



Rapport final

**CHAIRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE  
CRSNG-NOVALAIT-PLC-PLQ-MAPAQ-VALACTA  
SUR LE CONTROLE NUTRITIONNEL DE LA PRODUCTION  
DES CONSTITUANTS DU LAIT CHEZ LA VACHE**

Professeur-chercheur industriel

**Yvan Chouinard**

Période couverte

**Septembre 2009 – Décembre 2015**

Collaborateurs

**Édith Charbonneau, Rachel Gervais,**

**Veerle Fievez, Chaouki Benchaar,**

**Gaëtan Tremblay, Doris Pellerin,**

**Jean Christophe Vuillemard**

# RÉSUMÉ PUBLIC DES RÉSULTATS ET DES AVANTAGES POUR LE CANADA

---

## **Défi à la base du projet**

Au moment d'établir la programmation de la chaire, le Canada comptait environ 15 000 fermes laitières à travers le pays et un peu plus d'un million de vaches. La ferme canadienne moyenne exploitait un troupeau de 65 vaches et les producteurs laitiers mettaient en marché 7,6 milliards de litres de lait annuellement. Les ventes de lait et de produits laitiers contribuaient pour 10 milliards de dollars à l'économie du pays. À la base du projet chaire industrielle, les travaux avaient pour objectif de contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques et à l'amélioration des savoir-faire technologiques liés à la production du lait et de ses constituants. L'un des buts visés était d'établir de nouvelles stratégies de production en réponse au contexte économique en évolution et aux demandes variées de la population. Les travaux proposés visaient également à améliorer l'environnement de production et à moduler la valeur nutritionnelle du lait afin d'en assurer la qualité reconnue par les consommateurs pour éventuellement élargir la gamme des produits laitiers qui leur sont offerts.

## **Principales réalisations issues du projet**

### Volet #1

Quelques outils permettant de connaître l'état nutritionnel et physiologique des vaches sont déjà à la disposition des producteurs laitiers. Par exemple, une prise de sang peut nous renseigner sur le profil métabolique plasmatique et l'état de santé de la vache. Beaucoup d'autres informations sur l'animal pourraient être obtenues à partir de l'analyse du profil en acides gras du lait. En effet, on retrouve dans les sécrétions lactées des acides gras dont les proportions sont variables en fonction de l'état nutritionnel ou métabolique des vaches. Les travaux réalisés ont contribué à améliorer notre compréhension de ces phénomènes avec pour objectif de développer des outils diagnostiques pouvant être mis à la disposition des producteurs et de leurs conseillers. Les connaissances acquises pourraient avoir un impact direct sur la régie d'alimentation des troupeaux en offrant aux producteurs des outils supplémentaires afin de mieux prédire la valeur nutritive des rations ou pour diagnostiquer rapidement certains désordres digestifs ou métaboliques.

### Volet #2

Le lait entier contient normalement moins de 50 mg d'acides gras  $\omega$ -3 par portion, soit moins de 20 % des apports exigés par les normes canadiennes pour identifier un produit comme « source de graisse(s) polyinsaturée(s)  $\omega$ -3 » qui sont de 300 mg par quantité de référence. Les travaux réalisés dans le cadre de la programmation de la chaire, ont permis d'obtenir des augmentations significatives de teneurs en acides gras  $\omega$ -3 dans les matières grasses du lait. Plus précisément, nous avons pu produire un lait entier qui contenait environ 250 mg d'acides gras  $\omega$ -3 par portion, soit tout près des normes canadiennes pour l'étiquetage nutritionnel par l'utilisation de sources de lipides protégés du processus de digestion. D'autre part, le système de paiement du lait basé sur les composantes impose aux producteurs laitiers canadiens d'adopter des moyens leur permettant de répondre efficacement aux besoins du marché. Certains facteurs alimentaires sont déjà reconnus pour leur impact sur la teneur en gras du lait. Les travaux réalisés ont permis de cibler les profils lipidiques et minéraux afin d'optimiser la synthèse de matières grasses du lait. Comme les conclusions découlent de données obtenues en conditions commerciales, les résultats sont directement applicables à la ferme et permettent aux producteurs du Canada d'agir plus efficacement sur la teneur en gras du lait produit sur leur entreprise et ainsi en améliorer les revenus.

### Volet #3

Les composés volatils présents dans le lait sont responsables de ses arômes caractéristiques. Plusieurs dizaines de ces composés volatils ont déjà été identifiés. Bien que nous sachions depuis longtemps que l'alimentation de la vache influence la saveur du lait, nous ignorons encore plusieurs des mécanismes physiologiques et des composés biochimiques impliqués. Les variations observées dans la teneur en composés volatils du lait pendant les travaux nous permet de croire qu'un certain contrôle est possible via la régie et l'alimentation du troupeau. Cependant, l'état des connaissances actuelles ne nous donne pas les outils nécessaires pour exercer de telles manipulations. Un meilleur contrôle de la teneur en composés volatils du lait pourrait nous permettre d'obtenir des produits de créneau aux profils aromatiques spécifiques. Une autre application à long terme de ces connaissances pourrait être l'offre d'un service diagnostique pour le producteur qui voit son lait rejeté par le camionneur pour cause de mauvaise odeur.

### **Avantages pour le Canada**

Malgré une baisse du nombre de vaches laitières au Canada, la production totale de lait a augmenté d'environ 3% au cours des cinq dernières années. Avec l'ouverture progressive des marchés (Entente avec l'Union Européenne pour l'importation de fromages fins et Accord de Partenariat Transpacifique) couplée à une remise en question de la gestion de l'offre, les producteurs canadiens doivent relever le défi de se démarquer sur les marchés internationaux. Cet objectif peut être atteint en augmentant d'une part la productivité des entreprises et, d'autre part, en améliorant la qualité des produits laitiers. Les résultats des travaux de la chaire de recherche contribuent directement à ces deux objectifs.

### **Incidence sur la capacité de recherche**

Cette subvention du programme Professeur-Chercheur Industriel du CRSNG a eu un impact majeur sur la capacité de recherche en production laitière à l'Université Laval. D'une part, l'établissement de la chaire a permis la création de deux nouveaux postes de professeures. Le Département des sciences animales a procédé au recrutement de ces professeures au moment d'initier les travaux. Ces nouvelles professeures ont travaillé en étroite collaboration avec le titulaire de la chaire pour l'atteinte des objectifs de la programmation. Elles ont également contribué à développer une toute nouvelle gamme d'expertises et de savoir-faire mis à profit pour la recherche et l'enseignement pour le secteur laitier canadien pour plusieurs années à venir.

## PROGRÈS VERS LA RÉALISATION DES OBJECTIFS OU DES ÉTAPES IMPORTANTES

### Résumé de la programmation

La programmation des travaux comportait trois volets scientifiques subdivisés en deux axes principaux de recherche, soit l'étude des constituants majeurs et l'étude des constituants mineurs du lait. Le premier volet portait sur le développement d'outils diagnostiques permettant d'identifier certains problèmes d'ordre nutritionnel rencontrés dans les troupeaux laitiers. Le second volet portait sur la modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché. Enfin, le troisième volet portait sur l'étude des facteurs alimentaires qui influencent la stabilité oxydative et le profil aromatique du lait.

Tableau 1. Résumé de la programmation scientifique

<b>Volet scientifique</b>	<b>Axe portant sur les constituants majeurs</b>	<b>Axe portant sur les constituants mineurs</b>
<b>Développement d'outils diagnostiques</b>	Optimisation du processus fermentaire du rumen afin de soutenir la production de matières grasses et de protéine du lait	Quantification des acides gras à chaînes impaire et ramifiée dans le lait comme marqueurs de l'efficacité de la fermentation ruminale
<b>Modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché</b>	Identification des facteurs modulant la teneur des constituants du lait en conditions commerciales	Modulation du profil en acides gras du lait ( $\omega$ -3, conjugués, <i>trans</i> )
<b>Flaveur et contrôle de la stabilité oxydative du lait</b>	Utilisation d'aliments riches en caroténoïdes et en composés polyphénoliques pour le contrôle de la stabilité oxydative	Étude de facteurs alimentaires tels les suppléments lipidiques et le type de fourrage affectant les arômes et la saveur du lait

### Rappel de l'objectif général

L'objectif général des travaux était de favoriser une meilleure compréhension de l'influence de différents facteurs, principalement liés à la nutrition de la vache laitière, afin de mieux maîtriser la production du lait et de chacun de ses constituants. Ces efforts étaient institués pour permettre aux éleveurs laitiers de mieux gérer la mise en marché de leurs produits de manière à répondre aux besoins des consommateurs et de développer des mécanismes de contrôle de la production et de la composition du lait selon les objectifs recherchés par l'industrie laitière.

Les objectifs à long terme étaient :

- Améliorer les techniques de gestion et d'alimentation des troupeaux laitiers afin de mieux contrôler la production des constituants du lait
- Modifier les proportions des différents éléments nutritifs du lait en réponse aux besoins du marché
- Évaluer l'effet de l'alimentation de la vache sur les qualités organoleptiques du lait

## **Volet #1 - Développement d'outils diagnostiques**

### Introduction

Quelques outils diagnostiques permettant de connaître l'état nutritionnel et physiologique des vaches sont déjà à la disposition des producteurs laitiers. Par exemple, une prise de sang peut nous renseigner sur le profil métabolique plasmatique de l'animal, ce qui nous donne des informations importantes sur son état de santé. Ce test est toutefois coûteux et est ainsi pratiqué sur un nombre très restreint d'animaux. D'autres informations sur l'état nutritionnel et physiologique peuvent être obtenues grâce à l'analyse d'un échantillon de lait produit par l'animal. Différents tests tels la détermination des teneurs en urée ou en corps cétoniques (qui nous renseignent respectivement sur le métabolisme protéique et énergétique de la vache), la détection de maladies infectieuses (e.g. paratuberculose) ou un diagnostic de gestation sont aussi déjà disponibles commercialement.

Beaucoup d'autres informations sur l'animal peuvent être obtenues à partir de l'analyse du profil en acides gras (**AG**) du lait. En effet, on retrouve dans les sécrétions lactées des AG à chaîne impaire et/ou ramifiée (**AGCIR**) qui sont synthétisés par les microorganismes du rumen. Il devient ainsi possible d'établir un portrait du type de fermentation ruminale simplement en mesurant la concentration de ces AG dans le lait. Des équations sont déjà disponibles pour prédire, entre autres, le pH ou le profil en AG volatils dans le contenu ruminal, ou la synthèse de protéine microbienne. Les travaux réalisés contribuent à améliorer la précision de ces équations de prédictions en vue d'une application commerciale.

### Progrès réalisés

Ce volet des travaux comportait quatre étapes principales. Dans un premier temps, une étude a été complétée afin d'établir un bilan des AGCIR à partir de leur synthèse ruminale, de leur absorption et de leur sécrétion dans le lait (Contr. #4). Les résultats ont montré une synthèse de novo des AGCI dans les tissus de l'animal puisque les productions de C15 et de C17 ont été supérieures dans le lait comparativement aux flux duodénaux. Ces travaux confirment également l'implication de l'enzyme  $\Delta$ -9 désaturase dans la synthèse du 15:1 et du 17:1 dans la glande mammaire. Puisque les teneurs en iso et anteiso 17:0 des matières grasses laitières (**MGL**) augmentent par rapport aux teneurs retrouvées au duodénum et que les teneurs en iso et anteiso 15:0 diminuent, il est permis de croire qu'une elongation des AGCR se produit au sein des tissus de l'animal. De plus, les travaux de cette étude ont démontré que le profil en AGCIR des lipides plasmatiques est davantage à l'image du profil en AGCIR du lait comparativement à celui du contenu

duodéal. Ainsi, il est possible que l'élongation des AGCR se produise avant le prélèvement de ces AG par la glande mammaire. Enfin, ces travaux confirment l'existence d'une relation utile entre la somme des AGCIR du lait et leur flux duodéal, et par voie de conséquence, du flux duodéal de protéines microbiennes.

