

Changement climatique et élevage. Enseignements du rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les terres.

SOUSSANA J-F. (1)

(1) INRAE, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement. 147, rue de l'Université, Paris

RESUME

Le changement climatique exerce sur les terres émergées une pression qui accentue les menaces sur les moyens de subsistance, la biodiversité, la santé des populations humaines et des écosystèmes, les infrastructures et les systèmes alimentaires. Identifier et déployer des options d'intervention offrant des avantages communs pour les défis du secteur des terres constitue un enjeu majeur pour ce siècle. S'agissant de l'élevage, les options comprennent l'amélioration de la gestion des terres pâturées, l'amélioration de la gestion des effluents d'élevage, une meilleure qualité de l'alimentation animale, l'utilisation de la diversité génétique animale et l'amélioration génétique. Différents systèmes agricoles et pastoraux peuvent réduire l'intensité des émissions liées aux produits d'élevage. Selon le système agricole ou pastoral et le niveau de développement, les réductions de l'intensité des émissions des produits d'élevage pourraient aboutir à une réduction des émissions de GES en valeur absolue. Beaucoup d'options liées à l'élevage peuvent accroître la capacité d'adaptation des communautés rurales, en particulier pour l'agriculture à petite échelle et les populations pastorales. Les mesures envisageables sur l'ensemble du système alimentaire, de la production à la consommation, y compris la réduction des pertes et des gaspillages alimentaires, peuvent être déployées et amplifiées pour favoriser l'adaptation et l'atténuation du changement climatique.

Climate change and livestock. Lessons from the IPCC special report on climate change and land.

SOUSSANA J-F. (1)

(1) INRAE, National Research Institute for Agriculture, Food and the Environment, Paris, France.

SUMMARY

Climate change creates additional stresses on land, exacerbating existing risks to livelihoods, biodiversity, human and ecosystem health, infrastructure, and food systems. Identifying and deploying intervention options offering common benefits to the challenges of the land sector is of major importance for this century. For livestock, options include better grazing land management, improved manure management, higher-quality feed, and use of breeds and genetic improvement. Different farming and pastoral systems can achieve reductions in the emissions intensity of livestock products. Depending on the farming and pastoral systems and level of development, reductions in the emissions intensity of livestock products may lead to absolute reductions in GHG emissions (medium confidence). Many livestock related options can enhance the adaptive capacity of rural communities, in particular, of smallholders and pastoralists. Significant synergies exist between adaptation and mitigation, for example through sustainable land management approaches. Policy options across the food system from production to consumption, including reducing food loss and waste, can be scaled up to support climate change adaptation and mitigation.

INTRODUCTION

Les populations humaines utilisent actuellement un quart à un tiers de la production primaire nette potentielle des terres pour l'alimentation humaine ou animale, la production de fibres, de bois et de bioénergies. Les terres émergées fournissent la base de fonctions et de services écosystémiques, dont la valeur annuelle serait approximativement équivalente au produit intérieur brut mondial. Les terres émergées sont soumises à des défis interdépendants, notamment le changement climatique, la dégradation des sols et la désertification, l'insécurité alimentaire, l'épuisement des nappes phréatiques, la pollution de l'eau, la perte de biodiversité et la dégradation des services écosystémiques. Le changement climatique exerce sur les terres une pression supplémentaire. Identifier et déployer des options d'intervention offrant des avantages pour répondre aux défis du secteur des terres constitue un enjeu majeur. Le récent rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les terres émergées (IPCC, 2019) analyse ces enjeux mondiaux et situe la place de l'élevage dans les réponses intégratives aux défis croisés de la sécurité alimentaire, du changement climatique, de la dégradation des terres et de la perte de biodiversité. Cette synthèse présente les enseignements de ce rapport.

1. CHANGEMENT CLIMATIQUE, AGRICULTURE ET SECURITE ALIMENTAIRE

1.1. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement à la surface des continents s'est produit à un rythme plus rapide que la moyenne globale (comprenant les océans) et a atteint 1,53 °C sur la période 2006–2015 par rapport à 1850–1900, soit 0,66 °C de plus que la moyenne globale. Ces températures plus chaudes (avec des régimes de précipitations altérés) ont modifié le début et la fin des saisons de croissance de la végétation, contribué à des réductions régionales du rendement des cultures et de la productivité des animaux d'élevage, à une disponibilité réduite des ressources en eau, à l'extension de maladies végétales et animales, à la mortalité accrue des arbres et à la perte de biodiversité. L'augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ a toutefois favorisé une augmentation de la couverture végétale. Le changement climatique exacerbe le rythme et l'ampleur des processus de dégradation des terres, notamment via les impacts de fortes précipitations et de stress thermiques et stress hydriques accrus. Réciproquement, plusieurs processus de dégradation des terres, comme la déforestation, l'augmentation des feux de forêt, la dégradation des tourbières et le dégel des pergélisols, contribuent au changement climatique via l'émission de GES, l'affaiblissement du puits de carbone de la végétation et des changements d'albédo.

Avec l'augmentation du réchauffement global, la fréquence, l'intensité et la durée des vagues de chaleur, continueront de s'accroître au cours du XXI^{ème} siècle. La fréquence et l'intensité des sécheresses augmenteront, en particulier dans le bassin méditerranéen et en Afrique australe. La fréquence et l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes se renforceront dans de nombreuses régions du monde. Les vagues de chaleur et ces modifications du cycle hydrologique renforceront la dégradation des terres et la désertification dans les zones vulnérables.

Avec un réchauffement planétaire d'environ 1,5 °C, les risques de rareté de la ressource en eau, de dégâts causés par les feux de forêt et d'instabilité de l'approvisionnement alimentaire seront élevés. A partir de 2 °C environ de réchauffement, les risques d'instabilité de l'approvisionnement alimentaire seraient très élevés du fait de l'ampleur et la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes. De plus, l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère conduira à une diminution de la qualité nutritionnelle (teneurs en protéines et en micronutriments) des productions végétales. Dans les zones arides, le changement climatique et la désertification entraîneront des baisses de productivité de l'agriculture et de l'élevage et appauvriront la biodiversité. Les risques pour la sécurité alimentaire sont aggravés dans des trajectoires comprenant des inégalités socio-économiques fortes, une croissance rapide de la population et de la demande alimentaire, ainsi que des échanges commerciaux plus limités.

Les pays les moins développés (selon l'indice de développement humain, qui comprend trois dimensions la santé à travers l'espérance de vie, le niveau d'éducation et le PIB par habitant) connaissent en moyenne le plus grand nombre de défis cumulés dans le secteur des terres (IPCC, 2019, Chapitre 6).

