nœud central dans la compréhension de ces risques multiples. Une lecture intégrée de ces différentes dimensions contribue à mieux caractériser les interactions entre les risques et met en évidence la nécessité de les appréhender à l'échelle des territoires, en tenant compte de la diversité des contextes pastoraux. Malgré l'accroissement des connaissances, la littérature demeure marquée par une fragmentation des approches et par la difficulté d'appréhender conjointement la complexité sociale, climatique et territoriale inhérente à cette interface (Du Toit *et al.*, 2017 ; Wilkinson *et al.*, 2020 ; Pozo *et al.*, 2021). Si plusieurs travaux récents proposent des approches plus intégratrices (Bacigalupo *et al.*, 2020 ; Yeshey *et al.*, 2024), leur opérationnalisation demeure encore limitée et mérite d'être consolidée. De même, bien que l'intérêt des approches systémiques soit régulièrement souligné, la demande sociale peut aussi porter sur des réponses techniques ciblées ; leur mise en œuvre opérationnelle suppose donc d'articuler niveaux d'analyse, contraintes de terrain et ressources disponibles. Enfin, il convient de souligner que cette étude reste plus riche sur certaines espèces emblématiques (grands carnivores, grands herbivores) et sur certains contextes géographiques, ce qui peut laisser en marge d'autres configurations tout aussi importantes (petite faune, autres systèmes d'élevage extensif).

Ces résultats suggèrent ainsi l'intérêt de *i)* renforcer les recherches interdisciplinaires à l'interface faune – système d'élevage, en croisant approches écologiques, sociales et territoriales, et de *ii)* développer des bases de données plus complètes et contextualisées,

issues de collaboration avec les acteurs de terrain et le monde de la recherche. Une meilleure compréhension de ces relations permettrait de problématiser les risques de façon fine, condition indispensable au développement de stratégies de gestion adaptées aux réalités agropastorales.

Contribution des auteurs

M.V. a conçu, planifié et réalisé l'étude, effectué la collecte et l'analyse des données, et rédigé le manuscrit. E.S. et G.B. ont supervisé le travail, apporté des commentaires critiques et révisé le manuscrit. Tous les auteurs ont contribué à l'article et approuvé la version soumise.

Financements

Cette recherche a été financée par l'International Research Center on Sustainable AgroEcosystems (IRC-SAE), créé dans le cadre de l'initiative d'excellence I-SITE CAP 20-25 de l'Université Clermont Auvergne (UCA), au travers de l'appel à projets dédié aux thèses internationales en cotutelle, qui a financé le contrat doctoral de la première autrice.

Remerciements

Les auteurs remercient le Centre international de recherche sur les agro-écosystèmes durables (ISITE CAP20-25) pour son soutien. Les auteurs remercient également Marc Benoit (INRAE – Nancy) pour ses échanges scientifiques et son aide à la clarification des idées développées dans ce manuscrit.

Références

Abrahms, B., Carter, N. H., Clark-Wolf, T. J., Gaynor, K. M., Johansson, E., McInturff, A., Nisi, A. C., Rafiq, K., & West, L. (2023). Climate change as a global amplifier of human–wildlife conflict. *Nature Climate Change*, *13*(3), 224-234. https://doi.org/10.1038/s41558-023-01608-5

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, *16*(3), 268-281. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006

Alkemade, R., Reid, R. S., van den Berg, M., de Leeuw, J., & Jeuken, M. (2012). Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(52), 20900-20905. https://doi.org/10.1073/pnas.1011013108

Álvares, F., Domingues, J., Sierra, P., & Primavera, P. (2011). Cultural dimension of wolves in the Iberian Peninsula: Implications of ethnozoology in conservation biology. *Innovation-The European Journal of Social Science Research*, *24*(3), 313-331. https://doi.org/10.1080/13511610.2011.592049