Une seconde expérience a été complétée afin d'évaluer les effets du stade de lactation sur la sécrétion des AGCIR dans le lait en lien avec la mobilisation et la restauration des réserves de graisses corporelles (Contr. #38). Pour ce faire, sept vaches Holstein porteuses d'une canule ruminale ont été utilisées. Le profil en AG a été déterminé au cours de cinq périodes de collecte étalées au cours du cycle de lactation (jours 14, 60, 120, 210 et 300 postpartum) sur des échantillons de ration, de lait, de tissu adipeux et de digesta omasal. Les proportions de 15:0, iso 15:0 et anteiso 15:0 dans le lait ont été plus faibles au début de la lactation et ont augmenté par la suite, suivant un patron de variations similaire à celui observé pour les AG à chaîne courte synthétisés de novo par la glande mammaire. Cette observation suggère un effet de dilution des AGCIR du lait par les AG à longue chaîne dont les concentrations sont plus élevées en début de lactation. Au contraire, les teneurs en AGCIR plus longs, tels les 17:0, 17:1 cis-9, iso 17:0, et anteiso 17:0 ont été plus élevées en début de la lactation et ont par la suite diminué, suivant un patron de variation similaire à celui des AG à longue chaîne préformés. Certains AGCIR ont également été retrouvés dans le tissu adipeux des vaches. Parmi ceux-ci, les AG prédominants ont été le 17:0, le 17:1 cis-9, l'iso 17:0 et l'anteiso 17:0. La mobilisation des réserves corporelles en début de lactation a pu entraîner la libération de ces AG du tissu adipeux en début de lactation, expliquant ainsi l'augmentation de leur teneur dans le lait pendant cette période de déficit énergétique pour l'animal. Ce phénomène devra donc être considéré dans les démarches visant à établir des relations entre la teneur en AGCIR du lait et le fonctionnement du rumen.

Une troisième expérience a été complétée afin d'évaluer les effets de différents suppléments de lipides alimentaires sur la synthèse des AGCIR par la flore ruminale et la sécrétion de ces AG dans le lait (Contr. #1). Selon leur nature, les lipides alimentaires peuvent influencer (i) la croissance microbienne, (ii) la lipogenèse bactérienne ou (iii) la lipogenèse mammaire. Les relations établies entre le profil en AGCIR et les patrons fermentaires peuvent donc être modifiées de manière importante lorsque des suppléments lipidiques sont ajoutés à la ration. Pour vérifier cette hypothèse, 8 vaches ont reçu i) une émulsion sans lipide dans le rumen, utilisée comme témoin; ii) 450 g/j d'huile de soya émulsifiée, comme source d'AG polyinsaturés, dans le rumen; iii) 450 g/j d'un supplément commercial de gras saturés émulsifié, dans le rumen; et iv) 450 g/j de ce même supplément émulsifié, dans l'abomasum, selon un double carré latin  $4 \times 4$ . Les résultats obtenus confirment des relations établies antérieurement entre certains AGCIR et l'équilibre du rumen. Par exemple, les proportions de propionate dans le rumen ont été corrélées positivement avec les teneurs en 15:0 et négativement avec les teneurs en iso 14:0 des MGL. Également les AG iso 14:0 et iso 15:0 ont été retenus dans les équations de prédiction du pH ruminal. Au contraire, la présence de 17:0 dans le supplément de gras saturés a rendu impossible l'utilisation de cet AG dans les équations de prédiction. Cette observation montre l'impact de la présence d'AGCIR des suppléments lipidiques, même en faibles quantités, sur les relations établies entre ces AG dans le lait et les patrons fermentaires ayant cours dans le rumen.

Dans une quatrième étape, nous avons combiné les données de quatre expériences ayant pour but d'étudier, entre autres, les effets de différents types de fourrages sur les performances des vaches laitières (1- ensilages de maïs vs orge, 2- ensilages de luzerne vs fléole, 3- ensilages de maïs vs luzerne, 4 ensilages de trèfle rouge vs luzerne). Dans chacune de ces expériences, les profils en AG du lait ont été déterminés afin de développer des équations de prédiction du profil fermentaire ruminal. Une première équation de prédiction du pH du contenu ruminal a été développée en utilisant l'ensemble du profil en AG du lait :

$$\text{pH} = 6,20 - [0,61 \times 17:1 \text{ cis-9}] + [0,15 \times 18:1 \text{ trans-11}] + [1,18 \times 18:1 \text{ cis-15}] - [17,4 \times 22:3 \text{ n-3}]$$

$$R^2 = 0,78$$

Cette équation nécessite la quantification d'AG retrouvés en faibles concentrations dans les MGL. Leur détermination doit alors se faire par chromatographie en phase gazeuse, une technique relativement longue et coûteuse. Or, le profil en AG du lait peut également être estimé par spectroscopie dans l'infra-rouge moyen. Cette technique permet la détermination des AG 14:0, 16:0, 18:0, 18:1 et 18:1 trans, ainsi que les sommes d'AG courts, moyens, longs, saturés, monoinsaturés et polyinsaturés. Une seconde équation de prédiction du pH ruminal a été développée en utilisant ce profil en AG et a permis d'obtenir une équation avec une précision similaire à la précédente :

$$\text{pH} = 3,8 + [0,061 \times 18:0] + [0,18 \times \text{AG polyinsaturés}] + [0,03 \times \text{AG saturés}] - [0,07 \times 18:1 \text{ trans}]$$

$$R^2 = 0,80$$

La perspective de pouvoir prédire certains paramètres de fermentation ruminale, à partir d'un profil en AG du lait déterminé par spectrométrie infra-rouge, représente une perspective intéressante pour l'obtention d'un diagnostic peu coûteux de la santé digestive des troupeaux laitiers.

Dans une cinquième et dernière étape pour ce volet, nous avons évalué l'effet de suppléments de carbonate de potassium ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) et d'AG polyinsaturés (huile de soya) dans la ration sur l'évolution du profil en AGCIR suite à l'administration d'une ration acidogène. Vingt-huit vaches munies de canule ruminale ont été distribuées selon un dispositif en blocs complets. Les quatre traitements alimentaires consistaient en des rations : 1) sans  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ni huile de soya; 2) sans  $\text{K}_2\text{CO}_3$  avec huile de soya; 3) avec  $\text{K}_2\text{CO}_3$  sans ajout d'huile de soya; 4) avec  $\text{K}_2\text{CO}_3$  et huile de soya. Les données ont été recueillies aux jours 1, 4, 7, 10, 14, et 17. Indépendamment des traitements, suite à l'administration de la ration acidogène, des changements dans la teneur de la plupart des AGCIR ont été observés en fonction du temps. Cependant, certains AGCIR évoluaient de façon remarquablement similaire (e.g., AG iso à chaîne paire), ce qui suggère une origine microbienne commune. Ces données nous portent à croire qu'il serait pertinent de regrouper certains AGCIR, ce qui pourrait simplifier leur analyse et possiblement améliorer la robustesse des relations établies dans le but de développer un outil diagnostic utilisable commercialement.

## Importance scientifique et technique

À terme, les efforts de recherche déployés dans ce volet des travaux auront des impacts directs sur la régie d'alimentation des troupeaux en offrant aux producteurs des outils supplémentaires afin de mieux prédire la valeur nutritive des rations, spécifiquement en ce qui a trait à l'efficacité de synthèse de protéine microbienne et au profil des AG volatils produits dans le rumen. Ces résultats permettront également aux producteurs ou à leurs conseillers de diagnostiquer rapidement certains désordres métaboliques tels l'acidose ruminale subclinique. Ce nouvel outil améliorera ainsi la rentabilité des entreprises.

## **Volet #2 - Modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché**

### *Axe 2.1 Constituants majeurs*

#### Introduction

Le système de paiement du lait basé sur les composantes impose aux producteurs laitiers canadiens d'adopter des moyens leur permettant de répondre efficacement aux besoins du marché. Certains facteurs alimentaires, comme la proportion de concentrés ou la teneur en fibres dans la ration sont déjà reconnus pour leur impact sur la teneur en gras du lait. Des expériences en conditions contrôlées ont depuis longtemps démontré que le profil en AG des suppléments lipidiques alimentaires influence la synthèse et la sécrétion des MGL. D'un point de vue nutritionnel et métabolique, la relation entre l'ingestion de suppléments d'AG et la production de MGL est bien établie. Le concept de Charge Ruminale en Acides Gras Insaturés (**CRAGI**; Rumen Unsaturated Fatty Acid Load, en anglais) a été proposé pour tenir compte de leurs effets globaux sur la synthèse de MGL. Par ailleurs, des recherches récentes en conditions expérimentales ont montré que la nutrition minérale, notamment la différence alimentaire cations-anions (**DACA**), pouvait affecter la synthèse et la sécrétion des MGL. En lien avec la nutrition azotée, la teneur en urée du lait est reconnue comme un bon indicateur de l'efficacité du métabolisme protéique chez la vache. La détermination de ce constituant du lait est déjà utilisée comme outil pour la gestion nutritionnelle et environnementale des troupeaux laitiers. Or récemment, des travaux ont montré que le rapport urée/protéine du lait pouvait représenter un meilleur indicateur de l'efficacité d'utilisation de l'azote alimentaire chez la vache. Dans le cadre des travaux de la chaire, la validité de tous ces concepts développés en conditions expérimentales a été évaluée en situations pratiques d'élevage.

#### Progrès réalisés

Le premier objectif de nos travaux était de quantifier l'impact des concentrations en AG individuels des aliments et plus particulièrement de la CRAGI sur la teneur en MGL. Cette étude a été réalisée à partir des banques de données de Valacta pour les années 2009 à 2011. Pour ce faire, une analyse en régressions multiples a été réalisée en considérant le profil en AG de l'ensemble des ingrédients de la ration. Les résultats ont confirmé la validité du concept de CRAGI et son lien avec la teneur en MGL. Plus particulièrement, l'impact de la CRAGI était progressif et les données n'ont pas permis de définir une valeur seuil au-dessus de laquelle les concentrations en AG insaturés



devraient être limitées afin d'éviter une chute du taux de MGL. Finalement, nous avons observé que le concept de CRAGI pouvait être amélioré en considérant un facteur d'ajustement qui tiendrait compte des teneurs en 16:0 de la ration, un AG ayant un effet positif sur la lipogenèse mammaire (Contr. #8).

Le second objectif était de quantifier l'impact de la DACA sur la teneur en MGL. À partir de la base de données de Valacta (306 191 contrôles, 134 236 vaches, 2658 troupeaux) nous avons d'abord observé que la majorité des vaches (89 % en hiver, 83 % en été) recevait des rations avec une DACA plus faible que celle recommandée dans la littérature (>30 mEq/100g). L'analyse en régressions multiples a montré que la DACA était de manière générale liée positivement à la teneur en MGL, mais que de nombreuses interactions étaient observées avec divers paramètres de régie et d'alimentation. Par exemple, l'impact positif d'une augmentation de DACA sur la teneur en MG a été plus prononcé lorsque les vaches recevaient leurs aliments séparés comparativement à des rations totales mélangées. Comme autre exemple, l'effet positif d'une augmentation de la DACA a été plus marqué lorsque les vaches recevaient des suppléments alimentaires d'acide palmitique (Contr. #10).

La troisième partie de ces travaux a porté sur la nutrition protéique. À ce sujet, la détermination de la teneur en urée du lait peut fournir à l'éleveur une estimation de l'efficacité du métabolisme azoté de son troupeau. Or, des travaux récents ont montré que le rapport urée/protéine du lait pouvait représenter un outil plus précis pour la régie nutritionnelle et l'optimisation de l'efficacité d'utilisation de l'azote chez la vache. L'objectif a donc été de mieux comprendre les relations entre la teneur en urée ou le rapport urée/protéine du lait et divers facteurs de régie et d'alimentation des troupeaux colligés dans la banque de données de Valacta. Les résultats ont montré que la teneur en urée et le rapport urée/protéine du lait n'étaient corrélés avec ni l'efficacité d'utilisation de l'azote (N lait/N ingéré), ni la production laitière et non plus avec la teneur et la production de MG et de protéine du lait (Contr. #42). Les résultats obtenus nous suggèrent que les diagnostics basés sur la teneur en urée du lait ne sont peut-être pas interprétés de manière optimale. Toutefois, les absences de corrélation, observées à l'échelle des troupeaux, ne devraient pas remettre directement en question l'usage de ces outils pour des interventions spécifiques auprès d'un troupeau sur une base individuelle.

Les producteurs canadiens sont encouragés à améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote alimentaire afin de réduire l'impact environnemental de leur troupeau. Pour le quatrième et dernier objectif de ce volet, nous avons évalué l'impact de ces efforts d'optimisation de l'efficacité sur la production et la composition du lait, ainsi que sur la rentabilité des entreprises. Pour ce faire, 100 troupeaux commerciaux comprenant 17 à 117 vaches en lactation ont été visités entre octobre 2015 et juin 2016 (Contr. #36). La prise alimentaire a été mesurée sur 24 h, des échantillons de chaque aliment ont été prélevés et le prix de chacun d'eux a été noté. La production de lait a été enregistrée et des échantillons de lait ont été recueillis sur deux traites consécutives. Des troupeaux ont été sélectionnés en fonction de leur efficacité d'utilisation de l'azote dans les catégories «faible» et «élevée», représentant respectivement les 25e et 75e rangs centiles pour le rapport N sécrété/N ingéré. Les productions de lait (32,5 vs 29,3 kg/j), de MGL (1,33 vs 1,19 kg/j) et de protéine (1,07 vs 0,97 kg/j) ont été supérieures pour les troupeaux présentant une

efficacité élevée comparativement à ceux ayant une faible efficacité. La teneur en N uréique du lait a été inférieure pour les troupeaux efficaces (11,1 vs 12,8 mg/dL), alors que les teneurs en MGL et en protéine n'ont pas été différentes entre les deux groupes. Finalement, la marge sur les coûts d'alimentation a été plus élevée pour les troupeaux efficaces (0,56 vs 0,50 \$/kg).