La vulnérabilité des systèmes pastoraux au changement climatique est très élevée. Le pastoralisme est pratiqué par 200 à 500 millions de personnes, y compris les communautés nomades, les éleveurs transhumants et les agropasteurs. Les impacts du changement climatique sur les systèmes pastoraux en Afrique comprennent une baisse de la productivité des pâturages et une baisse de la productivité et de la fertilité des animaux. Les interactions du changement climatique avec l'émergence et la réémergence de maladies vectorielles ou de zoonoses sont également nombreuses. La vulnérabilité des systèmes pastoraux est exacerbée par des facteurs non climatiques (régime foncier, sédentarisation, changements dans les institutions, marchés et conflits).

1.2. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE (GES)

Le secteur AFOLU (agriculture, foresterie et autres usages des terres) comprend les émissions agricoles et les émissions liées à la déforestation nette et aux autres changements d'usage des sols. Ce secteur a été à l'origine d'environ 13 % des émissions de CO₂, 44 % des émissions de méthane (CH₄) et 82 % des émissions de protoxyde d'azote (N₂O) rejetées par les activités humaines au niveau mondial entre 2007 et 2016, soit 23 % (12,0 ± 3,0 Gt eq CO₂ an⁻¹ ; Gt, gigatonne) du total net des émissions anthropiques de GES. La réaction naturelle des terres aux changements environnementaux induits par les activités humaines a provoqué un puits net de quelque 11,2 GtCO₂ an⁻¹ pendant la période 2007-2016; la persistance de ce puits est incertaine du fait du changement climatique. Si les émissions associées aux activités de pré- et de post-production (intrants, transports, transformation, distribution, consommation) dans le système alimentaire mondial sont incluses, selon les études publiées les émissions se situent entre 21 et 37 % du total net des émissions anthropiques de GES.

Le secteur de l'élevage aurait réduit l'intensité des émissions de GES (émissions directes moyenne de CH₄ et de N₂O par quantité de lait et de viande produite) de 60% depuis 1961 (Davis et al. 2015), en grande partie du fait d'une évolution de

la consommation alimentaire qui a favorisé l'élevage des monogastriques. Hors bilan de carbone des sols agricoles (celui-ci étant mal connu), les émissions de GES (CH₄ et N₂O) de l'élevage mondial varient entre 2,0 et 3,6 Gt CO₂eq/an, le principal poste étant la fermentation entérique des ruminants. La fourchette large s'explique notamment par les incertitudes sur la taille et la structure des cheptels dans de nombreux pays en développement. La viande des ruminants a toujours une forte intensité d'émissions par kg de protéines produites avec un facteur cinq ou plus par rapport au lait ou au porc, aux œufs et à tous les produits végétaux. Le nombre d'animaux reste la principale source de variation des émissions brutes totales du secteur de l'élevage, tandis que par animal le niveau d'ingestion des aliments forme la principale source de variation des émissions de méthane et de l'excrétion d'azote, avec une modulation par la qualité de l'alimentation.

L'évolution à l'échelle mondiale des stocks de carbone organique des sols cultivés et des prairies n'est pas connue. En revanche, à l'échelle de l'UE, les données LUCAS montrent que la concentration de carbone organique du sol en surface a diminué d'environ 0,5% par an sur les terres cultivées, ce qui était statistiquement significatif pour les sols les plus pauvres en carbone (Hiederer, 2018). Les évolutions moyennes dans l'UE pour les prairies permanentes, en incluant des cas de retournement, indiquent également une baisse faible (Panagos et al., 2020).

2. OPTIONS DE REPONSE

2.1. DES OPTIONS DE REPONSE APPORTANT DES CO-BENEFICES

Nombre d'options de réponse pour l'atténuation du changement climatique et l'adaptation permettent aussi de combattre la désertification et la dégradation des terres et d'améliorer la sécurité alimentaire. La plupart des options de gestion durable des terres agricoles, des sols et des forêts n'entraînent pas de changements d'affectation des sols. D'autres options, comme l'augmentation de la productivité alimentaire, l'évolution des préférences alimentaires, la diminution des pertes et gaspillages alimentaires peuvent réduire l'expansion des terres agricoles, voire libérer des terres pour d'autres options (boisement, reboisement, bioénergies) présentant un fort potentiel d'atténuation du changement climatique.

Des réductions rapides des émissions de GES anthropiques limitant le réchauffement à 1,5 ou 2 °C réduiraient considérablement les impacts négatifs du changement climatique sur les écosystèmes terrestres. En l'absence de réductions rapides des émissions des autres secteurs (industrie, énergie, transport, bâtiments...), la concurrence pour les terres – et en particulier les pâturages – serait aggravée car les efforts d'atténuation du changement climatique pourraient se reporter sur des projets à grande échelle de bioénergies ou de boisement. Cette concurrence accrue pourrait augmenter les prix des denrées alimentaires et conduire à une intensification agricole accrue (par exemple, via une utilisation plus forte d'engrais, de pesticides et d'eau) avec des implications pour la pollution de l'eau et de l'air et la perte de biodiversité. De telles conséquences compromettraient la capacité des sociétés à atteindre de nombreux objectifs de développement durable (ODD) qui dépendent de l'état écologique des terres émergées et de la sécurité alimentaire.

La séquestration de carbone organique dans les sols est la seule option de gestion durable des terres susceptible de générer des co-bénéfices pour le climat, la dégradation des terres et la sécurité alimentaire et l'ensemble des défis du secteur des terres (Fig. 1). Comme la gestion des feux, cette option présenterait des co-bénéfices pour plus de 50% de la superficie des terres émergées libres de glace (Fig. 2). En revanche, du fait d'effets adverses, notamment sur la sécurité alimentaire, la dégradation des terres et la biodiversité, de

projets de bioénergies à grande échelle (Fig. 1), leur potentiel de déploiement avec des co-bénéfices pour les défis régionaux est estimé à moins de 10% de la superficie des terres émergées libres de glace (Fig. 2). La distribution géographique de ces potentiels est ainsi contrastée (Fig. 3) pour le carbone du sol (applicable dans la plupart des régions du monde) et les bioénergies (déploiement limité à des régions présentant moins de défis dans le secteur des terres).

Tandis que certaines options de réponse ont un impact immédiat, d'autres n'ont d'effet mesurable qu'après plusieurs décennies. Par exemple, la conservation d'écosystèmes riches en carbone comme les tourbières, les zones humides, les pâturages extensifs, les mangroves et les forêts a un impact immédiat. En revanche, le boisement et le reboisement, ainsi que la restauration d'écosystèmes riches en carbone, l'agroforesterie et la remise en état de sols dégradés ont un impact qui ne se manifeste qu'après plusieurs années, voire plusieurs décennies.

