

JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE – BOVINS LAITIERS ET PLANTES FOURRAGÈRES

Comprendre et s'adapter aux changements climatiques sur les fermes laitières du Québec

ÉDITH CHARBONNEAU¹, VÉRONIQUE OUELLET¹, GILLES BÉLANGER²,
GUILLAUME JÉGO², GAËTAN TREMBLAY², MARIE-NOËLLE THIVIERGE²,
CAMILLE PAYANT¹, PHILIPPE SÉGUIN³, SÉBASTIEN FOURNEL¹

¹Département des sciences animales, Université Laval, Québec, QC, Canada; ²Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec; ³Department of plant science, Université McGill, Campus Macdonald, Ste-Anne-de-Bellevue, QC, Canada.
edith.charbonneau@fsaa.ulaval.ca

Mise en contexte

On le sait, certains étés sont plus difficiles que d'autres en agriculture. On se souviendra particulièrement de l'été 2018 pour ses grandes chaleurs et les répercussions qu'elles ont eues sur les vaches. On ne peut pas tirer de conclusion à moyen et long termes à partir d'une seule année, mais le regroupement d'une période de temps significative, trente ans par exemple, permet de mieux comprendre l'évolution du climat. Ainsi, c'est ce regard à long terme, sur plus de cent ans, qui permet aux climatologues d'affirmer qu'il y a présentement des changements climatiques. Les projections climatiques pour l'horizon 2020-2080 laissent présager une augmentation des températures hivernales de 1,0 à 8,2 °C, des températures estivales de 1,0 à 7,2 °C, des précipitations l'hiver de 0 à 36% et des changements variables dans les précipitations l'été au Québec (Ouranos, 2015). Ces variations se répercuteront sur les performances agricoles, dans certains cas de façon positive alors que dans d'autres, ce sera de façon négative. En effet, on peut, entre autres, s'attendre à une augmentation de la longueur de la saison de croissance et des températures, permettant une amélioration des rendements de certaines cultures comme le maïs, le soya ou certaines espèces fourragères (Charbonneau et al., 2013). En contrepartie, certaines maladies ou insectes pourraient être plus présents (Gagnon et al., 2013). Les précipitations risquent d'être moins bien réparties en cours d'été et des événements météorologiques plus intenses sont anticipés (ex. orages et pluies intenses mais de courtes durées; Ouranos, 2015). Finalement, la survie hivernale de certaines cultures pérennes, comme la luzerne, sera plus difficile à cause d'une augmentation des redoux hivernaux jumelée à une diminution de la couverture de neige (Bélangier et al., 2002). Il est donc pertinent de s'attarder à cette problématique des changements climatiques afin de la comprendre et surtout de mieux s'outiller pour s'y adapter.

Projection des indices climatiques

Il est possible d'utiliser l'atlas agroclimatique du Québec (<http://www.agrometeo.org/atlas/>) pour trouver de l'information sur les principaux indices importants en agriculture sur le climat actuel et projeté pour les différentes régions du Québec. Dans le cadre de nos études, les indices les plus souvent utilisés sur les fermes laitières ont été calculés avec des projections actualisées du climat pour les régions de la Montérégie, près de St-Hubert et de St-Hyacinthe, et du Bas-Saint-Laurent, près de Rimouski. Les projections au niveau des indices agroclimatiques montrent une incidence probable des changements climatiques sur les performances futures des plantes cultivées sur les fermes laitières (Tableau 1). Les unités thermiques maïs augmenteront dans le futur, permettant à certaines régions actuellement peu productives de s'approcher des conditions retrouvées dans des régions très productives pour le maïs-grain et le soya. De plus, il y aurait un potentiel futur pour de telles cultures dans certaines régions agricoles plus fraîches du Québec où ces espèces ne sont présentement pas cultivées.

Tableau 1. Projections des indices climatiques pour la Montérégie et le Bas-Saint-Laurent pour le futur proche (2020-2049) et le futur éloigné (2050-2070).