### Importance scientifique et technique

Ces analyses réalisées avec des données obtenues en situations commerciales ont permis de valider des concepts découlant d'observations faites en conditions expérimentales. Les résultats obtenus seront directement applicables à la ferme et permettront aux producteurs canadiens d'agir plus efficacement sur la teneur en gras du lait produit sur leur entreprise et ainsi en améliorer les revenus.

## ***Axe 2.2 Constituants mineurs***

### Introduction

Le lait entier contient normalement moins de 50 mg d'AG  $\omega$ -3 par portion, soit moins de 20 % des apports exigés par les normes canadiennes pour identifier un produit comme « source de graisse(s) polyinsaturée(s)  $\omega$ -3 » qui sont de 300 mg par quantité de référence. La différence entre le lait produit dans les conditions actuelles d'élevage et les normes canadiennes d'étiquetage est donc substantielle et les recherches menées pour combler cet écart ont donné jusqu'à maintenant des résultats plutôt mitigés. L'ajout d'huile de lin à la ration de la vache permet d'augmenter la teneur en AG  $\omega$ -3 dans les MGL. Cependant, même à des apports élevés en huile (1 kg/jour), les concentrations en AG  $\omega$ -3 obtenues restent inférieures à 1,5 % des MG totales et semblent plafonner, peu importe la dose d'huile ajoutée à la ration. Pour porter la mention permise par les normes canadienne, le gras d'un lait standardisé à 2 % de MG devrait contenir 6 % d'AG  $\omega$ -3. Or, des travaux ont montré que des apports post-ruminaux d'huile de lin pouvaient permettre d'obtenir des teneurs en AG  $\omega$ -3 s'élevant jusqu'à 15 % sur une base pondérale. Il semble donc exister un niveau seuil pour la disponibilité post-ruminale de l'acide  $\alpha$ -linoléinique (ALA) au-delà duquel le transfert de ces AG dans le lait devient plus élevé. Dans le cadre des travaux de la chaire, nous avons également tenté d'augmenter le transfert des AG  $\omega$ -3 de la ration au lait : i) en identifiant des facteurs alimentaires qui limitent le processus de biohydrogénation des AG polyinsaturés par les microorganismes du rumen; et ii) en évaluant différents suppléments alimentaires d'AG  $\omega$ -3 protégés de la fermentation ruminale.

### Progrès réalisés

Afin d'identifier un effet-seuil de la disponibilité post-ruminale d'ALA sur son efficacité de transfert dans les MGL, cinq vaches porteuses d'une canule ruminale ont été utilisées selon un dispositif en carré latin pour recevoir des perfusions intra-abomasales d'huile de lin correspondant à des apports en ALA de 0, 37, 75, 150 et 300 g/jour. Les teneurs en ALA dans les MGL ont augmenté graduellement avec la dose d'huile perfusée pour atteindre 10,1% des AG totaux. Le taux de transfert de cet AG vers le lait est quant à lui respectivement passé de 18 à 23 % pour les taux de perfusion de 37 et 75 g d'ALA par

jour. Cette hausse de plus de 25 % du taux de transfert avec l'augmentation des apports, à de faibles doses de perfusion, suggère que le seuil de l'apport post-ruminal au-delà duquel le transfert de l'ALA devient plus efficace se situe à moins de 75 g/jour.

Les lipides retrouvés dans le trèfle rouge sont riches en ALA, un AG de la famille des  $\omega$ -3. Nous avons émis l'hypothèse que le transfert de ces AG de la ration au lait pouvait être amélioré grâce à 1) l'action d'une enzyme, la polyphénol oxydase, naturellement présente dans la plante, et 2) une limitation de la disponibilité de l'azote en utilisant des aliments traités à la chaleur, ce qui réduit leur dégradabilité dans le rumen. Huit vaches ont été utilisées selon un dispositif en double carré latin  $4 \times 4$ . Quatre traitements ont été évalués selon un arrangement factoriel  $2 \times 2$ , soit des rations à base d'ensilage de luzerne ou de trèfle rouge, formulées pour fournir 100 ou 85 % des besoins estimés en protéines dégradables dans le rumen; via l'utilisation respective de tourteau de soya non traité ou chauffé. La teneur en AG  $\omega$ -3 des MGL et l'efficacité du transfert de ces AG de la ration au lait ont augmenté respectivement de 49 et 68 % avec le trèfle rouge comparativement à la luzerne. Les niveaux d'apports en protéines dégradables dans la ration n'ont pas affecté ces deux paramètres (Contr. #9).

L'huile de lin est également une source importante d'AG  $\omega$ -3. Lorsque la graine ou l'huile de lin sont ajoutées directement à la ration, leurs AG sont vulnérables au processus de biohydrogénation ruminale. Le transfert des AG  $\omega$ -3 de la ration au lait est ainsi très faible. Parmi les modes de protection déjà évalués, on note la saponification des AG, conduisant à la formation de sels de calcium. Des sels de calcium peuvent aussi être fabriqués à partir de l'huile de lin, mais ceux-ci offrent une protection incomplète des AG. Or, nous avons remarqué que la production industrielle de sels de calcium conduit à un mélange de particules dont la granulométrie est très variable. Nous avons donc émis l'hypothèse que les particules grossières de sels de calcium, comparativement aux particules fines, offrent une protection physique supplémentaire aux AG  $\omega$ -3. Pour la réalisation de l'expérience, des sels de calcium fabriqués à base d'huile de lin ont été tamisés afin de séparer les particules fines des particules grossières. Ces deux types de sels ont été offerts à des vaches et comparés à de l'huile non saponifiée utilisée comme témoin. La teneur en AG  $\omega$ -3 a été trois fois plus élevée dans les MGL chez les vaches recevant les sels de calcium grossiers, et ce sans affecter la production laitière des vaches. Plus précisément, nous avons pu produire un lait entier qui contenait environ 250 mg d'AG  $\omega$ -3 par portion, soit tout près des normes canadiennes pour l'étiquetage nutritionnel (300 mg/portion).

Une attention particulière a également été portée, pendant les travaux, à la production ruminale d'AG trans comme intermédiaires de la biohydrogénation. Le sentier trans-11 est prédominant au cours du processus d'hydrogénation de l'acide linoléique. Une dérive vers le sentier trans-10 peut toutefois survenir lorsque le rumen est perturbé. La production de l'isomère conjugué 18:2 trans-10, cis-12 entraîne dans ces conditions une inhibition de la synthèse des MGL ainsi qu'une détérioration de leur valeur nutritive. Or, nos travaux ont montré qu'une telle dérive n'était pas apparente lorsque l'huile de lin, comme source d'ALA, était ajoutée à des rations pour vache laitière et ce, même à des apports élevés en aliments concentrés (Contr. #5).

L'huile de lin (extraite ou comme constituant de la graine entière) compte parmi les sources d'AG  $\omega$ -3 les plus utilisées dans la ration des vaches laitières. Cette huile est riche en AG triénoïques (18:3). Plusieurs expériences ont été réalisées afin de comparer les effets de l'huile ou de la graine de lin avec d'autres types de suppléments lipidiques. Une méta-analyse a donc été complétée afin d'évaluer les effets des AG triénoïques du lin sur les performances de production comparativement à différentes sources de lipides alimentaires dans lesquelles les AG diénoïques, monoénoïques, ou saturés étaient prédominants. Trois bases de données ont été constituées afin de comparer individuellement les effets des AG triénoïques du lin avec i) les sources d'AG diénoïques (30 études), ii) monoénoïques (20 études), ou iii) saturés (15 études). Mis à part quelques effets mineurs sur la teneur en lactose, l'analyse n'a pas révélé de différences significatives entre les performances de production obtenues avec les AG triénoïques du lin et les suppléments riches en AG diénoïques et monoénoïques. Au contraire, une augmentation de la prise alimentaire a été observée chez les vaches recevant les AG triénoïques du lin comparativement aux suppléments d'AG saturés. Il en a résulté une baisse de l'efficacité alimentaire chez les vaches recevant les AG triénoïques du lin (Contr. #35).

Une analyse a également été complétée pour comparer entre elles les différentes formes d'huile de lin quant à leur impact sur la productivité des vaches et l'efficacité de transfert de l'ALA vers le lait. Les formes identifiées dans la littérature incluaient l'huile extraite (n=24) et les graines entières (n=36), traitées à la chaleur (n=46; principalement l'extrusion) ou traitées mécaniquement (n=40; broyées, moulues). L'efficacité de transfert de l'ALA de la ration au lait a été inférieure avec l'huile (2,15 %), intermédiaire avec les graines entières (3,63 %) ou traitées à la chaleur (4,13 %) et supérieure pour les graines traitées mécaniquement (5,72 %). La production laitière corrigée pour le revenu (Income Corrected Milk), qui tient compte des changements observés à la production et la composition du lait ainsi que du prix des composantes, a été inférieure pour l'huile (26,1 kg/j) et les graines entières (27,5 kg/j), intermédiaire pour les graines traitées à la chaleur (29,1 kg/j) et supérieure pour les graines traitées mécaniquement (32,1 kg/j). Les traitements mécaniques représenteraient donc l'option à privilégier pour optimiser le transfert de l'ALA au lait tout en optimisant la productivité du troupeau.

### Importance scientifique et technique

L'usage répandu de produits du maïs (grains, drêches et ensilage) et de suppléments lipidiques à base d'huile de palme conduit à une baisse inévitable des apports en AG  $\omega$ -3 au profit des AG  $\omega$ -6 et de l'acide palmitique dans la ration des bovins au Canada. Ce choix d'ingrédients entraîne non seulement une baisse des teneurs en AG  $\omega$ -3 dans les MGL, mais également une réduction des apports de ces AG pour l'animal. À ce sujet, plusieurs travaux ont montré que, chez la vache, les performances de reproduction pouvaient être améliorées par l'ajout de différentes sources d'AG  $\omega$ -3 dans la ration. Dans ce contexte, toute stratégie alimentaire développée dans le but d'augmenter le transfert des AG  $\omega$ -3 alimentaires vers la circulation sanguine devrait permettre d'améliorer les apports de ces AG indispensables, dans les produits laitiers pour les consommateurs, mais également dans les tissus de la vache.

## **Volet #3 - Flaveur et contrôle de la stabilité oxydative du lait**

### ***Axe 3.1 Constituants majeurs***

#### Introduction

En lien avec les résultats des travaux du Volet #2, l'augmentation de la teneur en AG  $\omega$ -3 du lait s'accompagne d'une hausse concomitante de la sensibilité des MGL à l'oxydation. Or, des composés au potentiel antioxydant sont présents naturellement dans certains aliments utilisés dans la ration des vaches laitières. Dans le cadre des travaux, deux ingrédients ont été évalués quant au transfert d'un pouvoir antioxydant dans le lait, soit la luzerne comme source de caroténoïdes et le tourteau de lin comme source de lignanes.