2.2. LES OPTIONS POUR L'AGRICULTURE

Le rapport du GIEC sur les terres émergées vise une synthèse à l'échelle mondiale, échelle à laquelle il est particulièrement difficile de rendre compte de la diversité des systèmes et des pratiques agricoles. La démarche a consisté à évaluer un total de 40 options de réponse aux défis du secteur des terres, réparties en trois catégories (gestion des terres, gestion des chaînes de valeurs et gestion des risques). 12 options concernent la gestion des terres agricoles, dont trois ciblent particulièrement les élevages, les prairies et terres pâturées (Tableau 1).

Tableau 1. Exemples de démarches sociotechniques englobant différentes options de gestion des terres agricoles (d'après IPCC, 2019).

Démarches sociotechniques (définitions FAO)	Agroécologie	Agriculture <i>climate smart</i>	Agriculture de conservation	Agriculture de précision	Intensification durable	Agriculture biologique
Options de gestion des terres						
Augmentation de la productivité agricole		x	x	x	x	
Amélioration de la gestion des cultures	x	x	x	x	x	x
Amélioration de la gestion des terres pâturées	x	x			x	x
Amélioration de la gestion des élevages	x	x			x	x
Agroforesterie	x	x			x	x
Diversification agricole	x	x			x	x
Moindre conversion des cultures en prairies	x					
Gestion intégrée de l'eau	x	x	x	x	x	X
Séquestration de carbone dans le sol	x	x	x		x	X
Gestion des feux	x	x				
Restauration et conservation tourbières	x	x				
Bioénergies						

En fonction de contextes régionaux qui conditionnent le nombre de défis rencontrés, telle ou telle option de réponse peut être préconisée pour faire face à ces défis (Fig. 1). Ces options ne sont pas exclusives (par exemple, l'amélioration de la gestion des cultures ou des prairies peut contribuer à augmenter les stocks de matière organique et de carbone du sol). Chaque option comprend un certain nombre de pratiques (par exemple, la gestion améliorée des élevages rassemble un large ensemble de pratiques comprenant des aspects de conduite des troupeaux, d'alimentation, de génétique et de santé et de gestion des effluents d'élevage). Ces options constituent donc des ensembles larges de pratiques dont la déclinaison est différenciée selon les contextes des systèmes agricoles régionaux. L'état de l'art sur le potentiel de chaque option de réponse au regard des défis du secteur des terres a été analysé systématiquement, ce qui a permis de hiérarchiser les options de réponse au regard de leurs effets positifs, négatifs ou négligeables pour chaque défi (Figure 1).

Les options de gestion des terres agricoles ayant un effet positif (large ou modéré) sur l'atténuation du changement climatique sont présentées dans la Figure 1. Si l'augmentation de la productivité agricole (qui ne fait pas partie des démarches d'agroécologie ou d'agriculture biologique) peut avoir des effets locaux négatifs sur la dégradation des terres, la biodiversité et les ressources en eau, elle peut aussi permettre d'éviter l'expansion des surfaces agricoles et la déforestation. Les effets nets pour ces défis environnementaux ont été considérés comme négligeables, ce qui restreint le potentiel de déploiement de cette option à moins de 30% de la superficie des terres (Figure 2). Quatre autres options (amélioration de la gestion des cultures, des élevages, des prairies et l'agroforesterie) s'inscrivent dans les démarches d'agroécologie et d'agriculture biologique et présentent un potentiel de co-bénéfices pour l'ensemble des défis à l'exception des ressources en eau qui nécessite une option complémentaire de gestion intégrée de la ressource en eau (Figure 1). Ces différentes options offrent un potentiel de co-bénéfices sur 30 à 40% des terres émergées libres de glace (Figure 2).

Les investissements dans la restauration et la gestion durable des terres arides apportent des bénéfices sociaux multipliés par un facteur de 3 à 6 sur une période de 30 ans. La plupart des pratiques de gestion durable des terres peuvent devenir financièrement rentables dans les 3 à 10 ans. Mais dans les zones touchées par la désertification, ces pratiques ne sont que rarement adoptées en raison de l'insécurité foncière, du manque d'accès au crédit et de services de conseil et incitations insuffisantes pour les utilisateurs privés des terres. Le manque de mesures pour lutter contre la dégradation des terres augmente les émissions de GES et réduit les puits de carbone et est incompatible avec les réductions d'émissions nécessaires pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C ou 2 °C. Des bénéfices à court terme de la restauration des terres dégradées peuvent être obtenus et à long terme, ils seront renforcés par les bénéfices obtenus à l'échelle globale pour le climat.

Les mesures pour éviter, réduire et inverser la dégradation des terres sont disponibles mais sont limitées par des barrières économiques, politiques, institutionnelles, juridiques et socioculturelles, y compris le manque d'accès aux ressources et aux savoirs. Des mesures bien établies comprennent des réformes foncières, des incitations fiscales, des paiements pour des services des écosystèmes, un zonage participatif des terres, la création de réseaux d'agriculteurs et de services indépendants de conseil agricole.

