

Analyse des systèmes d'élevages bovin lait basés sur la prairie permanente au prisme de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique

MAGNE M.-A. (1), NOZIERES-PETIT M.-O. (2)

(1) AGIR, Université de Toulouse, INRAE, INPT, INP- EI PURPAN, Castanet-Tolosan, France

(2) SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro-Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier, France

RESUME

Les élevages bovins laitiers (BL) de montagne, basés sur les ressources herbagères, sont souvent perçus comme respectueux de l'environnement et conformes aux principes de l'agroécologie. Cependant, leur durabilité est compromise en raison d'une empreinte carbone controversée et d'une vulnérabilité climatique qui s'exacerbe. Cette étude a analysé les effets et les liens entre les options d'adaptation et d'atténuation au changement climatique dans de tels élevages. Des entretiens menés en 2022 auprès de 15 éleveurs BL cantaliens ont visé à recueillir des données sur le fonctionnement et les performances de ces élevages en plus des bilans Cap2ER® réalisés entre 2019 et 2021 par la chambre d'agriculture, et sur les perceptions des éleveurs sur la vulnérabilité climatique et socio-économique de leurs élevages et les effets, liés ou pas, d'options d'atténuation et d'adaptation climatique recensées dans la littérature. Une analyse multivariée a permis de caractériser quatre groupes d'élevages différenciés selon leur impact environnemental. Ils se distinguent par (i) leurs modes de gestion des ressources fourragères et leur niveau d'intensification et (ii) la taille de troupeau et le niveau de productivité des vaches laitières. Les groupes ne diffèrent pas en termes de sensibilité à la sécheresse telle que perçue par les éleveurs. Enfin, l'analyse des discours des éleveurs a révélé qu'ils expriment davantage d'effets négatifs à l'utilisation d'options d'atténuation et d'adaptation climatiques que d'effets positifs, et davantage d'effets antagonistes entre elles que d'effets synergiques.

Analysis of dairy farming systems based on permanent grassland in terms of climate change mitigation and adaptation

MAGNE M.-A. (1), NOZIERES-PETIT M.-O. (2)

(1) AGIR, Université de Toulouse, INRAE, INPT, INP- EI PURPAN, Castanet-Tolosan, France

SUMMARY

Mountain dairy cattle farms, reliant on grassland resources, are seen as environmentally friendly and aligned with agroecology. However, their sustainability is impacted by their carbon footprint and growing susceptibility to climate change. Fifteen French grass-based dairy cattle farmers were interviewed in 2022, to examine the effects of climate change adaptation and mitigation options on these farms and their links. Carbon balances from 2019 to 2021 were collected for analysis, along with an assessment of the farmers' views on their vulnerability to climate-related and socio-economic factors. Multivariate analysis revealed four farm clusters with diverse environmental influences, determined by forage management, intensity of operations, herd size, and dairy cow productivity. No link was shown between these clusters and farmers' perception of drought sensitivity. Additionally, farmers reported more negative than positive effects of using mitigation and adaptation options to climate change in their farms, and highlighted more antagonisms than synergies between these options.

INTRODUCTION

Les systèmes d'élevage bovin laitier (BL) basés majoritairement sur des ressources herbagères spontanées qui constituent des piliers de l'économie des territoires de moyennes montagnes sont *a priori* conformes aux principes de l'agroécologie. Ils présentent des intérêts environnementaux comme le fait de mobiliser des surfaces n'entrant pas en concurrence avec celles dédiées à l'alimentation humaine et délivrant de nombreux services écosystémiques (Michaud *et al.*, 2020). Toutefois, leur empreinte environnementale est questionnée du fait de leur faible efficacité de conversion alimentaire et productivité par unité de produits (Schader *et al.*, 2015). Parallèlement, leur dépendance à la disponibilité et à la qualité des ressources herbagères spontanées les rend vulnérables aux effets du changement climatique (CC) (Weindl *et al.* 2015), lesquels devraient s'aggraver au cours des prochaines décennies. Ces constats interrogent les relations entre les stratégies d'adaptation et d'atténuation au CC dans ce type de systèmes d'élevage. Cette question est cependant faiblement investiguée, et quand elle l'est, elle est instruite à partir de méta-analyses (Barbieri *et al.*, 2024). L'enjeu ici a donc été de l'instruire à partir de cas empiriques et contextualisés. Ainsi l'objectif a été d'analyser le fonctionnement des systèmes d'élevage BL de montagne, en questionnant à la fois les options d'atténuation et l'adaptation

au CC développées et envisagées, à partir des points de vue et expériences des éleveurs eux-mêmes. Cela s'est traduit par deux sous-objectifs : 1) caractériser les systèmes de BL selon leurs impacts environnementaux et leur sensibilité au CC ; 2) caractériser les effets et les liens entre les options d'atténuation et d'adaptation climatiques dans les systèmes d'élevage BL de montagne du point de vue des éleveurs.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DES DONNEES D'ELEVAGES CANTALIENS