Anderson, N. E., Mubanga, J., Fevre, E. M., Picozzi, K., Eisler, M. C., Thomas, R., & Welburn, S. C. (2011). Characterisation of the wildlife reservoir community for human and animal trypanosomiasis in the luangwa valley, Zambia. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *5*(6), e1211. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001211

Bacigalupo, S. A., Dixon, L. K., Gubbins, S., Kucharski, A. J., & Drewe, J. A. (2020). Towards a unified generic framework to define and observe contacts between livestock and wildlife: A systematic review. *PeerJ*, *8*, e10221. https://doi.org/10.7717/peerj.10221

Barasona, J. A., VerCauteren, K. C., Saklou, N., Gortazar, C., & Vicente, J. (2013). Effectiveness of cattle operated bump gates and exclusion fences in preventing ungulate multi-host sanitary interaction. *Preventive Veterinary Medicine*, *111*(1-2), 42-50. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.03.009

Barone, C. D., Wit, J., Hoberg, E. P., Gilleard, J. S., & Zarlenga, D. S. (2020). Wild ruminants as reservoirs of domestic livestock gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, *279*, 109041. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109041

Barroso, P., & Zanet, S. (2024). Biodiversity–livestock interface: A case study. *Animal Frontiers*, *14*(1), 53-60. https://doi.org/10.1093/af/vfad068

Barua, M., Bhagwat, S. A., & Jadhav, S. (2013). The hidden dimensions of human–wildlife conflict: Health impacts, opportunity and transaction costs. *Biological Conservation*, *157*, 309-316. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.014

Bautista, C., Revilla, E., Naves, J., Albrecht, J., Fernández, N., Olszańska, A., Adamec, M., Berezowska-Cnota, T., Ciucci, P., Groff, C., Härkönen, S., Huber, D., Jerina, K., Jonozovič, M., Karamanlidis, A. A., Palazón, S., Quenette, P.-Y., Rigg, R., Seijas, J., … Selva, N. (2019). Large carnivore damage in Europe: Analysis of compensation and prevention programs. *Biological Conservation*, *235*, 308-316. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.019

Beattie, K., Olson, E. R., Kissui, B., Kirschbaum, A., & Kiffner, C. (2020). Predicting livestock depredation risk by African lions (Panthera leo) in a multi-use area of northern Tanzania. *European Journal of Wildlife Research*, *66*(1), 11. https://doi.org/10.1007/s10344-019-1348-5

Becvarik, Z. A., Smurthwaite, K. S., & Lal, A. (2023). The effect of temperature on the distribution of zoonotic pathogens in livestock and wildlife populations: A systematic review. *Transboundary and Emerging Diseases*, *2023*, 1-13. https://doi.org/10.1155/2023/2714539

Benka, V. A. (2023). Expanding the scope of challenges to human-wildlife coexistence, and the implications for conservation: A case study of Laikipia, Kenya. *Human Dimensions of Wildlife*, *28*(6), 585-601. https://doi.org/10.1080/10871209.2022.2136421

Berggoetz, M., Schmid, M., Ston, D., Wyss, V., Chevillon, C., Pretorius, A.-M., & Gern, L. (2014). Tick-borne pathogens in the blood of wild and domestic ungulates in South Africa: Interplay of game and livestock. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, *5*(2), 166-175. https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.10.007

Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E., Gese, E. M., Gilbert-Norton, L., & Breck, S. W. (2016). No single solution: Application of behavioural principles in mitigating human-wildlife conflict. *Animal Behaviour*, *120*, 245-254. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.07.013

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (1994). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters*. Routledge.

