



F O R U M

T E C H N O -

L O G I Q U E

2 0 1 6

**Novalait**

Catalyseur de recherche

## Mot du président

---

Au nom du Conseil d'administration de Novalait, c'est un immense plaisir de vous souhaiter la bienvenue à cette édition bien spéciale du Forum Technologique Novalait.

Novalait est un modèle d'affaire unique au monde. Novalait existe parce que les producteurs et les transformateurs laitiers du Québec partagent une vision d'avenir. Toutes les fermes laitières et toutes les entreprises qui transforment du lait au Québec, de la fromagerie artisanale à la multinationale soutiennent Novalait. Ensemble elles contribuent annuellement à la recherche à hauteur de 1,27 ¢/100 litres de lait transigé. Elles ont confié à Novalait le mandat d'investir ces fonds pour développer les connaissances, les technologies et les compétences nécessaires pour produire et transformer le lait de l'avenir.

L'an dernier Novalait vous a réuni pour souligner 20 ans de recherche. Aujourd'hui, 105 projets composent notre portefeuille de recherche ce qui représente 10 millions de dollars investis par Novalait sur une valeur totale de recherche de 45,4 millions de dollars. Grâce à ses partenaires privés et gouvernementaux, Novalait génère un levier qui quadruple l'investissement de ses actionnaires. Ce modèle d'affaires unique permet aux entreprises laitières de partager les risques et les coûts de recherches qu'elles ne pourraient pas financer individuellement.

Fort de ce bilan exceptionnel, Novalait continue d'innover notamment au chapitre des communications. Un tout nouveau site Web facilite l'accès aux résultats de nos recherches. Novalait a également pris un virage bilingue. Dorénavant les vidéos, les capsules et tous les outils de communication de Novalait seront développés en français et en anglais. J'aimerais profiter de l'occasion pour souhaiter tout spécialement la bienvenue à nos actionnaires et collègues anglophones qui assistent au Forum pour la première fois. Nous souhaitons démarrer une nouvelle tradition d'échanges sur les résultats et les opportunités de recherche. Nous croyons que les discussions entre chercheurs, producteurs et transformateurs laitiers sont essentielles pour identifier les applications et les bénéfices potentiels des résultats de recherche, notamment en termes de réduction des coûts et de retombées économiques, environnementales et sociales.

La formation de professionnels hautement qualifiés est une des retombées les plus concrètes de la recherche. Au moins un tiers des budgets des recherches de Novalait est réservé au salaire des étudiants. Le Forum offre une opportunité exceptionnelle d'apprécier leur expertise et de connaître leurs aspirations professionnelles. L'excellence de leur performance à la session d'affiche sera soulignée par les prix de la relève technologique.

En terminant, je vous invite à profiter de toutes les opportunités du Forum pour échanger sur vos intérêts de recherche, sur les plus récents résultats issus des projets et peut-être recruter de nouvelles compétences pour innover!

À toutes et à tous, je vous souhaite un fructueux Forum !

**Réal Gauthier,**  
**Président de Novalait**

## Partenaires

---

### Partenaire Prestige



### Partenaires Associés



### Partenaire Financement de la recherche



### Partenaire Conférencier International



### Partenaire Prix de la Relève Technologique





[www.ebrequipment.com](http://www.ebrequipment.com)

## Qualité, sur mesure

- Autoclave, Pasteurisateur (HTST, UHT)
- Composantes et pièces pour APV, Cherry-Burrell, Waukesha
- Réservoirs, cuves de procédé et cuiseurs
- Usine complète et fabrication sur mesure
- Dosage et emballage
- Microfiltration et ultrafiltration
- Fromagerie et composantes



**SPX**

**APV**  
AN SPX BRAND

**Waukesha  
Cherry-Burrell**  
AN SPX BRAND



5415 rue Rideau, Québec (Québec) Canada G2E 5V9  
1-418-871-1132

# Programme

Novalait

8 h 00 Accueil des participants

## 8 h 40 Ouverture

**Transformation laitière** - Salle Royale 3  
Mme Élise Gosselin, directrice générale



**Production laitière** - Salle Royale 2  
M. Réal Gauthier, président de Novalait



## 8 h 45 Résultats et retombées des recherches

Modérateur : Mme Carole Thibault, Danone

Modérateur : Mme Geneviève Rainville, PLQ

8 h 45 **Comment enrichir les produits laitiers en polyphénols et bénéfiques pour la santé**  
M. Laurent Bazinet, Université Laval

**Évaluer la rentabilité à vie d'une vache en faisant parler les données de production et de santé**  
M. Roger Cue, Université McGill

9 h 10 **Mieux comprendre le rôle de la typicité du lait dans la qualité des fromages fins**  
M. Steve Labrie, Université Laval

**Vitamines B, les bactéries du rumen suffisent-elles toujours à la tâche ?**  
Mme Christiane Girard, AAC-CRDBLP

9 h 35 **Les traitements mécaniques ont-ils un impact sur les qualités technologiques du lait ?**  
M. Michel Britten, AAC-CRDA

**Comment le profil minéral de la ration influence la matière grasse du lait**  
Mme Édith Charbonneau, Université Laval

10 h 00 Concours Ma thèse en 180 secondes

Concours Ma thèse en 180 secondes

**Le profil bactérien des biofilms formés sur les membranes de filtration: l'influence d'une pression sélective croissante au sein de l'usine laitière,**  
Julien Chamberland

**Le rôle des minéraux dans la chaîne de production de la matière grasse laitière,**  
Angel Rene Alfonso-Avila

**Analyse environnementale de la valorisation de lactosérum,**  
Angela Maria Trivino

**Contrôle de la balance énergétique négative et ses conséquences par une traite incomplète en début de lactation,**  
Catarina Krug

**Simulation de la production industrielle de yogourt brassé à l'échelle pilote,**  
Valérie Guénard-Lampron

**Les acides gras du lait nous parlent,**  
Eric Baumann

<b>10 h 20</b>	<b>Pause Santé - Affiches de la relève scientifique – Salle Royale 1</b>
<b>11 h 10</b>	<b>Vision et leadership en recherche laitière - Salles Royales 2 et 3</b>
11 h 10	<b>Développer ensemble les solutions et les compétences pour produire et transformer le lait de l'avenir</b> Mme Élise Gosselin, directrice générale
11 h 30	<b><u>Nouvelle initiative de recherche sur le confort, la longévité et la vie durable des bovins laitiers</u></b> Mme Elsa Vasseur, Université McGill
<b>12 h 00</b>	<b>Dîner - Salle Royale 1</b>
<b>13 h 00</b>	<b>Affiches de la relève scientifique - Salle Royale 1</b>
<b>13 h 45</b>	<b>Conférences – Consolider les expertises - Salles Royales 2 et 3</b> Modérateur : M. Simon Robert, Agropur coopérative
13 h 45	<b>Conférencier vedette : Milk Production and Processing Innovation : Meeting Public Expectations</b> M. Dave Barbano, Professeur, Science des aliments et Directeur, Northeast Dairy Foods Research Center, Cornell University
14 h 30	<b><u>Chaire de recherche industrielle sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait</u></b> <b>• Bilan et retombées</b> M. Yvan Chouinard, Université Laval
15 h 00	<b><u>Chaire de recherche industrielle en efficacité des procédés de transformation du lait</u></b> <b>• Mesurer et améliorer l'éco-efficacité en transformation du lait : du laboratoire à l'usine</b> M. Yves Pouliot, Université Laval
<b>15 h 50</b>	<b>Remise des Prix d'excellence</b>
16 h 00	<b>Allocution de clôture</b> M. Réal Gauthier, président de Novalait
<b>16 h 15</b>	<b>Vin et fromages</b>

# Fiches Trans-Infos

Novalait

# Comment enrichir les produits laitiers en polyphénols et bénéfiques pour la santé

Durée : 2011 – 2016

## Faits saillants

---

- Ce projet s'inscrit dans une démarche visant à identifier les synergies nutritionnelles et les effets protecteurs des produits laitiers sur les nutriments des autres groupes alimentaires.
- Concernant l'objectif 1, cette étude a démontré pour la première fois, que la présence du calcium influence grandement les interactions EGCG\*/ $\beta$ -lg ou EGCG/caséine alpha s1. Dans le cas de la  $\beta$ -lg la présence d'EGCG est obligatoire pour avoir une augmentation de la taille des particules en fonction de la hausse de concentration en calcium.
- Dans l'objectif 2, l'étude a démontré que le lait a la plus forte capacité de fixation des polyphénols du thé vert avec un taux légèrement supérieur à 80%, alors que le yogourt fixe en moyenne 76% des polyphénols. Cependant, les matrices fromagères offrent un meilleur effet protecteur pour les polyphénols pendant la digestion.
- Selon ces résultats, il serait important de compléter en calcium les laits enrichis avec de fortes concentrations d'extraits riches en polyphénols. De plus, il est apparu que les polyphénols influencent la digestion des produits laitiers en diminuant les vitesses de libération des peptides et acides gras.
- Les résultats confirment pour la première fois l'action protectrice des matrices laitières sur l'activité antioxydante des composés polyphénoliques pendant la digestion. Par contre, les polyphénols de canneberge sont plus sensibles à l'environnement gastro-intestinal que les polyphénols de thé vert.
- Concernant l'objectif 3, les résultats appuient les effets bénéfiques de la  $\beta$ -lg sur le contrôle glycémique mais suggèrent que la consommation d'EGCG et de calcium n'améliore pas cet effet.

\*ÉGCG : épigallocatechine gallate

## Objectifs

---

Afin d'étudier la synergie nutritionnelle entre les composantes du lait et les polyphénols contenus dans le thé et le jus de canneberge, cette étude aura trois objectifs principaux :

- Caractériser les interactions entre les composantes du lait et les composés phénoliques isolés du thé et du jus de canneberge,
- Mesurer, pendant la digestion, l'effet des composantes du lait et de trois matrices laitières (lait, yogourt, fromage) sur la cinétique de dégradation et l'activité antioxydante des composés phénoliques,
- Mesurer, après la digestion, l'effet de la présence des composantes du lait sur l'activité physiologique de polyphénols

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Les travaux des trois axes ont contribué principalement à l'avancement des connaissances dans le domaine laitier, car la majorité des résultats ont été démontrés pour la première fois. De plus, les connaissances et les résultats obtenus dans ce projet, pourraient permettre la mise au point de nouveaux produits laitiers enrichis en polyphénols tout en démontrant les impacts sur la santé ou au cours de la digestion de cet ajout de polyphénols. Grâce aux connaissances développées dans ce projet sur les interactions polyphénols/calcium/protéines laitières (cas-alpha s1 et  $\beta$ -lg) de nouveaux ingrédients laitiers pourraient être formulés (agrégats de protéines riches en EGCG et en calcium). Selon les intérêts des transformateurs, ces résultats pourraient faire l'objet d'un projet en usine pour un transfert de connaissances. Les résultats concernant l'effet des polyphénols du raisin (extraits commerciaux) sur la coagulation présure du lait, pourraient faire aussi l'objet d'une validation à l'usine avant le transfert. De même, nos résultats démontrent qu'il est possible de préserver l'activité

antioxydante des polyphénols selon le type de matrice laitière et la façon de les incorporer dans ces dernières. Enfin, l'information sur la libération des polyphénols au cours de la digestion des matrices laitières permet d'apporter une information aux consommateurs en démontrant les impacts et bénéfices réels des composantes du lait (effet bénéfique sur glycémie postprandiale) ainsi que sur la protection et la libération des polyphénols. Les bénéfices potentiels des résultats de recherche sont : 1) Hausse des revenus par une demande accrue des produits laitiers : Renforcement de l'image « santé » du lait. En plus de sa forte densité nutritionnelle, il offre une « protection » aux nutriments des autres groupes alimentaires (synergies nutritionnelles), 2) Hausse de la qualité des produits : Effet des protéines du lait et du calcium sur la protection et la libération des polyphénols pendant le transit gastro-intestinal et, 3) Mieux répondre aux préoccupations des citoyens et consommateurs.