L'étude a été menée dans le département du Cantal, région de semi-montagne du Massif Central. Il s'agit d'un des principaux bassins de production laitière en France caractérisé par des systèmes BL basés majoritairement sur l'herbe et le pâturage, bien qu'une diversité de systèmes d'alimentation existe (tout herbe, maïs herbe et herbe céréale ; Inosys 2019), et sur des formes de valorisation des produits diverses mais particulièrement sous Appellations d'Origines Protégées (AOP, n=5). Cette zone est aussi en prise au CC, comme en atteste le projet Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique (AP3C), et engagée dans la réalisation de bilans carbone sur les élevages (bilan Cap2ER®). De mai à juin 2022, 15 éleveurs BL de ce département ont ainsi été enquêtés. Les éleveurs échantillonnés devaient disposer d'un bilan Cap2ER® réalisé

par la chambre d'agriculture du Cantal entre 2019 et 2021, être localisés dans des zones pédoclimatiques différentes (Chataignerai, Gentiane-Cézallier et Planèze-Margeride) et recouvrir une gamme de systèmes de production notamment en termes de systèmes fourragers. Les entretiens ont visé à comprendre le fonctionnement de l'exploitation d'élevage et à identifier, à dire d'éleveurs, le niveau de sensibilité de celle-ci vis-à-vis d'aléas climatiques et économiques ainsi que les options d'adaptation et d'atténuation au CC qu'ils avaient adoptées et l'analyse des effets qu'ils en faisaient. Enfin, il s'agissait d'identifier les avis argumentés des éleveurs sur les effets potentiels ou avérés de 26 options d'adaptation au CC et 18 options d'atténuation du CC extraites de la littérature.

1.2. METHODES DE TRAITEMENTS DES DONNEES

1.2.1. Une analyse multivariée pour une vue systémique des liens entre adaptation et atténuation

Afin de caractériser les systèmes BL selon leurs impacts environnementaux et leur sensibilité au CC, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée sur cinq variables de performances environnementales issues des bilans Cap2ER®. Trois renvoient aux flux de gaz à effet de serre (GES) et sont évaluées en kg équivalent CO₂/L de lait corrigé : les émissions brutes (EB) et nettes (EN) de GES et le stockage de carbone. Les deux autres renvoient aux flux d'azote (N) et à la préservation de la biodiversité, i.e. respectivement l'excédent d'azote (en kg N/ha SAU) et l'entretien de la biodiversité (en Equivalent hectare/ha SAU). Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée pour discriminer des groupes d'élevages selon leur impact environnemental. Les analyses ont été effectuées avec le package FactorMineR. Enfin, des tests de Kruskal Wallis suivis, s'ils étaient significatifs, de tests de Dunn ont été effectués pour comparer les groupes en termes de structure, de performances et du niveau de sensibilité aux aléas climatiques tels qu'estimés par les éleveurs.

1.2.2. Des analyses de contenu pour une vue analytique des liens entre adaptation et atténuation

Afin de caractériser les effets des options d'atténuation et d'adaptation au CC sur les élevages du point de vue des éleveurs, nous avons codé le contenu des arguments développés par chacun d'eux. Pour les options d'atténuation, nous avons identifié dans leurs discours quatre grandes composantes sur lesquelles ils envisageaient des effets potentiels ou avérés. Il s'agit de variables qui portent sur les performances de production et économiques, l'intégrité du système d'élevage (santé et bien-être des animaux, bien-être de l'agriculteur), l'efficacité d'utilisation des ressources fourragères et des intrants, la vulnérabilité climatique et socio-économique (sensibilité et capacité d'adaptation). Pour les options d'adaptation, nous avons catégorisé la nature, antagoniste ou synergique, des liens qu'ils identifiaient entre celles qu'ils utilisaient ou pas et les options d'atténuation identifiées dans la littérature.

