

Chapitre 16

Les systèmes d'élevage face aux défis du changement climatique

Vincent Blanfort, Christian Corniaux, Véronique Alary, Guillaume Duteurtre

Les filières animales sont en pleine restructuration dans les pays industrialisés ainsi que dans les pays en développement et émergents. Les évolutions des dernières décennies — notamment la concentration des élevages et des industries de transformation et distribution — ont considérablement intensifié et étendu l'empreinte de l'élevage sur la planète. Le sous-secteur des productions animales est à présent considéré comme un contributeur majeur du changement climatique au sein du secteur agricole. La FAO (2023) évalue les émissions de gaz à effet de serre (GES) des systèmes d'élevage (bovins, buffles, ovins, caprins, porcs et poulets) à environ 12 % de l'ensemble des émissions anthropiques. Mais au-delà des évaluations strictement quantitatives des émissions, ces impacts doivent être aussi analysés au regard de la diversité des systèmes impliqués et des multiples fonctions qu'ils assurent. Les finalités productives de l'élevage sont aujourd'hui envisagées de manière plus large. Il ne s'agit plus seulement d'assurer la sécurité alimentaire des populations, mais aussi de considérer les multiples services sociaux et environnementaux de cette activité (voir chapitre 10). Parmi ces services, certains contribuent d'ailleurs à l'atténuation des impacts de l'agriculture sur le changement climatique. C'est le cas par exemple du recyclage des résidus de culture par les animaux, de l'apport de fertilisants organiques, ou du stockage du carbone dans les sols de prairies. Or, face au changement climatique, ces multiples services sont fragilisés. L'élevage ne doit ainsi pas être seulement considéré comme un « problème » pour l'environnement, mais également comme une « solution » face au changement climatique, au regard de ses potentiels d'atténuation et d'adaptation.

Après un point général synthétique sur l'état et l'évolution des filières animales dans le monde, ce chapitre aborde les principaux impacts du changement climatique sur les différents secteurs de l'élevage (hormis l'aquaculture) et montre comment il peut participer à des solutions d'adaptation et d'atténuation au sein de gouvernances en œuvre à plusieurs niveaux.

1. Dynamique des filières animales dans le monde

L'élevage est présent partout sur la planète. Quels que soient la latitude, le climat, en plaine comme en montagne, en zones rurales comme en zones urbaines, des hommes et des femmes produisent, transforment et consomment des produits animaux. Derrière ce terme générique d'« élevage » se cache donc une grande diversité de situations et de pratiques. Les espèces domestiques sont nombreuses : bovins (vaches, buffles, yacks, etc.), ovins, caprins, camélidés (dromadaires, chameaux, lamas, etc.),

porcins, volailles (poules, canards, lapins, pintades, etc.), équins (chevaux, ânes, etc.), rennes, etc. La diversité d'espèces s'accompagne d'une diversité des produits animaux : viandes blanches et rouges, abats, lait, œufs, laine, cuirs et peaux, et fumier ou lisier. Les différentes espèces sont aussi élevées pour leur force de traction (animaux de transport, pour les travaux agricoles sachant que moins de 10 % des exploitations agricoles dans le monde disposent d'un tracteur) ou pour leur fonction de thésaurisation, notamment dans les pays du Sud. Les systèmes de production eux-mêmes sont très variés allant des systèmes très extensifs (élevage transhumant) aux systèmes très intensifs (élevages de porcs et de poulets en batterie, mégafermes laitières, feed-lots¹), en passant par des fermes familiales de polyculture-élevage et des systèmes herbagers sous forme de *ranching* extensif ou de pâturages gérés en rotation.

Néanmoins, à l'instar du secteur agricole, les systèmes d'élevage s'intensifient globalement à l'échelle de la planète et des continents. La production a nettement augmenté au cours des dernières décennies. Alors que la population humaine a été multipliée par 1,76 de 1980 à 2020 (figure 16.1), la production de poulets a été multipliée par 5,3, celle d'œufs par 3,4, de petits ruminants par 2,2, de porcs par 2,1, de lait par 2,0 et de bovins par 1,6 (FAOSTAT, 2023). Autrement dit, les productions issues de l'élevage ont augmenté plus vite que la population humaine, à l'exception notable de la viande bovine. Cette tendance est à l'origine du débat actuel sur l'élevage et ses impacts.

En 2023, avec 246 Mt, les viandes blanches (majoritairement, la production de poulet de 120 Mt et de porc de 108 Mt), issues de monogastriques, devançant largement les productions de viandes rouges issues des ruminants, qui comptent pour 114 Mt (majoritairement, la production de viande bovine de 80 Mt, et de viande ovine et caprine de 16 Mt). L'essor du poulet est constaté sur tous les continents, notamment en Asie et surtout en Chine, où il a décuplé depuis 1980. Cette croissance s'appuie sur le développement de systèmes industriels très intensifs, responsables de fortes émissions de GES pour ces régions (voir chapitre 10). Cette expansion de l'élevage également constatée en Amérique latine et en Amérique du Nord est moindre en Europe malgré la substitution des viandes rouges par des viandes blanches (l'Europe, leader des productions animales en 1980, est désormais largement dépassée par l'Asie). Dans ce panorama, l'Afrique enregistre une augmentation de ses productions animales, mais qui demeurent à des niveaux déficitaires, surtout pour les viandes blanches. Le ratio entre la population humaine et les productions animales totales y est très faible au regard des autres continents. Cela traduit des niveaux de productivité et d'intensification bas, peu impactants globalement pour le climat, mais insuffisants pour nourrir toute la population alors qu'elle devrait encore doubler dans les vingt ans à venir. Le pastoralisme fournit actuellement 70 % du lait et la moitié de la viande de bovins et de petits ruminants consommés dans les pays du Sahel.