	Montérégie				Bas-Saint-Laurent			
	Référence (1971-2000)	Actuel (2007-2017)	Futur proche ¹ (2020-2049)	Futur éloigné ¹ (2050-2070)	Référence (1971-2000)	Actuel (2007-2017)	Futur proche ¹ (2020-2049)	Futur éloigné ¹ (2050-2070)
Concentration en CO ₂ (ppm)	346	393	447 - 468 ²	514 - 639 ²	346	393	447 - 468 ²	514 - 639 ²
Longueur de la saison de croissance (j)	160	164	179±5	189±10	131	139	149±3	160±7
Unités thermiques maïs	3053	3266	3595±214	3961±344	1950	2201	2471±166	2873±299
Degrés-jours	1850	1978	2205±134	2463±233	1252	1369	1537±89	1775±157

¹Moyenne ± écart-type entre les projections de six simulations climatiques différentes.

²Le chiffre le plus faible correspond à un scénario d'émission de gaz à effet de serre avec une augmentation de la concentration en CO₂ dans l'air s'il y a une stabilisation des émissions (RCP 4.5) tandis que le chiffre plus élevé correspond à un scénario d'émission de gaz à effet de serre avec augmentation sans réserve des émissions (RCP 8.5).

Dans le cas des plantes fourragères pérennes, sachant qu'une accumulation de 500 à 700 degré-jours est nécessaire entre deux coupes (Bélanger et al., 2016), l'accroissement du cumul des degrés-jours pourrait permettre une coupe supplémentaire selon certaines simulations climatiques (Jing et al., 2014; Thivierge et al., 2016). Il est donc probable que les augmentations de températures projetées permettent une coupe supplémentaire au cours des saisons de croissance du futur. Bien sûr, les espèces fourragères diffèrent dans leur résistance à la chaleur et la sécheresse en cours d'été. Plusieurs travaux de notre équipe ont étudié la question au cours des dernières années.

Impacts projetés des changements climatiques sur les rendements et la valeur nutritive des plantes cultivées sur les fermes laitières

Impact sur la fléole des prés et la luzerne

Quelques facteurs importants influencent les performances projetées lorsqu'on évalue l'impact des changements climatiques sur les plantes fourragères. D'abord, on s'attend à ce que la concentration en CO₂ atmosphérique continue d'augmenter. De plus, la saison de croissance sera allongée et la température augmentée (Bertrand et al., 2008; Piva et al., 2013; Jing et al., 2014). Des études ont démontré que ces conditions auraient des impacts négligeables sur la croissance de la fléole des prés alors qu'elles favoriseraient grandement celle de la luzerne (Bertrand et al., 2007; Messerli et al., 2015; Thivierge et al., 2016). Ainsi, puisque ces deux espèces sont souvent cultivées en mélange, la survie de la fléole des prés pourrait être compromise, non pas à cause d'une diminution de sa productivité, mais plutôt à cause de l'amélioration de la productivité des autres espèces fourragères. Toutefois, un couvert de neige possiblement moins abondant et plus variable dans le climat futur pourrait contrebalancer les effets positifs de la température et du CO₂ sur la luzerne en augmentant les risques de dommages hivernaux (Bélanger et al., 2002). Sans adaptation et en maintenant la gestion de coupes actuelles, les changements climatiques auraient peu d'impact sur le rendement annuel de la fléole des prés et pourraient faire augmenter les rendements de la luzerne mais leur valeur nutritive serait réduite (Jing et al., 2014; Thivierge et al., 2016).

Adaptations possibles

Des adaptations au niveau de la gestion des coupes et du choix des espèces et des mélanges seront donc nécessaires pour faire face aux changements climatiques. Nos simulations ont permis de démontrer qu'une coupe additionnelle avec le réchauffement prévu engendrerait une augmentation du rendement annuel de la fléole des prés et de la luzerne tout en permettant de maintenir leur valeur nutritive (Jing et al., 2013; Thivierge et al., 2016). L'adaptation de la gestion des coupes au Québec permettra donc de prendre avantage d'un climat plus chaud.

Le regain de la fléole des prés est l'un de ses points faibles et cette faiblesse devrait s'accroître sous des conditions plus chaudes et plus sèches. Nous avons exploré différentes alternatives à la fléole des prés dans le contexte actuel. Différents mélanges fourragers simples à base de luzerne et d'une graminée ont été testés à trois sites (Ste-Anne-de-Bellevue, St-Augustin-de-Desmaures et Normandin) pendant trois années

(Pomerleau-Lacasse et al., 2019). Les mélanges luzerne-fétuque des prés, luzerne-fétuque élevée et luzerne-brome des prés représentent des alternatives envisageables au mélange luzerne-fléole des prés puisqu'ils ont des rendements saisonniers comparables, que leurs persistances sont bonnes au cours des trois premières années de production, et que les productions de lait estimées par hectare associées à ces mélanges sont similaires à celle du mélange luzerne-fléole des prés. Les mélanges à base de luzerne incluant les cultivars testés de festulolium et de ray-grass vivace ne semblent pas être des alternatives intéressantes à la fléole des prés au Québec, principalement à cause d'une mauvaise survie à l'hiver. Les résultats de simulation au niveau de la ferme vont dans le même sens que ceux aux champs, bien que, dans certains contextes de production, la fétuque élevée pourrait avoir un léger avantage par rapport aux autres graminées fourragères (Laroche et al., 2019).