Options de gestion des terres

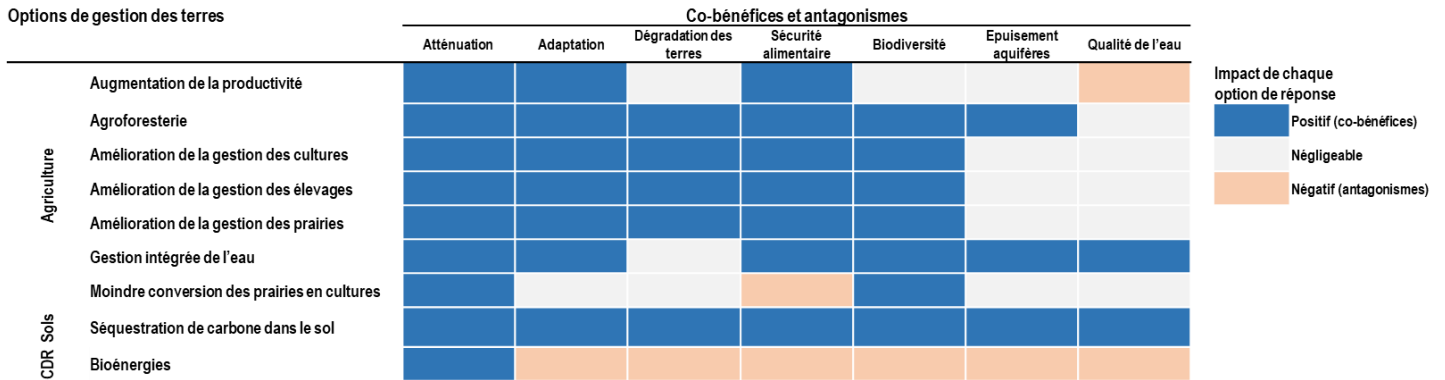


Figure 1. Options de gestion des terres applicables en agriculture avec leurs co-bénéfices (effets positifs) et antagonismes (effets négatifs) pour les défis du secteur des terres. Le rapport IPCC 2019 précise les seuils utilisés pour chaque défi (cf. résumé pour les décideurs). Dans le cas des bioénergies (avec, ou sans, capture de CO₂ dans des réservoirs géologiques), la concurrence pour les terres crée des antagonismes pour des projets à grande échelle. D'après IPCC (2019), chapitre 6.

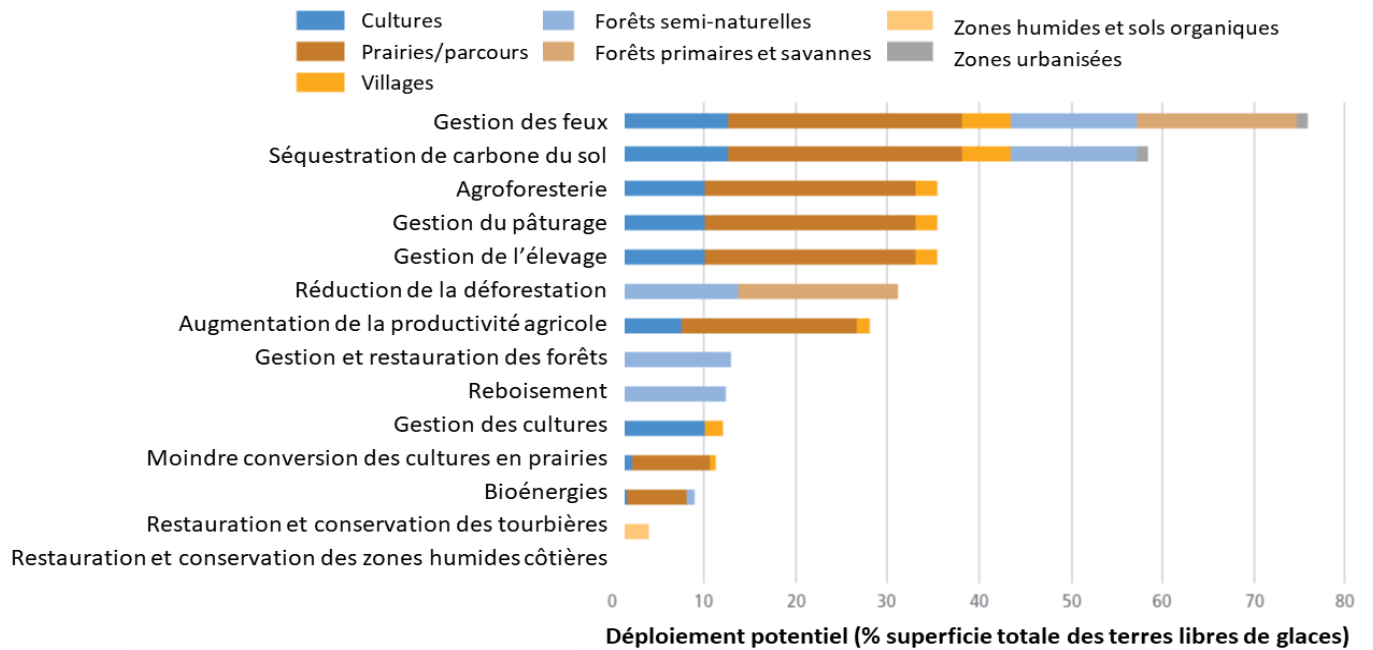


Figure 2. Potentiel mondial de déploiement d'options de gestion des terres apportant des co-bénéfices à l'ensemble des défis du secteur des terres. Le déploiement total est la somme des potentiels (en % de la superficie totale des terres libres de glace) pour chaque usage des terres : cultures, prairies et parcours, villages, forêts (primaires et savanes, semi-naturelles), zones humides et sols organiques (tourbières), zones urbanisées. IPCC (2019), résumé technique ; Smith et al., 2020 ; McElwee et al, 2020.

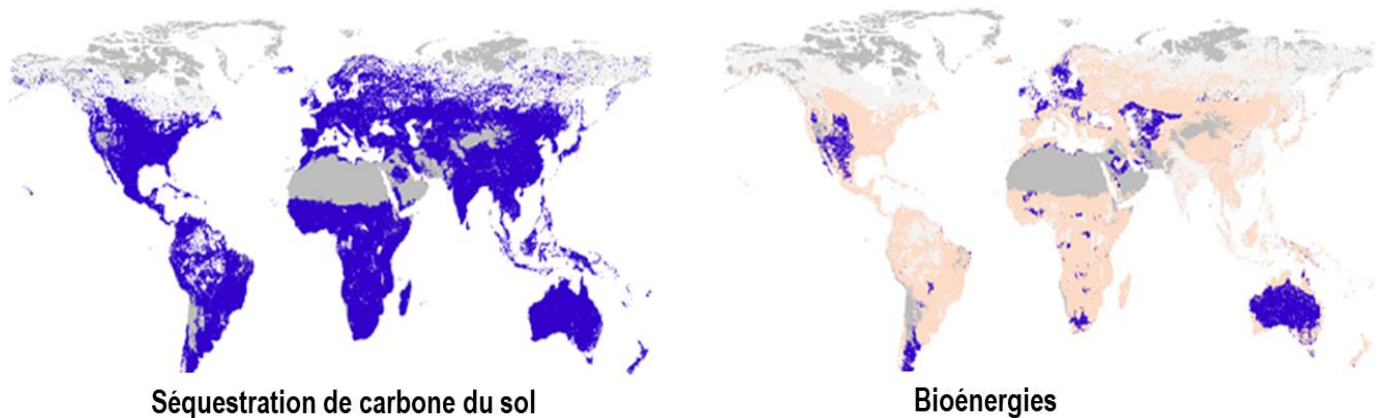


Figure 3. Distribution géographique du potentiel de déploiement de deux options de gestion des terres (séquestration de carbone organique dans le sol ; bioénergies avec ou sans capture du CO₂ produit) apportant des co-bénéfices (bleu foncé) à tous les défis du secteur des terres, ou créant des antagonismes pour certains défis (beige). Les terres nues (déserts, roches, glaces) sont figurées en grisé. D'après IPCC (2019), chapitre 6.

