



**Lignes directrices pour la protection du
climat à l'intention des grands éleveurs de
bovins et de moutons du Canada**

Barbara Johnstone Grimmer, P. Ag.

Sommaire

Le secteur canadien de l'élevage de bovins et de moutons risque de ressentir les effets des changements climatiques et devra rapidement et efficacement changer ses techniques d'élevage pour s'adapter à ces effets néfastes. Parallèlement, les éleveurs sont encouragés à adopter et à appliquer des stratégies pour diminuer les gaz à effet de serre (GES) émis par l'élevage de bovins et de moutons qui s'inscriront dans l'effort national pour réduire les émissions de GES et atténuer les effets des changements climatiques.

Ces stratégies « respectueuses du climat » ont pour but de réduire, d'éliminer et de remplacer les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et oxyde de diazote) et aideront les éleveurs à s'adapter aux changements climatiques et à accroître leur productivité et leur rentabilité.

Voici ces stratégies :

Améliorer la productivité et l'utilisation rationnelle des ressources des ranchs

Préserver la santé optimale des animaux et maintenir la productivité

Séquestrer le dioxyde de carbone dans les graminées, les arbres et le sol

Minimiser les déversements par l'application judicieuse et minimale d'engrais et de fumier

Envisager l'utilisation de technologies à énergie renouvelable (énergie éolienne, hydraulique, solaire et biocarburants) pour remplacer le dioxyde de carbone

Réduire la détérioration du sol, la jachère, le labourage et le surpâturage

Introduction

Les grands éleveurs ont toujours eu à s'adapter aux aléas de la météo, mais les tendances climatiques des dernières décennies, et celles qui se dessinent pour les années à venir, présentent autant de perspectives que de défis pour le secteur agricole. Il faut s'attendre, sur une majorité du territoire canadien, à ce que les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les sécheresses et les inondations, la hausse des températures annuelles et la hausse des précipitations hivernales deviennent la norme.

Les changements climatiques sont causés par la hausse des « gaz à effet de serre », soit le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde de diazote (N₂O) et le méthane (CH₄), qui retiennent la chaleur émise par le soleil et causent des changements aux conditions météorologiques mondiales. Ces gaz sont produits par les combustibles fossiles et les activités humaines comme l'agriculture. Le dioxyde de carbone peut provenir de l'énergie et de l'équipement utilisés sur une exploitation, du labourage intensif et du surpâturage. Le méthane est principalement produit par le processus digestif des ruminants, ou fermentation entérique, et par l'entreposage du fumier. L'oxyde de diazote peut provenir des engrais, du fumier épandu sur le sol, des cultures qui fixent l'azote et des sols engorgés. Ces gaz se trouvent naturellement dans l'atmosphère, mais les activités humaines comme l'agriculture font augmenter considérablement leur quantité. Le dioxyde de carbone est le GES prédominant, mais le méthane et l'oxyde de diazote sont plus puissants; leur potentiel de réchauffement planétaire est respectivement 34 et 298 fois plus puissant que celui du dioxyde de carbone (GIEC 2013).

L'élevage est un domaine exigeant la gestion de vastes terres et de grands troupeaux de bétail et l'adaptation aux changements météorologiques et climatiques ainsi qu'aux pressions du marché. Le présent document a trois objectifs : 1) informer les grands éleveurs des changements climatiques

potentiels; 2) fournir des lignes directrices sur les pratiques d'élevage qui peuvent les aider à s'adapter à ces changements; 3) réduire les effets des activités d'élevage sur les émissions de GES (atténuation). L'adaptation et l'atténuation présentent un potentiel intéressant pour les élevages; elles peuvent être conjuguées dans une stratégie « favorable au climat » visant à améliorer la rentabilité d'un ranch tout en réduisant les émissions de GES (Smith et Olesen, 2010).

Pour limiter le réchauffement climatique planétaire et ses effets persistants sur l'agriculture, tous doivent mettre du sien. D'ici 2030, le Canada compte réduire ses émissions dans toutes les sphères de l'économie de 30 % sous les niveaux de 2005 (CPDN du Canada, 2015). Pour contribuer à la protection du climat, les élevages devront soit réduire, éliminer ou remplacer les émissions de GES.

Effets des changements climatiques sur les élevages canadiens

L'élevage est un domaine qui exige l'utilisation de vastes terres pour produire le fourrage, le pâturage et les céréales nécessaires au bétail et aux moutons. Les prévisions laissent entendre que les changements climatiques feront augmenter les températures annuelles, produiront des étés plus chauds et secs et feront augmenter les précipitations automnales et hivernales, mais diminuer les chutes de neige. Tous ces changements, que nous observons déjà, affecteront l'écoulement fluvial (Warren et Lemmen, 2014; GEIC, 2007, Knowles, 2015; Morrison et coll., 2002).

Des données indiquent que la capacité de charge des pâturages du Canada restera productive jusqu'en 2060 et qu'il y aura une augmentation des graminées de saisons chaudes en sol sablonneux (Thorpe et coll., 2008). Des étés plus chauds et secs et des printemps hâtifs risquent, dans la plupart des régions d'élevage, d'accélérer l'ensemencement et d'améliorer ou

de maintenir le niveau d'humidité du sol. Toutefois, les prairies situées au sud pourraient, dans l'ensemble, connaître des conditions plus sèches (McGinn et Shepherd, 2003). Si les périodes de végétation sont prolongées, ces étés chauds abrègeront les périodes pour les cultures et graminées de saison fraîche (Qian et coll., 2013).

Une hausse de température s'accompagne habituellement d'une hausse de la productivité primaire nette, mais des températures extrêmement élevées risquent de faire diminuer la productivité, car elles font augmenter l'évapotranspiration qui assèche les sols (Izaurre et coll., 2011; Gang et coll., 2014; Qian et coll., 2013).