Boone, R., Lesorogol, C., & Galvin, K. (2024). Drought frequency, conservancies, and pastoral household well-being. *Ecology and Society*, *29*(1), 27. https://doi.org/10.5751/ES-14872-290127

Braczkowski, A. R., O'Bryan, C. J., Lessmann, C., Rondinini, C., Crysell, A. P., Gilbert, S., Stringer, M., Gibson, L., & Biggs, D. (2023). The unequal burden of human-wildlife conflict. *Communications Biology*, *6*(1), 182. https://doi.org/10.1038/s42003-023-04493-y

Broekhuis, F., Kaelo, M., Sakat, D. K., & Elliot, N. B. (2020). Human–wildlife coexistence: Attitudes and behavioural intentions towards predators in the Maasai Mara, Kenya. *Oryx*, *54*(3), 366-374. https://doi.org/10.1017/S0030605318000091

Bruns, A., Waltert, M., & Khorozyan, I. (2020). The effectiveness of livestock protection measures against wolves (Canis lupus) and implications for their co-existence with humans. *Global Ecology and Conservation*, *21*, e00868. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00868

Campion-Vincent, V. (2005). The restoration of wolves in france: story, conflicts and uses of rumor. In A. Herda-Rapp & T. Goedeke (Eds.), *Mad about Wildlife* (pp. 99-122). BRILL. https://doi.org/10.1163/9789047407447_008

Carter, N. H., & Linnell, J. D. C. (2016). Co-adaptation is key to coexisting with large carnivores. *Trends in Ecology & Evolution*, *31*(8), 575-578. https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.05.006

Chakraborty, S., Gao, S., Allan, B. F., & Smith, R. L. (2023). Effects of cattle on vector-borne disease risk to humans: A systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *17*(12), e0011152. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011152

Connolly, E., Allan, J., Brehony, P., Aduda, A., Western, G., Russell, S., Dickman, A., & Tyrrell, P. (2021). Coexistence in an African pastoral landscape: Evidence that livestock and wildlife temporally partition water resources. *African Journal of Ecology*, *59*(3), 696-711. https://doi.org/10.1111/aje.12869

Cozza, K., Fico, R., Battistini, M.-L., & Rogers, E. (1996). The damage-conservation interface illustrated by predation on domestic livestock in central Italy. *Biological Conservation*, *78*(3), 329-336. https://doi.org/10.1016/S0006-3207(96)00053-5

Culos, M., Ouvrier, A., & Vimal, R. (2025). Thinking coexistence in human-dominated landscapes with the lens of multi-species assemblages: Farmers, brown bears and other wild species in the Pyrenees. *Biological Conservation*, *302*, 111006. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111006

Desta, S., & Coppock, D. L. (2004). Pastoralism under pressure: Tracking system change in southern Ethiopia. *Human Ecology*, *32*(4), 465-486. https://doi.org/10.1023/B:HUEC.0000043516.56037.6b

Dickinson, E. R., McFarland, C., Toïgo, C., Michael Scantlebury, D., Stephens, P. A., Marks, N. J., & Morgan, E. R. (2024). Host movement dominates the predicted effects of climate change on parasite transmission between wild and domestic mountain ungulates. *Royal Society Open Science*, *11*(1), 230469. https://doi.org/10.1098/rsos.230469

Dickman, A. J. (2010). Complexities of conflict: The importance of considering social factors for effectively resolving human–wildlife conflict. *Animal Conservation*, *13*(5), 458-466. https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00368.x

Dickman, A. J., Hazzah, L., Carbone, C., & Durant, S. M. (2014). Carnivores, culture and 'contagious conflict': Multiple factors influence perceived problems with carnivores in Tanzania's Ruaha landscape. *Biological Conservation*, *178*, 19-27. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.011

Dion, E., & Lambin, E. F. (2012). Scenarios of transmission risk of foot-and-mouth with climatic, social and landscape changes in southern Africa. *Applied Geography*, *35*(1-2), 32-42. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.05.001

Dorresteijn, I., Milcu, A. I., Leventon, J., Hanspach, J., & Fischer, J. (2016). Social factors mediating human-carnivore coexistence: Understanding thematic strands influencing coexistence in Central Romania. *Ambio*, *45*(4), 490-500. https://doi.org/10.1007/s13280-015-0760-7