## Point de contact

### Responsables du projet :

#### Laurent Bazinet

Centre de recherche STELA/INAF,  
Local 1403, Département de  
Sciences des Aliments (ALN), 2425  
rue de l'Agriculture, Université Laval,  
Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 7445  
Laurent.Bazinet@fsaa.ulaval.ca  
[www.laurentbazinet.fsa.ulaval.ca](http://www.laurentbazinet.fsa.ulaval.ca)

#### Michel Britten

Agriculture et Agroalimentaire  
Canada, centre de recherche et de  
développement sur les aliments  
(CRDA), 3600 boul. Casavant Ouest,  
St-Hyacinthe (QC) J2S 8E3  
(450) 768-3235  
michel.britten@agr.gc.ca

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Professionnels formés

### Martine LUSSIER (Maîtrise non terminée)

Expertises développées :

- Méthodes d'analyse des interactions polyphénols-protéines
- Méthodes d'analyse des propriétés antioxydantes (DPPH, ORAC)
- Techniques de fractionnement et de caractérisation des protéines des produits laitiers
- Techniques de dosage
- Opération d'un simulateur de digestion statique

### Valérie CARNOVALE (Doctorat terminé)

Expertises développées :

- Méthodes d'analyse des interactions polyphénols/calcium/protéines du lait
- Effets des produits laitiers et de leurs interactions sur les réponses physiologiques
- Physico-chimie des protéines
- Physiologie et digestion des produits laitiers

## Pour en savoir plus

- Lussier, M.; Britten, M.; Couillard, C.; Bazinet, L. Interaction entre les polyphénols d'un extrait de thé vert et les matrices lactiques: impact sur les activités anti-radicalaire et anti-oxydante. Affiche présentée lors de la 1<sup>ère</sup> journée de la recherche de la Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Agro-Alimentaire, «Mieux nourrir le monde». Québec (Qc), 28 Novembre 2012.
- Lussier, M.; Britten, M.; Couillard, C.; Bazinet, L. Interaction entre les polyphénols d'un extrait de thé vert et les différentes formes de matrices lactiques. Affiche présentée lors du colloque STELA «Innové pour l'avenir du secteur laitier» et du symposium FIL-IDF Canada «Les perspectives de l'industrie laitière», Montréal (Qc), 13-16 mai 2013.
- Carnovale, V.; Britten, M.; Couillard, C.; Bazinet, L. Étude et impacts des interactions entre l'épigallocatechine gallate, la bêta-lactoglobuline et le calcium dans la phase minérale du lait. Affiche présentée lors du Forum Technologique Novalait «Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers», Drummondville (QC), 28 mai 2014.
- Lussier, M.; Britten, M.; Couillard, C.; Bazinet, L. Interaction entre les polyphénols d'un extrait de thé vert et les matrices lactiques. Affiche présentée lors du Forum Technologique Novalait «Carrefour des compétences, savoirs et savoir-faire laitiers», Drummondville (QC), 28 mai 2014.
- Carnovale, V.; Britten, M.; Couillard, C.; Bazinet, L. Effet de complexes épigallocatechine-3-gallate et la  $\beta$ -Lactoglobuline formé dans un ultrafiltrat de lait simulé avec et sans calcium sur la réponse métabolique chez la souris. Affiche présentée dans le cadre du Colloque STELA 2015 «Défis et opportunités du secteur laitier». Affiche n°27. Québec (QC), 1-2 juin 2015.
- Carnovale, V.; Labaeye, C.; Britten, M.; Couillard, C.; Bazinet, L. Impact du calcium sur les interactions entre épigallocatechine-3-gallate et la  $\beta$ -Lactoglobuline. Affiche présentée dans le cadre du Colloque STELA 2015 «Défis et opportunités du secteur laitier». Affiche n°28. Québec (QC), 1-2 juin 2015.

## Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation lactiques (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 250 000 \$**

# Mieux comprendre le rôle de la typicité du lait dans la qualité des fromages fins

Durée : 2012 – 2016

## Faits saillants

---

Le rattachement au terroir québécois prend de plus en plus d'importance pour les consommateurs. Ce projet est l'un des rares faisant état des caractéristiques des laits du terroir et de la caractérisation des espèces fongiques indigènes de fromages fins.

Le projet a permis :

- d'identifier que des levures indigènes provenant de produit du terroir ont des caractéristiques propres qui leur permettent de survivre et d'entrer en compétition/synergie avec les ferments d'affinage ;
- d'identifier les composés aromatiques générés par ces microorganismes permettant d'envisager d'inoculer des fromages avec les espèces étudiées afin de moduler la production d'arôme ;
- de démontrer qu'un effet terroir existerait puisque certains laits d'une même race de vache avaient une composition et une fermentescibilité différentes selon l'origine du lait ;
- de démontrer qu'un ferment lactique constitué de plusieurs souches de lactocoques pourrait avoir un comportement différent s'il était utilisé dans du lait cru ou pasteurisé ;
- de générer de nouvelles informations permettant de documenter les dossiers de fromageries désirant obtenir une appellation ou un terme valorisant en lien au terroir.

## Objectifs

---

L'objectif général du projet est d'accroître les connaissances microbiologiques et technologiques sur les laits du terroir afin d'améliorer et régulariser la qualité des fromages fins artisanaux québécois et d'en identifier les caractéristiques uniques.

Obj. 1. Vérifier l'influence de la microflore fongique native du lait sur l'affinage du fromage.

Obj. 2. Déterminer l'impact des microflores fongiques secondaires sur le profil aromatique des fromages.

Obj. 3. Détermination des composants du lait qui influencent la croissance des microflores fongiques d'affinage et microflores secondaires.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

**Principaux résultats.** Les interactions entre 12 souches de levures indigènes du lait cru et deux *Fungi* utilisés dans l'affinage des fromages ont été caractérisées. Pour certaines de ces souches, une méthode de quantification moléculaire (qPCR) a été optimisée pour évaluer la distribution de ces espèces dans les fromages de terroir. Ces espèces ont également été analysées pour leur contribution dans le profil aromatique des fromages. Des arômes floraux, maltés et rances ont notamment été associés à certaines espèces de levure indigènes. En parallèle, la composition de laits de race canadienne, Jersey, Suisse Brune, Holstein et industriel provenant de différentes régions du Québec et leur impact sur la croissance de lactocoques et de levures ont été comparés. Pour une même race, l'origine du lait (région/terroir) a eu une influence non négligeable sur la composition. En général les

lactocoques croissaient mieux dans les laits de Suisse Brune et la pasteurisation des laits permettait une meilleure croissance (1 log de plus) et une production d'acide lactique 4 fois plus élevée que dans les laits crus. Il a été démontré que certains lactocoques exigeaient uniquement la présence de caséines pour croître tandis que d'autres exigeaient aussi la présence de protéines sériques.

**Impacts économiques et sociaux.** Cette étude apporte une meilleure compréhension de l'impact de la composition du lait et de la microflore indigène sur les propriétés des fromages du terroir. Ceci permet d'identifier les particularités d'un lait de terroir et les espèces indigènes clés qui ont un impact sur la qualité des fromages.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Steve Labrie

Département des Sciences des  
Aliments, Centre STELA/INAF,  
Local 1407, Université Laval,  
2425 rue de l'Agriculture,  
Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 3243  
steve.labrie@fsaa.ulaval.ca

### Collaborateurs :

#### Daniel St-Gelais

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Yvan Chouinard

Université Laval.

#### Sylvie Turgeon

Université Laval.

#### Karine Pedneault

Centre de Développement  
Bioalimentaire du Québec

## Professionnels formés

---

**Joanie Côté**, candidate M.Sc. Propriétés technologiques et physico-chimiques de différents types de lait. (microbiologie, physico-chimie)

**Andréanne Lamarche**, candidate M.Sc. Distribution des souches de levures du terroir. (microbiologie, biologie moléculaire)

**Ariane Pelletier**, candidate M.Sc. Optimisation d'une technique d'identification des arômes produits par les souches de levure du terroir. (microbiologie, analytique)

**Annick Raymond-Fleury**, étudiante B.Sc. Optimisation de la méthode de Barcoding pour l'identification rapide des levures et moisissures laitières. (microbiologie, biologie moléculaire)

## Pour en savoir plus

---

- Articles scientifiques en cours de rédaction portant sur la détection des souches de levure du terroir et la production de composés volatils de ces dernières.
- Présentations sous forme d'affiches au IDF Cheese Science & Technology Symposium 2016.

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

Andréanne Lamarche et Ariane Pelletier sont récipiendaires de bourses de la commission canadienne du lait en collaboration avec Novalait Inc. Andréanne Lamarche a reçu une bourse Agro:Inno de INITIA, du CTAQ et de l'INAF.

**Budget total : 220 000\$**

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

# Les traitements mécaniques ont-ils un impact sur les qualités technologiques du lait ?

Durée : 2012 –2017

## Faits saillants

---

Ce projet vise à étudier l'impact des traitements mécaniques sur la qualité technologique des laits destinés à la production fromagère. Les effets de traitements doux (pompage, écrémage) et intenses (barattage, homogénéisation haute pression) sont étudiés.

- Le pompage et l'écrémage du lait entraînent une faible floculation des globules gras et l'adsorption d'une faible quantité des protéines à leur surface ;
- Les caractéristiques des micelles de caséines, les propriétés de coagulation et les bilans fromagers ne sont pas influencés par les conditions de pompage ou d'écrémage du lait ;
- L'homogénéisation à haute pression du lait écrémé entraîne la solubilisation du calcium colloïdal, diminue la taille des micelles de caséine et augmente leur charge électrique ;
- Malgré des effets sur les propriétés du lait, l'homogénéisation haute pression n'a montré aucun impact sur son aptitude à la coagulation et les bilans fromagers ;
- Le barattage entraîne des modifications importantes de la phase maigre de la crème (babeurre) qui diminuent considérablement ses qualités technologiques ;

Les travaux en cours visent à étudier le potentiel de l'homogénéisation partielle des laits fromagers pour moduler les caractéristiques des fromages.

## Objectifs

---

L'objectif général du projet est de mettre en évidence l'effet des traitements mécaniques sur les propriétés physicochimiques du lait et son aptitude à la transformation fromagère.

Les objectifs spécifiques sont de mesurer l'effet 1) du pompage, 2) de l'écrémage, 3) du barattage, 4) de l'homogénéisation haute pression du lait écrémé et 5) de l'homogénéisation partielle du lait entier.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Les fromagers sont conscients de l'importance d'optimiser les qualités technologiques des laits destinés à la production fromagère. Dans un environnement hautement compétitif, l'amélioration des rendements et le contrôle de la composition des fromages sont essentiels. La standardisation du lait et la maîtrise des traitements thermiques ont fait l'objet de nombreuses études. En comparaison, l'impact des traitements mécaniques sur l'aptitude à la transformation fromagère du lait a reçu peu d'attention.

Nos travaux ont permis de quantifier l'effet des traitements mécaniques sur l'état de dispersion des matières grasses, les propriétés physicochimiques des micelles de caséines et les équilibres entre les phases colloïdale et soluble. Malgré les

changements observés et la précision des méthodes d'analyse, aucun impact significatif sur les aptitudes à la coagulation du lait ou les bilans fromagers n'a été enregistré. La seule exception concerne le barattage de la crème, qui produit un babeurre dont les qualités technologiques des fractions sont inférieures à celles du lait.

Les prochaines activités du projet visent à évaluer l'homogénéisation partielle du lait fromager comme outil de contrôle de la composition et des caractéristiques des fromages. La présence d'une fraction de gras homogénéisée dans le lait modifiera l'organisation structurale du caillé, sa synérèse et les propriétés du fromage (composition, texture, fonte).