Les parcours naturels ont besoin de précipitations stables, et les changements climatiques risquent probablement de réduire sous le niveau normal l'humidité des sols indispensable à la croissance des plantes en période de végétation (Polley et coll., 2013). Cependant, certaines régions bénéficieront du réchauffement climatique et d'une hausse des précipitations globales, qui feront augmenter les émissions de CO₂, et verront une meilleure croissance des graminées (Polley et coll., 2013; Thorpe et coll., 2008). Une hausse des niveaux de CO₂ pourrait avoir des conséquences négatives sur la distribution et le type de plantes ainsi que sur la qualité et la quantité de fourrage produit (Polley et coll., 2013; Thorpe et coll., 2008). Or, la hausse des niveaux de CO₂ pourrait être propice à la croissance de mauvaises herbes (McGinn et Shepherd, 2003), et le réchauffement climatique global pourrait favoriser l'apparition de nouvelles variétés de mauvaises herbes, de plantes herbacées non graminoides et d'espèces envahissantes (Polley et coll., 2013; Hatfield et coll., 2011).

Les parcours arides d'Amérique du Nord sont souvent touchés par la sécheresse. De nombreuses écorégions utilisées pour l'élevage risquent de subir des périodes de grave sécheresse (Coppock, 2011). Les effets des sécheresses extrêmes se font déjà ressentir. Une enquête auprès d'éleveurs de l'Utah après une sécheresse de cinq ans a révélé une réduction de 30 % de la capacité de charge, de 33 % de l'approvisionnement en eau, de 30 % de la production de foin et de 10 % du poids des bêtes. De plus, la diminution de la densité de peuplement servant de « mesure d'adaptation à la sécheresse » a mené à une baisse de 15 % du nombre d'animaux (Coppock, 2011).

Selon une enquête récente, les éleveurs de bétail de la Colombie-Britannique croient que les changements climatiques font diminuer l'eau disponible pour le bétail et l'irrigation des cultures fourragères et qu'il y a une baisse de la qualité et de la quantité des graminées pour les bovins de pâturage (Cox et coll., 2015).

La hausse des températures, les sécheresses estivales et les ravages du dendroctone du pin ponderosa risquent de faire multiplier les feux de forêt (Coops et coll., 2011; Carroll et coll., 2003).

Les bêtes touchées directement par les températures extrêmes et le stress thermique peuvent perdre l'appétit, suer et haleter, subir une hausse d'hormone du stress et une baisse des hormones thyroïdiennes, démontrer des réactions liées à la thermorégulation comportementale, manquer d'eau et être affectées par un déséquilibre nutritif et des carences nutritives (Silanikove, 2000). Certaines de ces conséquences découlent du principal changement comportemental chez

l'animal (se réfugier à l'ombre pendant la journée, ce qui réduit la période de pâturage) et d'un manque d'eau de bonne qualité. Ces changements réduisent la productivité et font augmenter le taux de morbidité et de mortalité du bétail (Silanikove, 2000).

Les températures élevées causent un déséquilibre des fonctions reproductrices des moutons, déséquilibre qu'empire un taux d'humidité élevé. Ce problème s'accompagne d'une baisse de la prise alimentaire, de l'indice de consommation et de l'utilisation des aliments, d'une perturbation des processus métaboliques et digestifs et d'une diminution de la production laitière (Marai et coll., 2007; Sevi et Caroprese, 2012).

Les changements climatiques peuvent affecter la qualité de la viande des animaux d'élevage d'un parcours naturel; la chaleur a des effets directs sur le bétail et cause de la déshydratation, des pertes de poids, une altération du métabolisme musculaire et du stress, notamment lors du transport et de la manipulation des animaux à l'abattoir (Gregory, 2010; Hails, 1978; Jacob et coll., 2006; Crawford et MacNair, 2012). On peut observer des cas de viande à coupe sombre lorsque la température dépasse 35 °C (Kadim, 2004). Chez les moutons, la force des réactions adrénérgiques qui visent à obtenir une réponse musculaire peut les tuer (Lowe et coll., 2002).

Les changements climatiques influencent les maladies comme le charbon, la fièvre aphteuse, l'hémonchose, la fasciolose et la fièvre catarrhale du mouton puisqu'ils modifient leur échelle de diffusion, les périodes d'éclosion ou l'intensité de ces éclosions (Baylis et Githeko, 2006; Himsworth et Argue, 2008).

Le nombre accru d'infections parasitaires s'explique aussi, en partie, par les changements climatiques (McMahon et coll., 2012; Van Dijk et coll., 2010; Kenyon et coll., 2009; Gethings et coll., 2015; Rose et coll., 2015). Les maladies propagées par les insectes volants auront probablement des saisons plus longues et leur aire de propagation sera modifiée (Rose et Wall, 2011; Zuliani et coll., 2015; Guis et coll., 2012).

Lignes directrices pour un élevage respectueux du climat

Dans le secteur agricole, l'adaptation aux changements de circonstances est un phénomène courant. L'adaptation aux changements climatiques peut se faire par rapport à des changements observés sur la ferme et à l'aide d'une planification à long terme à la lumière des changements climatiques prévus.

Tenir un journal de la météo et des phénomènes météorologiques extrêmes peut aider à cerner les tendances locales. Les éleveurs devraient noter les faiblesses propres à leur ranch. Les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les inondations, l'érosion des sols, les vagues de chaleur et les sécheresses peuvent avoir des répercussions notables sur les activités à grande échelle. On conseille aux éleveurs d'observer et de noter tout changement aux populations de plantes, la productivité des graminées, l'augmentation de mauvaises herbes ou l'apparition de nouvelles espèces, la quantité et la qualité de l'eau, les comportements et la productivité du bétail, les dérèglements dans la reproduction et la hausse de la prédation.