Douglas, M., & Wildavsky, A. (1987). Risk and culture. An Essay on the selection of technological and environmental dangers. *Revue Française de Sociologie*, *28*(1), 178-181. https://doi.org/10.2307/3321459

Du Toit, J. T., Cross, P. C., & Valeix, M. (2017). Managing the livestock–wildlife interface on rangelands. In D. D. Briske (Ed.), *Rangeland Systems* (pp. 395-425). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2_12

Falcucci, A., Maiorano, L., & Boitani, L. (2007). Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. *Landscape Ecology*, *22*(4), 617-631. https://doi.org/10.1007/s10980-006-9056-4

FAO. (2007). *Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fernández-Giménez, M. E. (2000). The role of Mongolian nomadic pastoralists' ecological knowledge in rangeland management. *Ecological Applications*, 10*(*5), 1318-1326. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1318:TROMNP]2.0.CO;2

Fynn, R. W. S., Augustine, D. J., Peel, M. J. S., & de Garine-Wichatitsky, M. (2016). Strategic management of livestock to improve biodiversity conservation in African savannahs: A conceptual basis for wildlife–livestock coexistence. *Journal of Applied Ecology*, *53*(2), 388-397. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12591

Hawkinson, V. F., Schmitz, O. J., & Ferraro, K. M. (2025). Understanding contingency in wolf-mediated livestock predation across a mosaic of land uses: An agent-based modelling approach. *People and Nature, 8(7), 2116-2128*. https://doi.org/10.1002/pan3.70002

Herrero, M., Gerber, P., Vellinga, T., Garnett, T., Leip, A., Opio, C., Westhoek, H. J., Thornton, P. K., Olesen, J., Hutchings, N., Montgomery, H., Soussana, J.-F., Steinfeld, H., & McAllister, T. A. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology*, *166-167*, 779-782. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.083

Igoe, J., & Brockington, D. (2002). Fortress conservation: The preservation of the Mkomazi game reserve, Tanzania. *The International Journal of African Historical Studies*, *35*(2/3), 594. https://doi.org/10.2307/3097688

Jacobsen, K. S., Dickman, A. J., Macdonald, D. W., Mourato, S., Johnson, P., Sibanda, L., & Loveridge, A. (2021). The importance of tangible and intangible factors in human–carnivore coexistence. *Conservation Biology*, *35*(4), 1233-1244. https://doi.org/10.1111/cobi.13678

Jamtsho, Y., & Katel, O. (2019). Livestock depredation by snow leopard and Tibetan wolf: Implications for herders' livelihoods in Wangchuck Centennial National Park, Bhutan. *Pastoralism*, *9*(1). https://doi.org/10.1186/s13570-018-0136-2

Katale, B. Z., Mbugi, E. V., Karimuribo, E. D., Keyyu, J. D., Kendall, S., Kibiki, G. S., Godfrey-Faussett, P., Michel, A. L., Kazwala, R. R., van Helden, P., & Matee, M. I. (2013). Prevalence and risk factors for infection of bovine tuberculosis in indigenous cattle in the Serengeti ecosystem, Tanzania. *BMC Veterinary Research*, *9*(1), 267. https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-267

Keesing, F., Ostfeld, R. S., Young, T. P., & Allan, B. F. (2018). Cattle and rainfall affect tick abundance in central Kenya. *Parasitology*, *145*(3), 345-354. https://doi.org/10.1017/S003118201700155X

Killion, A. K., Ramirez, J. M., & Carter, N. H. (2021). Human adaptation strategies are key to cobenefits in human–wildlife systems. *Conservation Letters*, *14*(2), e12769. https://doi.org/10.1111/conl.12769

Knap, N., Durmiši, E., Saksida, A., Korva, M., Petrovec, M., & Avšič-Županc, T. (2009). Influence of climatic factors on dynamics of questing Ixodes ricinus ticks in Slovenia. *Veterinary Parasitology*, *164*(2-4), 275-281. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.06.001