Certains producteurs de lait sont réticents à l'utilisation de la fétuque élevée dans leur ration par crainte d'un manque d'appétence. Nous avons réalisé une expérience animale pour tester l'utilisation de la fléole des prés et de la fétuque élevée, servie en mélange avec la luzerne ou en espèce pure. Nous avons constaté qu'il est possible d'utiliser la fétuque élevée, en ensilage préfané ou demi-sec, en remplacement de la fléole des prés dans les rations des vaches puisque la production laitière demeure similaire, que la ration soit composée de l'une ou l'autre de ces deux graminées (Richard et al., 2017).

Notre équipe s'est également intéressée à la possibilité d'améliorer le regain de la fléole des prés par sélection génétique. Les résultats de l'étude ont démontré qu'il existe une certaine variabilité entre les populations de fléole des prés à travers le monde pour le regain menant à la deuxième coupe de sorte qu'une sélection génétique pourrait être envisagée afin de développer des cultivars à regain élevé (Claessens et al., 2019).

Impact sur les autres cultures

Il n'y a pas que les plantes fourragères qui soient cultivées sur les fermes laitières. Avec les changements climatiques, on s'attend à ce que les rendements du maïs et du soya augmentent à l'horizon 2050 (Charbonneau et al., 2013) alors que celui des céréales à paille serait moins avantageux. D'autre part, il est envisageable que certaines régions ne pouvant pas cultiver le maïs-grain et le soya actuellement puissent le faire dans le futur. Avec les projections d'augmentation des rendements du maïs, du soya et de la luzerne ainsi que l'introduction possible des cultures du maïs-grain et du soya dans des régions plus fraîches comme le Bas-Saint-Laurent, il est réaliste de penser que la performance économique des fermes laitières moyennes du Québec puisse s'améliorer avec les changements climatiques. C'est du moins ce que nos simulations ont montré (Charbonneau et al., 2013). Ces gains économiques seraient toutefois principalement liés aux nouvelles opportunités de ventes de récoltes. Le type de ferme devrait influencer l'ampleur des améliorations et certaines adaptations des systèmes cultureux sont essentielles pour pouvoir en profiter. Dans notre étude, nous avons constaté qu'une ferme laitière qui a un revenu provenant de la vente de récoltes pourrait bénéficier de manière plus importante des changements climatiques puisque la proportion de son revenu provenant de cette activité serait à la hausse. Aussi, la capacité de production augmentée pour les fermes actuellement autosuffisantes pourrait se traduire en de nouvelles opportunités.

Impacts projetés des changements climatiques sur les vaches laitières

La physiologie derrière l'impact du stress thermique sur les vaches laitières

La vache est constamment en train de produire de la chaleur issue de processus physiologiques tels que la digestion, la lactation, la gestation et la croissance. Pendant l'été, une partie de cette chaleur doit être dissipée dans l'environnement afin de maintenir une température corporelle stable. Cette dissipation s'effectue selon quatre mécanismes : la radiation, la conduction, la convection et l'évaporation. La vitesse d'échange de chaleur entre la vache et son environnement avec ces mécanismes dépend du gradient de température ou d'eau existant entre les deux surfaces. Ainsi, les modes de transfert de chaleur utilisés par la vache perdent de leur efficacité lorsque la température et l'humidité relative ambiantes s'élèvent. La chaleur peut alors s'accumuler et entraîner une augmentation de la température corporelle, ce qui mène à un stress thermique. Chez la vache laitière, cette condition provoque une diminution de la matière sèche ingérée et déclenche plusieurs mécanismes d'adaptations physiologiques reconnus pour entraîner des impacts négatifs au niveau des performances de production et de reproduction, ainsi que de la santé et du bien-être (Wheelock et al., 2009; Schüller et al., 2014).

Est-ce que les conditions actuelles des étables québécoises peuvent causer un stress thermique?