#### Progrès réalisés

La susceptibilité à l'oxydation du lait en fonction de sa teneur en AG insaturés a été évaluée à partir du lait produit lors de l'expérience décrite au volet précédent, où des doses croissantes d'huile de lin ont été perfusées dans l'abomasum (0, 75, 150, 300 et 600 g/jour). L'indice de peroxydabilité, qui tient compte de la sensibilité individuelle des AG à l'oxydation ( $0,025 \times \text{AG monoénoïques} + 1 \times \text{AG diénoïques} + 2 \times \text{AG triénoïques} + 4 \times \text{AG tétraénoïques} + 6 \times \text{AG pentaénoïques} + 8 \times \text{AG hexaénoïques}$ ) a augmenté linéairement, passant de 2,0 mg/g de lait pour le témoin à 10,8 mg/g de lait à la dose perfusée la plus élevée. Plusieurs produits d'oxydation des AG polyinsaturés (propanal; hexanal; trans-2-hexenal / hex-cis-3-énal; hept-cis-4-énal; trans-2, cis-6- nonadiénal; 1-octène-3-one; trans-2, trans-4-nonadiénal) ont augmenté graduellement pour tous les traitements pendant une période de dix jours d'entreposage sous éclairage par néon. La concentration totale de ces composés, après 10 jours, s'est accrue de manière quadratique en fonction de la dose perfusée, atteignant un plateau à 300 g d'huile par jour. (Contr. #37)

Un deuxième projet visait à déterminer l'efficacité du transfert vers le lait du pouvoir antioxydant des caroténoïdes présents dans un extrait concentré de luzerne (**ECL**). Pour ce faire, six vaches ont été réparties selon un dispositif en carré latin double  $3 \times 3$  et ont reçu une ration sans antioxydant (témoin négatif), une ration supplémentée en vitamine E (témoin positif) et une ration contenant l'ECL. Pendant cet essai, toutes les vaches ont reçu des perfusions intra-abomasales continues d'huile de lin. L'évaluation de la stabilité oxydative du lait a permis d'observer que l'ajout de l'ECL à la ration réduit le potentiel redox du lait, de même que ses teneurs en hexanal et 1-octen-3-one, deux produits d'oxydation des AG, comparativement au témoin négatif sans antioxydant. L'ECL a donc offert une protection du lait contre la détérioration oxydative (Contr. #2).

Un troisième projet a permis d'évaluer le potentiel de transfert au lait du pouvoir antioxydant des lignanes du tourteau de lin. Un protocole similaire au précédent a été réalisé auprès de six vaches recevant des perfusions intra-abomasales d'huile de lin et où une ration à base de tourteau de lin a été comparée à un témoin négatif (sans antioxydant) et un témoin positif (vitamine E). Contrairement à l'expérience précédente, la stabilité oxydative n'a pas été améliorée par l'ajout du tourteau de lin comme source de lignanes dans la ration (Contr. #41). Importance scientifique et technique – Nos travaux ont

montré que le lait enrichi en AG  $\omega$ -3 aux niveaux requis pour l'étiquetage nutritionnel, selon les normes canadiennes, était un produit très vulnérable à une détérioration oxydative. Bien que l'ECL ait montré une certaine efficacité pour prévenir la détérioration oxydative, les recherches doivent se poursuivre afin d'identifier des aliments au potentiel antioxydant plus efficace. À terme, ces connaissances permettront de réduire les pertes liées au déclassement du lait causé par des problèmes d'oxydation spontanée. Ces travaux pourraient contribuer à hausser la qualité des produits laitiers en permettant de moduler le profil en AG de la MGL tout en maintenant son intégrité, mais également en augmentant sa teneur en antioxydants naturels.

### ***Axe 3.2 Constituants mineurs***

#### Introduction

Les composés volatils présents dans le lait sont responsables de ses arômes caractéristiques. Plusieurs dizaines de ces composés volatils ont déjà été identifiés dans la matrice laitière. Bien que nous sachions depuis longtemps que l'alimentation de la vache influence la saveur du lait, nous ignorons encore plusieurs des mécanismes physiologiques et des composés biochimiques impliqués. Nous en sommes donc ainsi à l'étape de l'acquisition de connaissances dans ce domaine.

#### Progrès réalisés

Pour cette étape des travaux, nous avons d'abord acquis une nouvelle expertise dans l'analyse du profil aromatique du lait et des produits laitiers. L'abondance des composés organiques volatils est déterminée par microextraction en phase solide couplée à la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse. Deux expériences ont été complétées afin d'étudier les effets de l'alimentation sur le profil des composés aromatiques volatils du lait. Un premier essai a permis d'évaluer l'effet du type de fourrages sur le profil aromatique du lait. Pour ce faire, 21 vaches ont été réparties en trois groupes, chacun recevant de la fléole des prés servie sous forme de foin, d'ensilage ou de pâturage pendant une période de quatre semaines. L'analyse du profil des composés organiques volatils a montré une plus forte concentration d'AG libres et de lactones dans le lait des vaches recevant le foin. La présence d'une plus forte concentration de cétones était associée à l'ensilage, alors que les composés soufrés et phénoliques étaient plus abondants dans le lait des vaches au pâturage. Lors d'un test triangulaire, les panélistes ont observé une différence significative entre le lait produit par les vaches au pâturage et celui des vaches recevant le foin. Un test de classement subséquent a confirmé que le lait produit par les vaches au pâturage était perçu différemment du lait produit par les vaches recevant le foin, notamment en ce qui a trait à l'intensité de la saveur « végétal », possiblement attribuée à une plus forte proportion de pentanal, un aldéhyde aux attributs herbacés (Contr. #7).

Un second essai visait à évaluer l'effet d'une source d'AG polyinsaturés identifiés comme précurseurs des lactones (composés aromatiques), en combinaison avec une source d'amidon, reconnu pour son effet stimulateur de la production ruminale des lactones, sur les saveurs du lait. Pour ce faire, 24 vaches ont été divisées en quatre groupes recevant chacun des rations faibles ou riches en amidon, supplémentées ou non

en huile de lin selon un plan factoriel pendant une période de quatre semaines. La teneur en  $\gamma$ -dodecalactone, synthétisé à partir des AG alimentaires, a été 4,6 fois plus élevée dans le lait des vaches recevant la ration faible en amidon sans huile comparativement à la ration riche en amidon avec huile. Lors d'un test triangulaire, les panélistes ont observé une différence significative entre le lait des vaches recevant ces deux traitements alimentaires, avec l'attribut «crème» cité comme facteur de discrimination (Contr. #6).

#### Importance scientifique et technique

Malgré ces résultats prometteurs, qui nous ont permis d'établir un lien entre les variations de teneurs de certains composés aromatiques et la saveur du lait, il est encore trop tôt pour faire des recommandations quant aux manipulations de la ration de la vache permettant de moduler la production de l'ensemble des composés volatils du lait. À terme, un meilleur contrôle de la teneur en composés volatils faciliterait le développement de produits de créneau, aux profils aromatiques spécifiques. Une autre application à long terme de ces connaissances pourrait être l'offre d'un service diagnostique pour le producteur qui voit son lait rejeté par le camionneur pour cause de mauvaise odeur. En identifiant la ou les molécule(s) en cause et en déterminant son ou ses origine(s), il serait alors possible d'apporter rapidement un correctif ciblé et efficace à ce problème d'odeur.

## FORMATION DE PERSONNEL HAUTEMENT QUALIFIÉ

---

### **Cloé Paradis**

Étudiante de premier cycle  
2012/09 - 2013/12  
Travaille dans le secteur gouvernemental

### **Gabrielle S-Pierre**

Étudiante de premier cycle  
2010/05 - 2010/08  
Travaille dans l'industrie

### **Annick Gagnon**

Étudiante de premier cycle  
2011/05 - 2011/09  
Travaille dans l'industrie

### **Catherine Delorme-Tétreault**

Étudiante de premier cycle  
2013/02 - 2013/05  
Travaille dans l'industrie

### **Catherine Dalpé**

Étudiante de premier cycle  
2013/07 - 2014/05  
Poursuit ses études universitaires

### **Marguerite Plante-Dubé**

Étudiante de premier cycle  
2014/05 - 2014/09  
Poursuit ses études universitaires

### **Lauriane Schwebel**

Étudiante de premier cycle  
2014/03 - 2014/06  
Poursuit ses études universitaires

### **Roxane Robichaud**

Étudiante de premier cycle  
2013/02 - 2013/12  
Poursuit ses études universitaires

### **Mathieu Boyer**

Étudiant de premier cycle  
2015/05 - 2015/09  
Poursuit ses études universitaires

### **Léonie Morin-Doré**

2013/05 - 2013/09  
Poursuit ses études universitaires

### **Andréanne Lamarche**

Étudiante de premier cycle  
2012/05 - 2012/09  
Poursuit ses études universitaires

### **Colette Cohou**

Étudiante de premier cycle  
2015/05 - 2015/09  
Poursuit ses études universitaires

### **Lea Cady Saliba**

Étudiante de deuxième cycle  
2009/09 - 2014/07  
Poursuit ses études universitaires

### **Marie-Pier Villeneuve**

Étudiante de deuxième cycle  
2010/01 - 2011/12  
Professeur de collège

### **Marie-Christine Fauteux**

Étudiante de deuxième cycle  
2012/01 - 2013/12  
Travaille dans l'industrie

### **Hanen Mannai**

Étudiante de deuxième cycle  
2013/07 - 2014/08  
Poursuit ses études universitaires

### **Sara Maritza Pena Cotrino**

Étudiante de deuxième cycle - Stagiaire  
2015/01 - 2015/06  
Travaille dans l'industrie

### **Jair Esteban Paraes Giron**

Étudiante de deuxième cycle - Stagiaire  
2014/12 - 2015/05  
Poursuit ses études universitaires



**Adriana Pilar Urviola Garcia**  
Étudiante de deuxième cycle - Stagiaire  
2015/10 - 2016/03  
Poursuit ses études universitaires

**Hernan José Bueno Larroque**  
Étudiant de deuxième cycle - Stagiaire  
2015/10 - 2016/03  
Poursuit ses études universitaires

**Liliana Fadul Pacheco**  
Étudiante de troisième cycle  
2011/09 - 2015/12  
Poursuit ses études universitaires

**Maxime Leduc**  
Étudiant de troisième cycle  
2012/01 - 2016/03  
Poursuit ses études universitaires

**Eric Baumann**  
Étudiant de troisième cycle  
2011/05 - 2016/01  
Poursuit ses études universitaires

**Daniel Enrique Rico Navarrete**  
Stagiaire postdoctoral  
2014/01 - 2015/12  
Travaille pour le ou les partenaires

**Rachel Gervais**  
Stagiaire postdoctoral  
2010/01 - 2010/12  
Travaille dans une université (corps professoral)

## DIFFUSION DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

---

### Articles publiés

1. Baumann, E., **P.Y. Chouinard**, Y. Lebeuf, D.E. Rico, and R. Gervais. Impact of lipid supplementation on milk odd and branched-chain fatty acids in dairy cows. *J. Dairy Sci.*
2. Fauteux, M.C., R. Gervais, D.E. Rico, Y. Lebeuf, and **P.Y. Chouinard**. 2016. Production, composition, and oxidative stability of milk highly enriched in polyunsaturated fatty acids from dairy cows fed alfalfa protein concentrate or supplemental vitamin E. *J. Dairy Sci.* 99: (DOI:10.3168/jds.2015-10722)
3. Rico, D.E., **P.Y. Chouinard**, F. Hassanat, C. Benchaar, and R. Gervais. 2016. Prediction of enteric methane emissions from Holstein dairy cows fed various forage sources. *Animal* 10:203-211.
4. Vlaeminck, B., R. Gervais, M.M. Rahman, F. Gadeyne, M. Gorniak, M. Doreau, V. Fievez. 2015. Postruminal synthesis modifies the odd- and branched-chain fatty acid profile from the duodenum to milk. *J. Dairy Sci.* 98:4829-4840.
5. Saliba, L., R. Gervais, Y. Lebeuf, and **P.Y. Chouinard**. 2014. Effect of feeding linseed oil in diets differing in forage to concentrate ratio: 1. Production performances and milk fat content of biohydrogenation intermediates of  $\alpha$ -linolenic acid. *J. Dairy Res.* 81:82-90.
6. Saliba, L., R. Gervais, Y. Lebeuf, J.C. Vuillemard, J. Fortin, and **P.Y. Chouinard**. 2014. Effect of feeding linseed oil in diets differing in forage to concentrate ratio: 2. Milk lactone profile. *J. Dairy Res.* 81:91-97.
7. Villeneuve, M.P., Y. Lebeuf, R. Gervais, G.F. Tremblay, J.C. Vuillemard, J. Fortin, and **P.Y. Chouinard**. 2013. Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage. *J. Dairy Sci.* 96:7181-7194.