2.3. IMPACTS ET ADAPTATION EN ELEVAGE

Les systèmes d'élevage sont touchés par le changement climatique, principalement à travers l'augmentation des températures et la variation des précipitations, ainsi que l'augmentation de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone (CO₂) et une combinaison de ces facteurs (Howden et al., 2007). Dans des régions froides et humides (exemple, prairies tempérées de montagne), un réchauffement progressif peut augmenter le potentiel de production des prairies, mais dans de nombreux cas les effets positifs du réchauffement seront contrebalancés par des risques accrus de déficits hydriques et de vagues de chaleur. La température affecte la plupart des facteurs critiques de la production animale, telle que la disponibilité de l'eau, la reproduction, et la santé animale (principalement par le stress thermique) (Figure 4). Les maladies du bétail sont principalement affectées par l'augmentation de la température et la variation des précipitations (Rojas-Downing et al. 2017). Les impacts du changement climatique sur la productivité de l'élevage, en particulier des systèmes mixtes et extensifs, sont fortement liés aux impacts sur les parcours et les pâturages, qui incluent les effets de l'augmentation du CO₂ sur leur biomasse et leur valeur nutritive. Qualité et quantité des pâturages sont principalement affectés par les augmentations de température et de CO₂, et la variation des précipitations. Parmi les systèmes d'élevage, les systèmes pastoraux et les systèmes mixtes agriculture-élevage sont particulièrement vulnérables au changement climatique. Pour les systèmes dits

« industriels », les vagues de chaleur créent une surmortalité animale qui peut être importante si les bâtiments ne sont pas suffisamment climatisés. Les impacts indirects du changement climatique sont liés à l'augmentation des coûts de l'eau, de l'alimentation due à des événements extrêmes, ainsi qu'en raison d'une volatilité croissante du prix des aliments qui augmente le niveau d'incertitude dans la production. Les systèmes mixtes et les systèmes d'élevage « industriels » ou sans terre sont également vulnérables de par la faible thermotolérance de génotypes animaux très productifs. Pour les systèmes pastoraux, les impacts observés comprennent la mortalité d'une partie du cheptel, une mauvaise santé animale, le surpâturage et la dégradation des terres, une réduction de la productivité animale et de l'accès à l'eau et une multiplication des conflits pour l'accès aux pâturages et aux points d'eau. Avec l'accélération du changement climatique et la multiplication des événements climatiques extrêmes, les stratégies d'adaptation se diversifient (Soussana et al., 2013). Elles comprennent des adaptations par incréments (changements de variétés et espèces fourragères, de doses d'irrigation, du niveau de ventilation des bâtiments, etc...), mais aussi et de manière croissante des adaptations des systèmes fourragers (calendrier fourrager, gestion des stocks et sécurisation de l'alimentation, complémentation) et des systèmes d'élevage (conduite du troupeau, génétique, reproduction et santé animale). Enfin, des transformations sont de plus en plus envisagées, particulièrement dans les systèmes les plus vulnérables (sédentarisation pour des

RECHAUFFEMENT, VAGUES DE CHALEUR

Eau
Consommation d'eau accrue (jusqu'à 2 ou 3 fois)

Fourrages
Moindre digestibilité, baisse teneur protéines
Croissance C3 réduite par rapport à plantes en C4
Réduction de la prise alimentaire et de l'efficacité de conversion

Production
Les vaches laitières à haut rendement réduisent la production de lait
La production de viande chez les ruminants diminue en raison d'une réduction de la taille du corps, du poids de la carcasse et de l'épaisseur de la graisse

Reproduction
Baisse de la reproduction des vaches, des porcs et de la volaille des deux sexes
Moindre efficacité de la reproduction des poules; moindre production d'oeufs

Santé
Peut induire une mortalité élevée chez les bovins au pâturage
De nouvelles maladies peuvent affecter l'immunité du bétail
Des températures élevées prolongées peuvent affecter la santé du bétail (par exemple, métabolisme des protéines et des lipides, fonctionnalité hépatique)

<p style="text-align: center;">AUGMENTATION</p> <p style="text-align: center;">Fourrages Croissance des herbages (plus d'effet sur les espèces C3) Diminue la qualité du fourrage (plus d'effet sur les espèces C3) Effets positifs sur les plantes: - Fermeture partielle des stomates - Réduction de la transpiration - Meilleure efficacité d'utilisation de l'eau</p>	<p style="text-align: center;">DU CO₂ ATMOSPHÉRIQUE</p> <p style="text-align: center;">Fourrages Affecte la composition des pâturage par: - Changement de croissance saisonnière - Changement de disponibilité de l'eau - Modification des interactions dans la rhizosphère et le sol</p>	<p style="text-align: center;">RENFORCEMENT DE LA VARIABILITE</p> <p style="text-align: center;">Maladies Augmente : - Pathogènes - Parasites - Propagation de la maladie - Transmission des maladies - Nouvelles maladies - Épidémies - Propagation des vecteurs des maladies</p>	<p style="text-align: center;">DES PRÉCIPITATIONS</p> <p style="text-align: center;">Fourrages Les longues saisons sèches diminuent : - Qualité du fourrage - Croissance fourragère - Biodiversité Les inondations changent : - Forme et structure de racines - Taux de croissance des feuilles - Erosion accrue du sol</p>
---	--	--	---

Figure 4. Impacts du changement climatique sur l'élevage. IPCC (2019), chapitre 5.

systèmes pastoraux, changements de races animales, ou d'espèces, élevage en bâtiments climatisés pour des systèmes mixtes en zone sèche, etc.). Ces adaptations ne vont pas forcément dans le sens d'une atténuation du changement climatique et elles peuvent dans certains cas altérer la compétitivité économique des élevages.

Les ajustements de production (par exemple, intensification, intégration avec les cultures, élevage multi-espèces, gestion de l'eau, gestion des pâturages, enclos, stockage des aliments pour animaux et des denrées alimentaires, diversification des exploitations ou systèmes de refroidissement) s'accompagnent de changements dans l'allocation de la main-d'œuvre (diversification des moyens de subsistance, à l'agriculture irriguée, migrations temporaires) et dans la structure des exploitations (agrandissement, reconversion, etc).