Le niveau de stress thermique de l'animal est souvent évalué grâce au calcul d'un indice bioclimatique combinant l'effet de la température et de l'humidité : l'indice de température-humidité. Dans la littérature, plusieurs seuils pour l'indice de température-humidité allant de 64 à 72 sont associés à l'apparition des impacts négatifs liés au stress thermique (Lambertz et al., 2014; Ravagnolo et al., 2002). Afin de vérifier si les conditions environnementales des étables québécoises peuvent provoquer un stress thermique, nous avons mesuré la température ambiante et l'humidité relative de six fermes laitières en stabulation entravée (3 en Montérégie, 3 au Bas-Saint-Laurent). Pour ce faire, chaque ferme était munie de trois capteurs (2 à l'intérieur, 1 à l'extérieur) à partir du mois d'août 2016 jusqu'en août 2017. Nos résultats ont démontré que l'indice de température-humidité journalier moyen mesuré à l'intérieur des étables pendant les mois de juin, juillet et août étaient de 66,2 pour le Bas-Saint-Laurent et de 69,5 pour la Montérégie. De plus, l'indice de température-humidité moyen mesuré à l'intérieur des étables était significativement plus élevé que l'indice de température-humidité mesuré à l'extérieur. Ainsi, les conditions des fermes à l'étude étaient en mesure de causer un stress thermique et de provoquer des impacts négatifs liés à cette condition.

Les impacts actuels du stress thermique sur les performances de production des vaches laitières québécoises

Les impacts du stress thermique ont fait l'objet d'un grand nombre d'études. Les auteurs rapportent qu'un stress thermique est associé à une diminution de la matière sèche ingérée, de la production laitière, de la production de gras, de protéines et de lactose, de même qu'à une réduction du taux de conception et à une augmentation de l'incidence de certaines maladies (Wheelock et al., 2009; Rhoads et al., 2009). Jusqu'à maintenant, la plupart des études s'intéressant aux impacts du stress thermique sur les performances des vaches laitières ont été menées dans des régions chaudes ou en chambres à ambiance contrôlée dans lesquelles les vaches étaient exposées à des températures ambiantes et des humidités relatives élevées pendant de longues périodes de temps. Aucune information concernant les effets du stress thermique en contexte climatique québécois n'est actuellement disponible. Ainsi, nous avons mené une étude ayant pour objectif d'examiner la relation entre le nombre de jours consécutifs avec un stress thermique sur la production de lait, de gras, de protéines et de lactose pour les années 2010 à 2015 en Montérégie et au Bas-Saint-Laurent. Nos résultats ont montré que les vaches exposées à au moins une journée de stress thermique produisaient significativement moins de gras, de protéines et de lait corrigé pour le gras et la protéine que les vaches qui n'étaient pas exposées au stress thermique. La production du gras du lait était la composante la plus sensible au stress thermique avec des diminutions allant de 0,01 à 0,02 kg/j selon la parité de l'animal (Ouellet et al., 2019).

L'évolution des journées propices au stress thermique au Québec

Les résultats de nos récents projets ont démontré que le stress thermique est une problématique liée au climat actuel du Québec. De plus, considérant l'augmentation des températures et des épisodes caniculaires associées aux changements climatiques, cette problématique risque d'être exacerbée dans le futur avec une augmentation de l'incidence et de l'intensité des épisodes de stress thermique dans les troupeaux québécois. À ce sujet, grâce à plusieurs modèles climatiques considérant des scénarios d'émissions de gaz à effets de serre d'intensité différente, nous avons comparé le nombre de jours actuels (1971-2000) propices à l'apparition de conséquences liées au stress thermique au nombre de jours que nous observerons dans un futur proche (2020-2049) et dans un futur lointain (2050-2079), et ce, en Montérégie et au Bas-Saint-Laurent. Nos calculs ont montré que le nombre de jours pourrait augmenter de ± 20 jours dans le futur proche et de ± 40 jours dans le futur lointain dans les deux régions étudiées. Les résultats sont variables en fonction des scénarios de gaz à effets de serre et des simulations climatiques utilisés. De plus, la sévérité des stress thermiques pourrait augmenter alors que le nombre de jours avec un indice de température-humidité > 80 (stress thermique intermédiaire) pourrait tripler dans les deux régions à l'horizon 2050.