L'atténuation s'entend de mesures prises pour réduire la quantité nette de gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère, gaz qui retiennent la chaleur. Les stratégies d'atténuation sont

souvent liées aux stratégies d'adaptation. Par exemple, planter des arbres afin de créer des zones d'ombre et des brise-vents pour le confort du bétail permet d'emprisonner le dioxyde de carbone et réduit les émissions de GES. Les stratégies d'atténuation en vue de réduire les émissions produites par les activités d'exploitation peuvent servir d'écoservices rétribués, de crédit carbone ou de pratiques exemplaires de gestion. Il existe quatre grandes pratiques d'atténuation pour les ruminants : les gains de productivité, soit les extrants produits pour chaque ressource utilisée; les pratiques de gestion du fumier qui réduisent les émissions de GES et la pollution; l'efficacité énergétique; la réduction des émissions de CO₂ grâce au captage et au stockage ou à la séquestration du carbone en augmentant les matières organiques dans le sol et en préservant la végétation comme les cultures de couverture, les arbres ou les graminées.

Tous les aspects d'un ranch devraient être évalués de sorte que les stratégies d'adaptation et d'atténuation appliquées à l'un des secteurs d'activités n'aient pas d'effets négatifs sur les émissions d'un autre secteur. Chaque ranch devrait déterminer son impact sur le climat et cibler les meilleures options d'adaptation et d'atténuation à l'aide d'une vérification sur le climat (Vérifications sur le climat au R.-U., 2010; Livestock and Poultry Environmental Center, 2015, Schmidt et coll., 2014). Ce type de vérification met en lumière les diverses tendances climatiques pour le ranch (précipitations, températures, extrêmes) et mesure, au moyen d'un tableau (annexe 1) les incidences de chaque tendance sur les intrants du ranch, la production animale, la logistique et les exportations. Les mesures d'adaptation peuvent être à court et à long terme. Les tendances climatiques se basent soit sur les observations historiques soit sur les prévisions faites par des sources disponibles sur les conditions climatiques futures.

Agriculture et agroalimentaire Canada a créé un logiciel de modélisation agricole qui calcule gratuitement les émissions de GES des exploitations. À l'aide du logiciel Holos, les utilisateurs peuvent tester divers scénarios agricoles en vue de réduire leurs émissions de GES. Ils peuvent configurer divers paramètres comme les pratiques de gestion, le type de bétail, le type de fourrage, le sol et l'emplacement géographique de leur ranch. Le logiciel calcule ensuite approximativement les émissions de CO₂, de N₂O et de CH₄. Le stockage et les émissions de carbone causés par la plantation d'arbres et les changements dans l'utilisation de la terre peuvent aussi être calculés (HOLOS, 2009).

Une vérification sur la consommation énergétique peut aussi aider les éleveurs à économiser de l'argent tout en réduisant leur consommation énergétique et leurs émissions de CO₂. Les éleveurs qui utilisent les vérifications énergétiques diminuent généralement leur consommation d'énergie (Butler et Lobley, 2012). Les ranchs consomment peu d'électricité, mais les éleveurs peuvent optimiser leur consommation de carburant en planifiant leurs déplacements, en surveillant leur consommation énergétique, en optimisant les conditions naturelles, en utilisant du biodiesel, en adaptant les tracteurs aux outils et en réduisant le labourage (Warwick HRI, 2007). Réduire le labourage diminue, par le fait même, l'utilisation de carburant (Lago et coll., 2015).

Ensemble, la vérification énergétique et la vérification sur le climat peuvent cibler des occasions de remplacer les émissions de GES par des sources d'énergie renouvelable comme l'énergie éolienne, l'énergie solaire, les microcentrales hydroélectriques ou les biocarburants (sur les terres qui s'y prêtent) et ainsi de diversifier les activités du ranch (Warwick HRI, 2007). De

cette façon, les éleveurs pourraient faire des économies et bénéficier d'une source de revenus supplémentaire en vendant l'énergie excédentaire.

Outre la réduction et le remplacement du CO₂, il est également possible d'éliminer le dioxyde de carbone grâce à sa séquestration dans le sol et les plantes. Le sol est une ressource très précieuse pour les grands éleveurs, même s'il est considéré comme une ressource secondaire. Des données ont démontré que l'ajout de compost à un sol améliore sa structure, sa capacité à retenir l'eau, ses niveaux de nutriments et sa capacité à retenir le carbone (DeLong et coll., 2013).

L'agroforesterie est parfaite pour les activités d'élevage respectueuses du climat, et ce, en raison de la vaste étendue des ranchs et du double rôle que jouent les arbres. En effet, les arbres offrent des zones d'ombre et un abri aux animaux et créent un brise-vent contre le vent et la météo. Ils peuvent aussi séquestrer le carbone afin de transformer le CO₂ et l'eau en O₂ et en hydrates de carbone par la photosynthèse. Les arbres peuvent aussi produire, entre autres, des biocarburants (Schoeneberger et coll., 2011). Les graminées vivaces qui sont gérées adéquatement peuvent, elles aussi, séquestrer le carbone (Lehmann & Joseph, 2009; Schuman, 2002). Le sol fournit des nutriments et une matrice pour la croissance des graminées, et les matières organiques qu'on trouve dans le sol améliorent ses capacités à retenir l'eau et les nutriments et peuvent remplacer certains des nutriments provenant des engrais (Defra SPO530). Cela permet aussi d'éviter les émissions en amont générées par les engrais (Newell Price et coll., 2011). Il est possible d'accroître la séquestration du carbone dans le sol en réduisant le labourage, en diminuant l'érosion du sol, en plantant des cultures de couverture et en préservant

un tapis herbacé naturel et cultivé. La baisse des émissions engendrée par la diminution du labourage n'est pas seulement attribuable à une séquestration accrue du carbone, mais aussi à une utilisation réduite des engrais et des carburants (Alvarez, 2005; Lago et coll., 2015).