### Articles soumis

8. Mannai, M., É. Charbonneau, L. Fadul-Pacheco, D. Pellerin, and **P.Y. Chouinard**. An appraisal of the concept of Rumen Unsaturated Fatty Acid Load and its relation to milk fat concentration using data from commercial dairy farms. *Prof. Anim. Sci.*
9. Leduc, M., R. Gervais, G.F. Tremblay, J. Chiquette, and **P.Y. Chouinard**. Milk fatty acid profile in cows fed red clover- or alfalfa-silage based diets differing in rumen-degradable protein supply. *Anim. Feed Sci. Technol.*
10. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard**, É. Charbonneau. Relationship between milk fat concentration and diet composition with a special emphasis on dietary cation-anion difference in commercial dairy herds. *Livest. Sci.*

### Résumés de présentations aux partenaires (24 au total)

11. Leduc, M., *R. Gervais*, Y. Lebeuf, et **P.Y. Chouinard**. 2016. Un nouvel ingrédient pour maximiser la teneur en acides gras oméga-3 du lait. Sera présentée au Forum Technologique Novalait. 8 avril, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
12. Baumann, E., *R. Gervais*, A.R. Alfonso-Avila, et **P.Y. Chouinard**. 2016. Le potentiel des acides gras à chaîne impaire et/ou ramifiée comme outil diagnostique. Sera présentée au Forum Technologique Novalait. 8 avril, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
13. Rico, D.E., *R. Gervais*, Y. Lebeuf, A.P. Urviola-Garcia, H.J. Bueno-Larroque et **P.Y. Chouinard**. 2016. Lait enrichi en acides gras oméga-3 : Les défis liés à sa conservation. Sera présentée au Forum Technologique Novalait. 8 avril, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
14. Leduc, M., *R. Gervais*, Y. Lebeuf, et **P.Y. Chouinard**. 2015. Nouvel ingrédient pour maximiser la teneur en acides gras oméga-3 du lait. Page 19. Dans : 39<sup>e</sup> Symposium sur les bovins laitiers. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 29 octobre 2015, Drummondville, QC.
15. Leduc, M., *R. Gervais*, Y. Lebeuf, et **P.Y. Chouinard**. 2015. Profil en acides gras du lait chez des vaches recevant des sels de calcium d'acides gras polyinsaturés avec différentes tailles de particules. Pages 61-62 dans Colloque STELA 2015 – Défis et opportunités du secteur laitier. 1-2 juin, Hôtel Le Concorde, Québec, QC.
16. Mannai, H., **P.Y. Chouinard**, L. Fadul-Pacheco, D. Pellerin et É. Charbonneau. 2015. Moduler le taux de gras du lait en changeant le profil en acides gras de la ration, c'est possible! Dans : Journée d'information scientifique – Bovins laitiers et plantes fourragères. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Drummondville, QC, 25 février.  
[http://www.craaq.qc.ca/documents/files/Documents/EBOV1502/mannai\\_resume.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/Documents/EBOV1502/mannai_resume.pdf)
17. Baumann, E., **P.Y. Chouinard**, Y. Lebeuf et *R. Gervais*. 2015. Effets de différents suppléments lipidiques alimentaires sur le profil en acides gras à chaîne impaire et/ou ramifiée de la matière grasse laitière. Dans : Journée d'information scientifique – Bovins laitiers et plantes fourragères. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Drummondville, QC, 25 février.  
[http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/baumann\\_resume.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/baumann_resume.pdf)
18. Rico, D.E., M.C. Fauteux, *R. Gervais*, Y. Lebeuf et **P.Y. Chouinard**. 2015. Utilisation d'aliments riches en caroténoïdes (luzerne) pour le contrôle de la stabilité oxydative des matières grasses du lait. Dans : Journée d'information scientifique – Bovins laitiers et plantes fourragères. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Drummondville, QC, 25 février.  
[http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/Rico\\_resume.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/Rico_resume.pdf)
19. Leduc, M., *R. Gervais*, E. Bauman, Y. Lebeuf, G Tremblay et **P.Y. Chouinard**. 2015. L'intérêt du trèfle rouge dans une stratégie de production de lait enrichi en acides gras  $\omega$ -3. Dans : Journée d'information scientifique – Bovins laitiers et plantes fourragères. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Drummondville, QC, 25 février. [http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/Leduc\\_resume.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/Leduc_resume.pdf)

20. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard** et *É. Charbonneau*. 2015. Différence alimentaire cations-anions et teneur en matières de grasses du lait. Dans : Journée d'information scientifique – Bovins laitiers et plantes fourragères. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Drummondville, QC, 25 février. [http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/Fadul-Pacheco\\_resume.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/Fadul-Pacheco_resume.pdf)
21. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard** et *É. Charbonneau*. 2014. Différence alimentaire cations-anions et teneur en matières grasses du lait. Page 19. Dans : Symposium sur les Bovins laitiers - « Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain ». Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 5 novembre, Centre BMO, Saint-Hyacinthe, QC.
22. Mannai, H., **P.Y. Chouinard**, L. Fadul-Pacheco, D. Pellerin et *É. Charbonneau*. 2014. Moduler le taux de gras du lait en changeant le profil en acides gras de la ration, c'est possible! Page 20. Dans : Symposium sur les Bovins laitiers - « Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain ». Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 5 novembre, Centre BMO, Saint-Hyacinthe, QC.
23. Baumann, E., **P.Y. Chouinard**, Y. Lebeuf et *R. Gervais*. 2014. Les acides gras du lait comme outil diagnostique chez la vache. Affiche #1. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
24. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard** et *É. Charbonneau*. 2014. DACA et teneur en matières grasses du lait. Affiche #2. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
25. Fauteux, M.-C., Y. Lebeuf, *R. Gervais* et **P.Y. Chouinard**. 2014. Extrait de luzerne pour prévenir la détérioration oxydative de la matière grasse du lait. Affiche #3. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
26. Leduc, M., **P.Y. Chouinard**, *R. Gervais*, E. Bauman, Y. Lebeuf et G. Tremblay. 2014. Trèfle rouge et acides gras oméga-3 du lait. Affiche #4. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
27. Mannai, H., **P.Y. Chouinard**, L. Fadul-Pacheco, D. Pellerin et *É. Charbonneau*. 2014. Profil en acides gras de la ration et teneur en matières grasses du lait. Affiche #5. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
28. Leduc, M., *R. Gervais*, E. Baumann, Y. Lebeuf, G. F. Tremblay et **P.Y. Chouinard**. 2013. Le choix des fourrages influence l'efficacité d'utilisation de l'azote alimentaire chez la vache laitière. Pages 14-15. Dans : Symposium sur les Bovins laitiers - « Visez la durabilité ». Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 1<sup>er</sup> novembre, Drummondville, QC.
29. Leduc, M., *R. Gervais*, E. Baumann, Y. Lebeuf, G.F. Tremblay et **P.Y. Chouinard**. 2013. Effets d'une variation dans l'apport en protéines dégradables au rumen dans des rations à base d'ensilage de trèfle rouge ou de luzerne sur les performances de

production et le bilan azoté de la vache laitière. Page 113-114. Dans : Colloque STELA-Innové pour l'avenir du secteur laitier. 13-14 mai, Hôtel Delta Centre-Ville, Montréal, QC.

30. Fauteux, M.C., Y. Lebeuf, R. Gervais et **P.Y. Chouinard**. 2013. Stabilité oxydative d'un lait enrichi en acides gras polyinsaturés de vaches recevant un extrait de luzerne déshydraté ou un supplément de vitamine E. Page 111-112. Dans : Colloque STELA - Innové pour l'avenir du secteur laitier. 13-14 mai, Hôtel Delta Centre-Ville, Montréal, QC.
31. Villeneuve, M.P., Y. Lebeuf, R. Gervais, G.F. Tremblay, J.C. Vuillemard et **P.Y. Chouinard**. 2012. Effets du type de fourrages sur le profil aromatique du lait chez la vache. Page 12. Dans : Symposium sur les bovins laitiers - « Agir pour l'avenir! ». Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 1<sup>er</sup> novembre, Drummondville, QC.
32. Villeneuve, M.P., Y. Lebeuf, R. Gervais, G.F. Tremblay, J.C. Vuillemard et **P.Y. Chouinard**. 2012. Propriétés sensorielles et abondance de composés volatils retrouvés dans le lait de vaches ayant consommé de la fléole sous forme de foin, d'ensilage ou de pâturage. Affiche #3. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
33. Saliba, L., R. Gervais, Y. Lebeuf, J.C. Vuillemard et **P.Y. Chouinard**. 2011. Production laitière et profil en acides gras du lait chez des vaches recevant de l'huile de lin dans des rations avec différents rapports fourrages:concentrés. Pages 109-110. Dans : Colloque STELA/Symposium. La recherche : moteur de l'innovation pour le secteur laitier. 30-31 mai, Hôtel Palace Royal, Québec, QC.
34. Villeneuve, M.P., Y. Lebeuf, R. Gervais, G.F. Tremblay, J.C. Vuillemard, and **P.Y. Chouinard**. 2011. Propriétés sensorielles et abondance de composés volatils retrouvés dans le lait de vaches ayant consommé de la fléole sous forme de foin, d'ensilage ou de pâturage. Pages 103-104. Dans : Colloque STELA/Symposium. La recherche : moteur de l'innovation pour le secteur laitier. 30-31 mai, Hôtel Palace Royal, Québec, QC.

### Résumés à des congrès scientifiques

35. Leduc, M., M.-P. Létourneau-Montminy, R. Gervais, and **P.Y. Chouinard**. 2016. Comparison of flax oil with varying fat supplements in dairy ration: A meta-analysis. To be presented at the Joint Annual Meeting of the Am. Dairy Sci. Assoc., the Am. Soc. Anim. Sci., the West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci., and the Can. Soc. of Anim. Sci. in Salt Lake City, Utah, July 19-23.
36. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard**, M.A. Wattiaux, and *É. Charbonneau*. 2016. Optimizing nitrogen efficiency on commercial dairy farms: impact on production performance and herd profitability. To be presented at the Joint Annual Meeting of the Am. Dairy Sci. Assoc., the Am. Soc. Anim. Sci., the West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci., and the Can. Soc. of Anim. Sci. in Salt Lake City, Utah, July 19-23.

37. Rico, D.E., *R. Gervais*, S.M Peña-Cotrino, Y. Lebeuf, and **P.Y. Chouinard**. 2016. Effect of increasing doses of abomasally infused linseed oil on animal performance and oxidative stability of milk in Holstein dairy cows. To be presented at the Joint Annual Meeting of the Am. Dairy Sci. Assoc., the Am. Soc. Anim. Sci., the West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci., and the Can. Soc. of Anim. Sci. in Salt Lake City, Utah, July 19-23.
38. Baumann, E., **P.Y. Chouinard**, Y. Lebeuf, and *R. Gervais*. 2015. Milk odd- and branched-chain fatty acid profile is affected by lactation stage in dairy cows. *J. Anim. Sci* 93, Suppl. s3/*J. Dairy Sci.* 98, Suppl. 2:141-142. (Abstr.)
39. Leduc, M., *R. Gervais*, Y. Lebeuf, and **P.Y. Chouinard**. 2015. Milk yield and composition in cows fed calcium salts of polyunsaturated fatty acids of different particle sizes. *J. Anim. Sci* 93, Suppl. s3/*J. Dairy Sci.* 98, Suppl. 2:150-151. (Abstr.)
40. Leduc M., *R. Gervais*, Y. Lebeuf, and **P.Y. Chouinard**. 2015. Milk fatty acid profile in cows fed calcium salts of polyunsaturated fatty acids of different particle sizes. *J. Anim. Sci* 93, Suppl. s3/*J. Dairy Sci.* 98, Suppl. 2:151. (Abstr.)
41. Rico, D.E., *R. Gervais*, L. Schwebel, Y. Lebeuf, and **P.Y. Chouinard**. 2015. Effect of linseed meal on animal performance and oxidative stability of omega-3 enriched milk in Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci* 93, Suppl. s3/*J. Dairy Sci.* 98, Suppl. 2:152-153. (Abstr.)
42. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard**, M.A. Wattiaux, and *É. Charbonneau*. 2015. Relationship between milk urea nitrogen and milk protein ratio with dietary and non-dietary variables in commercial dairy herds. *J. Anim. Sci* 93, Suppl. s3/*J. Dairy Sci.* 98, Suppl. 2:746. (Abstr.)
43. Baumann, E., **P.Y. Chouinard**, Y. Lebeuf, and *R. Gervais*. 2014. Effect of different dietary fat supplements on milk odd and branched chain fatty acids in dairy cows. *J. Anim. Sci* Vol. 92, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 97, E-Suppl. 1:317. (Abstr.)
44. Fadul-Pacheco, L., D. Pellerin, **P.Y. Chouinard**, and *É. Charbonneau*. 2014. Predicting milk fat concentration from nutrient content and DCAD of the diet. *J. Anim. Sci* Vol. 92, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 97, E-Suppl. 1:491. (Abstr.)
45. Mannai, H., **P.Y. Chouinard**, L. Fadul-Pacheco, D. Pellerin, and *É. Charbonneau*. 2014. Impact of the fatty acids in the diet on milk fat content: Analysis from a database of commercial farms. *J. Anim. Sci* Vol. 92, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 97, E-Suppl. 1:492. (Abstr.)
46. Leduc, M., **P.Y. Chouinard**, *R. Gervais*, E. Baumann, Y. Lebeuf, and G. Tremblay. 2014. Milk fatty acid profile in cows fed red clover or alfalfa based diets differing in rumen-degradable protein supply. *J. Anim. Sci* Vol. 92, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 97, E-Suppl. 1:859. (Abstr.)
47. Leduc, M., *R. Gervais*, E. Baumann, Y. Lebeuf, G. F. Tremblay, and **P.Y. Chouinard**. 2013. Lactation performance and nitrogen balance in cows fed red clover or alfalfa based diets differing in rumen-degraded protein supply. *J. Anim. Sci.* Vol. 91, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 96, E-Suppl. 1:527-528. (Abstr.)