Les stratégies d'atténuation des effets du stress thermique

Plusieurs stratégies peuvent être mises en place pour promouvoir les pertes de chaleur de l'animal ou pour compenser la diminution de matière sèche ingérée observée en conditions de stress thermique. Ces stratégies ayant pour but de minimiser les impacts du stress thermique peuvent être regroupées en trois classes selon leur mode d'action : environnementales, nutritionnelles et génétiques. Dans le cadre d'une revue de littérature (Fournel et al., 2017), nous avons évalué le potentiel des stratégies d'adaptation au stress thermique

environnemental couramment utilisées sur les fermes laitières partout dans le monde. L'utilisation combinée de ventilateurs de recirculation d'air et d'un système d'aspersion ou de brumisation montre un grand potentiel pour refroidir les vaches en diminuant l'indice de température-humidité de l'étable de 0,2 à 5,9 unités. Toutefois, ce genre de système fonctionne de manière optimale dans les climats secs puisqu'il élève l'humidité des étables de 0,6 à 24,4 unités de pourcentage. Il est donc déconseillé dans les environnements ayant une humidité relative > 75 %, condition fréquemment observée dans plusieurs régions agricoles du Québec. Dans un contexte climatique québécois, nos recherches indiquent que l'utilisation de ventilateurs de recirculation à débit rapide et à petit volume serait une stratégie efficace pour minimiser les impacts du stress thermique. Ce système a démontré un potentiel de réduction de la température corporelle de 0,4 °C et un potentiel d'augmentation de la matière sèche ingérée de 0,6 kg/j et de la production laitière de 1,0 kg/j. Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de tester différentes stratégies d'atténuation en contexte climatique québécois et de mesurer l'impact économique de ces stratégies sur les fermes laitières québécoises.

Conclusion

Les changements climatiques apporteront certainement quelques défis supplémentaires à la gestion des cultures, tels que l'augmentation probable des risques phytosanitaires et des événements climatiques extrêmes. Par contre, comme nous sommes dans un climat frais qui limite parfois les performances agricoles, certaines opportunités pour les fermes laitières pourraient découler des changements climatiques. En effet, il est prévisible que l'augmentation des rendements de certaines cultures commerciales cultivées sur les fermes permette une amélioration des revenus provenant de la vente des récoltes. En ce qui a trait au troupeau, on peut s'attendre à une augmentation des risques de stress thermique. Cette problématique touche déjà nos troupeaux dans les conditions actuelles et devrait s'amplifier selon les projections futures. Nous sommes encore loin des problématiques vécues dans certaines régions du sud, mais la mise en place de stratégies, telle que l'utilisation de ventilateurs de recirculation, permettrait d'améliorer le confort et les performances des vaches lors d'épisodes de chaleur intense. Le travail de recherche continue sur différentes avenues qui touchent autant les plantes fourragères, avec par exemple la sélection de luzerne ayant une survie hivernale accrue, que les vaches laitières avec, entre autres, la vérification de l'impact de stratégies d'atténuation des stress thermiques sur la rentabilité des fermes.

Références

- Bélanger, G., P. Rochette, Y. Castonguay, A. Bootsma, D. Mongrain et D.A.J. Ryan. 2002. Climate change and winter survival of perennial forage crops in eastern Canada. *Agron. J.* 94:1120–1130.
- Bélanger, G., A. Bertrand, G. Jégo, É. Charbonneau, M.-N. Thivierge, V. Ouellet, S. Fournel et G. Tremblay. 2016. Défis et opportunités des changements climatiques pour les fermes laitières du Québec. *Cahier de conférences du 40^e Symposium sur les bovins laitiers*, 27 octobre, Drummondville, QC.
- Bertrand, A., D. Prévost, F.J. Bigras, R. Lalande, G.F. Tremblay, Y. Castonguay et G. Bélanger. 2007. Alfalfa response to elevated atmospheric CO₂ varies with the symbiotic rhizobial strain. *Plant Soil* 301:173–187.
- Bertrand, A., G.F. Tremblay, S. Pelletier, Y. Castonguay et G. Bélanger. 2008. Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. *Grass Forage Sci.* 63:421–432.
- Charbonneau, É., J.M. Moreno, G. Bélanger, H. Côté, D. Pellerin, V. Bélanger, G. Allard et D. Chaumont. 2013. Première évaluation de l'impact potentiel des changements climatiques sur la durabilité technico-économique et agroenvironnementale des fermes laitières au Québec. *Rapport final*. Ouranos. Disponible en ligne : <https://www.ouranos.ca/publications/> (consulté le 12 février 2019).
- Claessens, A., F. Langevin, A. Bertrand, S. Rocher et É. Charbonneau. 2019. Un tour du monde pour trouver une fléole plus tolérante à la chaleur. Présentation des résultats sur l'évaluation et la sélection d'accèsion de fléole afin d'accroître le regain. Conférence à la Journée d'information scientifique sur les bovins laitiers et les plantes fourragères. 26 février. Drummondville, QC.
- Fournel, S., V. Ouellet et E. Charbonneau. 2018. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates : A literature review. *Animals* 7, 37:1–23.