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

Les fermes échantillonnées ont en moyenne 54 vaches laitières (VL), 86 ha et 0,97 UGB/ha (Tab. 1). La part de prairies permanentes moyenne est de 73% pour une productivité laitière corrigée moyenne de 5 998 L/VL/an. Cependant, une variabilité existe sur l'ensemble de ces paramètres au sein de l'échantillon rendant ainsi compte de l'exploration d'une certaine diversité. Les éleveurs élèvent des vaches de race Holstein (n=5) ou Montbéliarde (n=10) Cinq exploitations ne cultivent ni céréales ni maïs et ont uniquement des prairies. Quatre sont en Agriculture Biologique (AB), 10 produisent sous au moins une des 5 AOP de la région

Auvergne, et une est en cours de labellisation pour les AOPs Cantal et Bleu d'Auvergne. Onze exploitations ont une forme de diversification associée à l'élevage BL, que ce soit une autre activité agricole (bovin viande, porc, avicole, maraîchage) ou non agricole (transformation laitière, vente directe, gîte à la ferme, énergie solaire).

Tableau 1 Caractéristiques de l'échantillon d'élevages

Caractéristiques clefs	Moyenne	Minimum	Maximum
Effectif Vache Laitière (VL)	54	30	140
Surface Agricole Utile (SAU, en ha)	86	32	214
Chargement apparent (UGB/ha)	0,97	0,7	1,3
Part de prairies permanentes dans la SAU (%)	73	47	100
Productivité laitière corrigée (L/VL/an)	5 998	3 733	8 312
Age moyen au premier vêlage (en mois)	32	27	36
Taux de renouvellement (%)	26	16	34

2.2. APPROCHE SYSTEMIQUE DES LIENS ENTRE ATTENUATION ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.2.1. Deux axes factoriels structurant les performances environnementales des élevages

Les deux premiers axes factoriels de l'ACP représentent 70,1 % de la variance observée. L'axe 1 (41,2 %) est corrélé négativement au stockage de carbone par litre de lait et positivement à l'excédent en azote par ha ainsi qu'aux EN de GES par litre de lait. Il distingue les élevages selon les modalités de gestion des surfaces fourragères et leur degré d'intensification. Il oppose ainsi ceux qui séquestrent du carbone via l'utilisation de prairies permanentes, haies et agroforesterie à ceux qui apportent des quantités plus élevées et potentiellement excédentaires d'azote pour assurer la productivité des ressources fourragères. L'axe 2 (28,9 %) discrimine les fermes selon leurs EB et EN de GES (évaluées par litre de lait corrigée). Il distingue ainsi les élevages selon les effectifs d'animaux de l'atelier laitier et la productivité laitière des vaches.

2.2.2. Quatre groupes d'élevages discriminés selon leur impact environnemental

Quatre groupes d'élevages différent selon leur impact environnemental (Tab 2). Les fermes en Agriculture Biologique ou sous AOP et celles ayant des ateliers de diversification se répartissent dans les 4 groupes.

Groupe 1 : Des élevages de taille moyenne basés sur un équilibre entre émission de GES, stockage de carbone et production laitière. Le groupe 1 (n=4) est peu discriminé dans le plan factoriel de l'ACP. Les élevages qui le composent sont caractérisés par des valeurs d'EB et EN de GES (respectivement de 1,16 et 0,76 kg eq CO₂/L lait corrigé), de stockage de carbone/L lait (0,39 kg eq. CO₂/L lait corrigé) et d'excédent d'azote (63kg de N/ha) équivalentes à celles des moyennes de l'échantillon. Ces éleveurs ont des vaches de race Montbéliarde dont l'âge au premier vêlage est en moyenne de 32 mois. Ils ont des SAU composées des plus fortes parts de PP/ha de SAU (85 % en moyenne) et sans maïs. Ils ont une faible autonomie protéique (65 %) relativement aux autres groupes et achètent des concentrés pour leurs reproductrices.

Tableau 2 Caractéristiques des quatre groupes d'élevages issus du clustering suivant l'analyse en composantes principales