2.4 OPTIONS D'ATTENUATION POUR L'ELEVAGE

Les options d'atténuation des émissions de GES dans le secteur de l'élevage ne sont pas faciles à concevoir car elles nécessitent une pensée systémique et la prise de conscience

des principaux facteurs moteurs des différents systèmes d'élevage. Les options techniques d'atténuation des émissions nettes concernent principalement le méthane d'origine entérique, le protoxyde d'azote et la séquestration du carbone des pâturages, mais aussi la mise en œuvre des meilleures pratiques d'élevage (nutrition, santé, génétique) qui auraient un effet sur la plupart des GES. Les plus grands écarts d'efficacité GES sont observés dans les systèmes d'élevage où la qualité de l'alimentation est la plus pauvre (c'est-à-dire les systèmes pastoraux et certains systèmes mixtes arides et humides particulièrement dans le monde en développement). Des systèmes de production différents nécessiteront des stratégies d'atténuation contrastées. Les systèmes d'élevage sont en effet très divers selon le contexte climatique (aride, humide ou tempéré), les espèces animales (bovins, ovins, caprins, porcins, volailles et autres), la structure (pâturage uniquement, systèmes mixtes-cultures-élevage, systèmes industriels, parcs d'engraissement et autres), le niveau d'intensification et la dotation en ressources. Les stratégies de gestion des effluents sont plus applicables dans des systèmes confinés, ils peuvent être facilement collectés, comme dans les

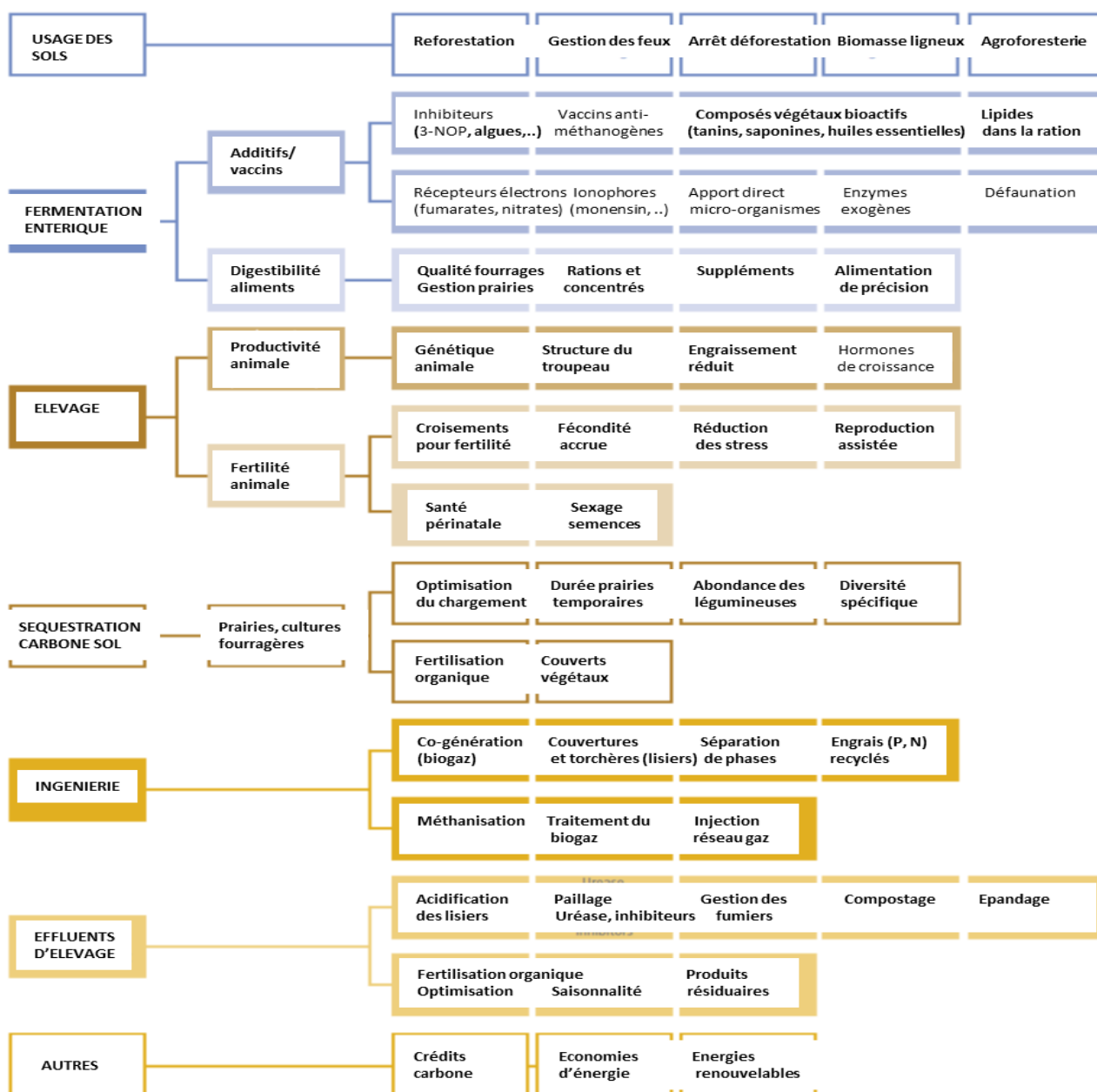


Figure 5. Options techniques d'atténuation du changement climatique en élevage. IPCC (2019), chapitre 5. Seules les options en gras sont autorisées dans la plupart des régions du monde.

systèmes porcins et avicoles ou dans les petits exploitations mixtes agriculture-élevage. Des systèmes plus intensifs, avec une forte orientation marché ont de fortes émissions à partir des intrants et peuvent mettre en œuvre une gamme de pratiques sophistiquées comme les additifs alimentaires et les vaccins (lorsqu'ils sont autorisés), tandis que les systèmes des régions tropicales peuvent améliorer la digestibilité des aliments en améliorant la qualité du fourrage et l'ajout de plus grandes quantités de concentré au rations. Beaucoup de ces stratégies peuvent être implémentées sous forme de packages dans différents systèmes, maximisant ainsi les synergies entre différentes options.