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Yves Pouliot

Département des Sciences des  
Aliments, Local 2322-C,  
Université Laval, 2425 rue de  
l'Agriculture, Québec (QC)  
G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 5988  
yves.pouliot@fsaa.ulaval.ca

### Collaborateur :

#### Michel Britten

Agriculture et Agroalimentaire Canada



## Professionnels formés

---

### Marie-Pierre Gauvin (PhD)

Expertises développées :

- Production et fractionnement de babeurre ;
- Techniques de dosage ;
- Techniques d'analyse (Électrophorèse, HPLC, ICP, granulométrie, rhéologie, etc.) ;
- Cinétique de coagulation ; caractéristiques des gels présure ; production fromagère en système modèle.

### Marie-Pier B. Vigneux (M.Sc)

Expertises développées :

- Homogénéisation haute pression ;
- Techniques de dosage ;
- Techniques d'analyse (Électrophorèse, HPLC, ICP, granulométrie, rhéologie, etc.) ;
- Cinétique de coagulation ; caractéristiques des gels présure ; production fromagère en système modèle.

## Pour en savoir plus

---

Les membres de ce projet utilisent les divers véhicules de transfert disponibles pour atteindre les entreprises pouvant exploiter les résultats de cette recherche. Les résultats seront présentés à des congrès (Colloque STELA, Forum Technologique Novalait, American Dairy Science Association, Symposium de la FIL) et publiés dans des revues scientifiques. Les outils de transfert de NOVALAIT et du Centre STELA (INAF) seront également exploités.

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 204 000\$**

# Évaluer la rentabilité à vie d'une vache laitière en faisant parler les données de production et de santé

Durée : 2011 – 2014

## Faits saillants

- La longévité des vaches est un problème connu engendrant un taux de remplacement important et une proportion sous optimale de vaches matures dans les troupeaux. Ceci résulte en une productivité et une rentabilité moindres ;
- Les producteurs ne disposent pas d'une intégration des données de production (Valacta) et des données de santé du troupeau (DSA) qui pourrait fournir une vision d'ensemble de la rentabilité à vie d'une vache et du troupeau ;
- Ce projet combine les données de production et de santé afin de modéliser et démontrer la valeur de l'intégration d'une perspective de profit cumulatif à vie et ; d'examiner les facteurs qui affectent le taux de réforme et la longévité ;
- Un prototype d'outil de visualisation a été développé pour montrer le profit à vie d'une vache ou d'un groupe de vache dans un troupeau comparativement à des moyennes. Le prototype permet aussi la comparaison d'un troupeau à la moyenne d'autres troupeaux similaires ;
- La rentabilité (calculée à la fin de la 4<sup>e</sup> lactation) peut être réduite jusqu'à 20% dû à des événements de santé et par conséquent, ce sont des facteurs importants à considérer au moment de décider quelles vaches conserver et lesquelles réformer ;
- L'outil permet aussi de démontrer, d'une manière très visuelle, l'impact de l'âge au premier vêlage sur la rentabilité à vie ainsi que le temps requis pour payer les coûts d'élevage d'une génisse.
- Le logiciel prototype considère les revenus et les coûts au niveau de chaque vache et peut, par conséquent, utiliser l'information accumulée pour fournir un profil pour le troupeau complet.

## Objectifs

Objectif général : Combiner les données de Valacta et de DSA pour produire des rapports du profit à vie d'une vache et démontrer l'impact des événements de santé sur la rentabilité globale et individuelle d'une vache ainsi que sur sa longévité.

Hypothèses:

- Une incapacité à intégrer les informations sur la production et sur les événements de santé se traduit par une sous-estimation de l'impact global des événements de santé ;
- L'intégration des informations sur la production et sur les événements de santé sur une base à vie peut fournir des statistiques comparatives et de seuils de référence utiles et permettre à un producteur de mieux évaluer la rentabilité des vaches dans son troupeau ;
- La présentation des résultats sous une forme visuelle et graphique peut aider à comprendre quels sont les facteurs particuliers ou les moments précis dans la vie d'une vache qui ont un impact sur la productivité globale et la rentabilité, et qui devraient donc être améliorés.

## Résultats et bénéfices potentiels

Résultats obtenus :

1. Base de données combinant les données de production de Valacta (ex. Production de lait, rations alimentaires et informations sur les saillies) avec les données de santé de DSA (ex. mammite, problèmes de reproduction et problèmes de pieds et membres, etc.) ;
2. Modèle de rentabilité basé sur la production et les événements de santé ;
3. Prototype de logiciel qui permet de visualiser le profit à vie d'une vache et des comparaisons avec des moyennes et seuils de référence indiquant les différents événements (ex. vêlage, saillies, événements de santé, périodes tarées, etc.).

Les résultats de ce projet peuvent aider les producteurs laitiers et leurs conseillers à réduire les coûts vétérinaires en montrant l'impact global de chaque vache dans un troupeau et d'inciter les

producteurs à prévenir les problèmes. Sensibiliser les producteurs aux coûts et à l'impact des événements de santé va leur permettre de réduire les pertes de lait et les coûts reliés au compte des cellules somatiques trop élevé. Être en mesure de montrer l'impact globale des événements dans la vie d'une vache aide le producteur à améliorer sa productivité ainsi que d'améliorer la santé et le bien-être globale des vaches. Avoir un outil qui montre l'impact des événements de santé pour une ferme en particulier aide les producteurs à mieux répondre aux préoccupations du public en général concernant le bien-être animal. Ces résultats pourront permettre au secteur laitier de voir l'augmentation des bénéfices de combiner toutes les données disponibles (production, événements de santé, parage des onglons, bien-être, etc.) afin de fournir de meilleurs profils de vaches et des troupeaux améliorant ainsi la gestion à la ferme. Les résultats de ce projet sont applicables à court et moyen termes comme outil de gestion à la ferme pour les producteurs et leurs conseillers.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Roger Cue

Department of Animal Science,  
Faculty of Agricultural and  
Environmental Sciences, McGill  
University, Ste. Anne de Bellevue  
(QC) H9X 3V9  
(514) 398-7805  
roger.cue@mcgill.ca

### Contributors :

#### R. Lacroix

K.M. Wade  
McGill University

#### Daniel Lefebvre

Valacta

#### E. Bouchard

J. Dubuc  
Université de Montréal

#### A. Sewalem

Agriculture and Agri-Food Canada

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Professionnels formés

---

Deux étudiants au doctorat (**Hector Dalgado** et **Denis Haines**) ont été formés dans le projet. Ils ont acquis une expertise dans l'analyse de larges bases de données, dans les méthodes de recherche épidémiologiques, dans l'interprétation de données et dans la présentation de résultats scientifiques dans des conférences et colloques.

## Pour en savoir plus

---

Plusieurs présentations scientifiques ont été réalisées (ex. American Dairy Science Association, l'association des médecins vétérinaires, etc.) ainsi que plusieurs présentations d'affiches au Symposium sur les bovins laitiers et au Forum Technologique Novalait. Le prototype du logiciel est disponible pour des démonstrations futures. Les articles scientifiques des deux étudiants gradués sont en préparation pour soumission dans des journaux avec comité de lecture. Un article de vulgarisation a été publié dans la revue Le Producteur de lait Québécois en complément d'un court clip vidéo sur le projet disponible sur le site web de Novalait.

## Partenaires financiers

---

Entente de collaboration pour l'innovation en production et en transformation laitières (ECI 2008-2014) :

- Agriculture et Agroalimentaire Canada
- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 246 897\$**

# Vitamines B : les bactéries du rumen suffisent-elles toujours à la tâche ?

Durée : 2011 – 2016

## Faits saillants

---

- Les besoins en vitamines B des vaches laitières ne sont pas toujours comblés par la synthèse de ces vitamines par les bactéries du rumen.
- Sous ces conditions, des suppléments de vitamines B augmentent les performances de lactation et, surtout l'efficacité métabolique des vaches laitières.
- Les résultats du projet ont montré que les concentrations de vitamines B dans les aliments ne permettent pas de prédire les quantités disponibles pour la vache et que ces quantités varient largement en fonction de la composition de la ration.
- Une base de données a été construite et est prête à être utilisée pour développer un modèle de prédiction des quantités de vitamines B disponibles pour la vache en fonction de la régie nutritionnelle.
- Ce modèle permettra aux producteurs de modifier leur régie nutritionnelle en fonction des besoins de la vache et le cas échéant, d'évaluer la pertinence d'utiliser des suppléments de vitamines B.
- À plus long terme, la prise en compte de ces données dans les logiciels de formulation de rations pour vaches laitières devrait se traduire par une augmentation de l'efficacité métabolique réduisant ainsi les coûts de production et les rejets environnementaux. Ceci devrait améliorer l'efficacité des entreprises agricoles québécoises et réduire leur empreinte environnementale.

## Objectifs

---

- Hypothèse : Il est possible de prédire les quantités de vitamines B disponibles pour la vache en fonction de la composition chimique de la ration.
- Objectif : Déterminer les apports alimentaires, la synthèse dans le rumen et le flux duodéal des vitamines B sous diverses conditions de régie nutritionnelle et compiler ces données pour le développement futur d'un modèle de prédiction des apports en vitamines B pour la vache laitière pouvant être intégré dans les logiciels de formulation de ration afin de maximiser l'efficacité métabolique des vaches laitières.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Plusieurs études ont démontré que les besoins en vitamines B des vaches laitières ne sont pas toujours comblés. Sous ces conditions, des suppléments de vitamines B augmentent les performances de lactation et, surtout l'efficacité métabolique des vaches laitières. Cependant, il existe très peu d'informations permettant de prévoir les conditions sous lesquelles les apports en vitamines B peuvent être affectés négativement ou positivement. Ce projet a démontré que les quantités de vitamines B disponibles pour la vache varient en fonction de la nature de la diète. Ce projet a permis une avancée significative des connaissances sur les facteurs influençant la disponibilité des vitamines B chez la vache laitière. En conjonction avec les études permettant de quantifier les besoins en vitamines B des vaches, ces données permettront d'identifier les conditions sous

lesquelles des suppléments alimentaires peuvent être nécessaires pour combler les besoins de l'animal. Les informations recueillies et la base de données qui a été constituée dans le cadre du présent projet permettront, lorsque intégrées dans un modèle de prédiction, de préciser la ou les vitamines à ajouter à la ration ainsi que la dose à utiliser.

La prise en compte de ces données dans les logiciels de formulation de rations pour vaches laitières devrait se traduire par une augmentation de l'efficacité métabolique réduisant ainsi les coûts de production et les rejets environnementaux. Ceci devrait améliorer l'efficacité des entreprises agricoles québécoises et réduire leur empreinte environnementale.

## Point de contact

### Responsables du projet :

#### Rachel Gervais

Département des sciences  
animales, Université Laval, 2425  
rue de l'Agriculture, Québec (QC)  
G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 5950  
rachel.gervais@fsaa.ulaval.ca

#### Christiane L. Girard

Centre de recherche d'agriculture  
et agroalimentaire Canada à  
Sherbrooke, 2000 rue Collège,  
Sherbrooke (QC) J1M 0C8  
(819) 780-7233  
christiane.girard@agr.gc.ca



## Professionnels formés

---

**Valérie Beaudet**, maîtrise en sciences animales, analyses des vitamines B dans des milieux biologiques complexes, assistante de recherche au Centre d'Agriculture et Agroalimentaire Canada de Sherbrooke.

**Douglas de Souza Castagnino**, Ph. D. en sciences animales, analyses des vitamines B dans des milieux biologiques complexes, construction de bases de données, stagiaire postdoctoral en modélisation à l'Université de Guelph.