Variables descriptives (valeur moyenne \pm Ecart type)	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Echantillon entier
Émissions brutes de GES (kg d'eq CO ₂ /L de lait corrigé)	1,16 \pm 0,09	0,97 \pm 0,12	1,18 \pm 0,13	1,18 \pm 0,06	1,14 \pm 0,12
Émissions brutes de GES / UGB (kg d'eq CO ₂ /UGB)	6 336 \pm 745	6 431 \pm 418	5 313 \pm 463	6 604 \pm 868	6 154 \pm 798
Stockage de C/L lait (kg d'eq CO ₂ /L de lait corrigé)	0,39 \pm 0,06	0,25 \pm 0,05	0,52 \pm 0,21	0,34 \pm 0,08	0,38 \pm 0,14
Stockage de C/ha (t d'eq CO ₂ /ha)	2,09 \pm 0,47	1,68 \pm 0,47	1,82 \pm 0,39	1,88 \pm 0,30	1,88 \pm 0,39
Émissions nettes de GES/L lait (kg d'eq CO ₂ /L de lait corrigé)	0,76 \pm 0,13	0,72 \pm 0,16	0,67 \pm 0,11	0,84 \pm 0,05	0,75 \pm 0,12
Émissions nettes de GES/UGB (kg d'eq CO ₂ /UGB)	4 142 \pm 606	4 724 \pm 592	3 022 \pm 617	4 738 \pm 915	4 119 \pm 959
Excédent d'azote (kg d'N/ha)	63 \pm 5,8	84 \pm 4,3	42 \pm 8,8	117 \pm 4,5	76 \pm 30
Efficience de l'azote (en %)	28,7 \pm 3,4	27,3 \pm 2,1	25,2 \pm 6,5	20,2 \pm 4,1	25,2 \pm 5,2
Taille du cheptel laitier (UGB)	76 \pm 23	135 \pm 60	62 \pm 16	58 \pm 21	79 \pm 40
Productivité laitière corrigée moyenne (L/VL/an)	5 961 \pm 796	7 366 \pm 1092	4 828 \pm 1352	6 177 \pm 949	5 998 \pm 1301
Âge au 1er vêlage (mois)	32,1 \pm 3,5	30,7 \pm 2,3	33,7 \pm 1,5	30,2 \pm 1,5	31,7 \pm 2,7
Taux de renouvellement (%)	25,5 \pm 7,14	28,7 \pm 4,73	21,25 \pm 5,50	29,7 \pm 1,89	26,1 \pm 5,7
Proportion génisses (UGB génisses / VL)	36,5 \pm 10,7	52,0 \pm 5,29	42,7 \pm 12,3	49 \pm 18,1	44,6 \pm 12,9
SAU (ha)	80,7 \pm 33,6	137,3 \pm 66,4	80,7 \pm 26,6	57,2 \pm 23,5	85,8 \pm 44,2
Chargement apparent (UGB / ha de SAU)	1,02 \pm 0,21	0,97 \pm 0,15	0,85 \pm 0,13	1,05 \pm 0,13	0,97 \pm 0,16
Proportion des PP dans la SAU (%)	85,7 \pm 19,8	62,3 \pm 8,0	78,0 \pm 15,4	63,2 \pm 17,0	73,0 \pm 17,6
Quantité de haies par hectare (m / ha SAU)	60,0 \pm 41,7	53,3 \pm 27,0	41,7 \pm 13,3	98,0 \pm 87,0	64,0 \pm 51,3
Achat de concentré (t de MB/ an /UGB)	1,28 \pm 0,28	1,62 \pm 0,13	0,59 \pm 0,29	1,16 \pm 0,36	1,00 \pm 0,45
Concentrés/VL (g/L)	277,7 \pm 46,3	321,3 \pm 30,8	289,0 \pm 70,2	222,0 \pm 56,0	275,0 \pm 60,4
Autonomie protéique (%)	65,0 \pm 4,08	58,3 \pm 6,11	75,5 \pm 9,47	75,7 \pm 8,10	69,0 \pm 9,80

Ils utilisent en moyenne une part de concentrés par litre de lait (277g/L) équivalente à la moyenne de l'échantillon (275g/L). Produisant en moyenne 5 961L/an, le VL de ce groupe ont une productivité laitière équivalente à la moyenne de l'échantillon. C'est surtout la quantité de concentrés utilisée pour les génisses (950g/UGB génisse) qui est supérieure à celle des trois autres groupes et à celle de l'échantillon (544g/UGB génisse).