Par ailleurs, ces fortes évolutions de l'élevage tirées par la demande (voir chapitre 10) remettent en cause les systèmes traditionnels de production sous la pression économique, sanitaire et normalisatrice des principaux acteurs publics et privés (Teissier d'Orfeuil *et al.*, 2015). Ces évolutions se réalisent avec des gouvernances nationales et internationales encore insuffisantes et très dominées par les enjeux commerciaux. Dans les pays en développement, notamment en Afrique, les politiques nationales en faveur de l'élevage sont rares du fait des priorités sur les cultures de base. En Europe, les ambitions sont incertaines en matière d'élevage en lien avec les

1. Parcs d'engraissement industriels et intensifs de bovins exploités pour la production de viande.

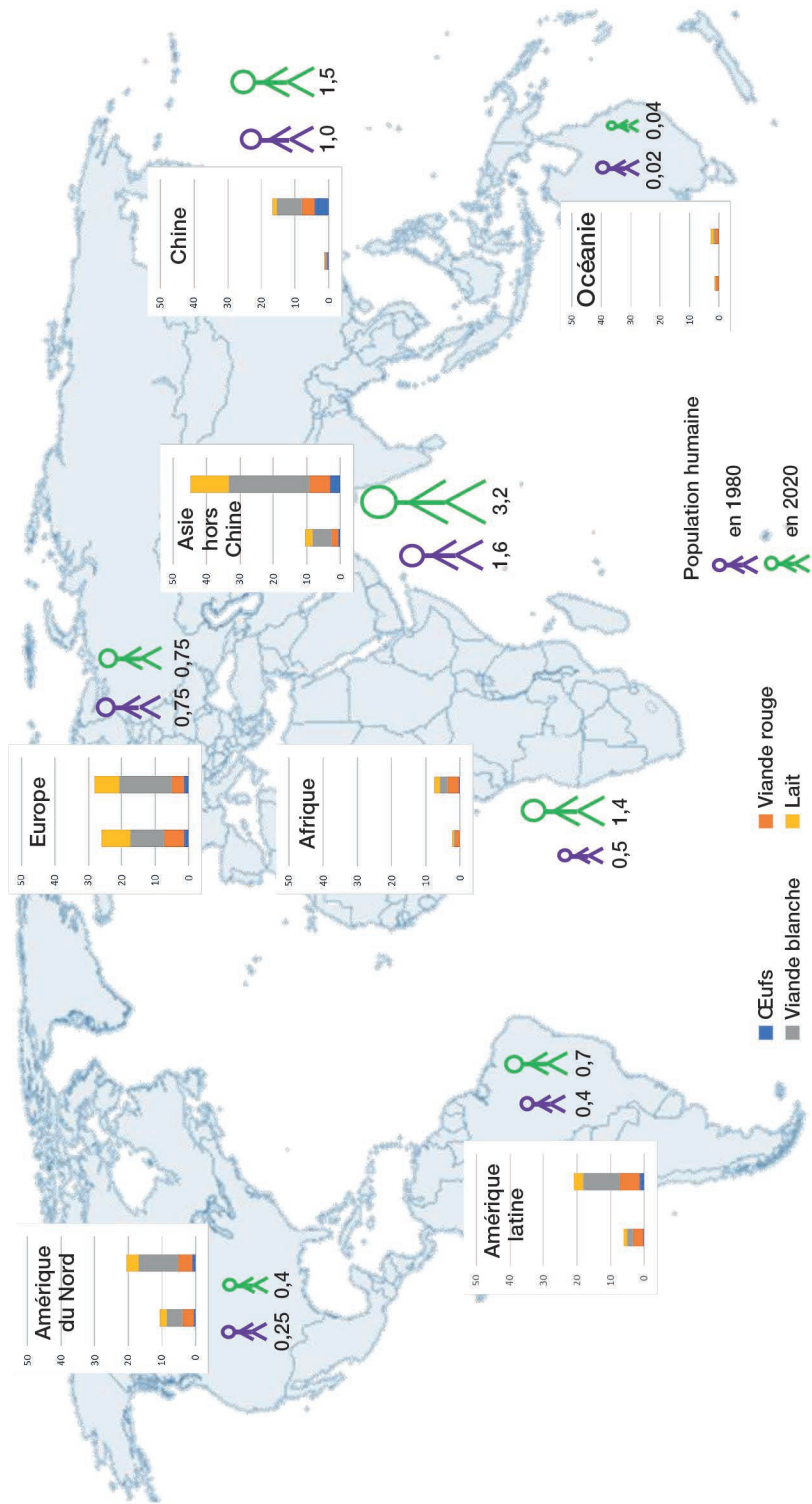


Figure 16.1. Évolution de la population mondiale (en milliards d'individus) et de la production en protéines animales de 1980 à 2020 (en millions de tonnes, Mt). Source : d'après FAOSTAT et nos calculs.

différentes pressions sociales et environnementales (végétarisme, animalisme, droit des animaux, etc.). *A contrario*, les pays aux grandes ambitions productivistes et exportatrices ont de fortes politiques nationales en matière d'élevage, mais les enjeux environnementaux sont peu, voire pas, évoqués. C'est le cas du Canada, des États-Unis, de la Chine, de la Russie, de l'Argentine, de l'Inde et du Brésil.

Ces évolutions — que ce soit en effectif ou en concentration — des filières d'élevage (bovins, buffles, ovins, caprins, porcs et poulets) font des productions animales un contributeur majeur des émissions globales de GES du secteur agricole (voir chapitre 10). Elles ont été évaluées² par la FAO pour l'année de référence 2015 (FAO, 2023) à 6,2 Gt eqCO₂/an), soit 12 % de l'ensemble des émissions de GES anthropiques, ce qui représente plus de la moitié des émissions du secteur AFOLU (agriculture, foresterie et autres utilisations des terres). Plus précisément, 54 % de toutes les émissions du secteur sont attribuées au méthane (CH₄), 31 % au dioxyde de carbone (CO₂) et 15 % à l'oxyde nitreux (N₂O). Au sujet des produits concernés, environ deux tiers des émissions mondiales sont imputables à la production de viande toutes espèces confondues et un tiers est lié à la production d'aliments pour animaux, y compris les engrais et les pesticides.