Intensification de l'alimentation animale. Donner aux animaux une alimentation de meilleure qualité réduit la quantité de GES produite par unité de produit animal. Des gains d'efficacité peuvent donc être obtenus grâce à de meilleures pratiques de supplémentation, de gestion des pâturages (rotations, engrais applications, modification du pH du sol, développement de banques de fourrage, espèces fourragères améliorées, utilisation de légumineuses, etc.) et l'utilisation de sous-produits végétaux améliorés. Toutefois, lorsqu'elle utilise une supplémentation accrue (céréales, tourteaux, ensilage, etc.), la transition vers une alimentation améliorée déplace les contributions des différents gaz à effet de serre au total des émissions. En effet, la proportion de méthane dans les émissions totales diminue (en raison de l'augmentation de la digestibilité), tandis que la proportion d'émissions associées à la fabrication des aliments pour animaux (énergie et changement d'affectation des terres, protoxyde d'azote) augmente. Par conséquent, les émissions de CO₂ liées au changement d'affectation des terres augmentent tandis que les émissions de méthane par unité de production diminuent. Parmi les options disponibles d'atténuation des GES, les systèmes d'alimentation améliorés sont relativement faciles à mettre en œuvre au niveau de la ferme. Une condition préalable pour que ces options fonctionnent est que les systèmes d'élevage doivent être orientés vers des marchés, faute de quoi il n'y a guère d'incitation à améliorer les systèmes d'alimentation. Les petits exploitants laitiers sont des exemples où cette option pourrait être applicable. D'autres options incluent l'utilisation d'herbe et de fourrages de qualité, la sélection animale pour réduire la production de méthane et l'utilisation d'additifs alimentaires (Figure 5).

Conduite du troupeau. Le nombre d'animaux est l'un des principaux facteurs contribuant directement aux émissions de GES. Dans le monde en développement, de nombreux animaux à faible production pourraient en théorie (si l'on néglige les fonctions non productives de l'élevage, comme le capital représenté par les animaux) être remplacés par moins d'animaux d'un potentiel plus élevé et mieux nourris, avec une meilleure gestion du pâturage. Ces pratiques permettent de réduire les émissions totales tout en maintenant ou en augmentant l'offre de produits de l'élevage, et peuvent être efficaces, en particulier sur les marchés soumis à des contraintes de carbone. Les améliorations de la santé animale peuvent également réduire considérablement l'intensité des émissions par l'amélioration de la productivité et de la fertilité par animal et la réduction de la mortalité.

Changements d'espèces animales. Changer d'espèce pour mieux s'adapter à des environnements particuliers est une stratégie qui pourrait améliorer la productivité par animal pour les ressources disponibles. Des changements structurels dans le secteur de l'élevage, des ruminants aux monogastriques, par exemple, pourraient entraîner une réduction du méthane et des gains d'efficacité de conversion alimentaire (par exemple, de la viande de bœuf à la production de porcs ou de volaille). Mais ce type de changement limiterait la valorisation des prairies et des parcours par l'élevage et s'accompagnerait d'un retournement accru des prairies créant un déstockage de carbone.

Gestion du cycle de l'azote. Particulièrement dans les régions en développement, de grandes quantités de

nutriments sont perdues en raison d'une mauvaise gestion des effluents d'élevage. La nature opportuniste de nombreux systèmes d'alimentation signifie que de grandes quantités de nutriments et de carbone sont perdues avant le stockage du fumier. En particulier, le fumier de porc n'est pas recyclé. Considéré comme un déchet, il est souvent rejeté dans les plans d'eau ou inutilisé alors même que les cultures sont généralement limitées en azote et en phosphore. Cette pratique crée de sérieux problèmes en particulier dans des systèmes urbains et périurbains en contribuant à la pollution de l'eau et de l'air. Dans les systèmes d'élevage intensifs de ruminants africains jusqu'à 70% de l'azote du fumier peut être perdu dans les six mois suivant l'excrétion lorsque le fumier est mal géré.

Contrôler les émissions commence par l'alimentation du bétail avec une alimentation équilibrée afin que les déjections ne présentent pas d'excès d'azote labile, qui est facilement perdu sous forme d'ammoniac et renforce la cascade de l'azote minéral. Dans les systèmes intensifs, l'azote peut être capturé efficacement à l'aide d'un matériau de litière. Cependant, dans ces systèmes de plus en plus de déjections sont traitées sous forme de lisier dans des réservoirs ou des lagunes anaérobies, ce qui peut réduire les émissions directes de protoxyde d'azote pendant le stockage, mais peut augmenter les pertes de méthane et d'ammoniac et également augmenter les risques d'émissions lors de l'épandage. Optimiser l'épandage des engrais organiques sur les terres (en termes de calendrier ou de placement) pour maximiser la valeur de remplacement de l'N et du P peut minimiser les pertes d'ammoniac tout en déplaçant les engrais minéraux. Dans les systèmes extensifs, les émissions d'ammoniac et de N₂O peuvent être gérées en déplaçant spatialement les enclos à bétail ou les installations où ils sont parqués pendant la nuit.

Séquestration de carbone dans le sol. Les opportunités de séquestration du carbone dans les prairies et les parcours sont considérables à l'échelle mondiale dans les pâturages dégradés (Soussana et al., 2019), même si elles sont plus modestes pour les prairies françaises qui ont généralement déjà été améliorées (Pellerin et Bamière, 2019). Des pratiques de gestion (suppression du surpâturage, introduction de légumineuses, diversité floristique...) ou le recyclage des effluents d'élevage peuvent améliorer la productivité des prairies et stocker du carbone dans le sol.

Un potentiel important de séquestration (sol + biomasse) de carbone est également apporté par l'agroforesterie (sylvopastoralisme). Le couvert arboré augmente l'activité microbienne du sol, réduit l'érosion et peut augmenter la productivité de l'herbe sous abri grâce à des effets microclimatiques. Ces pratiques peuvent améliorer la sécurité alimentaire en augmentant productivité et stabilité puisqu'elles contribuent à l'augmentation de la qualité du sol et de sa capacité de rétention d'eau. L'agroforesterie fournit une diversification des espèces et des produits qui est souvent favorable à la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

3 L'ECHELLE DU SYSTEME ALIMENTAIRE

Le système alimentaire mondial (production, transport, transformation, emballage, stockage, vente au détail, consommation, perte et déchets) nourrit la grande majorité de la population globale et fournit les moyens de subsistance de plus d'un milliard de personnes. Depuis 1961, l'approvisionnement alimentaire par personne a augmenté de plus de 30%, en partie grâce à une utilisation accrue d'intrants comme les engrais azotés (augmentation d'environ 800%) et l'eau d'irrigation (augmentation de plus de 100%). Cependant, selon l'estimation de la FAO en 2019, 821 millions de personnes sont actuellement sous-alimentées, 151 millions d'enfants moins de cinq ans ont un retard de croissance, 613 millions de femmes et de filles âgées de 15 à 49 ans souffrent d'une carence en fer et 2 milliards d'adultes sont en surpoids ou obèses. Le système alimentaire est sous la pression de nombreux facteurs de stress non climatiques (par exemple,

croissance de la population et des revenus, dégradation des sols) et du changement climatique. Les facteurs climatiques et non-climatiques de stress ont un impact sur les quatre piliers de la sécurité alimentaire (disponibilité, accès, utilisation et stabilité).