Groupe 2 : Des grands élevages basés sur des productivités laitières élevées au détriment du stockage de carbone et de l'autonomie et l'efficience azotée. Ce groupe comprend trois élevages de race Holstein ayant des EB et EN de GES les plus faibles de l'échantillon avec respectivement 0,97 et 0,72 kg eq CO₂/L lait corrigé. En revanche, ces émissions rapportées aux UGB sont plus élevées que les moyennes de l'échantillon et parmi les plus élevées des 4 groupes (EB=6 431 et EN=4 724 eq CO₂/UGB contre des moyennes d'échantillon respectivement de 6 154 et 4 119 eq CO₂/UGB). Ceci s'explique par des SAU (137 ha), des effectifs d'animaux (135 VL) et des productivités laitières par vache (7 366L/VL/an) les plus élevées des 4 groupes et supérieurs aux moyennes de l'échantillon (respectivement, 86ha, 56 VL et 6 191 L/VL/an). La productivité laitière élevée des vaches explique pour partie la faible valeur de stockage de carbone/L lait corrigée du groupe (0,25 kg eq. CO₂/L lait corrigé). Cependant, ramené à l'hectare, ils séquestrent aussi le moins de carbone (1,68t eq CO₂/ha). Ils ont en effet, 62 % PP/ha de SAU contre 72 % pour l'échantillon et ont la part de maïs la plus importante des groupes (12,3 % vs. 3 % dans l'échantillon). Ils sont également caractérisés par une efficience d'utilisation de l'azote parmi la plus faible de l'échantillon. Ils ont en effet un bilan excédentaire azoté de 86kg N/ha contre 76kg N/ha pour l'échantillon, une faible autonomie protéique (58 % vs. 69 pour l'échantillon) et utilisent 321g de concentré par litre de lait, soit la part la plus élevée des quatre groupes, ceci pour gagner ou maintenir un certain niveau de productivité laitière.

Groupe 3 : Des élevages basés sur une faible empreinte environnementale via une conduite extensive et économe en intrants. Ce groupe compte 4 élevages qui se caractérisent par des quantités d'azote excédentaire les plus faibles de l'échantillon (en moyenne 42 kg N/ha) associée à une capacité de stockage de carbone par litre de lait (0,52 kg eq. CO₂/L lait corrigé) et par ha (1,78t eq CO₂/ha) les plus élevées des 4

groupes. Ces valeurs résultent non seulement de la productivité laitière des vaches qui est la plus faible des groupes (4 828L/VL/an) mais aussi de la part de PP dans la SAU (78 % vs 72 % dans l'échantillon). Ces élevages ont les chargements apparents les plus faibles des 4 groupes. Ils élèvent des vaches majoritairement de race Montbéliarde avec des âges au premier vêlage élevés mais pour un faible taux de renouvellement. Ces élevages présentent aussi une bonne efficience dans l'utilisation des fertilisants, se traduisant par un faible excédent d'azote et une forte autonomie en protéines. Ces niveaux d'autonomie et d'efficience d'utilisation de l'azote conduisent à des émissions de GES liées à l'achat d'intrants alimentaires et azotés relativement faibles. In fine, ce sont des élevages qui ont de faibles EB de GES par UGB mais qui sont pénalisés par leur faible productivité si les émissions sont ramenées au litre de lait. Ils ont, de fait, des EN par UGB ou par ha faible, mais avec des résultats plus hétérogènes par litre de lait.

Groupe 4 : Des petits élevages contraints en surface dont l'empreinte environnementale est dégradée par l'achat d'engrais pour maximiser le potentiel de production. Ce groupe comporte quatre élevages caractérisés par un faible stockage de carbone/L lait corrigé (0,34 kg eq. CO₂/L) combiné à des EB et EN de GES ramenés au L lait ou à l'UGB les plus élevées de l'échantillon et à un excédent d'azote de 117kg N/ha, soit le plus élevé de l'échantillon. Ces élevages sont les plus petites de l'échantillon (avec 58 VL et 55,2 ha) et comptent des vaches dont la productivité laitière est légèrement supérieure à la moyenne de l'échantillon (6 177L/VL/an vs. 5 995). Dans ces élevages, l'âge au premier vêlage est de 30 mois, soit moindre que la moyenne de l'échantillon (32 mois). Le taux de renouvellement est le plus élevé des 4 groupes (29,7 % vs. 26 % pour l'échantillon). Ceci peut expliquer des EB de GES par UGB les plus élevées des quatre groupes (6 604 eq CO₂/UGB). A noter une variabilité importante au sein de ce groupe en termes d'EB de GES par UGB. Ces fermes allouent une part importante de leurs terres à des prairies temporaires et des cultures, ce qui leur confère une forte autonomie en protéines. Cependant, les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) et celles liées aux achats d'intrants dans ces élevages sont plus élevées que les moyennes de l'échantillon. Ces deux éléments, combinés au fait que les émissions sont partiellement compensées par une productivité légèrement supérieure à la moyenne, font que les EB de GES par litre de lait sont dans la moyenne. Enfin, bien que le

stockage de carbone par hectare ne soit pas significativement différent des autres groupes, il est légèrement inférieur par litre de lait en raison, également, de la plus forte productivité laitière. Ce groupe présente donc des EN de GES par litre de lait élevés. Il se caractérise surtout par un excédent d'azote élevé résultant de taux de fertilisation élevés, entraînant une perte d'azote dans l'eau significative et donc un risque potentiel de pollution de l'eau.