2. Les conséquences du changement climatique sur le secteur de l'élevage

Les évolutions importantes du secteur de l'élevage sont intervenues dans un contexte global très perturbé. Les impacts du changement climatique sur l'élevage sont nombreux et complexes, et ils se sont intensifiés depuis trente ans. Ils opèrent directement ou indirectement tant sur les ressources alimentaires que les systèmes d'élevage, sur l'évolution des vecteurs de maladie (Richard *et al.*, 2013) que sur des perturbations de l'organisation des marchés et des filières (voir chapitre 10). Les impacts mentionnés dans la littérature peuvent être listés en fonction des phénomènes bioclimatiques qui en sont à l'origine (tableau 16.1).

3. Les capacités d'adaptation des différents systèmes d'élevage

Les multiples fonctions que les activités d'élevage assurent sur l'ensemble de la planète, la diversité des situations et des évolutions au sein de ce secteur génèrent une gamme élargie de formes et de stratégies d'adaptation (tableau 16.2). L'élevage apparaît également comme un mécanisme d'adaptation en lui-même en particulier pour les populations vulnérables et pauvres face aux environnements de plus en plus variables et aux risques qui leur sont associés (Alary *et al.*, 2011 ; Vigne *et al.*, 2015).

Les systèmes mixtes associant culture et élevage apparaissent plus résilients aux impacts du changement climatique que les systèmes spécialisés en raison de la diversité de leurs activités (polyculture, ateliers d'élevage) et des ressources qu'ils mobilisent. Ces systèmes constituent par ailleurs les systèmes agricoles dominants dans le monde. Ils assurent la moitié de l'alimentation humaine, mobilisent 90 % des

2. Approche d'évaluation du cycle de vie (ACV), en utilisant l'outil GLEAM de la FAO quantifiant les émissions associées à l'élevage des animaux et intégrant la fermentation entérique, les émissions indirectes des activités en amont, une partie des processus en aval, notamment le transport, la transformation et la commercialisation des produits bruts après l'exploitation.

surfaces cultivées, produisent 88,5% des productions bovines (viande et lait), 61 % de la viande de porc et 26% des volailles, et emploient 84 % de la population agricole pour l'Europe et l'Asie (Herrero *et al.*, 2010).

Tableau 16.1. Aperçu des différents effets du changement climatique et de ses impacts sur les systèmes d'élevage.

Phénomènes		Impacts
Contraintes thermiques et hydriques	Sécheresses ou irrégularités des épisodes pluvieux combinés à l'augmentation des besoins en eau liés à l'élévation des températures.	Baisse de consommation alimentaire, donc de production. Hausse des mortalités hors système en conditions contrôlées. Pertes épisodiques en millions d'animaux en Afrique subsaharienne et dans la corne de l'Afrique surtout en zones arides et semi-arides (Blanfort <i>et al.</i> , 2015).
Dégradation des écosystèmes et des ressources fourragères	Dégradation des zones consacrées à l'élevage : végétation, sol et ressources qui leur sont associés (eau, nutriments). Les « anomalies » climatiques : facteurs ou cofacteurs des dégradations des zones de pâturage ou de production d'aliments.	Depuis 1945, dégradation significative des sols dans 20 % des pâturages mondiaux, dont 70 % dans les régions arides (PNUE, 1991 dans Steinfeld <i>et al.</i> , 2006) (voir chapitre 1). Réduction de la productivité et de la qualité des fourrages naturels et cultivés. Augmentation des plantes rustiques, moins consommables, voire invasives, au détriment des espèces fourragères. Zones tempérées : déplacements de plantes invasives vers des zones où elles n'étaient pas présentes.
Climat et Santé animale	Les conséquences du changement climatique sur la santé des animaux sont complexes, car résultant de nombreux effets.	Directs sur les animaux : fonctionnements physiologiques ou pathologiques. Indirects : modifications de leur exposition à des agents pathogènes, en particulier ceux transmis par des vecteurs (invertébrés ou faune sauvage), dont l'aire de répartition peut être modifiée (Richard <i>et al.</i> , 2013). Intensification des systèmes d'élevages : intensité des risques sanitaires dépendants de la complexité et des échelles des filières d'approvisionnement et de commerce au sein de la globalisation des échanges.

Tableau 16.2. Caractéristiques, leviers et contraintes d'adaptation des différents systèmes d'élevage (SE).

Type de SE	Caractéristiques d'adaptation	Leviers, contraintes, pistes
SE en milieux « difficiles » (zones sèches, les régions de relief)	Capacités des animaux à valoriser des formations végétales diverses. Mécanismes de gestion des réserves corporelles et de résistance aux facteurs abiotiques.	Zones sèches : aptitude à la mobilité rend l'élevage moins vulnérable que le stockage de céréales et de fourrages (Alary <i>et al.</i> , 2011).
Les systèmes mixtes associant culture et élevage	Diversité et complémentarité des productions animales et végétales : minimise les impacts des événements extrêmes. Souplesse, transformation sur la durée. Intégration des impacts négatifs comme des ressources pour d'autres composantes du système (Franzluebbbers, 2014). Petits ruminants se substituent aux bovins dans les conditions les plus arides. Troupeaux multiespèces favorisant les complémentarités (parfois substitution) dans l'utilisation des ressources et dans la gestion des revenus (Aboul-Naga <i>et al.</i> , 2014). Calendriers de pâturage face aux évolutions de la productivité des espaces pastoraux (Vall et Diallo, 2009).	Intégration cultures-élevage (augmenter les flux entre production végétale et animale et le recyclage des nutriments). Le sylvopastoralisme : les arbres dans les pâturages améliorent leur productivité (en retardant l'impact de la saison sèche) et la présence d'ombre. Au Maghreb : ajustements de conduite, mises en défens, réimplantations de couverts naturels (Huguenin, 2015).
Les systèmes herbagers des zones tempérées et tropicales humides	Choix d'espèces et de variétés en mélange pour un couvert végétal résilient allié à une bonne santé des sols. Systèmes de pâturages tournant avec ajustement de la densité animale à la ressource disponible.	Intensification écologique de l'élevage au pâturage : le pâturage tournant avec division des parcelles, l'implantation d'arbres, de légumineuses et des techniques simplifiées de travail du sol (en Amazonie ; Aubron <i>et al.</i> , 2022).
Les systèmes d'élevage intensifs de monogastriques et de ruminants	Effets directs du changement climatique comme des températures élevées. L'environnement sanitaire primordial dans les élevages à forte concentration.	Largement abordés sur les élevages à forte densité (Renaudeau <i>et al.</i> , 2004 in Richard <i>et al.</i> , 2013). Mise en place de systèmes d'alerte et d'intervention d'urgence de maladies.
Tous les SE	Mobilisation de la biodiversité animale s'appuie sur les caractéristiques génétiques spécifiques des espèces et des races d'animaux qui les rendent mieux adaptées (résistance aux températures chaudes, aux maladies et aux parasites, la flexibilité de l'alimentation).	Recours à des races rustiques moins productives, mais mieux adaptées aux conditions difficiles constitue dans de nombreux pays un compromis entre productivité et adaptation au changement climatique, tout en contribuant à la biodiversité ?