## Pour en savoir plus

---

- Castagnino, D.S., K.L. Kammes, J.A. Voelker Linton, M.S. Allen, R. Gervais, P.Y. Chouinard, M. Seck et C.L. Girard. 2015. La synthèse apparente de thiamine et de vitamine B12 dans le rumen de vaches laitières recevant une ration à base d'ensilages de luzerne ou de dactyle. 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/castagnino\\_oral.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/Documents/EBOV1502/castagnino_oral.pdf)
- Castagnino, D.S., K.L. Kammes, M.S. Allen, R. Gervais, P.Y. Chouinard, et C.L. Girard. 2015. Influence de la longueur des particules des ensilages de luzerne et de dactyle sur la synthèse ruminale apparente de thiamine et de vitamine B12 chez la vache 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/Documents/EBOV1502/castagninoaffiche.pdf>

- Castagnino, D. S., R. Gervais et C. L. Girard. 2016. Nature de la diète: l'élément clé des apports en vitamines B pour la vache laitière. Le Producteur de lait québécois. Avril 2016:30-32.

## Partenaires financiers

---

Entente de collaboration pour l'innovation en production et en transformation laitières (ECI 2008-2014) :

- Agriculture et Agroalimentaire Canada
- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 250 000\$**

# Comment le profil minéral de la ration influence la matière grasse du lait

Durée : 2012 – 2016

## Faits saillants

---

- De récents travaux ont montré que la synthèse des matières grasses laitières des vaches en début de lactation recevant une ration riche en concentrés sont affectées par le profil minéral de la ration, étant notamment stimulées par l'ajout d'une source de carbonate de potassium ( $K_2CO_3$ ).

Ce projet de recherche visait donc à :

- Déterminer si les effets observés sur les performances de production sont dus à une augmentation :
  - des apports en K,
  - de la différence alimentaire anion-cation (DACA) ou
  - du pouvoir tampon ;
- Évaluer les effets d'un ajout de  $K_2CO_3$  à des rations acidogènes (riches en concentrés et en huile végétale).

Les résultats de ce projet nous ont permis de constater que :

- Il existe, entre les animaux, une grande variabilité quant à la capacité de leur rumen à résister à des rations riches en concentrés et à maintenir un taux de matières grasses élevé ;
- L'ajout de  $K_2CO_3$  à la ration a un effet sur les bactéries impliquées dans la biohydrogénation des acides gras dans le rumen ;
- L'augmentation des concentrations de K dans la ration via l'ajout de  $K_2CO_3$  entraîne un déséquilibre des ions minéraux qui se traduit par une diminution de la production laitière.

## Objectifs

---

- Départager les effets de la DACA, de la teneur en K et du pouvoir tampon de la ration sur la biohydrogénation des acides gras polyinsaturés dans le rumen et la teneur en matières grasses du lait.
- Chez la vache haute-productrice recevant une ration riche en concentrés, vérifier l'interaction entre des apports de  $K_2CO_3$  et d'huile de soya (source d'acides gras polyinsaturés) sur :
  - les populations microbiennes du rumen ;
  - la biohydrogénation des acides gras ;
  - les performances animales.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Les résultats de notre étude ont d'abord permis de vérifier qu'il existe une grande variabilité entre les vaches d'un même troupeau quant à la capacité de leur rumen à résister à des rations riches en concentrés. Par ailleurs, nous avons observé que l'ajout de  $K_2CO_3$  à la ration entraîne des modifications des populations bactériennes, qui à leur tour préviennent la synthèse ruminale d'acides gras inhibiteurs de la synthèse des matières grasses du lait. Cependant, contrairement aux résultats obtenus par d'autres équipes de recherche, l'expérience actuelle n'a pas permis d'associer une augmentation de la DACA et/ou des concentrations en potassium de la ration à un accroissement de la production quotidienne de matières grasses laitières. De plus, cette étude nous a permis de constater que l'augmentation des teneurs en K de la ration via l'ajout de  $K_2CO_3$  entraîne un déséquilibre ionique qui nuit aux performances des animaux, notamment la production laitière.

L'avancement des connaissances scientifiques quant à l'impact du profil minéral de la ration sur les performances des animaux nous permet de mieux cibler les stratégies d'alimentation qui ont un réel impact sur la production et la composition du lait de la vache haute-productrice. Les données recueillies nous permettent aussi de mieux comprendre l'importance de l'équilibre ionique de la ration sur l'efficacité de la glande mammaire à produire du lait. Ces résultats nous permettent d'élaborer des stratégies nutritionnelles innovantes qui, une fois intégrées aux systèmes d'alimentation, auront d'importantes retombées économiques pour les producteurs.

## Point de contact

### Responsables du projet :

#### Rachel Gervais

rachel.gervais@fsaa.ulaval.ca

#### Yvan Chouinard

yvan.chouinard@fsaa.ulaval.ca

#### Edith Charbonneau

edith.charbonneau@fsaa.ulaval.ca

Département des sciences animales,  
Université Laval, 2425 rue de  
l'Agriculture, Québec (QC)  
G1V 0A6  
(418) 656-2131

### Collaborateurs :

#### Gaëtan Tremblay

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Johanne Chiquette

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Daniel Lefebvre

Valacta

#### Alain Fournier

Ministère de l'Agriculture, des  
Pêcheries et de l'Alimentation du  
Québec

## Professionnels formés

---

**Angel Rene Alfonso Avila**, candidat au doctorat, a développé une expertise unique dans l'étude des populations microbiennes et du métabolisme du rumen, et de l'évaluation de l'utilisation des minéraux par les vaches laitières.

## Pour en savoir plus

---

Alfonso-Avila, A.R., É. Charbonneau, P.Y. Chouinard, G.F. Tremblay, et R. Gervais. 2015. Utilisation du carbonate de potassium pour maximiser la production de matières grasses du lait. Page 18. Dans : 39e Symposium sur les bovins laitiers. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 29 octobre 2015, Drummondville, Qc.

Alfonso-Avila, A.R., É. Charbonneau, P.Y. Chouinard, G.F. Tremblay et R. Gervais. 2015. Influence du profil minéral de la ration sur la production de matières grasses du lait chez la vache. 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/alfonso\\_resume.pdf](http://www.craaq.qc.ca/documents/files/EBOV1401/alfonso_resume.pdf)

Alfonso-Avila, A.R., A.-M. Richard, É. Charbonneau, P.Y. Chouinard, G.F. Tremblay et R. Gervais. 2015. Influence du profil minéral de la ration sur la production de matières grasses du lait chez la vache. Congrès AMVPQ 2015. Association des médecins vétérinaires praticiens du Québec, 24-27 septembre, Saint-Sauveur, Qc.

Alfonso-Avila, A.R., P.Y. Chouinard, E. Charbonneau, J. Chiquette, G.F. Tremblay, A.-M. Richard et R. Gervais. 2016. Nutrition minérale : Nouvelles perspectives pour des performances laitières optimales. Sera présentée au Forum Technologique Novalait. 2 juin. Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.

Charbonneau, E., A.R. Alfonso-Avila, P.Y. Chouinard, J. Chiquette, G.F. Tremblay, A.-M. Richard et R. Gervais. 2016. Influence du profil minéral de la ration sur la production de matière grasse du lait. Sera présentée au Forum Technologique Novalait. 2 juin. Hôtel et Suites Le Dauphin, Drummondville, QC.

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

Centre de recherche en sciences animales de Deschambault

**Budget total : 220 000\$**

**Novalait**

Research catalyst

# Nouvelle initiative chaire de recherche sur le confort, la longévité et la vie durable des bovins laitiers

Durée : 2016 – 2020

## Faits saillants

---

- Les producteurs laitiers ont le défi de fournir le marché de produits de haute qualité tout en assurant une productivité maximum par une compréhension des besoins nutritionnels et physiologiques de la vache, tout en intégrant les attentes sociétales concernant le respect de l'environnement, du bien-être animal, et l'accessibilité économique.
- Optimiser la durée de vie des bovins laitiers afin de diminuer la réforme involontaire et les pertes économiques pour les producteurs et l'industrie est un enjeu important tout en respectant les préoccupations sur le respect du confort et du bien-être des animaux et de l'environnement.
- Sur ces prémisses et afin d'avoir une nouvelle expertise dans le domaine, la nouvelle chaire de recherche sur la vie durable des bovins laitiers a vu le jour à l'Université McGill. Cette importante initiative de recherche vise à livrer aux producteurs laitiers des données concrètes et des outils pour optimiser le confort, avec un focus particulier sur la stabulation entravée, et accroître la durée de vie des vaches.
- La chaire vise également à améliorer les recommandations en matière de bien-être pour aider tous les producteurs à être prêts pour la mise en œuvre du volet bien-être du programme nationale ProAction.

## Objectifs

---

- La chaire de recherche a pour objectif d'optimiser le confort, avec un focus particulier sur la stabulation entravée, et accroître la durée de vie des vaches tout en considérant la durabilité des fermes laitières

## Résultats et bénéfices potentiels

---

La chaire poursuivra ses activités de recherche selon trois principaux thèmes au cours des cinq prochaines années.

### Thème 1 : Confort des vaches et gestion du troupeau

- Le premier thème de recherche se concentrera sur les connaissances et adaptations requises pour fournir un environnement approprié en matière de confort. Comme les recherches actuelles sur le confort se font essentiellement avec des systèmes en stabulation libre, il est nécessaire de réaliser des projets en systèmes entravés pour mieux comprendre les besoins de confort et optimiser les recommandations.

### Thème 2 : Longévité des vaches

- Le deuxième thème de recherche se penchera sur les mesures de rentabilité long-terme et de survie des animaux dans les troupeaux. Les sujets de remplacement et les vaches en production seront sous la loupe. Les projets de ce thème pourront bénéficier de données combinées récoltées sur des fermes commerciales et des bases de données de Valacta.

### Thème 3 : Environnement et société

- Le troisième thème de recherche permettra d'élargir la perspective sur les normes internationales, les études du cycle de vie, et l'acceptabilité des consommateurs. Il sera question de valider que les mesures pour améliorer le bien-être et la longévité sont en accord avec la durabilité globale (environnementale, économique et sociale) des fermes laitières.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Elsa Vasseur

Département de science animale,  
Université McGill, 21111 Lakeshore,  
Ste-Anne-de-Bellevue (QC) H9X 3V9  
(514) 398-7799  
elsa.vasseur@mcgill.ca

### Collaborateurs :

#### Kevin Wade

Roger Cue  
Université McGill

#### Doris Pellerin

Université Laval

#### Jeff Rushen

Université de la Colombie-  
Britannique (UBC)

#### Joop Lensink

ISA Lille (France)

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Professionnels formés

---

La chaire de recherche vient tout juste de démarrer (1<sup>er</sup> janvier 2016) et déjà, une étudiante au doctorat (**Elise Shepley**), trois étudiantes à la maîtrise (**Jessica St John**, **Sirine EL Hamdaoui**, **Véronique Boyer** ; toutes en comportement et confort), et un stagiaire postdoctoral (**Hector Delgado** ; analyse de larges bases de données) ont démarré ou sont sur le point de démarrer leur programme de recherche à l'Université McGill. Au total, les projets de recherche de la chaire formeront plus d'une dizaine d'étudiants gradués et plus d'une vingtaine de stagiaires.

## Pour en savoir plus

---

- Un premier article de présentation de la chaire dans l'édition de juin 2016 de la revue Le producteur de lait québécois
- Site internet de la titulaire de la chaire : <https://www.mcgill.ca/animal/staff/elsa-vasseur>

## Partenaires financiers

---

La chaire de recherche est financée dans le cadre du programme de chaire de recherche industrielle du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRNSG).

Les partenaires industriels sont :

- Novalait
- Les Producteurs de Lait du Canada
- Valacta

L'Université McGill a aussi contribué financièrement

**Budget total : 1 720 000\$**



# Chaire de recherche industrielle CRSNG-Novalait-PLC-FPLQ-MAPAQ-Valacta sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache

Durée : 2009 – 2016

## Faits saillants

---

- La programmation de recherche a été établie pour permettre aux producteurs 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.