Il est possible de réduire les émissions d'oxyde de diazote par une utilisation moindre d'engrais grâce à des plans de gestion des nutriments et de gestion du fumier et par une diminution des perturbations du sol et du labourage. Un plan de gestion des nutriments favorise l'utilisation de pratiques exemplaires et assure une application efficace des nutriments, au bon moment et dans des quantités adéquates, réduisant ainsi les émissions directes et indirectes (Defra, 2010).

Le pâturage en rotation, contrôlé, de nettoyage ou en gestion intensive est une méthode qui diminue considérablement la quantité de foin requise pour nourrir un troupeau puisque le bétail est déplacé de façon stratégique à travers un champ ou un enclos divisé. Combinée à une sélection génétique d'animaux adaptés à ce système de pâturage qui peuvent terminer de se nourrir avec des graminées, cette méthode donne naissance à un système de pâturage à faibles intrants qui produit moins d'émissions. Ainsi, la supplémentation est réduite ou éliminée, le chargement et les temps de pâturage sont gérés en vue d'optimiser la croissance des graminées et l'indice de consommation et les périodes de reproduction et de vêlage sont réglées pour concorder avec la croissance des graminées. L'élimination ou la réduction des intrants du foin élimine ou réduit, par le fait même, l'utilisation des combustibles fossiles pour la récolte ou le transport du foin (Smith, 2014; Thorpe, 2012).

Les stratégies de gestion du pâturage peuvent aussi améliorer l'indice de consommation et réduire les émissions d'oxyde de diazote et de méthane grâce à l'utilisation de mélanges digestibles de graminées et de légumineuses. Les légumineuses servent à fixer l'azote atmosphérique ce qui augmente les protéines brutes dans le mélange de graminées et remplace, en partie ou en totalité, l'azote requis à la croissance des graminées. Elles permettent donc de réduire la quantité d'engrais à répandre et d'éliminer les émissions de GES qu'ils causeraient.

Il est également possible de réduire les émissions de méthane grâce à de bonnes stratégies de gestion du pâturage, principalement grâce à l'amélioration de l'alimentation du bétail et de l'indice de consommation (Jones et coll., 2013; Ledgard et coll., 2010). Les émissions de méthane produites par la fermentation entérique des bovins de boucherie du Canada représentent environ 36 % des émissions de GES du secteur agricole canadien (Verge et coll., 2008). Grâce à un meilleur indice de consommation, découlant d'une meilleure digestibilité des aliments, et à une rentabilité accrue du bétail au moyen de la sélection génétique, il a été possible de faire diminuer l'empreinte carbone des bovins de boucherie de 18,2 kg d'équivalent CO₂ par kg (poids vif) en 1981 à 9,5 kg d'équivalent CO₂ par kg (poids vif) en 2006 (Desjardins et coll., 2012).

Le temps requis pour qu'un animal atteigne son poids d'abattage peut aussi réduire nettement l'empreinte carbone des agneaux (Hyland, 2015). Un juste équilibre entre l'alimentation et le taux de croissance, une bonne gestion de la santé et une bonne génétique sont tous des facteurs qui contribuent à faire augmenter le taux de croissance. L'utilisation de béliers ayant un historique de performance peut aussi contribuer au taux de croissance (Lloyd, 2014).

Le nombre d'agneaux élevés par brebis, le taux de croissance de l'agneau, le pourcentage de brebis de reproduction et le niveau d'aliment concentré sont tous liés à l'amélioration du rendement des ressources (diminution des émissions) et à une meilleure productivité (Jones et coll., 2014). Une stratégie consiste à accoupler les agnelles lorsqu'elles sont antenaises afin de faire augmenter le nombre d'agneaux élevés par brebis (Jones et coll., 2014; Ledgard et coll., 2010). La bonne santé, la génétique et la nutrition sont essentielles à la hausse du nombre d'agneaux élevés par brebis (Jones et coll., 2014).

Des stratégies semblables visant l'augmentation du nombre de veaux élevés par vache sont importantes afin d'accroître le rendement des ressources et de diminuer les émissions. Le système de veau de naissance représente environ 80 % des émissions totales de GES de l'industrie canadienne du bœuf alors que le parc d'engraissement compte pour à peine 20 % (Beauchemin et coll., 2010). Le troupeau vache-veau produit un peu plus de méthane entérique (84 %), il a donc été suggéré d'axer les efforts d'atténuation sur la vache adulte (Beauchemin et coll., 2010).

La gestion de la santé du troupeau, de bonnes mesures de biosécurité et la surveillance des maladies sont particulièrement importantes dans le contexte des changements climatiques en raison de la migration vers le nord des vecteurs de maladie et de la capacité des organismes pathogènes à s'adapter. Un troupeau en santé est un troupeau plus productif ayant un meilleur indice de consommation.