Les systèmes herbagers plus ou moins intensifiés des zones tempérées et tropicales humides sont des modes d'exploitation des ruminants basés sur l'exploitation de ressources fourragères implantées pâturées et/ou récoltées, qui sont très sensibles aux impacts du changement climatique.

Les systèmes d'élevage intensifs de monogastriques et de ruminants sont très dépendants de la disponibilité des ressources alimentaires produites localement et de celles achetées sur le marché mondial. Ce marché s'avère extrêmement sensible aux fluctuations climatiques et aux instabilités politiques. Une moindre dépendance de l'extérieur, c'est-à-dire une plus grande autonomie alimentaire des élevages, constitue une voie d'adaptation de ces systèmes à privilégier.

La mobilité constitue la caractéristique d'adaptation typique des élevages des zones sèches et des régions de relief à fortes contraintes. Cet atout essentiel se heurte désormais à de nouvelles contraintes climatiques en interaction avec celles d'ordre social et politique excluant les populations nomades, et conflictuelles avec les autres activités du territoire, notamment en Afrique (voir chapitre 12). Dans le cas de l'Afrique de l'Ouest, ces systèmes évoluent vers des systèmes agropastoraux pouvant intégrer des systèmes hors-sol qui permettent d'améliorer la productivité des animaux en maîtrisant les conditions d'élevage (exemple des systèmes laitiers périurbains au Mali et au Burkina Faso) (Vigne *et al.*, 2014 in Blanford *et al.*, 2019).

Parmi les adaptations communes à l'ensemble de ces systèmes d'élevage, la mobilisation de la biodiversité végétale et animale a toujours fait partie intégrante de l'activité d'élevage. Sa préservation est essentielle pour maintenir un pool génétique précieux recensé par la FAO³, dont les efforts de conservation (Plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques) portent sur 7 745 races locales d'animaux, mais restent encore insuffisants (26 % des races en danger d'extinction). Les grands projets de sélection animale concernent très peu les zones tropicales faute de connaissances suffisantes, par exemple sur les mécanismes d'adaptation concernant l'ingestion et la reproduction. En particulier, les capacités des races locales de chèvres et de moutons apparaissent encore mal connues malgré la croissance démographique très forte de ces troupeaux, notamment en Afrique et en Asie centrale. De même, les camélidés constituent des espèces à fort intérêt pour l'adaptation au changement climatique dans les régions arides et dans les régions d'altitude (Faye, 2020), mais les performances des différentes races d'élevage sont encore mal connues. En revanche, les capacités d'adaptation des races de zébu par rapport aux taurins (meilleure résistance à la chaleur et aux parasites) ont fait l'objet de travaux de recherche conséquents (Richard *et al.*, 2013). Les monogastriques ont aussi fait l'objet d'importantes recherches en génétique qui ont abouti à des solutions pour atténuer les impacts des climats chauds, notamment chez les volailles.

4. Vers des systèmes d'élevage respectueux du climat

L'état des lieux réalisé dans ce chapitre sur les filières animales montre que ces dernières sont confrontées à des défis majeurs et complexes notamment en regard du changement climatique. Le secteur est responsable d'une part significative des émissions de GES et il est difficile d'imaginer son développement sans une transition

3. FAO (2019) : <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>.

vers des systèmes d'élevage à faibles émissions de carbone. Selon la FAO (2016), les émissions de GES issues de l'élevage pourraient être globalement diminuées de 30 % avec de meilleures pratiques. Ce potentiel se décline de façon très diversifiée au Nord et au Sud, et au niveau régional (figure 16.2), sans oublier que les activités d'élevage doivent répondre dans le même temps aux problématiques économiques, sociales, environnementales et politiques spécifiques aux différentes régions du monde.

La recherche tient une place importante dans l'identification, la caractérisation et l'évaluation de ces solutions. Elle contribue à montrer et à préciser la capacité de certains types d'élevage à fournir des options d'atténuation variées à toutes les échelles : l'animal, l'exploitation, le territoire, les filières, le national, le régional et le global. Les leviers d'actions relèvent de plusieurs types : la réduction des émissions de GES, le transfert et le stockage de carbone de l'atmosphère vers des compartiments terrestres sous une forme stabilisée (voir chapitre 17), la recherche d'efficacité par des approches intégrées allant jusqu'à favoriser les synergies entre atténuation et adaptation, et le recyclage de ces produits, notamment le fumier ou le lisier. L'ensemble est régi par les réglementations et les soutiens des politiques publiques (voir chapitre 25) qu'il convient d'appuyer et d'améliorer. Les connaissances produites dans ce cadre vaste et complexe concernent (1) les mécanismes biotechniques, (2) les processus organisationnels, (3) l'environnement sociotechnique (cercle familial, acteurs de l'amont à l'aval des filières, politiques publiques).