- Gagnon, A.-È., G. Arsenault-Labrecque, G. Bourgeois, L. Bourdages, P. Grenier et M. Roy. 2013. Études de cas pour faciliter une gestion efficace des ennemis des cultures dans le contexte de l'augmentation des risques phytosanitaires liés aux changements climatiques. Rapport final. Ouranos. Disponible en ligne : <https://www.ouranos.ca/publications/> (consulté le 12 février 2019).
- Jing, Q., G. Bélanger, B. Qian et V. Baron. 2013. Timothy yield and nutritive value under climate change in Canada. *Agron. J.* 105:1683-1694.
- Jing, Q., G. Bélanger, B. Qian et V. Baron. 2014. Timothy yield and nutritive value with a three-harvest system under the projected future climate in Canada. *Can. J. Plant Sci.* 94:213–222.
- Lambertz, C., C. Sanker et M. Gauly. 2014. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *J. Dairy Sci.* 97:319–329.
- Laroche, J.-P., V. Ouellet, G. Bélanger, G. Tremblay, P. Séguin, F. Pomerleau-Lacasse et É. Charbonneau. 2019. Changer de graminée fourragère : modélisation des impacts sur la ferme. Affiche à la Journée d'information scientifique sur les bovins laitiers et les plantes fourragères. 26 février. Drummondville, QC.
- Messerli, J, A. Bertrand, J. Bourassa, G. Bélanger, Y. Castonguay, G.F. Tremblay, V. Baron et P. Seguin. 2015. Performance of low-cost open-top chambers to study long-term effect of carbon dioxide and climate under future conditions. *Agron. J.* 107:916–920.
- Ouellet, V., V.E. Cabrera, L. Fadul-Pacheco et É. Charbonneau. 2019. Changer de graminée fourragère : modélisation des impacts sur la ferme. Affiche à la Journée d'information scientifique sur les bovins laitiers et les plantes fourragères. 26 février. Drummondville, QC.
- Ouranos. 2015. Vers l'adaptation; Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.ouranos.ca/synthese-2015/> (consulté le 12 février 2019)
- Piva, A., A. Bertrand, G. Bélanger, Y. Castonguay et P. Seguin. 2013. Growth and physiological response of timothy to elevated CO₂ and temperature under contrasted nitrogen fertilization. *Crop Sci.* 53:1–12.
- Pomerleau-Lacasse, F., P. Séguin, G.F. Tremblay, G. Bélanger, J. Lajeunesse et É. Charbonneau. 2019. Alternatives to timothy grown in mixture with alfalfa in eastern Canada. *Argon. J.* 111:314–327.
- Ravagnolo, O., et I. Misztal. 2002. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holstein cows: Genetic analysis. *J. Dairy Sci.* 85:3092–3100.
- Rhoads, M.L., R.P. Rhoads, M.J. VanBaale, R.J. Collier, S.R. Sanders, W.J. Weber, B.A. Crooker et L.H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986–97.
- Richard, A.-M., R. Gervais, G.F. Tremblay, G. Bélanger et É. Charbonneau. 2017. Tall fescue as an alternative to timothy silage fed with or without alfalfa to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100(E-suppl. 2):268.
- Thivierge, M.-N., G. Jégo, G. Bélanger, A. Bertrand, G.F. Tremblay, C.A. Rotz et B. Qian. 2016. Predicted yield and nutritive value of an alfalfa–timothy mixture under climate change and elevated atmospheric carbon dioxide. *Agron. J.* 108:505–603.
- Schüller, L.O., Burfeind et W. Heuwieser. 2014. Impacts of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Ther.* 81:1050–1057.
- Wheelock, J.B., R.P. Rhoads, M.J. VanBaale, S.R. Sanders et L.H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:644–655.