La bonne gestion des ressources d'eau est essentielle, car la hausse des températures et l'apparition de phénomènes météorologiques extrêmes pendant la période de végétation sont de

plus en plus probables, ce qui fera augmenter la demande en eau et affectera l'approvisionnement. La quantité et la qualité de l'eau seront des facteurs importants à la santé et au bien-être des troupeaux. Une diminution potentielle des précipitations pendant la période de végétation s'avérerait dangereuse pour les ressources de parcours naturels qui ne sont pas irriguées, et donc dépendent des précipitations, et ferait augmenter la fréquence des sécheresses. Une stratégie afin de s'adapter aux ressources limitées en eau serait de réduire la densité de peuplement, favorisant ainsi la santé et le bien-être du troupeau, et de diminuer le surpâturage et l'érosion du sol réduisant ainsi la séquestration du carbone organique (Thorpe, 2012).

Si l'alimentation en stock est suffisante et les ressources en eau répondent aux besoins du bétail, une autre stratégie serait d'installer, dans un parc d'engraissement, des enclos en cas de sécheresse et de compléter, dans la mesure du possible, l'alimentation du bétail avec des céréales. Pour cela, il suffit de faire le sevrage précoce des agneaux ou des veaux et de les nourrir dans le parc d'engraissement jusqu'à ce qu'ils atteignent la taille requise sur le marché. Les animaux adultes peuvent être nourris séparément pour éviter le surpâturage. Compléter l'alimentation du bétail avec des céréales, ce qui améliore la digestibilité de l'alimentation, est une stratégie bien connue qui aide à réduire les émissions et à économiser les ressources fourragères en période de sécheresse.

Si les conditions climatiques réduisent les ressources fourragères sur de longues périodes, la réduction des troupeaux ou la réforme pourrait être une stratégie d'adaptation. En guise de mesure en cas de sécheresse, les éleveurs peuvent évaluer des stratégies pour atténuer les répercussions. Ils peuvent notamment accroître les ressources fourragères (restaurer les zones de

pâturage, acheter des aliments), modifier le troupeau ou la gamme de production, modifier leur stratégie de pâturage, améliorer les infrastructures ou ressources hydrauliques, améliorer leurs ressources financières et diversifier leurs activités par le travail hors ferme. Les critères pour le choix de la stratégie se fondent sur sa faisabilité, le degré d'incidence et une analyse coûts-avantages (Thorpe, 2012).

Des saisons de pâturage plus longues en raison des changements climatiques, combinées à des systèmes de pâturage comme le pâturage de nettoyage qui gèrent d'abord les graminées et le sol, pourraient offrir des occasions d'améliorer la rentabilité du ranch et d'atténuer les effets. D'un côté, cette situation pourrait diminuer le besoin de stocker les aliments pour l'hiver, mais, d'un autre, l'imprévisibilité qui en découlerait nécessiterait une planification pour le pire des scénarios comme une période de sécheresse prolongée ou de mauvaises récoltes (Polley et coll., 2013). Une période de pâturage plus longue pourrait aussi mener à une diminution des émissions de méthane entérique produites par les ruminants en raison de la meilleure digestibilité de l'herbe fraîche par rapport au foin et à la diminution des émissions de CO₂ en raison d'une baisse d'utilisation de l'équipement de terrain (Teagasc, 2013). Malgré les changements climatiques, les gains de productivité du bétail seront possibles si les éleveurs accordent plus d'attention à la reproduction, à l'alimentation, à la santé et à la sélection génétique de leurs bêtes. Les gains d'efficacité en matière de pâturage et de culture grâce à une gestion optimale des nutriments et du fumier, à une sélection judicieuse des variétés de graminées et de cultures, à des pratiques de gestion du sol axées sur la conservation et à la gestion de l'eau peuvent aussi contribuer à un gain global d'efficacité quant aux activités du ranch ainsi qu'à l'atténuation des émissions de GES.

La possibilité de tirer parti des énergies renouvelables, de diversifier les espèces et les activités ou toute autre perspective sur la ferme ou hors ferme pourraient aussi être des options d'avenir.

Références

Alvarez, R. (2005). A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management* 21; 38-52. Available at DOI:10.1079/SUM2005291 Last accessed October 18, 2015.

Baylis, M., Githeko, A. (2006). *Foresight: Infectious Diseases: preparing for the future*; T7.3; The Effects of Climate Change on Infectious Diseases of Animals. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/infectious-diseases-preparing-for-the-future> Last accessed October 18, 2015.

Beauchemin, K., Janzen, H., Little, S., McAllister, T., McGinn, S. (2010). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: a case study. *Agricultural Systems* 103, 371-379.

Brady N. C. and Weil, R. R. (2010) *Elements of the nature and properties of soils. 3rd edition.*

Prentice Hall, Publisher. ISBN 10:0-13-501433-6

Butler, A. and Lobley, M. (2012). *Resource management, knowledge and internet use on farms*

in South West England: A report for the SWARM Knowledge Hub. University of Exeter

Centre for Rural Policy Research Paper No. 36. Available at

<http://www.centres.ex.ac.uk/crpr/publications> Last accessed August 13, 2015.

Carroll, A., Taylor, S., Regnier, J., Safranyik, L. (2003). Effect of climate change on range

expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. *The Bark Beetles, Fuels and*

Fire Bibliography, Paper 195. Available at:

<http://digitalcommons.usu.edu/barkbeetles/195> Last accessed November 4, 2015.

Coops, N., Waring, R. (2011). A process-based approach to estimate lodgepole pine (*Pinus*

contorta Dougl.) distribution in the Pacific Northwest under climate change. *Climatic*

Change 105, 313-328.

Coppock, D. (2011). Ranching and multiyear droughts in Utah: production impacts, risk

perceptions, and changes in preparedness. *Rangeland Ecology and Management* 64, 607-

618.

Cox, M., Gardner, W., Fraser, L. (2015). A survey-based assessment of cattle producers'

adaptation to climate change in British Columbia, Canada. *Rangeland Ecology and*

Management 68, 119-130.