Grâce aux travaux de la chaire :

- Il est aujourd'hui possible d'évaluer l'impact de la ration sur l'équilibre du rumen à partir du profil en acides gras du lait.
- Les impacts de différentes stratégies nutritionnelles sur la synthèse et la composition du lait (DACA, profil en acides gras de la ration, supplémentation lipidique) ont été validés en conditions commerciales.
- Des outils pour améliorer le transfert des acides gras  $\omega$ -3 de la ration au lait et des moyens de prévenir l'oxydation de ces acides gras bénéfiques pour la santé ont été identifiés.
- Des techniques de pointe permettent maintenant la caractérisation des composés volatils qui composent le profil aromatique du lait.

## Objectifs

---

- 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.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

En offrant aux producteurs des outils supplémentaires afin de mieux prédire la valeur nutritive des rations et/ou de diagnostiquer rapidement certains désordres métaboliques via l'analyse du profil en acides gras du lait, les efforts de recherche déployés ont des impacts directs sur la régie d'alimentation des troupeaux, et donc la rentabilité des entreprises. Par ailleurs, en améliorant le transfert des acides gras  $\omega$ -3 de la ration au lait et en développant des moyens de prévenir leur oxydation, il est possible d'améliorer les apports de ces acides gras indispensables, non seulement dans les produits laitiers pour les consommateurs, mais également dans les tissus de la vache. Les travaux ont aussi permis de valider, en conditions commerciales, des concepts découlant d'observations faites en conditions expérimentales, comme par exemple l'importance de la différence alimentaire cation-anion (DACA), de l'ajout de suppléments lipidiques, ou du profil en

acides gras de la ration sur la production et la composition du lait. Les résultats obtenus sont 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.

En permettant le développement de techniques de pointe pour déterminer le profil aromatique du lait, les travaux rendent possible un meilleur contrôle de la teneur en composés volatils dans le lait. Cela facilitera le développement de produits de créneau, aux profils aromatiques spécifiques. À long terme, ces connaissances pourront également servir au développement d'un service diagnostique pour le producteur qui voit son lait rejeté par le camionneur pour cause de mauvaise odeur.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Yvan Chouinard

Département des sciences  
animales, Université Laval,  
2425 rue de l'Agriculture, Québec  
(QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 8053  
yvan.chouinard@fsaa.ulaval.ca

## Professionnels formés

**Rachel Gervais**, PhD, stagiaire post-doctorale : développement d'outils diagnostiques basés sur l'analyse des acides gras du lait. Professeure au département des sciences animales de l'Université Laval

**Adriana Pilar Urviola Garcia**, stagiaire 2ème cycle-Chili : Modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché

**Marie-Christine Fauteux**, M.Sc. : transfert des caroténoïdes de fourrages déshydratés dans les sécrétions lactées et impact sur la stabilité oxydative des matières grasses du lait. Expert-Conseil en productios animales, La Coop.

**Maxime Leduc**, M.Sc., candidat au doctorat.: modulation des constituants mineurs du lait en lien avec les besoins du marché

**Hernan José Bueno Larroque**, stagiaire 2ème cycle-Uruguay : Modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché

**Sara Maritza Pena Cotrino**, stagiaire 2ème cycle-Colombie : Modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché

**Hanen Manai**, M.Sc., candidate au doctorat : effets des acides gras alimentaires sur la teneur en matières grasses du lait en conditions commerciales

**Jair Esteban Parales Giron**, stagiaire 2ème cycle-Colombie : Modulation de la composition du lait en lien avec les besoins du marché

**Liliana Fadul Pacheco**, candidate au doctorat : Étude des facteurs alimentaires influençant la teneur des constituants majeurs du lait en conditions commerciales via l'analyse de banques de données

**Eric Baumann**, M.Sc., candidat au doctorat : développement d'outils diagnostiques basés sur l'analyse des acides gras du lait.

**Marie-Pier Villeneuve**, M.Sc. : effets du type de fourrage sur le profil aromatique du lait. Enseignement post-secondaire en agriculture.

**Leacady Saliba**, M.Sc. : Effets des acides gras polyinsaturés en interaction avec l'amidon de la ration sur la teneur en lactones dans le lait et de l'impact de ces composés aromatiques sur la saveur du lait. Poursuit ses études doctorales à l'étranger.

**Daniel Rico**, Ph.D., stagiaire post-doctoral : Flaveur et contrôle de la stabilité oxydative du lait. Se dirige vers une carrière en recherche en production laitière, au Canada.

## Pour en savoir plus

### 23 présentations aux partenaires

- *Forum technologique Novalait, Symposium sur les bovins laitiers, Journée d'information scientifique - Bovins laitiers et plantes fourragères, Colloque STELA*

### 18 présentations à des congrès scientifiques

- *American Dairy Science Association, International Symposium on the Nutrition of Herbivores*

### 7 publications scientifiques

- *Journal of Dairy Science, Animal, Journal of Dairy Research*

### 4 articles de vulgarisation

- *Le producteur de lait québécois, The Milk Producer*

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Partenaires financiers

Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada  
Les Producteurs laitiers du Canada  
Les Producteurs de lait du Québec  
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec  
Novalait  
Valacta  
Centre de recherche en sciences animales de Deschambault  
Université Laval

**Budget total : 1 631 086 \$**

# Chaire de recherche industrielle CRSNG-Novalait en efficience des procédés de transformation du lait

Durée : 2014 – 2019

## Faits saillants

---

- Le secteur de la transformation laitière développe actuellement une approche industrielle innovante afin d'optimiser l'éco-efficience des procédés utilisés.
- Les technologies de séparation par membranes ont été ciblées comme modèle d'études du fait de leur utilisation omniprésente dans la chaîne de transformation du lait et de ses coproduits. Ces procédés sont susceptibles d'avoir une incidence positive et significative sur la réduction des coûts de production (achat et remplacement des membranes), sur l'utilisation des ressources naturelles (eau, énergie) et sur la génération de rejets (lactosérums doux et acide, eaux de lavage, etc.) qu'il est nécessaire de traiter.
- Les travaux de la Chaire CRSNG-Novalait en efficience des procédés de transformations du lait visent à optimiser l'utilisation des constituants naturels du lait tout en améliorant les performances des procédés membranaires afin de proposer des solutions novatrices et applicables à court-terme pour l'industrie de la transformation du lait.
- Les travaux étant orientés sur l'amélioration des procédés dans un contexte d'éco-efficience, l'approche expérimentale de chacun des axes de la programmation inclut une phase d'**évaluation des impacts** ainsi qu'une phase de **caractérisation de l'état des constituants du système**, ce qui permet de poser des hypothèses concernant les points d'amélioration potentiels du procédé.

## Objectifs

---

Les travaux de la Chaire visent à :

- Identifier de nouvelles approches permettant d'améliorer l'utilisation des constituants naturels du lait, tout en minimisant l'impact environnemental des procédés (eau, énergie, pertes/rejets).
- Développer les outils de mesure et les méthodes d'inventaire appropriés, permettant de quantifier l'effet des procédés sur les paramètres d'éco-efficience en transformation laitière.
- Appliquer les nouveaux outils aux problématiques de transformation du lait et de ses coproduits.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

### BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES

- **Hausse de la productivité** : la contribution des paramètres de filtration sur l'apparition du colmatage et l'augmentation de la consommation énergétique des systèmes baromembranaires lors du fractionnement des constituants laitiers permet de générer des données d'intérêt servant d'outil d'aide à la décision pour les transformateurs laitiers afin d'optimiser leur productivité en usine.
- **Diminution des coûts de transformation** : l'étude des mécanismes d'établissement des biofilms, de leur contribution à la perte de performance des procédés baromembranaires et la mise en place de solutions permettant de contrôler leur formation à long terme permettra aux industriels laitiers de minimiser les coûts liés au remplacement et au nettoyage des membranes.
- **Amélioration de la qualité des produits générés** : la compréhension des mécanismes liés aux modifications des propriétés physico-chimiques des matrices laitières concentrées permet d'optimiser leur stabilité et leur qualité à l'entreposage permettant leur potentielle utilisation pour la transformation fromagère.

### BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX

L'ensemble des études liées à l'optimisation des paramètres de filtration pour le contrôle des colmatages organiques et microbiologiques induisent 1) une **diminution des intrants et extrants** liée à une baisse de la consommation d'énergie et de solutions/effluents de nettoyage et à une optimisation de la durée de vie des membranes et permettra 2) la **mise en place d'un logiciel de simulation de l'éco-efficience** : adapté aux procédés de transformation du lait et permettant de tester différents scénarios de production en lien avec des données économiques (coût des matières premières et des ressources) et environnementales et de choisir le plus éco-efficient.

### BÉNÉFICES SOCIAUX

Le citoyen étant davantage socialement responsable dans ses habitudes de consommation, l'ensemble des avantages présentés ci-dessus permettront à long terme de mieux répondre aux préoccupations des consommateurs d'un point de vue développement durable.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Yves Pouliot

Département des Sciences des  
Aliments, Local 2322-C,  
Université Laval, 2425 rue de  
l'Agriculture, Québec (QC)  
G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 5988  
yves.pouliot@fsaa.ulaval.ca

### Collaborateurs :

#### Alain Doyen

Université Laval

#### Laurent Bazinet

Université Laval

#### Steve Labrie

Université Laval

#### Christian Bouchard

Université Laval

#### Manuele Margni

École Polytechnique de Montréal

#### Michel Britten

Agriculture et Agroalimentaire Canada

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Professionnels formés

---

Les finissants de la Chaire ont en commun une formation de pointe et un intérêt particulier pour les sciences laitières, l'éco-efficience en transformation et le développement durable.

**Daniel Tremblay-Marchand** (MSc) – Janvier 2016\*\*\*

**Stéphanie Méthot-Hains** (MSc) – Avril 2016\*\*\*

**Dany Mercier-Bouchard** (MSc) – Décembre 2016

**Camile Gavazzi-April** (MSc) – Avril 2017

**Gabrielle Beaulieu-Carbonneau** (MSc) – Avril 2017

**Scott Benoit** (PhD) – Août 2017

**Agathe Lauzin** (PhD) – Avril 2018

**Julien Chamberland** (PhD) – Avril 2018

\*\*\* *Diplôme obtenu*

## Pour en savoir plus

---

Les membres de ce projet utilisent les divers véhicules de transfert disponibles pour atteindre les entreprises pouvant exploiter les résultats de cette recherche. Les résultats ont été/seront présentés à des congrès (Colloque STELA, American Dairy Science Association, Symposium de la FIL) et publiés dans des revues scientifiques. Les outils de transfert de NOVALAIT, du Centre STELA (INAF) et du site internet de la Chaire sont/seront également exploités.