Sans couvrir l'exhaustivité des voies de développement de l'élevage compatibles avec la lutte contre le changement climatique, ce chapitre cible des travaux de recherche montrant l'élevage comme porteur de solutions selon deux grandes voies : la réduction des émissions et la séquestration du carbone.

4.1. Modifier les pratiques d'élevage pour atténuer les émissions de GES

Les émissions de méthane (CH_4) sont considérées comme l'un des moteurs majeurs de la crise climatique (voir chapitres 1 et 24), avec des attentes pressantes pour les atténuer dans les secteurs clés comme celui de l'élevage. Récemment en Europe, des mesures radicales telles que la réduction du cheptel bovin en particulier font l'objet de polémiques dans le monde agricole : les importations qu'elles impliqueraient depuis des pays non autosuffisants en produits animaux remettraient en cause leur souveraineté alimentaire au profit de formes d'agriculture elles-mêmes génératrices d'impacts environnementaux (déforestation importée). La baisse de la consommation de viande bovine est une autre option mise en avant dans les pays à consommation de protéines animales jugée excessive. Au-delà de ces solutions assez réductrices, les institutions de recherche et d'appui à l'élevage du Nord ont mené des investigations sur une alimentation pour les ruminants générant moins de méthane entérique⁴, comme les concentrés et les sous-produits de culture (Gerber *et al.*, 2013; Doreau *et al.*, 2013). Mais l'apport de concentrés importés n'est pas transposable sur tous les systèmes (Corniaux *et al.*, 2012). Pour combler l'insuffisance des connaissances de ces domaines dans les Suds, des travaux sont en cours dans les systèmes agropastoraux d'Afrique subsaharienne (voir chapitre 24).

4. Il s'agit du méthane émis par le système digestif des ruminants (voir chapitre 10).

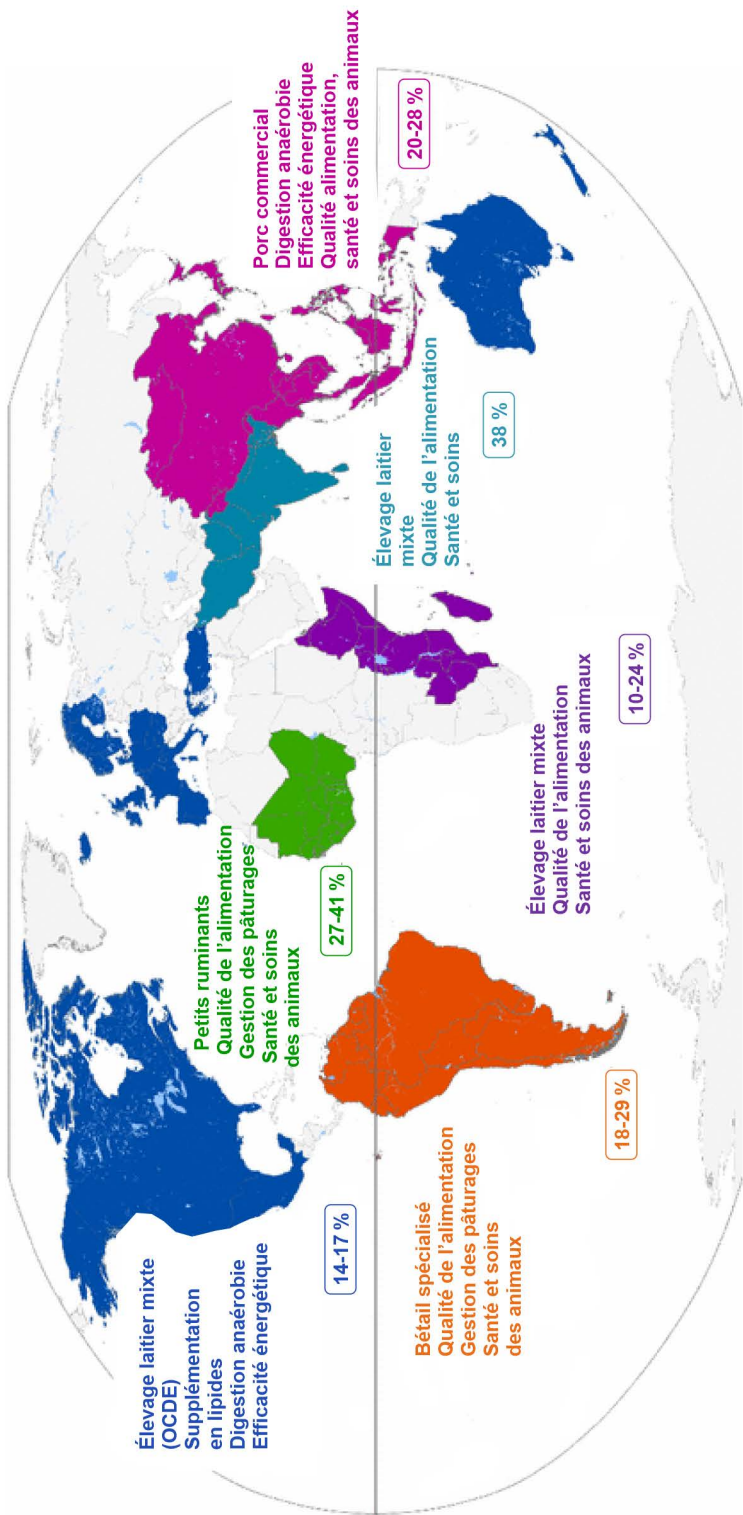


Figure 16.2. Possibilités d'action pour la réduction des émissions de GES dans les différentes régions du monde. Source : Gerber *et al.* (2013).