Crain, J., Elmore, A., Olson, K., Tolleson, D. (2010) Climate change and cattle nutritional stress.

Global Change Biology 16, 2901-2911

Crawford, E., MacNair, E. (2012). Cattle Production Central Interior Snapshot Report: *BC Agriculture Climate Action Initiative*. Available at: www.BCAGClimateAction.ca Last accessed November 4, 2015.

Defra Project SP0530 (2010) *Organic manure and crop organic carbon returns – effects on soil quality: SOIL-QC*. Available to download from: <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=11503> Last accessed August 12, 2015.

Defra 010). *Fertiliser Manual (RB209) (8th edition)*. Norwich: TSO. ISBN 978 0 11 243286 9. Available to download from: <http://www.ahdb.org.uk/documents/rb209-fertiliser-manual-110412.pdf>

Delonge, M., Ryals, R., Silver, W. (2013). A lifecycle model to evaluate carbon sequestration potential and greenhouse gas dynamics of managed grasslands. *Ecosystems* 16, 962-979.

Dejardins, R., Worth, D., Verge, Z., Maxime, D., Dyer, J., Cerkowniak, D. (2012). Carbon footprint of beef cattle. *Sustainability* 4, 3279-3301.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2013). *FAOSTAT*. Available at: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QL/E> Last accessed November 13, 2015.

Gang, G., Zhou, W., Wang, Z., Chen, Y., Li, Chen, J., Qi, J., Odeh, I., Groisman, P. (2014). Comparative assessment of grassland NPP dynamics in response to climate change in China, North America, Europe and Australia from 1981 to 2010. *Journal of Agronomy and Crop Science* August 2014 Available at <http://dx.doi.org/10.1111/jac.12088> Last accessed November 4, 2015.

Gethings, O., Rose, H., Mitchell, S., van Dijk, J. (2015). Asynchrony in host and parasite phenology may decrease disease risk in livestock under climate warming: *Nematodirus battus* in lambs as a case study. *Parasitology* 142, 1306-1317 Available at: <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182015000633>

Goulding, K., Jarvis, S., Whitmore, A. (2007) *Optimizing nutrient management for farm systems*. Philosophical Transactions of the Royal Society. B 363, 667-680.

Gregory, N. (2010) How climatic changes could affect meat quality. *Food Research International* 43, 1866-1873.

Guis, H., Caminade, C., Calvete, C., Morse, A., Tran, A., Baylis, M. (2012). Modelling the effects of past and future climate on the risk of bluetongue emergence in Europe. *Journal of the Royal Society Interface* 9, 339-350.

Hails, M. (1978) Transport stress in animals: A review. *Animal Regulation Studies* 1, 289-343.

Hatfield, J., Boote, K., Kimball, B., Ziska, L., Izaurralde, R., Ort, D., Thomson, A., Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal* 103, 351-370.

Himsworth, C., Argue, C. (2008). Cross-Canada Disease Report: Anthrax in Saskatchewan 2006: An outbreak overview. *Canadian Veterinary Journal* 49, 235-237.

Holos:GHG (greenhouse gas) software for farms (2009). Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario.

Hyland, J. (2015) *HCC Carbon Footprint Report*.

Available at <http://hccmpw.org.uk/index.php/tools/required/files/download?fID=5099>

Last accessed August 13, 2015.

INDCC (2015). Canada's INDC Submission to the UNFCCC. UN Framework convention on climate change. Subsidiary body for scientific and technological advice.

IPCC (2007). *Climate Change Assessment Report*. Available at: <https://www.ipcc.ch/index.htm>

Last accessed November 13, 2015.

IPCC (2013). Climate Change 2013. The physical science basics. Available at

www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/ Last accessed January 8, 2016.

Izaurrealde, R., Thomson, A., Morgan, J., Fay, P., Polley, H., Hatfield, J. (2011). Climate impact on Agriculture: Implications for Forage and Rangeland Production. *Agronomy Journal* 103, 371-381.

Jacob, R., Pethick, D., Clark, P., Souza, D., Hopkins, D., White, J. (2006). Quantifying the hydration status of lambs in relation to carcass characteristics. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, 429-437.

Jones, A. K., Jones, D. L., Cross, P. (2013) *The carbon footprint of lamb: Sources of variation and opportunities for mitigation*. *Agricultural Systems* 123, 97-107.

Jones, A. I., Jones, D. L., Cross, P. (2014) *The mitigation of greenhouse gas emissions in sheep farming systems*. Student Final Report No. 7780. AHDB and HCC August 2014.

Available at

http://hccmpw.org.uk/farming/research_and_development/phd_studentship/anna_kaye_jones

Last accessed August 11, 2015.

Kadim, I., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D., Al-Maqbaly, R., Al-Mugheiry, S., Bartolome, D. (2004).

The influence of season on quality characteristics of hot-boned *m. longissimus thoracis*.

Meat Science 66, 831-836.

Kenyon, F., Sargison, N., Skuce, P., Jackson, F. (2009). Sheep helminth parasitic disease in

south eastern Scotland arising as a possible consequence of climate change. *Veterinary*

Parasitology 163, 293-297.

Knowles, N. (2015). Trends in snow cover and related quantities at weather stations in the

conterminous United States. *Journal of Climate* 28, 7518-7528.

Lago, C., Lechon, Y., Herrera, I., Sanchez, J. (2015). *Influence of improved agricultural*

management practices (No till and minimum tillage) as mitigation strategy over GHG

emissions from energy crops in Spain. 23rd European Biomass Conference and

Exhibition, Vienna, Austria.