Laverty, T. M., Teel, T. L., Thomas, R. E. W., Gawusab, A. A., & Berger, J. (2019). Using pastoral ideology to understand human–wildlife coexistence in arid agricultural landscapes. *Conservation Science and Practice*, *1*(5), e35. https://doi.org/10.1111/csp2.35

MacKinlay, R. D., & Shaw, R. C. (2023). A systematic review of animal personality in conservation science. *Conservation Biology*, *37*(1), e13935. https://doi.org/10.1111/cobi.13935

Manfredo, M. J., & Dayer, A. A. (2004). Concepts for exploring the social aspects of human–wildlife conflict in a global context. *Human Dimensions of Wildlife*, *9*(4), 1-20. https://doi.org/10.1080/10871200490505765

Marois, M., & Poiraud, P. (2024). *Prédation des élevages ovins viande : Évaluation des pertes indirectes* [Communication]. 27e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris. https://journees3r.fr/wp-content/uploads/2025/10/texte_3_article_systemes_elevage_m_marois.pdf

Martin, J. V. (2021). Peace in the valley? Qualitative insights on collaborative coexistence from the Wood River Wolf Project. *Conservation Science and Practice*, *3*(3), e197. https://doi.org/10.1111/csp2.197

Martinez, V., Mantas, J., Hulke, J., Gituku, B., Ndiema, N., Elkouby, M., Thompson, A., CantoAdams, J., Yeh, S., VanLeeuwen, A., Young, H., & Titcomb, G. (2024). Interacting effects of surface water and temperature on wild and domestic large herbivore aggregations and contact rates. *Journal of Applied Ecology*, *61*(9), 2219-2230. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14728

Mbizeni, S., Potgieter, F. T., Troskie, C., Mans, B. J., Penzhorn, B. L., & Latif, A. A. (2013). Field and laboratory studies on Corridor disease (Theileria parva infection) in cattle population at the livestock/game interface of uPhongolo-Mkuze area, South Africa. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, *4*(3), 227-234. https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2012.11.005

Meurens, F., Dunoyer, C., Fourichon, C., Gerdts, V., Haddad, N., Kortekaas, J., Lewandowska, M., Monchatre-Leroy, E., Summerfield, A., Wichgers Schreur, P. J., van der Poel, W. H. M., & Zhu, J. (2021). Animal board invited review: Risks of zoonotic disease emergence at the interface of wildlife and livestock systems. *Animal*, *15*(6), 100241. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100241

Meuret, M., Moulin, C.-H., Bonnet, O., Garde, L., Nozières-Petit, M.-O., & Lescureux, N. (2021). Missing shots: Has the possibility of shooting wolves been lacking for 20 years in France's livestock protection measures? *The Rangeland Journal*, *42*(6), 401-413. https://doi.org/10.1071/RJ20046

Milheiras, S., & Hodge, I. (2011). Attitudes towards compensation for wolf damage to livestock in Viana do Castelo, North of Portugal. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, *24*(3), 333-351. https://doi.org/10.1080/13511610.2011.592071

Morales-Reyes, Z., Barbosa, J. M., Sánchez-Zapata, J. A., & Pérez-Ibarra, I. (2025). Farmer perceptions of the vulnerabilities of traditional livestock farming systems under global change. *Ambio*, *54*(8), 1353-1371. https://doi.org/10.1007/s13280-025-02150-8

Moreira, F., & Russo, D. (2007). Modelling the impact of agricultural abandonment and wildfires on vertebrate diversity in Mediterranean Europe. *Landscape Ecology*, *22*(10), 1461-1476. https://doi.org/10.1007/s10980-007-9125-3

Niamir-Fuller, M., Kerven, C., Reid, R., & Milner-Gulland, E. (2012). Co-existence of wildlife and pastoralism on extensive rangelands: Competition or compatibility? *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, *2*(1), 8. https://doi.org/10.1186/2041-7136-2-8