48. Fauteux, M.-C., Y. Lebeuf, R. *Gervais*, and **P.Y. Chouinard**. 2013. Production, composition and oxidative stability of milk enriched in polyunsaturated fatty acids from dairy cows fed alfalfa protein concentrate or supplemental vitamin E. *J. Anim. Sci.* Vol. 91, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 96, E-Suppl. 1:526. (Abstr.)
49. *Gervais, R.*, B. Vlaeminck, E. Colman, and V. Fievez. 2011. Fast-gas chromatography analysis: Perspectives on the resolution of odd- and branched chain fatty acids. Proceedings of the 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH8). *Advances in Animal Biosciences.* 2 (2). (Abstr.)
50. *Gervais, R.*, B. Vlaeminck, A. Fanchone, P. Nozière, M. Doreau, and V. Fievez. 2011. Duodenal flows and milk yields of odd- and branched-chain fatty acids in response to N underfeeding and energy source in dairy cows. *J. Anim. Sci.* Vol. 89, E-Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* Vol. 94, E-Suppl. 1:125-126. (Abstr.)
51. *Gervais, R.*, B. Vlaeminck, A. Fanchone, P. Nozière, M. Doreau, and V. Fievez. 2011. Odd- and branched-chain fatty acid (OBCFA) composition of plasma in response to N underfeeding and energy in dairy cows and their distribution among plasma lipid classes. *J. Anim. Sci.* Vol. 89, E-Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* Vol. 94, E-Suppl. 1:634. (Abstr.)
52. Villeneuve, M.P., Y. Lebeuf, R. *Gervais*, G.F. Tremblay, J.C. Vuilleumard, and **P.Y. Chouinard**. 2011. Sensory properties and abundance of selected volatile compounds in milk from cows fed timothy grass as hay, silage or pasture. *J. Anim. Sci.* Vol. 89, E-Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* Vol. 94, E-Suppl. 1:317-318. (Abstr.)
53. Saliba, L., R. *Gervais*, Y. Lebeuf, J.C. Vuilleumard, and **P.Y. Chouinard**. 2011. Lactation performance and milk fatty acid profile in dairy cows fed linseed oil in diets with different forage to concentrate ratios. *J. Anim. Sci.* Vol. 89, E-Suppl. 1/*J. Dairy Sci.* Vol. 94, E-Suppl. 1:374. (Abstr.)

**Conférences sur invitation** (*incluant 14 présentations aux partenaires*)

54. *Gervais, R.*, E. Bauman, and **P.Y. Chouinard**. 2016. Milk branched-chain fatty acids - Emerging perspectives. To be presented at the 14<sup>th</sup> Euro Fed Lipid Congress - Fats, Oils and Lipids: Innovative Approaches towards a Sustainable Future. 18-21 September, Ghent, Belgium.
55. **Chouinard, P.Y.** 2016. Contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache. Sera présentée au Forum Technologique Novalait. 8 avril, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
56. **Chouinard, P.Y.** 2016. The new age of milk: Promising research on changing cow diets and opportunities for new milk products. Presented at Dairy Research Symposium: Innovate3: Promoting Progress to the Profit of Canadian Dairy Industry. February 5, Chateau Laurier Hotel, Ottawa, ON.
57. **Chouinard, P.Y.** 2015. Impact de l'alimentation de la vache sur la composition du lait. Présentée au Rendez-vous scientifique annuel - Op<sup>+</sup>lait - Regroupement pour un lait de qualité optimale - La recherche sur la qualité du lait... Un continuum de la ferme à l'usine laitière. 19 novembre, Saint-Hyacinthe, QC.

58. Baumann, E., **P.Y. Chouinard**, Y. Lebeuf, M. Plante-Dubé et *R. Gervais*. 2015. Effets de différents suppléments lipidiques alimentaires sur le profil en acides gras à chaîne impaire et/ou ramifiée de la matière grasse laitière chez la vache. Congrès AMVPQ 2015. Association des médecins vétérinaires praticiens du Québec, 24-27 septembre 2015, Saint-Sauveur, QC.
59. *Gervais, R.* et **P.Y. Chouinard**. 2015. Modulation du profil en acides gras du lait par l'alimentation de la vache : défis et possibilités. Présentée au Colloque STELA 2015 – Défis et opportunités du secteur laitier. Pages 17-18. 1-2 juin, Hôtel Le Concorde, Québec, QC.
60. **Chouinard, P.Y.** 2014. Forages and Human Health. Presented at the 5th Annual Canadian Forage Grassland Association - Conference and Annual General Meeting. November 17-19, Bromont, QC. <http://www.canadianfga.ca/events/event-proceedings-2/2014-event-proceedings-bromont-quebec/>.
61. **Chouinard, P.Y.** 2014. Revue des travaux récents de la Chaire de recherche sur les constituants du lait à l'Université Laval. Présentée dans le cadre des Séminaires RUMILIP – Maîtrise de la qualité des acides gras du lait : intérêts et limites. 18 décembre, École National Vétérinaire de Toulouse, France.
62. **Chouinard, P.Y.** 2014. L'influence de l'alimentation de la vache sur la composition du lait. Présentée dans le cadre du 1er Symposium du Centre d'expertise fromagère du Québec - Le fromage en toute simplicité. 3 et 4 novembre, Université Laval, Québec, QC.
63. **Chouinard, P.Y.** 2014. Chaire sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache. Fiche P2014-07. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.
64. **Chouinard, P.Y.** 2013. Déterminer le profil aromatique du lait par l'alimentation de la vache. Pages 15-16. Dans : Colloque STELA - Innover pour l'avenir du secteur laitier. 13-14 mai, Hôtel Delta Centre-Ville, Montréal, QC.
65. **Chouinard, P.Y.** 2013. L'effet des fourrages sur le profil aromatique du lait chez la vache. Présentations dans le cadre des Séminaires du Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures - Agriculture et Agro-Alimentaire Canada. 18 avril, Québec, QC.
66. **Chouinard, P.Y.**, M.-P. Villeneuve, Y. Lebeuf, G.F. Tremblay et *R. Gervais*. 2012. Facteurs alimentaires modulant le profil aromatique du lait chez la vache. Pages 131-147. Dans : Symposium sur les bovins laitiers - « Agir pour l'avenir! ». Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 1er novembre, Drummondville, QC.
67. **Chouinard, P.Y.** 2012. Facteurs alimentaires modulant le profil aromatique du lait chez la vache. Fiche P2012-12. Dans : Forum technologique Novalait – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. 29 mai, Hôtel et suites Le Dauphin, Drummondville, QC.



68. **Chouinard, P.Y.** 2011. Trans fatty acids in milk and milk products. Trans Fatty Acid Web Conference. Agriculture and Agri-Food Canada, November 21st.
69. **Chouinard, P.Y.** 2011. Contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache. Pages 15-16. Dans : Colloque STELA/Symposium. La recherche : moteur de l'innovation pour le secteur laitier. 30-31 mai, Hôtel Palace Royal, Québec, QC.
70. *Gervais, R.*, and **P.Y Chouinard**. 2011. Research in Dairy Science. Meeting with Dairy Farmers-Ritchie Feed and Seed Inc., 22 février, Québec, QC.
71. **Chouinard, P.Y.** 2010. Chaire de recherche industrielle CRSNG-Novalait-PLC-FPLQ-MAPAQ-Valacta sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache. Assemblée générale d'information en production laitière. Centre de recherche en sciences animales de Deschambault. 10 juin.
72. **Chouinard, P.Y.**, *É. Charbonneau, R. Gervais, D. Pellerin, J.-C. Vuillemard, V. Fievez, C. Benchaar, et G. Tremblay.* 2010. Chaire industrielle de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait. Fiche P2010-10. Dans : Forum technologique Novalait 2010 – Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers. Drummondville, QC, 13 mai.

### Articles de vulgarisation

73. **Chouinard, Y.**, M. Leduc et *R. Gervais* 2016. Un nouvel ingrédient pour maximiser la teneur en oméga-3. Le producteur de lait québécois. Vol. 36, No 5. Janvier/Février 2016. Pages 34-36.
74. **Chouinard, Y.** et *R. Gervais.* 2014. Altering Milk's Flavour. The Milk Producer. Vol. 90, No 3. March 2014. Pages 32-33.
75. **Chouinard, Y.** et *R. Gervais.* 2013. Qu'est-ce qui donne sa saveur et ses arômes au lait? Le producteur de lait québécois. Vol. 34, No 4. Décembre 2013/Janvier 2014. Pages 32-34.
76. **Chouinard, P.Y.** 2011. Des outils pour contrôler la production des constituants du lait. Le producteur de lait québécois. Vol. 31. No 10. Juillet-Août 2011. Pages 42-44.

### Citations dans les médias

77. **Innover par la recherche.** Article présentant un sommaire des résultats de la chaire sur les constituants du lait publié par Valacta dans *Le savoir laitier à votre portée*. Vol. 10, No 3. Décembre 2015.
78. **Comment augmenter la matière grasse du lait.** Article résumant les travaux de la Chaire sur les constituants du lait publié en ligne sur *Le Bulletin Express*, le 19 mars 2015 (<http://www.lebulletin.com/actualites/comment-augmenter-la-matiere-grasse-du-lait-71191>).
79. **Alimentation des vaches et goût du lait.** Entrevue accordée au journaliste Lionel Levac et présentée dans le cadre de l'émission *Bien dans son assiette* diffusée le lundi 3 juin 2013 à l'antenne de la Première chaîne de Radio-Canada.

80. **10 vérités sur les oméga-3.** Article faisant références à nos travaux sur les acides gras oméga-3 rédigé par Marie-Josée Parent et publié dans le *Bulletin des Agriculteurs*. Mai 2011; Vol.94, No 4, et résumé en ligne par Sylvie Levesque le 26 mai 2011 (<http://www.lebulletin.com/autres/10-verites-sur-les-omega-3-33877>)
81. **D'un verre deux coups?** Le lait enrichi en ALC tarde à démontrer son potentiel pour la santé humaine. Article résumant nos travaux sur les acides linoléiques conjugués rédigé par Jean Hamann et publié dans le *Fil des Évènements*, Vol. 46, No 4, 23 septembre 2010.
82. **Nouvelle chaire de recherche à l'Université Laval - Pour un meilleur contrôle nutritionnel des composants du lait.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache publié dans la revue *Le savoir laitier à votre portée* Vol 5, No 1. Mai 2010. Page 4.
83. **L'Université Laval crée une chaire de recherche sur le lait.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache rédigé par Étienne Ferron-Forget et publié dans le journal *L'appel*, Vol 65, No 44, 5 mars 2010. Page 2.
84. **Lancement d'une chaire de recherche sur la production et la composition du lait.** Entrevue accordée à la journaliste Hélène Raymond et présentée dans le cadre de l'émission *La Semaine Verte Radio* diffusée le 14 février 2010 à l'antenne de Radio Canada. ([http://www.radio-canada.ca/audio-video/pop.shtml?urlMedia=http://www.radio-canada.ca/Medianet/2010/CBF/LaSemaineVerte201002130607\\_1.aspx](http://www.radio-canada.ca/audio-video/pop.shtml?urlMedia=http://www.radio-canada.ca/Medianet/2010/CBF/LaSemaineVerte201002130607_1.aspx))
85. **Lancement d'une chaire de recherche sur la production et la composition du lait.** Entrevue accordée à l'animateur Errol Duchaine et présentée dans le cadre de l'émission *La Semaine Verte* diffusée les 13 et 14 février 2010 à l'antenne du Réseau de l'information et de Radio Canada.
86. **Quelle est le pourcentage de gras dans le lait lors de la traite ?** Entrevue accordée à l'animateur Errol Duchaine et présentée dans le cadre de l'émission *La Semaine Verte* diffusée le 14 février 2010 à l'antenne de Radio Canada.
87. **Meilleur foin, meilleur lait ?** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache publié dans le journal *Le Soleil*, 114e année, No 47, 14 février 2010. Page 20.
88. **Des produits laitiers pour le nouveau siècle.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache rédigé par Annie Morin et publié dans le journal *Le Soleil*, 114e année, No 46, 13 février 2010. Page 56.
89. **Du lait « modifié à la ferme ».** Article présentant la chaire sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache publié dans la revue rédigé par Monica Lalancette et publié dans *Impact Campus*. Édition du 9 février 2010.
90. **Une chaire sur la composition du lait.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache rédigé

par Jean-Charles Gagné et publié dans *La terre de chez nous*. Édition du 11 février 2010. Page 7.