Ledgard, S.F., Lieffering, M., McDevitt, J., Boyes, M. and Kemp, R.A (2010) *Greenhouse Gas*

Footprint Study for Exported New Zealand Lamb Report prepared for the Meat Industry

Association, Ballance Agri-Nutrients, Landcorp and MAF. March 2010 Available at

<http://www.fedfarm.org.nz/files/2010-Lamb-CarbonFootprint.pdf>

Last accessed August 12, 2015.

Lehman J., Joseph, S., editors (2009). Biochar for environmental management. Science and

Technology, Earthscan, London, UK.

Livestock and Poultry Environmental Learning Center (2015). Climate change adaptation for animal agriculture. Available at: <https://youtube/5b8sHw2KSHU> Last accessed November 16, 2015.

Lloyd, C. (2014) *Delivering Quality Lamb by English Sheep Producers*. EBLEX. Presentation to Canadian Sheep Value Chain Roundtable, November 17, 2014. Calgary, Alberta, Canada.

Lowe, T., Gregory, N., Fischer, A., Payne, S. (2002). The effects of temperature elevation and water deprivation on lamb physiology, welfare and meat quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 707-714.

McGinn, S., Shepherd, A. (2003). Impact of climate change scenarios on the agroclimate of the Canadian prairies. *Canadian Journal of Soil Science* 83, 623-630.

McMahon, C., Gordon, A., Edgar, H., Hanna, R., Brennan, G., Fairweather, I. (2012). The effects of climate change on ovine parasitic gastroenteritis determined using veterinary surveillance and meteorological data for Northern Ireland over the period 1999-2009. *Veterinary Parasitology* 190, 167-177.

Marai, I., El-Darawany, A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M. (2007) Physiological traits as affected by heat stress in sheep – A review. *Small Ruminant Research* 71, 1-12.

Morrison, J., Quick, M., Foreman, G. (2002). Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections. *Journal of Hydrology* 263, 230-244.

Newell-Price, J.P., Harris, D., Taylor, M., Williams, J.R., Anthony, S.G., Duethmann, D., Gooday, R.D., Lord, E.I., Chambers, B.J., Chadwick, D.R., Misselbrook, T.H. (2011). *An Inventory of Mitigation Methods and Guide to their Effects on Diffuse Water Pollution*,

Greenhouse Gas Emissions and Ammonia Emissions from Agriculture. ADAS and Rothamsted Research, North Wyke; Defra Project WQ0106

Nielsen, A., Steinheim, G., Mysterud, A. (2013) Do different sheep breeds show equal responses to climate fluctuations? *Basic and Applied Ecology* 14, 137-145.

Polley, H., Briske, D., Morgan, J., Wolter, K., Bailey, D., Brown, J. (2013). Climate Change and North American Rangelands: Trends, Projections and Implications. *Rangeland Ecology and Management* 66, 493-511.

Powlson, D. S., Bhogal, A., Chambers, B. J., Coleman, K., Macdonald, A. J., Goulding, K. W. T., Whitmore, A. P. (2012) *The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: A case study*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146, 23-33.

Qian, B., De Jong, R., Gameda, S., Huffman, T., Neilsen, D., Desjardins, R., Wang, H., McConkey, B. (2013). Impact of climate change scenarios on Canadian agroclimate indices. *Canadian Journal of Soil Science* 93, 243-259.

Rose, H., Wall, R. (2011). Modelling the impact of climate change on spatial patterns of disease risk: Sheep blowfly strike by *Lucilia sericata* in Great Britain. *International Journal for Parasitology* 41, 739-746.

Rose, H., Wang, T., van Dijk, J., Morgan, E. (2015). GLOWORM-FL: A simulation model of the effects of climate and climate change on the free-living stages of gastro-intestinal nematode parasites of ruminants. *Ecological Modelling* 297, 232-245.

Schmidt, D., Whitefield, E., Smith, D. (2014). Adapting to a changing climate: A planning guide.

Appendix 1: Climate Audit Templet/Framework. US Department of Agriculture.

Available at: [http://articles.extension.org/sites/default/files/Adapting-to-a-Changing-](http://articles.extension.org/sites/default/files/Adapting-to-a-Changing-Climate1-pdf)

[Climate1-pdf](http://articles.extension.org/sites/default/files/Adapting-to-a-Changing-Climate1-pdf) Last accessed November 16, 2015.

Schoeneberger, M., Bentrup, G., de Gooijer, H., Soolanayakanahally, R., Sauer, T., Brandle, J.,

Zhou, X., Current, D. (2011). Branching out: Agroforestry as a climate change mitigation

and adaptation tool for agriculture. *Soil and Water Conservation* 67, 128A-136A.

Schuman, G., Janzen, H., Herrick, J. (2002). Soil carbon dynamics and potential carbon

sequestration by rangelands. *Environmental Pollution* 116, 391-396.

Sevi, A. and Caroprese, M. (2012) Impact of heat stress on milk production, immunity and udder

health in sheep: A critical review. *Small Ruminant Research* 107, 1-7

Silanikove, N. (2000) Review Article: Effects of heat stress on the welfare of extensively

managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1-18.

Smith, D. (2014) Mitigation of Greenhouse Gas emissions in animal agriculture. *Livestock and*

Poultry Environmental Learning Center Available at: animalagclimatechange.org Last

accessed October 15, 2015.

Smith, P. and Olesen, J. (2010) Climate Change and Agriculture: Synergies between the

mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *Journal of Agricultural*

Science 148, 543-552.