2.2.3. Liens entre groupes d'élevage et sensibilité aux aléas climatiques et économiques cités par les éleveurs

Les fermes considérées comme faiblement ou fortement sensibles à la sécheresse ou aux canicules sont réparties de manière équitable dans les 4 groupes de performances environnementales. Aucun lien n'est observé statistiquement entre la sensibilité à ces aléas climatiques et le profil environnemental des fermes. En revanche, des différences de sensibilité vis-à-vis du coût des intrants sont observées entre les groupes : les élevages du groupe 4 caractérisés par des excédents azotés par ha élevés sont les plus sensibles à l'augmentation des prix des intrants.

2.3. APPROCHE ANALYTIQUE DES LIENS ENTRE ATTENUATION ET ADAPTATION CLIMATIQUES

2.3.1. Expressions des éleveurs sur les effets générés par des options d'atténuation climatique sur les élevages et sur leurs liens aux options d'adaptation

Sur les 18 options d'atténuation au CC présentées aux éleveurs, seules neuf ont fait l'objet d'explicitation d'effets positifs et/ou négatifs sur le fonctionnement et les performances des systèmes d'élevage. Certaines options n'ont pas été retenues car jugées « trop technologiques » et non en phase avec leur rapport au vivant, non utilisables concrètement dans des élevages (ex : modification directe de la population microbienne du rumen) ou non connues. Par ailleurs, certains éleveurs avaient des difficultés à considérer des options consistant à optimiser et raisonner la fertilisation, l'alimentation, le chargement ou à utiliser du pâturage tournant dynamique car ils estimaient déjà les utiliser (n=7) ou estimaient que leur mise en place modifierait trop le fonctionnement de leur exploitation (n=3). Au total 139 citations d'éleveurs rapportant des effets positifs ou négatifs par l'adoption des options d'atténuation climatique qui leur avaient été présentées ont été dénombrées. Les effets principaux identifiés portent sur les performances de production et économiques, l'efficacité d'utilisation des ressources et des intrants et la vulnérabilité climatique et socio-économique de l'élevage, avec pour chacune 31 % d'occurrences observées (Tab 3). Des effets sur l'intégrité des animaux et éleveurs ont été relevés (7 %).

Tableau 3 Effets mentionnés par les éleveurs comme étant générés par les options d'atténuation climatique.

Variables sur lesquelles les effets sont mentionnés par les éleveurs	Fréquences relatives d'occurrences citant des effets sur les élevages aux options d'atténuation climatique (en %)		
	Effets positifs	Effets négatifs	Ensemble des effets
Performances productives et économiques	4	27	31
Efficacité d'utilisation des ressources et des intrants	26	5	31
Vulnérabilité climatique et socio-économique	7	24	31
Intégrité des animaux et des éleveurs	1	6	7
Ensemble des variables	39	61	100

Les effets mentionnés par les éleveurs sont davantage des effets négatifs que des effets positifs avec respectivement 61 % et 39 % d'occurrences dénombrées. Les effets négatifs portent principalement sur les performances de production et économiques (27 %) et la vulnérabilité climatique et socio-économique des élevages, laquelle inclut la sensibilité climatique et environnementale (ex : rats taupiers) et la capacité adaptative face à ces aléas (24 %). Ainsi les éleveurs associent des pertes de productivité laitière et/ou des pertes de productivité des prairies et cultures aux options d'atténuation climatique. Des baisses de rentabilité économique sont aussi fréquemment associées en lien soit avec ces pertes de production soit avec des besoins en investissements importants (ex : plantation de haies ou d'arbres). Les éleveurs déclarent fréquemment que certaines options d'atténuation peuvent exacerber leur sensibilité climatique (ex : allongement des prairies dans l'assolement) et/ou à d'autres aléas environnementaux comme l'expansion des rats taupiers. Selon eux, elles peuvent aussi réduire leur capacité à s'adapter à des aléas climatiques. Par exemple, des éleveurs mentionnent que réduire le taux de renouvellement dans leur troupeau réduit leur capacité à faire face à des périodes de sécheresse car les vaches n'ont pas la capacité à valoriser des prairies de faible valeur nutritionnelle contrairement aux génisses. Enfin, les options d'atténuation climatique sont très fréquemment (24/31) citées comme générant des effets positifs sur l'efficacité d'utilisation des ressources fourragères et des intrants et l'amélioration de l'autonomie en intrants. Les intrants concernés sont les concentrés et aliments pour les animaux, mais aussi les engrais, le fuel, l'électricité et la paille.