91. **Des produits laitiers pour le nouveau siècle.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache publié dans le *Fil des Évènements*, Vol. 45, No 21, 11 février 2010. Pages 1-2.
92. **L'Université Laval crée une chaire de recherche sur le lait.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache rédigé par Étienne Ferron-Forget et publié sur le site *Québec Hebdo*, 9 février 2010. [www.quebechebdo.com/article-429763-LUniversite-Laval-cree-une-chaire-de-recherche-sur-le-lait.mht](http://www.quebechebdo.com/article-429763-LUniversite-Laval-cree-une-chaire-de-recherche-sur-le-lait.mht)
93. **Une chaire pour contrôler la composition du lait.** Article présentant la chaire de recherche sur le contrôle nutritionnel de la production des composants du lait chez la vache publié dans l'*Infolettre Agricole de La terre de chez nous, La Primeur agricole* du 8 février 2010. [www.laterre.ca/index.php?action=detailNouvelle&section=manchette&idArticle=7007](http://www.laterre.ca/index.php?action=detailNouvelle&section=manchette&idArticle=7007)

## Légende

- **Gras** : Titulaire
- *Italique* : Professeures - poste de remplacement et poste sous octrois
- Souligné : Étudiants

## Statistiques

Articles présentés à des revues avec comité de lecture.....	10
Articles acceptés par des revues avec comité de lecture ou publiés dans ceux-ci .....	7
Exposés à des conférences/Affiches .....	62
Autre (y compris les rapports techniques, les articles sans comité de lecture, etc.) .....	21

## COLLABORATION AVEC LES PARTENAIRES

---

Un comité de gestion de la Chaire a tenu cinq réunions pendant la conduite de l'ensemble des travaux. Ce comité était composé d'un représentant de chacun des partenaires nommé respectivement par Novalait, les Producteurs laitiers du Canada, les Producteurs de lait du Québec, le Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Valacta et le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault. Le titulaire de la chaire ainsi qu'un représentant du vice-rectorat à la recherche de l'Université Laval y siégeaient également comme membres votants. Ce comité avait pour mandat de :

- a) Prendre les mesures nécessaires pour assurer la gestion de la chaire conformément aux dispositions de la convention
- b) de recherche, et ce, à la satisfaction de toutes les parties
- c) Assurer la gestion du partenariat et notamment, sans être exhaustif, entériner toute modification concernant la contribution des partenaires et l'ajout ou le retrait d'un partenaire
- d) Approuver annuellement les budgets et leurs attributions sur la base des recommandations du comité scientifique.
- e) Approuver annuellement les rapports de gestion et autoriser la poursuite des activités.
- f) Approuver les rapports scientifiques
- g) Prendre les décisions quant aux recommandations du comité scientifique
- h) S'assurer de la mise en oeuvre du plan de transfert des résultats à l'industrie
- i) Lors de la terminaison de la chaire, faire des recommandations à l'Université et aux partenaires sur les modalités d'utilisation de toute somme reçue par l'Université des partenaires et qui n'aura pas été engagée en faveur de la chaire

Un comité scientifique de la Chaire a tenu cinq réunions pendant la période couverte par ce rapport. Ce comité était présidé par le titulaire de la chaire et était composé des deux professeurs membres de l'équipe (poste de remplacement et poste octroyé par l'université) et d'un représentant de chacun des partenaires nommé respectivement par Novalait, les Producteurs laitiers du Canada, les Producteurs de lait du Québec, le Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Valacta et le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault. Ce comité avait pour mandat de :

- a) Faire le suivi des travaux de recherche et l'approbation des résultats
- b) Recommander au comité de gestion les orientations de la programmation scientifique à privilégier et les affectations budgétaires annuelles
- c) Soumettre les rapports scientifiques d'étapes et finaux au comité de gestion
- d) Identifier les résultats présentant un potentiel d'exploitation commerciale et sensibles à la divulgation et faire les recommandations au comité de gestion pour la protection
- e) Identifier et caractériser les résultats transférables à l'industrie et recommander au comité de gestion des plans de transfert spécifiques
- f) Établir et faire le suivi des indicateurs de transfert et de valorisation des résultats de recherche et en faire rapport au comité de gestion
- g) Déposer les procès-verbaux de ses réunions au comité de gestion

Les volets impliquant des phases expérimentales avec des bovins laitiers ont été réalisés au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD). L'Université Laval a une entente avec le CRSAD pour utiliser ses installations (incluant l'usage des bâtiments, équipements et animaux, la main d'oeuvre, l'alimentation et les frais vétérinaires de base, de même que l'entreposage et l'épandage du fumier). Dans le cadre des travaux de la chaire, un accord prévoyait le paiement de 50 % des coûts des projets.

Une collaboration a également été établie avec notre partenaire Valacta. Cette participation a impliqué une prestation de services techniques reliés à l'analyse des constituants du lait issu des différents projets réalisés. Une seconde contribution de Valacta pour la chaire s'est présentée sous forme d'accès à leur base de données pour l'analyse des facteurs alimentaires affectant la composition du lait en conditions commerciales.

Finalement, les différents intervenants de l'industrie laitière participent à l'organisation de plusieurs rencontres d'information (forum, colloque, symposium) afin de diffuser les résultats de la recherche auprès des producteurs et transformateurs laitiers. Ces événements ont été l'occasion, pour l'équipe de chercheurs et d'étudiants, de présenter les résultats des travaux directement aux utilisateurs potentiels. Vingt-quatre communications sous forme d'affiches ou de courts exposés oraux y ont été présentées par les étudiants gradués. La diffusion des résultats a été complétée par des conférences sur invitation (14 au total), principalement par le titulaire de la chaire, dans le cadre des mêmes événements (voir section Diffusion des résultats).

## PROJETS D'AVENIR

---

Le titulaire, Yvan Chouinard, ainsi que les deux professeures recrutées dans le cadre des travaux de la chaire poursuivront, au cours des prochaines années, des activités de recherche en lien avec l'industrie laitière. Nous fournissons ici une liste des différents projets de en cours.

1. *Charbonneau, É.*, G. Jégo, G. Bélanger, G. Tremblay, A. Bertrand, V. Cabrera, D. Pellerin, R. Morissette, S. Godbout, R. Berthiaume, R. Roy et P. Grenier. 2016/03 - 2018/12. Choix des graminées fourragères et des mesures d'atténuation du stress thermique des vaches sur les fermes laitières québécoises dans un contexte de changements climatiques. Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques : Ouranos PACC-2020. (101 181\$).
2. Sirard, M.A., *É. Charbonneau*, D. Lefebvre, P. Blondin, R. Roy et V. Cabrera. 2015/6 - 2018/6. Démonstration des effets biologiques et économiques de repousser l'insémination des vaches en stress métabolique/nutritionnel du jour 60 au jour 120 post-partum. FRQ-NT - Production et transformation laitière-Génomique - Novalait Inc. - CRIBIQ. (193 921\$)
3. Chantigny, M., *É. Charbonneau*, A. Vanasse, D. Anger, D. Pellerin, G. Tremblay, G. Bélanger, G. Jégo, I. Royer, N. Ziadi et P. Rochette. 2014/1 - 2017/12. Agri-environmental assessment of Canadian dairy farms: Towards eco-efficient management of forage crops and manure. Les Producteurs laitiers du Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Grappe de recherche laitière. (787 798\$).
4. Fievez, V., **P.Y. Chouinard**, P. De Sutter, C. Belleannée, *R. Gervais*, C. Robert, K. Tilleman and B. Vlaeminck. 2016/01 - 2017/12. Cross-species combination of cohort and intervention studies to assess common metabolic factors related to infertility and the use of functional lipids for its treatment. Québec-Flanders Bilateral Research Cooperation Program-The Research Foundation, Flanders and The Fonds de Recherche du Québec. (Ghent University 150 000 Euros, Université Laval 200 000\$).
5. Benchaar, C., *R. Gervais*, **P.Y. Chouinard**, D. Pellerin, *É. Charbonneau*, D. Massé, and K. Beauchemin. 2014/01 - 2017/12. Mitigation of enteric methane and manure emissions from dairy production systems: Filling knowledge gaps. Les producteurs laitiers du Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada/Dairy Research Cluster II. (491 244\$).
6. Roy, D., **P.Y. Chouinard** et G. LaPointe. 2013/09 - 2017/09. Identification des flores indigènes du lait issues de l'alimentation des vaches par ensilage et détermination de leurs impacts sur les qualités organoleptiques des produits laitiers transformés. FRQ-NT - Innovation en production et en transformation laitières- VI. (220 000\$).
7. **Chouinard, P.Y.**, *R. Gervais*, *É. Charbonneau* et D. Lefebvre. 2015/09 - 2017/08. Évolution des composantes laitières au cours de la saison estivale dans les troupeaux laitiers québécois. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries & de l'Alimentation - Innov'Action agroalimentaire - Volet 2 - Innovation en production agricole. (50 000\$).

8. Martel-Kennes, Y., J. Lévesque et **P.Y. Chouinard**. 2015/09 - 2017/08. L'acidose chez la chèvre laitière et l'usage du carbonate de potassium (K<sub>2</sub>C<sub>3</sub>) : impact sur les composantes du lait et la production. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries & de l'Alimentation - Innov'Action agroalimentaire - Volet 1 - Recherche appliquée. (100 000\$).
9. Charbonneau, É., G. Tremblay, P. Séguin, A. Fournier, A. Claessens, D. Pellerin, G. Bélanger, G. Allard, J. Lajeunesse, R. Gervais et R. Berthiaume. 2014/09 - 2017/08. Amélioration des graminées fourragères dans un contexte de changements climatiques. FRQ-NT - Projets de recherche orientée en partenariat/Innovation en production et en transformation laitière. (190 000\$).
10. Gervais, R., G. Allard, É. Charbonneau, D. Pellerin et P. Séguin. 2014/07 - 2017/06. Évolution de la valeur nutritive au cours de la saison de croissance du fourrage cultivé en région nordique, Subvention, FRQ-NT, Programme de recherche en partenariat sur l'agriculture nordique du Saguenay-Lac-Saint-Jean. (75 796\$).
11. Jacques, M., M. Archambault, É. Bouchard, S. Buczinski, É. Charbonneau, **P.Y. Chouinard**, M. Chénier, R. Cue, L. DesCôteaux, J. Dubuc, G. Fecteau, D. Francoz, R. Gervais, P.-É. Jacques, G. LaPointe, F. Malouin, S. Messier, S. Moineau, D. Pellerin, S. Rodrigue, D. Roy, J.-P. Roy, G. West, X. Zhao, S. Dufour et G. Sauvé. 2015/04 - 2017/03. OpLAIT : Le Regroupement de recherche pour un lait de qualité optimale. FRQ-NT-Regroupements stratégiques. (502 400\$).
12. Gervais, R., S. Dufour et **P.Y. Chouinard**. 2015/04 - 2017/03. Relations entre le compte des cellules somatiques et le profil aromatique du lait Op+LAIT: Regroupement de recherche pour un lait de qualité optimale. Concours Nouvelles initiatives de recherche. (15 500\$).
13. Gervais, R., **P.Y. Chouinard**, É. Charbonneau, D. Rico, Y. Lebeuf et D. Lefebvre. 2014/03 - 2016/12. Effet des acides gras à chaîne moyenne sur le métabolisme lipidique de la vache laitière. Programme Innov'action Agroalimentaire - Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. (150 000\$).
14. Pellerin, D., R. Gervais, D. Santschi et C. Girard. 2013/09 - 2016/09. Le lait, source fiable de vitamine B12: peut-on aider nos vaches à faire mieux? Subvention, FRQ-NT, Programme de recherche en partenariat sur la préservation et l'amélioration de la valeur nutritive des aliments en lien avec la santé. (175 000\$).
15. Charbonneau, É., G. Tremblay, R. Gervais, **P.Y. Chouinard**, A. Fournier et D. Lefebvre. 2012/05 - 2016/06. Influence de la différence alimentaire cations-anions (DACA) sur la susceptibilité à l'acidose ruminale subclinique des vaches laitières. FRQ-NT - Partenariat et gestion pour l'innovation en production et transformation laitières. (219 997\$).