Les émissions de CO₂ et N₂O représentent quant à elles 45 % des émissions du secteur animal, dont un tiers est lié à la combustion d'énergie fossile directement pour la gestion du troupeau ou indirectement pour la production des intrants (Gerber *et al.*, 2013). La promotion de systèmes basés sur une meilleure efficacité énergétique est une voie d'amélioration prometteuse à travers le recyclage et la valorisation des effluents d'élevage. Cette meilleure intégration « agriculture-élevage » permet de contribuer à la diminution de la dépendance aux fertilisants minéraux d'origine industrielle, coûteux, très consommateurs de ressources énergétiques non renouvelables et émetteurs de GES (Vigne *et al.*, 2015 ; Bénagabou *et al.*, 2017).

4.2. La séquestration du carbone par les pâturages : un potentiel d'atténuation majeur

Dans le contexte de l'atténuation du changement climatique, la question du carbone (C) a d'abord été abordée par le domaine forestier, identifié comme le secteur qui stocke le plus de carbone dans la biomasse aérienne. Puis, lorsque le stockage du carbone dans le sol est devenu une option supplémentaire significative (voir chapitre 17), le secteur des cultures a intégré le thème en raison d'un historique significatif sur la gestion de la matière organique du sol (composé de 50 % de C). La gestion des sols est désormais un point clé du contrôle de ces flux de C dans la lutte contre le changement climatique. Selon Gerber *et al.* (2013), elle représente le potentiel de réduction des émissions le plus important en agriculture notamment dans les systèmes d'élevage mobilisant des ressources pâturées et récoltées. Le processus est ainsi de plus en plus intégré dans les stratégies de développement durable de ces filières. Cependant, les métriques et les méthodologies standards utilisées peuvent s'avérer inappropriées pour une évaluation correcte des écosystèmes pâturés, notamment dans les zones tropicales où le potentiel de séquestration global est élevé en considérant les surfaces impliquées (voir chapitre 17). Des travaux de recherche (encadré 16.1) ont déjà contribué à caractériser les processus de séquestration du carbone sur des terrains tropicaux (Assouma, 2016 ; Blanfort *et al.*, 2015 et 2022 ; Idrissou *et al.*, 2024).

Si la séquestration de carbone dans le sol constitue un potentiel d'atténuation avéré pour les systèmes d'élevage au pâturage, elle présente aussi des limites. Les stocks du sol sont en effet très fragiles et peuvent être altérés par le changement d'usage des terres, par l'augmentation de la température, par les pratiques de fertilisation et le travail du sol (Edouard-Rambaut *et al.*, 2022).

Encadré 16.1. La question des métriques et de l'évaluation des systèmes d'élevage

L'analyse par grande région du monde (Gerber *et al.*, 2013) montre que l'Afrique subsaharienne, compte tenu des effectifs et des faibles productivités, et l'Amérique latine et les Caraïbes, en raison de la conversion des forêts primaires en pâturage et en cultures destinées à l'alimentation animale, sont les régions les plus émettrices par kilogramme de carcasse produite (70 kg eqCO₂/kg). Cependant, les références sur la contribution spécifique des systèmes d'élevage (SE) des pays du Sud aux émissions de GES restent insuffisantes et cachent une diversité mise en évidence par des évaluations comme celles menées par le Cirad et ses partenaires.

Bilans carbone (C) neutres pour les systèmes d'élevage pastoraux sahéliens

L'élevage au Sahel est souvent considéré comme ayant les plus fortes intensités d'émissions de GES sur la base de calculs des émissions de GES par unité de produit (viande, lait, etc.), évaluation qui défavorise les systèmes d'élevage extensifs (pastoraux et agropastoraux) à productivité faible. Une approche écosystémique (Assouma, 2016; Assouma *et al.*, 2019; Blanfort *et al.*, 2022) intégrant les émissions des GES liées aux activités d'élevage et le stockage de C des écosystèmes pastoraux montre que les écosystèmes pastoraux sahéliens s'inscrivent dans une trajectoire de neutralité carbone (léger potentiel de séquestration de carbone de $40 \pm 6 \text{ kgC/ha/an}$) (Assouma, 2019). Ces recherches s'inscrivent dans le projet de recherche et développement Cassecs* (en soutien à l'innovation pour la résilience des élevages pastoraux et agropastoraux dans les pays sahéliens du CILSS; <https://www.cassecs.org/>). Il accompagne depuis 2020 ce changement de perspective (1) en produisant une évaluation fine des facteurs d'émission et des potentiels de stockage de C des écosystèmes sahéliens, (2) en accompagnant les politiques publiques des pays du CILSS et en consolidant leur CDN.

Restauration de paysages et services écosystémiques dans les bassins d'élevage en Amazonie

En Amazonie brésilienne, la plupart des éleveurs ont cessé de déforester dans la période 2008-2011. La déforestation reste depuis concentrée sur les fronts pionniers. Sur les autres territoires amazoniens, où les éleveurs ont stoppé toute déforestation, la recherche accompagne une trajectoire de développement bas-carbone (voir encadré 22.4). Les ressources renouvelables de ces régions (rayonnement solaire, précipitations, sol) peuvent être mobilisées de façon efficiente pour des systèmes herbagers productifs et capables de stocker du carbone comme le montrent les études réalisées en Amazonie française (projet Carpagg en Guyane, Blanfort *et al.*, 2023). Mobilisant ces références, l'outil ACCT-DOM Guyane (Dallaporta *et al.*, 2016) est une adaptation locale d'un outil européen ACCTools (AgriClimateChange) qui calcule le bilan énergétique et les émissions de GES d'une exploitation agricole sur l'année en prenant en compte le stockage de carbone**. Cette approche en cycle de vie a été mise en œuvre au Brésil ACCT-PARA (Da Cruz Corrêa *et al.*, soumis) et en Nouvelle-Calédonie.

* Cassecs : Séquestration de carbone et émissions de gaz à effet de serre dans les écosystèmes (agro)sylvopastoraux des états sahéliens. <https://www.cassecs.org/content/download/4790/37072/version/1/file/Policy+brief+COP28+CaSSECS.FR.pdf>.