## Partenaires financiers

---

Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada  
Novalait  
Fondation canadienne pour l'innovation (FCI – Fonds des leaders)  
Université Laval

**Budget total : 1 775 000 \$**

# Projets en cours

Novalait

## Projets en cours

Poster Session	Scientist
 <a href="#">Ajuster la traite en période de transition pour mieux contrôler le bilan énergétique négatif et ses conséquences</a>	<b>Simon Dufour,</b> <b>Université de Montréal</b>
 <a href="#">Biotechnologie verte pour valoriser des coproduits fromagers : le procédé Biobac</a>	<b>Michèle Heitz,</b> <b>Université de Sherbrooke</b>
 <a href="#">Prévalence des microorganismes des ensilages et du lait cru et de leurs impacts sur la qualité des produits laitiers</a>	<b>Denis Roy, Université Laval</b>
 <a href="#">Impact des procédés et de la composition des produits laitiers fermentés sur leur stabilité et leurs propriétés rhéologiques</a>	<b>Sylvie Turgeon, Université Laval</b>
 <a href="#">Amélioration des graminées fourragères dans un contexte de changements climatiques</a>	<b>Edith Charbonneau,</b> <b>Université Laval</b>
 <a href="#">Impact des procédés de fabrication de yogourts de type grec enrichis en protéines sur la qualité, la salubrité et la valorisation éco-efficiente des coproduits</a>	<b>Gisèle Lapointe, Université Laval</b>
 <a href="#">La biologie des systèmes appliquée au Cheddar</a>	<b>Sylvain Moineau, Université Laval</b>
 <a href="#">Amélioration de l'éco-efficience des procédés de transformation du lait par une utilisation optimale des constituants du lait: le cas du yogourt grec</a>	<b>Yves Pouliot, Université Laval</b>

# Traite ajustée en période de transition afin de mieux contrôler le bilan énergétique négatif et ses conséquences

Durée : 2013 – 2016

## Faits saillants

---

- En début de lactation il y a un déséquilibre entre les apports et les besoins en nutriments chez les vaches laitières ce qui a un impact négatif important sur l'incidence de maladies (e.g. hypercétonémie, mammite) et sur les performances reproductrices.
- L'approche conventionnelle pour contrôler ce déséquilibre consiste à augmenter la densité énergétique de la ration en début de lactation.
- Une approche alternative serait de diminuer temporairement les besoins en effectuant une traite incomplète (10L/j) des vaches pendant les 5 premiers jours de la lactation.
- Un essai contrôlé randomisé a été réalisé sur 800 vaches provenant de 13 fermes laitières commerciales afin d'évaluer l'impact d'une telle pratique sur la balance énergétique des vaches et sur ses conséquences.
- La traite incomplète a permis de réduire significativement la concentration sanguine de corps cétoniques entre le 6ième et le 15ième jour en lait.
- Les vaches sous un protocole de traite incomplète semblaient adopter un comportement désirable de repos (i.e. temps couché) plus tôt durant la lactation.
- L'impact de la traite incomplète sur l'incidence de maladies infectieuses et métaboliques et sur la reproduction sera étudié dans les prochains mois.

## Objectifs

---

L'objectif de l'étude est de mesurer, chez les vaches multipares, l'impact d'une traite incomplète durant la première semaine de lactation sur:

- les concentrations sériques de corps cétoniques,
- le confort des vaches durant la période de traitement,
- l'incidence des maladies métaboliques et infectieuses d'importance (hypercétonémie, mammite clinique et sous-clinique, métrite et endométrite),
- les performances reproductrices,
- la production de lait,
- le taux de réforme.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Les résultats de ce projet permettront de confirmer l'utilité d'une méthode novatrice de gestion de la balance énergétique durant la période de transition dans un contexte commercial. Notre hypothèse est que la traite ajustée permettra de réduire temporairement la production laitière et les besoins énergétiques des vaches multipares en période de transition et, donc, de contrôler de manière significative le bilan énergétique négatif et la cétonémie habituellement observés chez ces animaux. De plus, ces améliorations se feront sans impact négatif sur la production laitière subséquente des vaches. Notre postulat est que ce contrôle accru du bilan énergétique sera associé à une réduction de l'incidence de plusieurs problèmes de santé, à une amélioration des performances reproductrices et, ultimement, à une

amélioration de la longévité des troupeaux laitiers. Le meilleur contrôle des problèmes de santé et des performances reproductrices attendu pourrait même se traduire par une augmentation de la production laitière subséquente.

De plus, un effet positif sur la rentabilité des troupeaux est attendu, étant donné les coûts minimes et les impacts positifs importants potentiellement associés à cette méthode de gestion alternative de la période de transition. Finalement, les résultats de cette recherche sur les vaches multipares serviront potentiellement à orienter des recherches subséquentes qui permettront d'évaluer l'impact de ce mode de gestion sur les performances de vaches primipares.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### **Simon Dufour**

Faculté de médecine vétérinaire,  
Université de Montréal, CP 5000  
St-Hyacinthe (QC) J2S 7C6  
(450) 773-8521 #8605  
simon.dufour@umontreal.ca

### Collaborateurs :

#### **Younès Chorfi**

Université de Montréal

#### **Jocelyn Dubuc**

Université de Montréal

#### **Jean-Philippe Roy**

Université de Montréal

#### **Pierre Lacasse**

Agriculture et Agroalimentaire  
Canada

#### **Debora Santschi**

Valacta

## Professionnels formés

---

**Pierre-Alexandre Morin** (Maitrise), expertise en épidémiologie vétérinaire. Présentement, vétérinaire praticien à la Clinique ambulatoire de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal. Compte poursuivre son travail en enseignement clinique de la médecine vétérinaire.

**Catarina Krug** (Doctorat), expertise en épidémiologie et en comportement animal. Compte poursuivre ses travaux en recherche en santé et comportement animal.

**Ève-Marie Lavallée-Bourget** (stage d'été en recherche), étudiante au DMV.

**Caroline Bergeron** (stage d'été en recherche), étudiante au DMV

**Josée Lemay-Courchesne** (stage d'été en recherche), étudiante au DMV

## Pour en savoir plus

---

Les résultats de recherche seront transférables à très court terme (i.e. dès la fin du projet de recherche) aux producteurs laitiers. Des articles dans le Producteurs de Lait Québécois, le Savoir Laitier et The Milk Producer seront privilégiés de même que des formations et conférences aux utilisateurs en collaboration avec nos collaborateurs de Valacta dans le cadre des activités de transfert du regroupement stratégique FRQ-NT Op+Lait ([www.oplait.org](http://www.oplait.org)).

**Novalait**  
Research catalyst

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 220 000\$**

## Développement d'une biotechnologie verte innovatrice pour valoriser des coproduits fromagers : le procédé Biobac

Durée : 2013 – 2016

### Faits saillants

---

- Ce projet vise la transformation du lactose contenu dans le lactosérum et le perméat en diols (2,3-butanediol (BD) ou en acétoïne (A)) par l'intermédiaire d'un procédé de fermentation dénommé Biobac qui met en œuvre une bactérie génétiquement améliorée.
- Le projet est divisé en trois parties :
  - Les gènes permettant la production de BD et A ont été synthétisés chimiquement et ajoutés au chromosome de la bactérie *Escherichia coli*. Des mutations inactivant des gènes clés de cinq voies de fermentation compétitrices ont été générées, augmentant ainsi les rendements en ces deux produits et diminuant l'abondance d'autres sous-produits.
  - Les premiers résultats de fermentation du lactosérum et du perméat de lactosérum à l'échelle laboratoire donnent des rendements en diols respectivement de 19 et 12 % (masse de soluté / masse de solution). L'optimisation des conditions de fermentation est en cours.
  - Afin de vérifier la faisabilité économique et environnementale de la valorisation du lactosérum et de son perméat, une analyse du cycle de vie couplée à l'indice d'éco-efficience est en cours.
  - Trois tailles d'entreprise de production fromagère sont à l'étude. Cinq scénarios de valorisation des coproduits fromagers sont considérés dont la production de concentrés de protéines du lactosérum (CPL), de biogaz, et le nouveau procédé Biobac en considérant la valorisation de lactosérum et de son perméat. Ces comparaisons permettront d'identifier les procédés plus efficaces de points de vue économique et environnemental.

### Objectifs

---

Objectif général : Modifier génétiquement une bactérie afin de produire par fermentation en une étape deux produits à valeur ajoutée et étudier l'impact environnemental et l'éco-efficience du procédé.

- Développer par génie métabolique des souches bactériennes *Escherichia coli* capables de produire des molécules d'intérêt commercial comme l'acétoïne et/ou le 2-3 butanediol. Valider l'application pour valoriser les coproduits de production fromagère comme le lactosérum ou son perméat, contenant une concentration importante de lactose pouvant être fermenté.
- Optimiser la fermentation à l'échelle laboratoire sous diverses conditions opératoires du lactosérum et de son perméat en présence de la bactérie modifiée.

### Résultats et bénéfices potentiels

Les travaux ont permis d'identifier trois gènes codant pour des enzymes permettant de transformer successivement le pyruvate provenant de la glycolyse en acétolactate puis en acétoïne et finalement en 2-3 butanediol. Ces gènes ont été synthétisés puis intégrés au chromosome d'*Escherichia coli* ce qui a permis la production de ces molécules. Par la suite, une série de délétions dans les cinq voies de fermentation a été créée pouvant potentiellement compétitionner la production d'acétoïne et de 2-3 butanediol. L'ajout de la voie métabolique du 2-3 butanediol couplé à la délétion de certaines voies de fermentation endogènes à *E. coli* permet d'obtenir les meilleurs rendements lors de la fermentation du glucose. Toutefois, les rendements en diols demeurent modestes (15-20g/L).

Au niveau de la fermentation du lactose (25 g/L) (à l'échelle laboratoire en présence de M9 et d'urée, de Mg et de Ca, sous une température de 37 °C, un pH initial d'environ 7, et sous pression atmosphérique), le rendement en diols est de 21 % (m/m) après 120 h de fermentation, tandis qu'il est de 18 % (m/m) après 24 h avec une concentration de lactose de 12.5 %

(g/L). Sous des conditions opératoires identiques, le rendement en diols obtenus à partir du lactosérum et de son perméat est inférieur à 20 % (m/m).

En ce qui a trait à l'étude environnementale et à l'éco-efficience, les points abordés concernent : a) la valorisation de coproduits laitiers qui peuvent avoir une valeur commerciale offrant une source d'approvisionnement durable alternative au pétrole; b) l'amélioration de la qualité de vie et de la protection des ressources naturelles (l'eau) par la réduction de la DBO et de la DCO des rejets industriels de la transformation laitière; c) le développement de références pour l'analyse de cycle de vie afin de calculer l'éco-efficience de la valorisation du lactosérum et de son perméat. Ces points constitueront la première étude qui comparera un processus de valorisation de coproduits fromagers dans le contexte québécois; d) l'étude d'analyse du cycle de vie et de l'éco-efficience permettra d'identifier les procédés ou les étapes critiques afin de créer des stratégies liées à la diminution de l'impact environnemental.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Michèle Heitz

Département de génie chimique et de génie biotechnologique, Faculté de génie, Université de Sherbrooke, 2500 bld Université, Sherbrooke (QC) J1K 2R1  
(819) 821-8000 # 62827  
michele.heitz@usherbrooke.ca

### Collaborateurs :

#### Nathalie Fauchoux

Université Sherbrooke

#### Sébastien Rodrigue

Université de Sherbrooke

#### Damien de Halleux

Université Laval

#### Stéphane Godbout

IRDA

#### Frédéric Pelletier

IRDA

#### Antonio Avalos Ramirez

CNETE

#### Anne Giroir-Fendler

Université de Lyon 1

## Professionnels formés

---

**Angela Maria Trivino**, étudiante en maîtrise en génie agroalimentaire (Université Laval). Expertises : Étude d'impact environnemental, analyse cycle de vie, procédés de valorisation de lactosérum, défis et opportunités du secteur laitier.

**Jean-François Rousseau**, étudiant à la maîtrise (Biologie, Université de Sherbrooke). Expertises : génie métabolique, biologie moléculaire ; intérêt professionnel : entrepreneuriat.

**David Fernandez**, étudiant au doctorat (Génie Chimique, Université de Sherbrooke). Expertises : fermentation, bioréacteurs, génie biotechnologique, environnement, traitement de l'eau.

## Pour en savoir plus

---

- Une revue de la littérature sur la production de butanediol par fermentation a été soumise (Fernandez et al.);
- Conférence internationale : Fernandez et al. 2016. Fermentation of a dairy waste into acetoin by Escherichia coli. 8th International Conference on Waste Management and the Environment, Wessex, June 2016, Valencia, Spain ;
- Un article décrivant l'élaboration des souches d'Escherichia coli capables de produire de l'acétoïne et du butanediol est présentement en préparation (Rousseau et al.) ;
- Un article décrivant les conditions opératoires de fermentation du glucose et du lactose en présence de la souche modifiée est en préparation (Fernandez et al.).