Enfin, les éleveurs explicitent des effets positifs et négatifs sur deux catégories d'options d'atténuation: la gestion des surfaces fourragères et celle du troupeau (respectivement 67 et 41 occurrences ; Tab. 4). Pour les premières, des effets négatifs sont cités deux fois plus souvent que des effets positifs. Ainsi, toutes les options qui consistent à allonger l'âge des prairies, introduire plus de prairie dans les assolements ou planter des arbres et haies sont mentionnées comme générant en contrepartie des pertes de rendements des surfaces fourragères. Les effets positifs cités renvoient à l'amélioration du bien-être des animaux (ex : option 'planter des arbres/haies') et à l'amélioration de l'autonomie en intrants (ex : option 'introduire des légumineuses dans les prairies'). Pour les options relatives à la gestion de troupeau, autant d'effets négatifs que d'effets positifs sont cités.

Tableau 4 Effets mentionnés être générés par six catégories d'options d'atténuation climatique présentées aux éleveurs

Catégories d'options d'atténuation climatique	Nombre d'occurrences / effet		
	Effets positifs	Effets négatifs	Ensemble des effets
Gestion des surfaces fourragères	21	46	67
Gestion de troupeau	17	19	41
Gestion de l'alimentation	6	3	11
Gestion des effluents d'élevage	5	5	10
Gestion de l'énergie	3	2	5
Gestion de la fertilisation	2	3	5

Les options relatives à la gestion de l'alimentation des animaux et des effluents d'élevage sont citées dans une moindre mesure (respectivement 11 et 10 occurrences), mais plus souvent pour des effets positifs que négatifs. Les options liées à la gestion de l'énergie ou de la fertilisation sont peu citées par les éleveurs, probablement parce qu'ils nécessitent de lourds investissements équipementiers que les éleveurs

envisagent peu (ex : installer des panneaux photovoltaïques, acheter une rampe à pendillards).

2.3.2. Expressions des éleveurs sur les effets générés par des options d'adaptation climatique sur les élevages et sur leurs liens aux options d'atténuation climatique

Les éleveurs se sont exprimés sur 17 options d'adaptation climatique parmi les 26 qui leur ont été présentées. Neuf sont des options qu'ils ont déjà mises en place dans leurs élevages pour s'adapter aux sécheresses ou à des canicules. Elles concernent (i) la gestion de troupeau (décapitaliser temporairement ou de manière pérenne le troupeau, réduire le nombre de traites ou la durée de la période de traite pour faire face à un manque de ressources, modifier la ration et acheter des fourrages/aliments) ; (ii) la gestion des surfaces fourragères (diversifier les assolements *via* l'implantation de méteils par exemple, et planter des haies) ; (iii) la gestion du pâturage (faire du pâturage la nuit) ou des stocks (gérer les stocks d'avance) ; et (iv) la gestion des équipements (installer un séchage en grange). Les huit autres options sont des options qu'ils n'avaient pas mobilisées sur leur ferme mais qu'ils pensaient être pertinentes pour s'adapter au CC. En plus de celles évoquées ci-avant, ces options consistent à élever des « génotypes » plus rustiques, décaler les périodes de vêlages pour éviter les périodes critiques, augmenter la part de lipide dans la ration pour diminuer la thermogénèse ruminale, augmenter le retournement des prairies, installer des brumisateurs ou ventilateurs dans les stabulations. Nous avons dénombré 24 occurrences d'effets synergiques contre 29 effets antagonistes entre les options d'adaptation et d'atténuation. Option par option les éleveurs ont cité des effets plus mixtes et moins tranchés que ceux exprimés en rentrant par les options d'atténuation. Globalement, trois types d'options d'adaptation au CC ont été identifiées par les éleveurs comme impactant négativement celles d'atténuation. Il s'agit des options qui se traduisent par : (i) l'augmentation de la part d'animaux « improductifs » et donc potentiellement d'EB de CH₄/litre de lait comme par exemple l'option consistant à adopter un génotype plus rustique ; (ii) la diminution du stockage de carbone dans le sol comme l'engendrent les options d'adaptation conduisant au retournement des prairies ; (iii) l'augmentation de la consommation d'énergie, comme générées par des options d'adaptation consistant en l'installation d'équipements (ex : séchage en grange, ventilateurs/brumisateurs) et en l'implantation de haies dont l'entretien demande d'utiliser de l'énergie. Enfin, des effets antagonistes et synergiques s'expriment souvent pour une même option. Ainsi, pour l'implantation de haies, les éleveurs déclarent que cela contribue à séquestrer du carbone (effet synergique) mais aussi à émettre du CO₂ pour leur entretien.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Des améliorations méthodologiques sont requises pour assurer la validité de ces premiers résultats empiriques. La taille réduite de l'échantillon limite la portée des conclusions ; la sélection des éleveurs ayant déjà réalisé un diagnostic Cap2ER® peut avoir introduit un biais dans la diversité des systèmes de production explorés. De plus, cinq variables environnementales ont été utilisées pour l'ACP, ce qui ne reflète pas entièrement l'empreinte environnementale des fermes. Elargir la taille de l'échantillon dans le Cantal et au-delà sur la base de l'ensemble des bilans Cap2ER® pourrait permettre de valider ces résultats. Par ailleurs, la différence entre un système d'indicateurs quantitatifs et basés sur les pratiques mises en place par les éleveurs pour évaluer l'empreinte environnementale des fermes et celui basé sur le déclaratif des éleveurs pour apprécier la sensibilité et les capacités d'adaptation des éleveurs peut expliquer l'absence de différences de vulnérabilité entre les groupes d'élevage discriminés sur leur empreinte environnementale. Évaluer la vulnérabilité en se basant sur des indicateurs concrets et