** <https://www.terramaz.org/>. <https://solagro.org/travaux-et-productions/outils/acctool-acct-simplified-version-acct-dom>.

5. Conclusion

Face au changement climatique, la transformation des systèmes d'élevage vers des systèmes plus résistants et ayant le moins d'impacts négatifs est devenue une priorité. De multiples adaptations de court terme se sont déjà produites. Elles portent à la fois sur les systèmes d'alimentation, sur la génétique animale, ou sur les pratiques et les conduites des animaux. Par exemple, certains systèmes tentent de réduire le recours aux importations de fourrage et d'aliments, ou d'améliorer le recyclage des produits et des coproduits par une meilleure interaction entre les activités d'élevage et les activités agricoles. Loin des tendances au développement de systèmes industriels de plus en

plus standardisés, ces adaptations impliquent le maintien d'une très grande diversité de systèmes en raison de la pluralité des contextes et des fonctions des élevages au sein des territoires. De fait de la diversité de ses fonctions, l'élevage a un rôle central dans le développement de systèmes alimentaires durables. Cette diversité des systèmes d'élevage est aussi une richesse sociale, culturelle et écologique qui nécessite d'être préservée (Alary *et al.*, 2024).

Jusqu'aujourd'hui, les rapports internationaux mettent généralement en garde contre les défis urgents posés par les systèmes d'élevage intensifs sur le réchauffement climatique, alors que seulement 3,7 % des bovins sont élevés dans des parcs d'engraissement, fournissant seulement 5 % des protéines fournies par les bovins (Ickowicz et Moulin, 2022). Certains indicateurs et métriques persistent au fil des décennies sans être réexaminés et continuent de formater les discours du secteur de l'élevage de façon tranchée. Pourtant, les travaux récents incluant le milieu et le contexte local apportent plus d'informations sur les contributions différentielles, voire positives, de l'élevage en fonction de la situation économique et environnementale (Alary et Gautier, 2023 ; Alary *et al.*, 2024).

La remise en question des métriques en lien avec la diversité des contextes et des multiples contributions de l'élevage devrait permettre d'apporter une vision moins partielle et plus nuancée du secteur de l'élevage dans les transformations agricoles. Les évolutions nécessaires supposent des améliorations en matière d'évaluation de l'impact carbone, et de solutions pour encourager l'atténuation. Parmi ces solutions, des politiques publiques (voir chapitre 25) et des investissements (voir chapitre 26) sont nécessaires pour encourager les systèmes d'élevage vers plus d'autonomie fourragère, moins de recours aux intrants chimiques, plus de production locale d'aliments et vers des modes de conduite moins coûteux en carbone. Il est également indispensable de renforcer le positionnement de l'élevage dans l'agenda climat international. Alors que l'agriculture a été intégrée dans ces instances internationales dans les années 2000, ce n'est qu'en 2011 que la question de l'élevage a été abordée. Au niveau national également, les contributions déterminées au niveau national (CDN) doivent pouvoir mieux inclure le potentiel d'atténuation de l'élevage dans l'action climatique. En 2022, seuls 54 % des pays mentionnaient l'élevage dans leurs CDN, soit 88 pays sur 164 (Rose *et al.*, 2021).

6. Références bibliographiques

- Aboul-Naga A., Osman M.A., Alary V., Hassan F., Daoud I., Tourrand J.F., 2014. Raising goats as adaptation process to long drought incidence at the Coastal Zone of Western Desert in Egypt. *Small Ruminant Research*, 121(1), 106-110.
- Alary V., Duteurtre G., Faye B., 2011. Élevages et sociétés : les rôles multiples de l'élevage dans les pays tropicaux. *INRAE Productions Animales*, 24(1), 145–156. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.1.3246>
- Alary V., Frija A., Rueda Garcia A., 2024. Importance of livestock for rural territories social development. *In*: (forthcoming), Contribution of the livestock sector to food security and sustainable agrifood systems – benefits, constraints, synergies and trade-offs. Rome, FAO.
- Alary V., Gautier D., 2023. Évaluer la contribution de l'élevage au développement des régions sèches : indicateurs en vue de politiques publiques adaptées. *Perspective*, 60, 1-4. <https://doi.org/10.19182/perspective/37106>
- Assouma M.H., 2016. Approche écosystémique du bilan des gaz à effet de serre d'un territoire sylvo-pastoral sahélien : contribution de l'élevage. Paris, Montpellier, AgroParisTech, 230 p. Thèse de doctorat. <http://agritrop.cirad.fr/593394/>