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 220 000\$**

**Novalait**

Catalyseur de recherche

# Prévalence des microorganismes des ensilages et du lait cru et de leurs impacts sur la qualité des produits laitiers

Durée : 2013 – 2017

## Faits saillants

---

- Le lait est une denrée de première importance pour la consommation humaine.
- Le lait cru est aussi un milieu qui peut être contaminé par des flores et des spores thermorésistantes provenant des fourrages et par des flores natives.
- La qualité microbiologique du lait représente donc un enjeu commercial certain et un défi technologique constant tant au niveau de la ferme que de l'usine.
- Les ensilages sont des fourrages humides conservés par ajouts d'inoculants lactiques.
- Ces bactéries lactiques aromatisantes peuvent avoir un impact indésirable sur l'acidification du lait et sur la qualité organoleptique des produits laitiers transformés.
- 24 fermes réparties en cinq groupes représentatifs des principaux modes d'alimentation des vaches ont été échantillonnées à deux reprises pour déterminer la prévalence et la diversité du microbiote des ensilages et des laits crus.
- Des bactéries lactiques sélectionnées à partir des 1400 isolats issus des ensilages et des laits crus des 24 fermes seront testées pour leur résistance au traitement thermique et pour leur contribution à la production de composés volatils lors de la production et l'affinage du fromage Cheddar.
- Les résultats attendus permettront aux producteurs d'identifier les meilleures pratiques de gestion des ensilages pour optimiser la qualité microbiologique du lait et aideront les transformateurs à contrôler les sources de contamination microbiennes.

## Objectifs

---

- Objectif général : Déterminer la prévalence et la diversité du microbiote des ensilages et des laits crus et de leurs impacts sur la qualité organoleptique des produits laitiers.
- Hypothèse 1 : L'estimation de la diversité et de la prévalence des bactéries permet de savoir si l'utilisation d'inoculants lactiques dans les ensilages est responsable de la présence de flores natives d'altération dans le lait.
- Hypothèse 2 : Des bactéries lactiques acidifiantes et aromatisantes résistantes au traitement thermique sont responsables de la production de composés volatils indésirables dans les fromages.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Nouvelles connaissances :

- **Impact de l'alimentation des vaches par divers types d'ensilage sur la qualité microbiologique du lait cru**
  - Mieux identifier et quantifier les microorganismes présents et actifs.
  - Mieux comprendre le taux de transfert des bactéries et des mycètes de l'ensilage au lait
  - Mieux connaître le rôle des inoculants lactiques sur la transformation du lait en fromage.
- **Effets des flores indigènes du lait sur les propriétés organoleptiques des produits laitiers transformés**
  - Mieux comprendre les liens entre les caractéristiques organoleptiques du lait transformé et les bactéries d'intérêt ou d'altération qui sont résistantes au traitement thermique.
  - Prédire les caractéristiques métaboliques spécifiques (thermorésistance et production de bactériocines) par analyse comparative du génome des bactéries lactiques isolées.

Bénéfices potentiels :

- **Économiques**
  - Optimisation de la qualité microbiologique du lait de fromagerie.
  - Contrôle de la qualité organoleptique des produits laitiers.
- **Environnementaux**
  - Réduction des rejets de produits laitiers transformés de mauvaise qualité
- **Sociaux**
  - Maintenir les standards de qualité du lait et des produits laitiers

## Point de contact

### Responsables du projet :

#### Denis Roy

Département des Sciences des aliments, 2440 Boul. Hochelaga, Université Laval, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 3098  
denis.roy@inaf.ulaval.ca

### Collaborateurs :

#### Gisèle LaPointe

Département des sciences des aliments, 2425 rue de l'Agriculture, Université Laval, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 3100  
gisele.lapointe@fsaa.ulaval.ca

#### Yvan Chouinard

Département des sciences animales, 2425 rue de l'Agriculture, Université Laval, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 8053  
yvan.chouinard@fsaa.ulaval.ca

#### Robert Berthiaume

Valacta

#### Thibault Varin

(Stagiaire postdoctoral)  
Université Laval

## Professionnels formés

**Méridie Gagnon** (doctorat) : Caractérisation phénotypique et génotypique des bactéries lactiques isolées d'ensilages et du lait cru : activité antibactérienne, thermorésistance et production de composés volatils. Méridie Gagnon a développé l'expertise pour: i) isoler et identifier des bactéries lactiques de différents fourrages (foin, ensilage non inoculé, et ensilage inoculé) et du lait cru provenant de vaches nourries avec ceux-ci et ii) cribler les isolats pour différentes caractéristiques métaboliques. Elle désire une carrière en recherche dans le domaine de la microbiologie associée aux produits laitiers.

**Alexandre Jules Kennang Ouamba** (doctorat) : Analyse comparative de la prévalence et de la structure phylogénétique des communautés microbiennes des ensilages et du lait de vaches. Alexandre développe son expertise dans: i) l'analyse métagénomique des flores microbiennes (bactéries, levures et moisissures) d'ensilages et du lait cru par le séquençage haut-débit multiplexe et les techniques MARISA et PMA-qPCR ii) l'analyse statistique des données métagénomiques (analyses multivariées, ordination, réseaux de co-occurrence/co-exclusion). Il s'intéresse à la recherche en microbiologie alimentaire et les domaines connexes.

## Pour en savoir plus

Une grille de caractérisation des résultats sera discutée avec le Comité de pilotage de Novalait afin d'identifier si certaines découvertes méritent d'être protégées en collaboration avec le Vice-rectorat à la recherche et à la création de l'Université Laval. Les résultats de ce projet seront diffusés au moyen de présentations et d'affiches à l'Assemblée générale du regroupement stratégique Op+LAIT, au Forum technologique Novalait ainsi que dans des congrès nationaux ou internationaux. Les résultats probants seront publiés dans des revues scientifiques avec comité de lecture. Ils serviront aussi à la rédaction d'articles de vulgarisation à l'intention du secteur industriel.

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et transformation laitières (EPI2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

Chaire de recherche du Canada en biotechnologies des cultures lactiques d'intérêt laitier et probiotique.

Fonds de recherche  
Nature et  
technologies

**Budget total : 220 000\$**

Québec

# Impact de la dynamique du procédé et de la composition des produits laitiers fermentés sur leur stabilité et leurs propriétés rhéologiques

Durée : 2013 – 2016

## Faits saillants

---

- Le Québec est le plus grand fabricant de yogourt (80%) au Canada.
- Plusieurs facteurs dirigent les propriétés des yogourts obtenus dont le type de bactéries, la composition du lait (solides totaux, matières grasses, ratio protéines sériques/caséines) et les conditions du procédé de fabrication.
- Jusqu'à présent, la majorité des travaux ont été réalisés sur des yogourts fermes alors qu'au Canada, c'est le yogourt brassé qui est majoritairement consommé. Il est obtenu en brisant le gel après la fermentation en cuve.
- Lors du conditionnement (brassage, écoulement à travers la tuyauterie et pompage), le produit est soumis à des contraintes de cisaillement qui se traduisent par une déstructuration de la matrice protéique affectant les propriétés rhéologiques. Une fois mis en pot, le gel brassé est entreposé au froid et les particules de gels peuvent interagir à nouveau pour rétablir partiellement les propriétés du gel. Au moment de sa consommation, le yogourt doit avoir des propriétés texturales acceptables pour les consommateurs.
- Résultats attendus : Identifier les points critiques du procédé de fabrication du yogourt ; connaître les caractéristiques de composition importantes pour la résistance au cisaillement et la capacité à reformer un gel de qualité et ce pendant l'entreposage.
- Retombées escomptées : Doter l'industrie d'outils de décision pour optimiser le procédé de fabrication et augmenter la qualité des yogourts brassés.

## Objectifs

---

- L'hypothèse est que la composition et les étapes du conditionnement des yogourts brassés affectent les caractéristiques finales des yogourts.
- Les objectifs suivants seront réalisés :
  - Déterminer l'effet des cisaillements subis par le caillé pendant le procédé de fabrication sur les propriétés rhéologiques et la qualité des yogourts.
  - Déterminer l'effet de la composition du mélange laitier sur la sensibilité du caillé face aux cisaillements et sur les propriétés rhéologiques.
  - Impact des paramètres de production et de la vitesse de refroidissement sur les propriétés rhéologiques du yogourt brassé

## Résultats et bénéfices potentiels

---

### Caractéristiques de composition : résistance au cisaillement et capacité à reformer un gel de qualité pendant l'entreposage

- Résultats : La composition module les propriétés du yogourt brassé. Des teneurs élevées en matière grasse réduisent la synérèse et augmentent la fermeté et la viscosité durant un entreposage à 4°C. La source de protéines sériques (IPL vs CPL) a un léger effet sur la synérèse et est variable selon la température de lissage.

### Identifier les points critiques du procédé de fabrication du yogourt

- Résultats : Un cisaillement élevé durant le conditionnement (banc d'essai) réduit la fermeté et la viscosité sauf en présence d'une teneur élevée en matières grasses. Pour un yogourt sans gras, il serait préférable de réduire l'intensité du cisaillement. Pour des yogourts riches en gras, un cisaillement élevé permet de réduire la synérèse. Le banc d'essai a

démonstré que seul le lissage et le refroidissement ont eu un impact sur la synérèse, la fermeté et la viscosité. Durant l'entreposage, la vitesse de brassage a eu aussi un impact. La séquence des étapes de conditionnement est importante; des propriétés différentes sont obtenues si le lissage est effectué avant ou après le refroidissement.

### Optimisation du contrôle de la qualité des yogourts brassés; supporter le développement des pratiques industrielles optimales

- Retombées : Un meilleur contrôle des paramètres de production et une qualité accrue des yogourts brassés (satisfaction des consommateurs, diminution de produits déclassés, augmentation de la rentabilité). Nécessite un projet de validation à l'usine.

## Point de contact

### Responsables du projet :

#### Sylvie Turgeon

Centre de recherche STELA/INAF  
Pavillon Paul-Comtois, local 1316,  
Université Laval, 2425 rue de  
l'Agriculture, Québec (QC)  
G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 4970  
sylvie.turgeon@fsaa.ulaval.ca

#### Daniel St-Gelais

Agriculture et Agroalimentaire  
Canada, Centre de recherche et de  
développement de Saint-Hyacinthe,  
3600 boul. Casavant Ouest,  
Saint-Hyacinthe (QC) J2S 8E3  
(450) 768-7982  
daniel.st-gelais@agr.gc.ca

#### Sébastien Villeneuve

Agriculture et Agroalimentaire  
Canada, Centre de recherche et de  
développement de Saint-Hyacinthe,  
3600 boul. Casavant Ouest,  
Saint-Hyacinthe (QC) J2S 8E3  
sebastien.villeneuve@agr.gc.ca

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Professionnels formés

Présentement, il y a trois étudiants à la maîtrise en formation dans ce projet.

- **Valérie Guénard-Lampron** (MSc#1 : obj. 1.2) réalise un mémoire intitulé « Effet des paramètres du conditionnement du yogourt brassé sur ses propriétés rhéologiques ». Expertises : Physico-chimie, procédé
- **Noémie Lussier** (MSc#2 : obj. 2.2) réalise un mémoire intitulé « Rôle de la teneur en matières grasses et de la vitesse de fermentation sur l'évolution des propriétés rhéologiques du yogourt durant son brassage et son entreposage ». Expertise : Physico-chimie, microbiologie
- **Marc-Olivier Leroux** (MSc#3 : obj. 3) réalise un mémoire intitulé « Impact de la vitesse de refroidissement sur la stabilité et les propriétés rhéologiques du yogourt brassé ». Expertise : Physico-chimie, procédé

Présentement, il y a une étudiante doctorat en formation dans ce projet.