quantitatifs tels que par exemple la variabilité de production et des résultats économiques pourrait permettre de dépasser cette limite. L'utilisation des données quantitatives des bilans Cap2ER® présente aussi des limites liées aux modalités de calcul des indicateurs. Ainsi, rapporter les flux de GES au litre de lait produit amène à associer les élevages les plus productifs comme les moins impactant sur le plan environnemental. Rapporter ces indicateurs à d'autres métriques telles que les UGB ou l'ha, comme nous avons fait est donc nécessaire. Les ramener à la quantité de protéines produites permettrait aussi d'intégrer la production de viande associée à l'élevage laitier. Concernant l'approche analytique des effets des options d'atténuation et d'adaptation au CC, une perspective serait de faire s'exprimer chaque éleveur systématiquement sur chaque option, ce qui n'a pas été le cas dans la présente étude.

Malgré ces limites, l'étude fournit des résultats empiriques sur les liens entre options d'atténuation et d'adaptation climatique dans les systèmes d'élevage BL alors que ces deux entrées sont très souvent traitées de manière déconnectée dans la littérature et instruites majoritairement *via* des méta-analyses (Barbieri *et al.*, 2024). L'analyse systémique montre que dans les élevages de moyennes montagnes basés sur les ressources herbagères, il existe une diversité de profils de performances environnementales. Ceci est en accord avec les analyses des bilans Cap2ER® réalisées et analysées par les organismes de conseil et l'Idede. Cependant, dans ces élevages, les contraintes de taille de SAU et la présence d'une part importante de PP dans la SAU font que les marges de manœuvre pour réduire les émissions de GES sont souvent ténues. Dès lors, beaucoup de poids est donné aux effectifs d'animaux et à la productivité laitière dans les émissions. L'absence de lien entre les profils environnementaux des élevages et leur vulnérabilité aux aléas climatiques laisse envisager des moyens d'améliorer les deux de manière simultanée. Cependant, l'étude analytique des liens entre options d'adaptation et d'atténuation climatique montre que les éleveurs identifient davantage d'effets négatifs liés à l'adoption des options d'atténuation que d'effets positifs. Cela est en accord avec quelques récentes méta-analyses (Barbieri *et al.*, 2024). Nos résultats montrent que pour analyser les liens entre adaptation et atténuation au CC dans les systèmes d'élevage, il est utile de développer une approche multicritère pour intégrer les effets de l'adoption de ces options sur les performances de production, les performances économiques et l'intégrité des animaux et des éleveurs et d'évaluer plus finement les trade-off entre ces performances.

Merci à Théo Chaulan qui a réalisé le stage support de l'étude, les éleveurs pour leur accueil et la chambre d'agriculture du Cantal pour sa collaboration.

Financement : Programme Horizon de l'UE dans le cadre de l'accord de subvention n° 862357, projet MIXED : Développement multi-acteurs et transdisciplinaire de systèmes MIXED efficaces et résilients.

Michaud, A. et al., 2020 INRAE Prod. Anim., 33, 153-172

Schader et al., 2015. J. R. Soc. Interface 12: 20150891

Weindl et al., 2015. Environ Res Lett 10: 094021

Barbieri et al., 2024. Environ. Res. Lett. 19 :013005

Inosys Réseau Élevage, 2019