Nicolas, F., & Doré, A. (2022). *Face aux loups. Étude socio-anthropologique des effets de la présence des loups sur la santé des éleveurs et bergers* (rapport). INRAE. https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/VF_SyntheseLongue_MSA-Loup_MEP.pdf

Nori, M., & Scoones, I. (2019). Pastoralism, uncertainty and resilience: Global lessons from the margins. *Pastoralism*, *9*(1), 10. https://doi.org/10.1186/s13570-019-0146-8

Olson, E. R., & Goethlich, J. (2024). Changing the tolerance of the intolerant: Does large carnivore policy matter? *Animals*, *14*(16), 2358. https://doi.org/10.3390/ani14162358

Pinto-Marroquin, M., Castaño-Uribe, C., Pérez-Torres, J., Aristizabal, J. F., Santos-Fita, D., Chaparro, A., & Serio-Silva, J. C. (2022). Potential conflict as an opportunity for coexistence: Cosmovision and attitudes of Arhuaco people towards jaguars. *Ethnobiology and Conservation*, *11*. https://doi.org/10.15451/ec2022-11-11.21-1-27

Pozo, R. A., Cusack, J. J., Acebes, P., Malo, J. E., Traba, J., Iranzo, E. C., Morris-Trainor, Z., Minderman, J., Bunnefeld, N., Radic-Schilling, S., Moraga, C. A., Arriagada, R., & Corti, P. (2021). Reconciling livestock production and wild herbivore conservation: Challenges and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*, *36*(8), 750-761. https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.05.002

Preiss-Bloom, S., Shamon, H., Ben-Ami, D., & Dayan, T. (2025). Landscape of risk: Responses of grey wolves to lethal control in a mosaic landscape. *European Journal of Wildlife Research*, *71*(2). https://doi.org/10.1007/s10344-025-01910-x

Puri, M., Srivathsa, A., Karanth, K. K., Patel, I., & Kumar, N. S. (2022). Links in a sink: Interplay between habitat structure, ecological constraints and interactions with humans can influence connectivity conservation for tigers in forest corridors. *Science of The Total Environment*, *809*. 151106. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151106

Queiroz, C., Beilin, R., Folke, C., & Lindborg, R. (2014). Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *12*(5), 288-296. https://doi.org/10.1890/120348

Raimondi, F., Sogliani, D., Cimini, M., Atzeni, L., & Augugliaro, C. (2023). Interference competition between wild and domestic ungulates at watering sites of Gobi desert, Mongolia. *Arid Ecosystems*, *13*(3), 305-313. https://doi.org/10.1134/S2079096123030101

Redpath, S. M., Young, J., Evely, A., Adams, W. M., Sutherland, W. J., Whitehouse, A., Amar, A., Lambert, R. A., Linnell, J. D. C., Watt, A., & Gutiérrez, R. J. (2013). Understanding and managing conservation conflicts. *Trends in Ecology & Evolution*, *28*(2), 100-109. https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.08.021

Reid, R. S., Fernández-Giménez, M. E., & Galvin, K. A. (2014). Dynamics and resilience of rangelands and pastoral peoples around the globe. *Annual Review of Environment and Resources*, *39*(1), 217-242. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020713-163329

Sebsibe, I. (2022). Humans-livestock predators conflict in the Central and Eastern Part of Bale Mountains National Park, Ethiopia. *BMC Ecology and Evolution*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/s12862-022-02065-y

Skogen, K., & Krange, O. (2003). A wolf at the gate: The anti-carnivore alliance and the symbolic construction of community. *Sociologia Ruralis*, *43*(3), 309-325. https://doi.org/10.1111/1467-9523.00247

Skogen, K., Mauz, I., & Krange, O. (2008). Cry wolf!: Narratives of wolf recovery in France and Norway. *Rural Sociology*, *73*(1), 105-133. https://doi.org/10.1526/003601108783575916

Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science*, *236*(4799), 280-285. https://doi.org/10.1126/science.3563507