25 à 30% de la production alimentaire est perdue ou gaspillée et ces pertes et gaspillages alimentaires contribuent à 8 à 10% des émissions anthropiques de GES. La diversification des régimes alimentaires (plus de fruits, légumes, protéagineux et noix) et des systèmes de production (systèmes intégrés, rotations diversifiées, diversité génétique, élevage résilient et à faibles émissions) soutient l'adaptation au changement climatique et l'atténuation. D'ici 2050, les transitions alimentaires vers une alimentation saine (selon les recommandations nutritionnelles de l'OMS) pourraient libérer des millions de km² de terres avec des co-bénéfices pour l'environnement et la santé et entraîner une réduction des émissions comprise entre 0,7 et 8,0 Gt CO_{2eq}. En Europe, par exemple, il serait possible de réduire la déforestation importée pour la consommation d'aliments pour le bétail et de produits animaux (Pendrill et al., 2019 ; Haut Conseil Climat, 2020).

CONCLUSION

Une action rapide sur l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, alignée sur la gestion durable des terres et le développement durable, réduirait les risques pour des centaines de millions de personnes dus aux extrêmes climatiques, à la désertification, à la dégradation des terres et à l'insécurité alimentaire. Le report des réductions des émissions de GES et de la gestion durable des terres entraîne des impacts économiques toujours plus importants pour de nombreux pays dans de nombreuses régions du monde et pénalise en particulier les agriculteurs et les éleveurs qui sont directement confrontés aux impacts des canicules, des sécheresses et des précipitations extrêmes. Ce rapport spécial du GIEC à l'échelle mondiale montre qu'il existe un potentiel important de réponse aux défis du secteur des terres et au changement climatique, à condition de concevoir des réponses intégrées et de développer un environnement social, économique et politique favorable à une transformation en quelques décennies seulement des systèmes alimentaires et de la gestion des terres. Dans le cadre du 6^{ème} cycle du GIEC, trois rapports d'évaluation sont en cours de rédaction. Comme dans le 5^{ème} cycle (Kovats et al., 2014), un chapitre régional sera consacré à l'Europe.

Remerciements

L'auteur souhaite remercier l'ensemble de ses co-auteurs (107 auteurs de 52 nationalités) du rapport IPCC (2019) et particulièrement les équipes des Chapitres 5 et 6 et du Résumé pour les Décideurs (approuvé par l'ensemble des états). Ce rapport a analysé 7000 publications scientifiques et a bénéficié des commentaires de 637 relecteurs.

Références

IPCC, 2019. Climate change and land, an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, IPCC, www.ipcc.ch/report/srcc
Davis, K. F., Yu, K., Herrero, M., Havlik, P., Carr, J. A., & D'Odorico, P. (2015). Historical trade-offs of livestock's environmental impacts. *Environmental Research Letters*, 10(12), 125013.
Hiederer, R., 2018, Data evaluation of LUCAS soil component laboratory data for soil organic carbon, JRC Technical report. No. JRC1 12711, Publications Office of the European Union, Luxembourg
Haut Conseil pour le Climat (2020). Redresser le cap, relancer la transition. Rapport annuel, Juillet 2020.

Combiner des options d'intervention portant sur l'offre agricole (Fig. 1), et sur la demande alimentaire (réduction des pertes et gaspillages, évolution des régimes) permettrait de limiter les facteurs de stress du système alimentaire et de renforcer la sécurité alimentaire, tout en réduisant le développement des maladies chroniques, la déforestation, la perte de biodiversité, les émissions de GES et la dégradation des terres.

La mise en œuvre de ces options d'intervention nécessite des évolutions ou des transformations des politiques, des marchés, des institutions et de la gouvernance, ainsi que des mécanismes de partage et de transfert des risques (assurances indexées sur des variables climatiques et édaphiques, par exemple) visant à accroître la résilience face à des risques climatiques accrus. Des politiques de santé publique visant à améliorer la nutrition ont un potentiel élevé pour faire évoluer la demande alimentaire, réduire les coûts des systèmes de santé et contribuer à limiter la croissance des émissions de GES issues des terres émergées.

<https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2020/>

Howden, S.M., J.-F. Soussana, F.N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop, and H. Meinke, 2007: Adapting agriculture to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 104, 19691–19696, doi:10.1073/pnas.0701890104.

Kovats, R. S., Valentini, R., Bouwer, L. M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M. and JF Soussana, 2014. Europe. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

McElwee, P., Calvin, K., Campbell, D., Cherubini, F., Grassi, G., Korotkov, V., ... & Saigusa, N. (2019). The impact of interventions in the global land and agri-food sectors on Nature's Contributions to People and the UN Sustainable Development Goals. *Global Change Biology.*

Panagos, P., Ballabio, C., Scarpa, S., Borrelli, P., Lugato, E. & Montanarella, L., 2020. Soil related indicators to support agri-environmental policies, EUR 30090 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-15644-4, doi:10.2760/011194, JRC119220

Pellerin, S et Bamière, L (pilotes scientifiques), 2019. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 114 pp.

Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S., & Wood, R. (2019). Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. *Global environmental change*, 56, 1-10.

Rojas-Downing, M.M., A.P. Nejadhashemi, T. Harrigan, and S.A. Woznicki, 2017: Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.*, 16, 145–163, doi:10.1016/J.CRM.2017.02.001.

Smith, P., Calvin, K., Nkem, J., Campbell, D., Cherubini, F., Grassi, G., ... Soussana, J-F. & Nkonya, E. (2020).

Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification? *Global Change Biology*, 26(3), 1532-1575.

Soussana, J. et al., 2013: Managing grassland systems in a changing climate: The search for practical solutions. In: *Revitalising grasslands to sustain our communities: 22nd International Grassland Congress, 15 – 19 September 2013, Sydney, Australia* [Michalk, D.L., G.D. Millar, W.B. Badgery, K.M. Broadfoot, (eds.)]. New South Wales Department of Primary Industry, Orange, Australia, 18 pp.

Soussana, J.-F. et al., 2019: Matching policy and science: Rationale for the '4 per 1000 – soils for food security and climate' initiative. *Soil Tillage Res.*, 188, 3–15, doi:10.1016/J.STILL.2017.12.002.