Teagasc (2013) *Mitigation strategies for methane emissions by dairy cows in Irish milk*

production systems. Technology Update July 2013. Available at

<http://www.teagasc.ie/publications/2012/3029/5781.pdf> Last accessed on August 13, 2015

TFRN (2011). *WGSR-49 Informal document no. 20. DRAFT GUIDANCE DOCUMENT FOR PREVENTING AND ABATING AMMONIA EMISSIONS FROM AGRICULTURAL SOURCES. Submitted by the Co-chairs of the Task Force on Reactive Nitrogen.* Available at http://www.clrtap-tfrn.org/webfm_send/475 Last accessed on August 13, 2015

Thorpe, J. (2012). *Adaptation to climate change in Management of Prairie Grasslands.* Saskatchewan Research Council Publication Number 12855-1E12.

Thorpe, J., Wolfe, S., Houston, B. (2008). Potential impacts of climate change on grazing capacity of native grasslands in the Canadian prairies. *Canadian Journal of Soil Science* 88, 595-609.

Turner, D., Conklin, D., Bolte, J. (2015). Projected climate change impacts on forest land cover and land use over the Willamette River Basin, Oregon, USA. *Climate Change* 133, 335-348.

UK Climate Impacts Programme (2010). *Sheepdrove Organic Farm climate audit: a case study.* Available at: www.ukcip.org.uk Last accessed October 18, 2015.

Van Dijk, J., Sargison, N., Kenyon, F., Skuce, P. (2010). Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal* 4(3), 377-392.

Verge, X., Dyer, J., Desjardis, R., Worth, D. (2008). Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry. *Agricultural Systems* 98, 126-134.

Vipond, J. (2011) *Ewe efficiency the driver of profitable sheep systems*. November 5 2011. Sheep Breeders Round Table Presentation. http://www.nationalsheep.org.uk/pdf_files/Ewe-efficiency%E2%80%93the-driver-of-profitable-sheep-systems26032012172844.pdf

Warren, F., Lemmen, D. (2014). Synthesis: in *Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation*, Government of Canada. Available at: http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Synthesis_Eng.pdf Last accessed November 13, 2015.

Warwick HRI (2007). *AC0401: Direct energy use in agriculture: opportunities for reducing fossil fuel inputs*. Warwick HRI

Zuliani, A., Massolo, A., Lysk, T., Johnson, G., Marshall, S., Berger, K., Cork, S. (2015). Modelling the northward expansion of *Culicoides sonorensis* (Diptera: Ceratopogonidae) under future climate scenarios. *Public Library of Science (PLoS) ONE* 10 (8): e0130294 doi:10.1371/journal.pone.0130294. Last accessed November 13, 2015.

Annexe 1. Ranchs d'élevage de moutons et de bovins au Canada (vastes terres)

Tendances climatiques	Intrants de la ferme	Production animale	Logistique	Exportations
<p>PRÉCIPITATIONS Plus de précipitations hivernales, étés plus secs</p>	<p>Récoltes de foin pourraient être affectées, sauf si irrigation. Les céréales aussi pourraient être touchées, car elles sont habituellement cultivées sans irrigation dans les prairies. Prix plus élevés. Pourrait être nécessaire de varier les cultures.</p>	<p>Production pourrait être affectée s'il n'y a pas d'abri contre les pluies en hiver ou le soleil en été. Pluies chaudes peuvent exacerber le problème des parasites dans le système de pâturage. Problèmes de pattes.</p>	<p>Pourrait être impossible d'aller dans les champs assez tôt au printemps si le sol est encore mouillé. Récolte pourrait être difficile si la météo est instable. La boue et la pluie rendent difficiles la gestion du bétail et le transport. Sécheresse peut affecter les activités de pâturage et réduire la capacité limite du champ.</p>	<p>Pourrait y avoir une chute des prix si tous les animaux sont expédiés en même temps pour économiser des aliments. Prix peuvent aussi augmenter en période de longue sécheresse, quand l'approvisionnement diminue, mais les coûts augmenteront eux aussi.</p>
<p>TEMPÉRATURES Hausse des températures à longueur d'année, surtout en été, hivers plus doux</p>	<p>S'ajoutent à la baisse du rendement dans les régions non irriguées. Pourrait être nécessaire de varier les cultures. Prix plus élevés.</p>	<p>Stress thermique affecte la reproduction, la prise alimentaire, la croissance et la production. Insectes et parasites pourraient survivre aux hivers et ne plus être affectés par le froid. Étés chauds pourraient éliminer les parasites (positif). Insectes porteurs de</p>	<p>Transport du bétail impossible quand il fait trop chaud. Pourrait être nécessaire de retarder la reproduction s'il fait trop chaud. Pourrait être nécessaire de nourrir les animaux si les graminées s'assèchent et pour éviter le surpâturage. Pourrait être</p>	<p>Difficile, s'il y a une vague de chaleur, d'expédier des bêtes quand le marché est à son plus fort. Baisse des ventes de foin si on en garde pour ses propres stocks.</p>

Lignes directrices pour la protection du climat dans l'élevage de bovins et de moutons

		maladies pourraient se déplacer vers le nord.	nécessaire d'expédier du bétail pour économiser les graminées et le foin pour le reste de l'année. Planification difficile. Transport prévu, mais les animaux pourraient ne pas être prêts ou il pourrait faire trop chaud.	
EXTRÊMES Plus de vagues de chaleur en été, de tempêtes hivernales avec vents et pluies. Peut-être même de fortes tempêtes de neige.	Coûts plus élevés pour l'alimentation. Pannes électriques. Exigences en matière d'abri pour le bétail pourraient être modifiées. Génératrices requises.	Production moindre dans tous les extrêmes. Très difficiles pour les éleveurs et leur personnel de travailler lors de phénomènes météorologiques extrêmes.	Causedu stress au bétail, aux éleveurs et aux employés. Planification difficile. Préparation axée sur le pire scénario.	Difficile de prévoir quand sera le meilleur moment pour vendre ou de prévoir l'évolution du marché.