Smith, E. R., & Parker, D. M. (2010). Tick communities at the expanding wildlife/cattle interface in the Eastern Cape Province, South Africa: Implications for Corridor disease. *Journal of the South African Veterinary Association*, *81*(4), 237-240. https://doi.org/10.4102/jsava.v81i4.154

Teixeira, L., Tisovec-Dufner, K. C., Marin, G. d. L., Marchini, S., Dorresteijn, I., & Pardini, R. (2021). Linking human and ecological components to understand human-wildlife conflicts across landscapes and species. *Conservation Biology*, *35*(1), 285-296. https://doi.org/10.1111/cobi.13537

Thinley, P., Rajaratnam, R., Norbu, L., Dorji, L., Tenzin, J., Namgyal, C., Yangzom, C., Wangchuk, T., Wangdi, S., Dendup, T., Tashi, S., & Wangmo, C. (2021). Understanding human-canid conflict and coexistence: socioeconomic correlates underlying local attitude and support toward the endangered dhole (*Cuon alpinus*) in Bhutan. *Frontiers in Conservation Science*, *2*. https://doi.org/10.3389/fcosc.2021.691507

Titcomb, G., Mantas, J. N., Hulke, J., Rodriguez, I., Branch, D., & Young, H. (2021). Water sources aggregate parasites with increasing effects in more arid conditions. *Nature Communications*, *12*(1), 7066. https://doi.org/10.1038/s41467-021-27352-y

Triguero-Ocaña, R., Barasona, J. A., Carro, F., Soriguer, R. C., Vicente, J., & Acevedo, P. (2019). Spatio-temporal trends in the frequency of interspecific interactions between domestic and wild ungulates from Mediterranean Spain. *PLOS ONE*, *14*(1), e0211216. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211216

Vargas, S. P., Hargreaves, M., Del Valle, J. P., Hodges, A., Beltrami, E., Toledo, M. F., & Sapaj-Aguilera, G. (2022). Coexistence in times of climate crisis: A participatory mapping to understanding conservation conflicts in the central andes of Chile. *Frontiers in Conservation Science*, *3*, 731382. https://doi.org/10.3389/fcosc.2022.731382

Vasileiou, N. G. C., Fthenakis, G. C., & Papadopoulos, E. (2015). Dissemination of parasites by animal movements in small ruminant farms. *Veterinary Parasitology*, *213*(1-2), 56-60. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.04.031

Virapin, M., Sturaro, E., & Brunschwig, G. (2026). Multiple risk analysis at the interface between pastoral livestock systems and wildlife. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, *15*, 15413. https://doi.org/10.3389/past.2025.15413

Wilkinson, C. E., McInturff, A., Miller, J. R. B., Yovovich, V., Gaynor, K. M., Calhoun, K., Karandikar, H., Martin, J. V., Parker-Shames, P., Shawler, A., Van Scoyoc, A., & Brashares, J. S. (2020). An ecological framework for contextualizing carnivore-livestock conflict. *Conservation Biology*, *34*(4), 854-867. https://doi.org/10.1111/cobi.13469

Windell, R. M., Bailey, L. L., Young, J. K., Livieri, T. M., Eads, D. A., & Breck, S. W. (2022). Improving evaluation of nonlethal tools for carnivore management and conservation: Evaluating fladry to protect an endangered species from a generalist mesocarnivore. *Animal Conservation*, *25*(1), 125-136. https://doi.org/10.1111/acv.12726

Yeshey, Keenan, R. J., Ford, R. M., & Nitschke, C. R. (2024). Social and ecological dimensions are needed to understand human-wildlife conflict in subsistence farming context. *People and Nature*, *6*(6), 2602-2617. https://doi.org/10.1002/pan3.10740