## **TRANSFERT DES CONNAISSANCES ET DE TECHNOLOGIE**

---

### **Stimuler la recherche et développement future**

Tel que mentionné à la section "Projets d'avenir", de nombreux travaux de recherche sont en cours dans nos laboratoires, chacun impliquant le soutien financier d'un ou des partenaire(s) de la chaire. Plusieurs de ces subventions portent sur des thématiques connexes aux activités déjà réalisées. Certains projets ont entre autres été élaborés à la lumière des résultats obtenus pendant les travaux de la chaire.

### **Améliorer les compétences et les connaissances des employés des partenaires**

On retrouve environ 12 000 fermes laitières au Canada. Les propriétaires de ces entreprises représentent tous des utilisateurs potentiels des résultats de nos travaux. Pendant la conduite des activités de la chaire, l'équipe de recherche s'est efforcée de diffuser les résultats des travaux dans un grand nombre de rencontres d'information auxquelles participaient les producteurs laitiers. Plusieurs articles de vulgarisation ont également été publiés dans des revues qui leur sont destinés.

### **Amélioration de produits et procédés existant**

Dans le domaine des produits de créneau, les travaux de la chaire ont permis d'obtenir des augmentations de teneurs en acides gras  $\omega$ -3 dans les matières grasses du lait inégales à ce jour par voie de l'alimentation de la vache. Plus précisément, nous avons pu produire un lait entier qui contenait environ 250 mg d'acides gras  $\omega$ -3 par portion, soit tout près des normes canadiennes pour l'étiquetage nutritionnel (300 mg/portion). Ces résultats permettent d'envisager la commercialisation d'un lait enrichi en acides gras  $\omega$ -3 produit à la ferme.

### **Amélioration et développement de services**

Les nombreuses connaissances obtenues en ce qui a trait aux différents composés volatils responsables de la flaveur du lait pourraient éventuellement être intégrées à une banque de données dans le but de développer un service diagnostique pour le producteur qui voit son lait rejeté par le camionneur pour cause de mauvaise odeur. En effet, puisque les problèmes de mauvaise odeur du lait sont d'origines diverses, en identifiant la ou les molécule(s) en cause et en connaissant son ou ses origine(s), il serait alors possible d'apporter rapidement un correctif ciblé et efficace à ce problème d'odeur.

Valacta, un des partenaires industriels de la chaire, travaille activement au développement de la détermination rapide et à faible coût du profil en acides gras du lait par spectroscopie dans l'infra-rouge moyen. Les travaux de la chaire ont permis l'élaboration d'équations de prédiction du pH ruminal à partir des acides gras pouvant être quantifiés par cette nouvelle technologie. Ainsi, les données obtenues permettront de valoriser cette offre de service en développement.



## **Avantage social ou environnemental découlant des travaux**

La modulation des composantes laitières en fonction des besoins du marché est une préoccupation commune à plusieurs entreprises agricoles québécoises et canadiennes. En effet, la variation des composantes laitières peut avoir des répercussions positives ou négatives importantes, non seulement à la ferme, mais aussi pour l'ensemble de l'industrie qui doit s'ajuster d'une part aux variations incontrôlées des quantités de matières premières disponibles et d'autre part aux besoins changeants des consommateurs. L'identification des facteurs de variations les plus influents et l'établissement de diagnostics précoces permettront de mieux cibler les interventions nécessaires pour moduler les constituants du lait. Il sera alors possible de maximiser les revenus du producteur, d'éviter le transport de lait faible en solides totaux et d'uniformiser l'offre de matière première pour l'industrie de la transformation.

L'efficacité de la production est directement reliée à l'impact environnemental des entreprises laitières. Ainsi, l'adoption de stratégies nutritionnelles et/ou de régimes qui permettent d'améliorer l'efficacité de production a de fortes chances de se traduire par une réduction de l'empreinte carbone (maintien des niveaux de production avec moins d'animaux).

Par ailleurs, l'avancement des connaissances scientifiques et technologiques liées au diagnostic, au contrôle et à la prévention de certaines maladies métaboliques sera mis à profit pour établir de nouvelles stratégies d'alimentation adaptées au contexte des fermes laitières canadiennes. En permettant l'élaboration d'interventions appropriées, ce projet améliorera le bien-être animal, réduira le taux de réforme et augmentera la longévité des troupeaux laitiers, des éléments-clés liés à l'acceptabilité de l'industrie laitière par le consommateur.

## INCIDENCE SUR LA CAPACITÉ DE RECHERCHE

---

Une subvention obtenue de la Fondation canadienne pour l'innovation dans le cadre du «Fonds des leaders» pour le «Financement de l'infrastructure de recherche et soutien à la recherche par le CRSNG» a permis l'acquisition d'équipements requis pour la réalisation des travaux de la chaire. Ce programme incluait des contributions de la Fondation canadienne pour l'innovation (124 853 \$), du Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (124 853 \$) du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (83 231 \$) et du secteur privé (43 985 \$) pour un investissement total de 376 922 \$. Les installations et infrastructures acquises incluaient des appareils permettant l'analyse de la composition chimique des aliments, l'évaluation des saveurs et des arômes du lait et la détermination du profil en acides gras du lait. Aussi, l'installation d'un système de climatisation dans le bâtiment d'élevage a permis de stabiliser les conditions environnementales au cours des phases d'expérimentation animale. Cette infrastructure a contribué à augmenter l'efficacité des travaux et la qualité des résultats obtenus et ainsi à permettre l'atteinte des objectifs présentés dans la programmation scientifique de la chaire.

De plus, le Département des sciences animales de l'Université Laval a inauguré, le 26 mars 2012, le Laboratoire de physiologie intégrative en sciences animales. L'objectif de cette nouvelle infrastructure de recherche est de mettre à profit les différentes disciplines scientifiques (génomique, protéomique, phénotypique) pour permettre l'innovation en matière de production d'aliments sains, d'amélioration génétique des animaux et de pratiques d'élevage respectueuses de l'environnement. Le laboratoire compte des espaces pour la préparation des échantillons, l'analyse chimique et biochimique, la culture cellulaire et microbiologique, la microscopie, la protéomique et la génomique. Aussi, un secteur bio-informatique-biostatistique sert à intégrer les résultats obtenus. Ce changement majeur quant à la capacité de recherche représente un investissement de 5,5 M\$. Cette somme provient de la Fondation canadienne de l'innovation (2,2 M\$), du ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation du Québec (2,2 M\$) ainsi que de l'Université Laval et de fournisseurs d'équipements scientifiques (1,1 M\$). Le titulaire de la présente chaire industrielle figurait parmi l'équipe de huit professeurs-chercheurs ayant contribué à la réalisation de ce projet. Plusieurs des acquisitions ont servi directement aux objectifs de recherche de la Chaire de recherche industrielle CRSNG-Novalait-PLC-FPLQ-MAPAQ-Valacta sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache.

## INFORMATION FINANCIÈRE

### Solde consolidé à la fin du projet

Poste budgétaire	Budget total	Dépense réelle	Écart (%) <sup>a,b</sup>
<b>1) Salaires et avantages sociaux</b>			
Étudiants au doctorat	252 000	120 556	-52
Étudiants à la maîtrise	86 500	152 951	77
Étudiants au baccalauréat	25 000	40 117	60
Stagiaires postdoctoraux	0	24 467	NP
Adjointes techniques ou professionnels	336 665	301 171	-11
Titulaire de la chaire	627 500	627 500	0
<b>2) Appareillage ou installation</b>			
Achat ou location	0	2 940	NP
Coûts de fonctionnement et d'entretien	0	1 703	NP
Frais imputés aux utilisateurs	121 808	76 278	-37
<b>3) Matériaux et fournitures</b>			
Fournitures générales	64 434	191 337	197
Logiciels	0	575	NP
<b>4) Déplacements</b>			
Conférences	11 000	20 143	83
Travaux sur le terrain	8 984	19 245	114
Déplacements relatifs au projet	3 000	0	NU
<b>5) Diffusion des résultats</b>			
Frais liés aux publications	15 000	1 349	-91
Reprographie	0	1 839	NP
<b>6) Autres (précisez)</b>			
Frais vétérinaires	30 280	0	NU
<b>Total</b>	<b>1 582 171</b>	<b>1 582 171</b>	<b>0</b>

<sup>a</sup>NP = dépense non prévue dans la proposition initiale.

<sup>b</sup>NU = poste budgétaire prévu dans la proposition initiale, mais non utilisé.

## INFORMATION FINANCIÈRE

---

### **Explication des écarts**

#### **3) Matériaux et fournitures**

##### Fournitures générales :

Les frais supplémentaires associés à ce poste couvrent l'achat de matériel et de marqueurs requis par le changement de technique d'échantillonnage du digesta postruminal (voir "Frais vétérinaires" plus bas). D'autres frais se sont ajoutés pour les dépenses reliées à des analyses supplémentaires de profil en acides gras pour la constitution de la banque de données du Volet #1 des travaux. D'autre part, la mise au point de la technique d'analyse des composés aromatiques du lait par SPME-GC-MS s'est avérée plus longue que prévue, ce qui a engendré des coûts d'analyse supplémentaires.

##### Logiciels :

Les frais supplémentaires associés à ce poste couvrent la location de licence SAS pour l'analyse statistique des banques de données (Axe 2.1).

#### **4) Déplacements**

##### Conférences :

Voir commentaires plus bas concernant la diffusion des résultats.

##### Travaux sur le terrain :

L'engagement d'étudiants de baccalauréat pour l'assistance lors des phases animales au CRSAD (120 km aller-retour du campus) a nécessité un plus grand nombre de déplacements que prévu.

##### Déplacements relatifs au projet :

Ce poste budgétaire était planifié pour des déplacements reliés à l'analyse des banques de données chez notre partenaire Valacta (Ste-Anne-de-Bellevue). Comme ces échanges se sont faits à distance, le montant a été consacré aux déplacements pour les "Travaux sur le terrain", i.e. les déplacements vers le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD).

#### **5) Diffusion des résultats**

Les frais de publication ont été moins importants que prévus (-13 851\$). En effet, nous avons privilégié la diffusion de certains résultats dans des revues n'imposant aucun frais de publication. Cela nous a permis de libérer des montants pour la diffusion des résultats par les étudiants à des congrès locaux (aux partenaires) et internationaux. Ce choix

explique l'écart entre les montants prévus et réels consacrés aux postes budgétaires "Conférences" (+9 143\$) et "Reprographie", pour l'impression d'affiches (+1 839\$).

## **6) Frais vétérinaires**

Notre proposition originale prévoyait la pose de canules duodénales pour l'échantillonnage du digesta postruminal. Cette technique est coûteuse et impose une situation d'inconfort importante aux animaux. À la lumière de nouvelles données démontrant la validité de prélèvements omasaux pour l'étude du digesta postruminal, nous avons privilégié cette technique dans le cadre de nos travaux. Ce choix d'un nouveau mode d'échantillonnage a permis de réduire les frais vétérinaires reliés aux poses de canules duodénales. D'autres projets réalisés au CRSAD par notre équipe, mais n'étant pas directement liés à la programmation de la chaire, ont exigé la pose de fistules du rumen chez plusieurs vaches en lactation. Ces animaux ont pu être utilisés dans le cadre de la présente programmation, limitant les investissements prévus initialement. Les frais vétérinaires restants, environ 10 000\$ ont été couverts par le CRSAD. Ce montant s'ajoute à la contribution en nature du partenaire.

## PROBLÈMES SURVENUS

---

### **Problèmes d'équipement et d'installation**

L'aménagement du nouveau Laboratoire de physiologie intégrative en sciences animales (Fonds des initiatives nouvelles - Fondation canadienne pour l'innovation) a imposé la fermeture des locaux pour une période de plus d'un an. Pour limiter les délais imposés par cette rénovation, plusieurs appareils ont été déplacés temporairement dans un autre laboratoire de la Faculté. Cependant, l'espace étant limité, d'autres équipements ont dû être déménagés dans les locaux du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (site des phases animales) et certains appareils ont tout simplement été remisés. Ces dispositions ont entraîné des pertes d'efficacité.

### **Problèmes de dotation**

Les travaux ont été retardés par des difficultés à recruter des étudiants-chercheurs. Cette complication a été particulièrement importante pour l'axe 2.1 des travaux portant sur l'étude des banques de données. Le premier étudiant ayant amorcé les travaux a décidé, pour des motifs personnels, de ne plus poursuivre ses études doctorales. La seconde étudiante recrutée a elle aussi dû mettre un terme à ses études après quatre trimestres pour des problèmes de santé.

### **Personnel de recherche**

Notre technicienne principale, en charge de la majorité des analyses de laboratoire requises dans le cadre de notre programmation a dû faire face à de graves problèmes de santé, ce qui a entraîné son absence prolongée.