- Assouma M.H., Hiernaux P., Lecomte P., Ickowicz A., Bernoux M., Vayssières J., 2019. Contrasted seasonal balances in a Sahelian pastoral ecosystem result in a neutral annual carbon balance. *Journal of Arid Environments*, 162: 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.11.013>
- Aubron C., Huguenin J., Nozières-Petit M.-O., Pocard-Chapuis R., 2022. Trajectoires d'adaptation des élevages dans les territoires : quelle place pour le pâturage ? Quels déterminants ? In : Ickowicz A., Moulin C.-H. (eds.), *Élevages au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux. Connaissances récentes sur leurs atouts et faiblesses*. Versailles, éditions Quæ, 73-80.
- Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma Yaméogo V.M.C., Vayssières J., Vigne M., Vall E., *et al.*, 2017. Does crop-livestock integration improve energy-use efficiency, recycling and self-sufficiency of small-holder farming systems in Burkina Faso? *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 70(2): 31-41, <https://doi.org/10.19182/remvt.31479>
- Blanfort V., Assouma M.H., Bois B., Edouard-Rambaut L.A., Vayssières J., Vigne M., 2022. L'efficience pour rendre compte de la complexité des contributions des systèmes d'élevage au pâturage au changement climatique. In : Ickowicz A., Moulin C.-H. (eds.), *Élevages au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux. Connaissances récentes sur leurs atouts et faiblesses*. Versailles, éditions Quæ, 86-104.
- Blanfort V., Doreau M., Huguenin J., Lazard J., Porphyre V., Soussana J.F., Toutain B., 2011. Impacts et services environnementaux de l'élevage en régions chaudes. *INRA Productions Animales*, 24, 1, 89-112. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.1.3239>
- Blanfort V., Stahl C., (eds), 2013. Actes du séminaire «Le carbone en forêt et en prairies issues de déforestation en Guyane, processus, bilans et perspectives». Cayenne, Guyane française, Cirad, Montpellier, France, 76 p.
- Blanfort V., Vigne M., Vayssières J., Lasseur J., Ickowicz A., Lecomte P., 2015. Les rôles agronomiques de l'élevage dans la contribution à l'adaptation et l'atténuation du changement climatique au Nord et au Sud. *Agronomie, Environnement et Sociétés*, 5, 1, 107-115.
- Corniaux C., Alary V., Gautier D., Duteurtre G., 2012. Producteur laitier en Afrique de l'Ouest : une modernité rêvée par les techniciens à l'épreuve du terrain. *Autre part*, 62, 17-36.
- Da Cruz Corrêa C., Pocard-Chapuis R., Blanfort V., Bochu J.L., Lescoat P. Impacts of cattle farming practices and associated livestock systems on energy balances and greenhouse gas emissions in the municipality of Paragominas - State of Pará - Amazonia. In: The role of pastoral livestock and products in climate change. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, soumis.
- Dallaporta D., Bochu J.L., Vigne M., Ouliac B., Zoogones L.J., Lecomte P., *et al.*, 2016. Taking into account carbon sequestration of pasture in carbon balance of cattle ranching systems established after deforestation in Amazonia. Proc. 10th Int. Rangeland Congress, Saskatoon, Canada, 6-22 July 2016, 399-400.
- Doreau M., Makkar H.P.S., Lecomte P., 2013. The contribution of animal production to agricultural sustainability. In: *Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production*. Springer, 134, 475-485.
- Edouard-Rambaut L.-A., Vayssières J., Versini A., Salgado P., Lecomte P., Tillard E., 2022. 15-year fertilization increased soil organic carbon stock even in systems reputed to be saturated like permanent grassland on andosols. *Geoderma*, 425:116025. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116025>
- FAO, 2023. Pathways towards lower emissions – A global assessment of the greenhouse gas missions and mitigation options from livestock agrifood systems. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9029en>
- Faye B., 2020. How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes, *Pastoralism*, 10, 25.
- Franzluebbers A., 2014. Climate change and integrated crop-livestock systems in temperate-humid regions of North and South America: mitigation and adaptation. In: Fuhrer J., Gregory P., *Climate change impact and adaptation in agricultural systems*, CAB International, 124-139.
- Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., *et al.*, 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO, Rome, 115 p.
- Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., *et al.*, 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(5967):822-5. <https://doi.org/10.1126/science.1183725>

Huguenin J., Hammouda R.F., Jemaa T., Capron J.M., Julien L., 2015. Évolution des systèmes d'élevage steppiques au Maghreb : adaptation ou métamorphose?. In : *Espaces pastoraux, espaces socioéconomiques particuliers. Pastoralismes du monde*. Avignon, Ed. de la Cardère, 28-31.

Ickowicz A., Hubert B., Blanchard M., Blanfort V., Cesaro J.D., Diaw A., *et al.*, 2023. Multifonctionnalité et diversité des systèmes d'élevage pâturant au service de systèmes alimentaires durables dans le monde : Y a-t-il des leçons à retenir pour l'Europe? *Fourrages*, 253 : 31-46. <https://afpf-asso.fr/revue/les-prairies-au-coeur-des-systemes-alimentaires-circulaires-et-durables?a=2366>

Ickowicz A., Moulin C.-H., 2022. Les élevages familiaux de ruminants au pâturage en zones méditerranéennes et tropicales face aux enjeux du développement durable. In : Ickowicz A., Moulin C.-H. (eds), *Élevages au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux. Connaissances récentes sur leurs atouts et faiblesses*, Versailles, éditions Quæ, 12-31.

Idrissou Y., Vall E., Blanfort V., Blanchard M., Alkoiret Traoré I., Lecomte P., 2024. Integrated crop-livestock effects on soil carbon sequestration in Benin, West Africa. *Heliyon*, 10 (7):e28748.

Richard D., Dourmad J.Y., Coulon J.B., Picon-Cochard C., 2013. Élevage et filières animales. In : Soussana J.-F. (ed), *S'adapter au changement climatique : agriculture, écosystèmes et territoires*, Versailles, éditions Quæ.

Rose S., Khatri-Chhetri A., Dittmer K., Stier M., Wilkes A., Shelton S., *et al.*, 2021. Livestock management ambition in the new and updated nationally determined contributions: 2020-2021: Analysis of agricultural sub-sectors in national climate change strategies. Updated October 2022. CCAFS Info Note. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture & Food Security (CCAFS).

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., De Haan C. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Rome, FAO, 414 p.

Teyssier d'Orfeuil, J., Berger Y., Lejeune H., 2015. Cartographie des initiatives d'influence en matière d'élevage au niveau international (Mission° 14098). Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER), ministère de l'Agriculture de la Souveraineté alimentaire et de la Forêt. <https://agriculture.gouv.fr/cartographie-des-initiatives-dinfluence-en-matiere-delevage-au-niveau-international>

Vall E., Diallo M., 2009. Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux au pâturage (BF). *NSS*, 17 (2) : 122-135.

Vigne M., Blanfort V., Vayssières J., Lecomte P., Steinmetz P., 2015. Contraintes sur l'élevage dans les pays du Sud : les ruminants entre adaptation et atténuation. In : Torquebiau E. (ed.), *Changement climatique et agricultures du monde*. Versailles, éditions Quæ, 123-135.