Résumé

Les systèmes pastoraux évoluent dans des écosystèmes contraints où coexistent élevage, faune sauvage et activités humaines. Cette coexistence génère des risques pluriels et complexes, intensifiés par le changement global, encore insuffisamment appréhendés de manière intégrée. La caractérisation des principaux risques affectant les systèmes d'élevage pastoraux à l'interface avec la faune sauvage est essentielle pour assurer la pérennité des territoires pastoraux. À partir d'un large corpus bibliographique, cet article propose un cadre analytique visant à comprendre la diversité et la complexité de ces risques. L'analyse s'appuie sur 150 articles sélectionnés à l'issue d'une recherche systématique fondée sur huit équations de recherche ciblées. Trois catégories de risques ont été identifiées : *i)* les risques biologiques et écologiques (zoonoses, parasitoses, prédation et compétition), *ii)* les risques socio-économiques (pertes financières, conflits, impacts psychosociaux) et *iii)* les risques systémiques amplificateurs (climat, mutations sociétales, perte et fragmentation des habitats). Ce cadre met en évidence l'existence de risques multiples, imbriqués et synchrones, profondément ancrés dans des systèmes socio-écologiques complexes. Il montre que le risque constitue un concept transversal, permettant de dépasser les approches sectorielles et de révéler la nature multidimensionnelle de l'interface entre systèmes d'élevage pastoraux et faune sauvage, où interagissent des processus écologiques, sanitaires, économiques et sociaux. Par ailleurs, la dégradation des relations entre l'homme et la nature émerge comme un risque latent, structurant les dynamiques de conflit. Cet article invite ainsi à repenser les conditions d'une coexistence durable entre élevage et faune sauvage à travers une approche systémique et territorialisée des risques, afin de renforcer la résilience des systèmes pastoraux face aux défis du changement global.

Mots clés : systèmes pastoraux ; pastoralisme ; interface ; risques ; prédation ; sanitaire ; coexistence

Abstract

Towards a multidimensional risk analysis framework for pastoral livestock systems at the wildlife interface

Pastoral systems operate within constrained ecosystems where livestock, wildlife, and human activities coexist. This coexistence generates multiple and complex risks, increasingly intensified by global change, that remain insufficiently addressed through integrated analytical approaches. Characterizing the main risks affecting pastoral livestock systems at the wildlife interface is essential to ensure the sustainability of pastoral territories. Based on a large bibliographic corpus, this article proposes an analytical framework to understand the diversity and complexity of risks at the interface between wildlife and livestock systems. The thematic analysis draws on 150 articles identified through eight targeted search equations. Three categories of risks were identified: (1) biological and ecological risks (zoonoses, parasitic diseases, predation, and competition); (2) socio-economic risks (financial losses, conflicts, and psychosocial impacts); and (3) systemic amplifying risks (climate change, societal transformations, and habitat loss and fragmentation). This framework highlights the existence of multiple, interwoven, and synchronous risks that are deeply embedded within complex socio-ecological systems. Risk is thus approached as a transversal concept, allowing us to move beyond sectoral perspectives and to capture the multidimensional nature of the wildlife–pastoral livestock interface. The livestock–wildlife interface appears deeply multidimensional, encompassing ecological, health, economic, and social dimensions. Furthermore, the deterioration of human–nature relationships has emerged as a latent and structuring risk, shaping dynamics of both conflict and cooperation. This article therefore calls for a rethinking of the conditions for sustainable coexistence between livestock and wildlife, through a systemic and place-based approach to risk analysis aimed at strengthening the resilience of pastoral systems in the context of global change.

Keywords: *Pastoral systems; Pastoralism; Interface; Risks; Predation; Health; Coexistence*

VIRAPIN, M., STURARO, E., & BRUNSCHWIG, G. (2026). Vers un cadre d'analyse multidimensionnel des risques pour les systèmes d'élevage pastoraux à l'interface avec la faune sauvage. *INRAE Productions Animales*, *39*(3), 9559.
https://doi.org/10.20870/productions-animales.2026.39.3.9559

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0).
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr
La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI en respectant les informations figurant ci-dessus.