- **Audrey Gilbert** (non financé par le projet) (Ph.D#1 : obj. 2.1) réalise une thèse intitulée « Impact de la dynamique du procédé et de la composition des produits laitiers fermentés sur leurs propriétés fonctionnelles ». Expertise : Physico-chimie

Tous ces étudiants visent à travailler dans une industrie laitière après leurs études. Ils ont choisi ce projet pour le haut degré d'applicabilité des résultats et l'ouverture sur le secteur laitier.

## Pour en savoir plus

Affiches présentées:

- Guénard-Lampron, V., S. Grabowski, G. Bélanger, L.P. Desmarchais, S. Villeneuve, D. St-Gelais, S.L. Turgeon. 2015 Conception et mise en oeuvre d'un banc d'essai à l'échelle pilote pour étudier l'effet des opérations de production sur les propriétés du yogourt brassé. Colloque STELA, Québec Canada 1/6-2/6
- Gilbert, A., L.E. Rioux, D. St-Gelais, S.L. Turgeon 2015 Effet des cisaillements des procédés de brassage sur la structure de laits fermentés Colloque STELA Québec Canada 1/6-2/6
- Lussier, N., D. St-Gelais, S. Villeneuve, S.L. Turgeon 2015 Rôle de la teneur en matières grasses et du type de brassage sur l'évolution des propriétés rhéologiques du yogourt. Colloque STELA Québec Canada 1/6-2/6

Des rencontres individuelles sont possibles avec les industriels intéressés à accueillir l'équipe de recherche qui peut présenter les principaux résultats.

## Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

La bourse FAST de l'INAF du programme fonder-CRSNG a été octroyée à Audrey Gilbert, couvrant les deux premières années de son doctorat alors qu'elle n'était pas encore admissible au financement de ce projet.

**Budget total : 220 000\$**

# Amélioration des graminées fourragères dans un contexte de changements climatiques

Durée : 2014 – 2017

## Faits saillants

---

### Contexte :

- Avec les changements climatiques, la production fourragère au Québec devra s'adapter.
- La fléole des prés est une plante performante en climat frais, mais commence déjà à être moins avantageuse sous le climat actuel.
- Il faut trouver une alternative à cette graminée fourragère, qui sera efficace sous les conditions du Québec.

### Résultats attendus :

- La graminée permettant la meilleure association avec la luzerne sous les conditions du Québec ;
- La consommation et les performances animales de la fétuque élevée lorsqu'elle est conservée sous forme d'ensilage préfané ou demi-sec en comparaison avec la fléole des prés ;
- La meilleure association binaire de graminée avec la luzerne d'un point de vue technico-économique et environnemental lorsque la ferme laitière est considérée comme une seule unité de décision ;
- Le développement de germoplasmes de fléole des prés à meilleur regain.

### Retombées potentielles :

- L'avancement des connaissances sur les espèces fourragères à favoriser permettra aux producteurs laitiers du Québec de faire des choix plus éclairés.
- Les résultats de l'optimisation avec un modèle global de ferme permettront de valider la stratégie la plus rentable pour les producteurs laitiers ainsi que de quantifier l'impact environnemental des choix effectués.
- L'identification de populations de fléole des prés avec un meilleur regain permettra le développement de nouveaux cultivars.
- À terme, une meilleure adaptation aux changements climatiques sera possible grâce à ce projet.

## Objectifs

---

Objectif général : déterminer la graminée fourragère à privilégier dans un contexte de changements climatiques.

### Objectifs spécifiques :

- Évaluer les graminées alternatives à la fléole des prés cultivée en association avec la luzerne;
- Évaluer l'impact du remplacement de la fléole des prés par la fétuque élevée conservée sous forme d'ensilage préfané ou demi-sec dans les rations de vache en lactation;
- Évaluer l'impact du choix d'espèces pures et d'associations binaires à base de luzerne dans les rotations avec ou sans gestion intensive sur la rentabilité des fermes;
- Développer une méthode de sélection et produire du germoplasme pouvant être utilisé pour développer des cultivars de fléole des prés à regain élevé.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

Les résultats anticipés à la fin du projet sont 1) la graminée permettant la meilleure association avec la luzerne sous les conditions du Québec; 2) la consommation et les performances animales de la fétuque élevée lorsqu'elle est conservée sous forme d'ensilage préfané ou demi-sec en comparaison avec la fléole des prés; 3) la meilleure association binaire de graminée avec la luzerne d'un point de vue technico-économique et environnemental lorsque la ferme laitière est considérée comme une seule unité de décision; 4) le développement de germoplasmes de fléole des prés à meilleur regain. L'avancement des connaissances sur les espèces fourragères à favoriser permettra aux producteurs laitiers du Québec de faire des choix plus éclairés.

Il sera possible d'établir des recommandations sur le choix de l'espèce à privilégier ainsi que sur son type de gestion. Les résultats de l'optimisation avec le modèle de ferme permettront de valider la stratégie la plus rentable pour les producteurs laitiers ainsi que de quantifier l'impact environnemental des choix effectués. La sélection génétique de la fléole des prés permettra de développer une population avec un meilleur regain, ce qui pourrait permettre le développement de nouveaux cultivars. À terme, une meilleure adaptation aux changements climatiques sera possible grâce à ce projet. La majorité des résultats pourront être utilisés directement sur les fermes puisque la gestion des plantes fourragères est primordiale au bon résultat d'une ferme laitière.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Édith Charbonneau

Département des sciences animales,  
Université Laval, 2425 rue de  
l'Agriculture, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 12762  
edith.charbonneau@fsaa.ulaval.ca

### Collaborateurs :

#### Gaëtan Tremblay

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Gilles Bélanger

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Philippe Séguin

Université McGill

#### Annie Claessens

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Rachel Gervais

Université Laval

#### Doris Pellerin

Université Laval

#### Julie Lajeunesse

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Guy Allard, Université Laval

#### Alain Fournier

Ministère de l'agriculture, des pêcheries  
et de l'alimentation du Québec

#### Robert Berthiaume

Valacta

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

## Professionnels formés

---

**Florence Pomerleau-Lacasse** est présentement au baccalauréat à l'Université McGill. Elle a déjà participé au suivi de l'expérimentation végétale à l'été 2015 et participera à celui de l'été 2016. Elle s'inscrira à la maîtrise en Plant science à l'automne 2016. Elle deviendra alors l'étudiante en charge du volet d'essai de graminée fourragère en parcelle du projet.

**Anne-Marie Richard** a commencé sa maîtrise en sciences animales à l'Université Laval à l'hiver 2016. Elle est l'étudiante en charge du volet d'expérimentation animale qui compare l'utilisation de la fétuque élevée à celle de fléole des prés dans l'alimentation des vaches laitières.

**Véronique Ouellet** effectue actuellement son doctorat en sciences animales à l'Université Laval. Elle est l'étudiante en charge de la partie de modélisation associée à ce projet. Ces résultats permettront d'obtenir les impacts économiques et environnementaux, sur l'ensemble de la ferme, des pratiques qui seront proposées dans le projet.

## Pour en savoir plus

---

Les résultats de ce projet seront transférés par des articles de vulgarisation, des posters au Symposium sur les bovins laitiers, au Forum technologique Novalait et aux journées d'informations scientifiques pertinentes et lors de conférences.

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

Centre de recherche en sciences animales de Deschambault pour l'expérimentation animale

AAC pour la sélection des germoplasmes

**Budget total : 190 000 \$**

# Impact des procédés de fabrication sur la qualité microbiologique du yogourt grec et la valorisation des coproduits

Durée : 2014 – 2017

## Faits saillants

---

- Le yogourt grec a gagné la faveur des consommateurs et représente dorénavant la part la plus importante du marché du yogourt.
- L'industrie laitière a besoin de données comparatives sur la stabilité et l'innocuité de ces types de yogourts à haute teneur en protéines (HTP) produits par centrifugation ou ultrafiltration ainsi que des stratégies pour valoriser les coproduits.
- Les produits frais à HTP contiennent davantage de probiotiques, mais leur stabilité subséquente est affectée par la souche et le procédé HTP.
- La survie de la souche de probiotique sensible (*Bifidobacterium longum* ssp. *longum* R0175) n'est pas améliorée dans le yogourt HTP par rapport au yogourt classique.
- Le procédé de centrifugation concentre les bactéries et le caillé, puis favorise la survie de la souche probiotique résistante (*Lactobacillus helveticus* R0052).
- La mortalité du contaminant *E. coli* a été plus élevée dans le yogourt HTP réalisé par ultrafiltration tandis que la croissance de la levure *Kluyveromyces marxianus* était similaire dans les yogourts HTP et classique.
- La production d'exopolysaccharides par les bactéries lactiques a été augmentée dans les co-cultures de *Lactobacillus rhamnosus* et de la levure *Saccharomyces cerevisiae* par rapport à la monoculture, permettant d'obtenir un bio-ingrédient riche en polysaccharides à partir du perméat de lactosérum.
- L'écoconception du nouveau procédé permettra offrir une option de recyclage biologique simple et économique pour produire des polysaccharides à haute valeur ajoutée.

## Objectifs

---

- L'objectif général : contribuer à l'avancement des connaissances sur le yogourt à haute teneur en protéines (HTP), ainsi que sur les procédés d'enrichissement et les communautés microbiennes qui ont un impact sur la qualité et la fonctionnalité des produits laitiers. Le projet vise augmenter l'éco-efficacité des procédés avec le développement des ingrédients à haute valeur ajoutée à partir des coproduits de la fabrication du yogourt HTP.
- Hypothèse 1: la méthode d'enrichissement de la teneur en protéines peut modifier les conditions propices à la stabilité, la survie et l'activité de la communauté microbienne au cours de la fabrication et l'entreposage du yogourt à haute teneur en protéines (HTP) de type "grec".
- Hypothèse 2 : les co-produits de la fabrication peuvent être valorisés par l'obtention d'ingrédients contenant des prébiotiques.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

### Nouvelles connaissances :

- Effet des procédés sur l'évolution des ferments, des probiotiques et des contaminants, de même que sur les caractéristiques sensorielles lors de l'entreposage des yogourts HTP.
  - Mieux connaître la croissance et la stabilité des probiotiques dans les yogourts HTP.
  - Mieux comprendre l'impact du procédé sur la survie des contaminants.
- Développer des ingrédients à haute valeur ajoutée à partir des coproduits.
  - Meilleur contrôle de la co-culture des bactéries lactiques et des levures dans le perméat de lactosérum.
  - Mieux connaître l'expression des gènes des microorganismes pendant la fermentation.

**Nouveau procédé :** l'écoconception d'un procédé pour le recyclage biologique du perméat de lactosérum pour produire des nouveaux bioingrédients à effet prébiotique.

### Bénéfices potentiels

- Économiques :
  - Accroître la valeur des coproduits et des produits laitiers fermentés avec probiotiques.
  - Augmenter l'éco-efficacité de la transformation du lait par le recyclage biologique.
  - Meilleur choix du procédé selon le produit désiré (attribut sensoriel ou microbiologique).
- Environnementaux :
  - Diminuer l'utilisation de l'énergie et réduire les pertes de coproduits.
- Sociaux :
  - Améliorer la fonctionnalité des produits laitiers pour la santé des consommateurs.

## Point de contact

### Responsables du projet :

#### Gisèle LaPointe

Département des sciences des aliments, 2425 rue de l'Agriculture, Université Laval, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131# 3100  
gisele.lapointe@fsaa.ulaval.ca

#### Denis Roy

Département des sciences des aliments, 2440 Boul. Hochelega, Pavillon des services, Université Laval, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 3098  
denis.roy@inaf.ulaval.ca

#### Claude Champagne

Centre de recherche et de développement sur les aliments, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 3600 boul. Casavant Ouest, St-Hyacinthe (QC) J2S 8E3  
(450) 768-9611  
claud.champagne@agr.gc.ca

### Collaborateurs :

#### Évelyne Guévremont

Agriculture et Agroalimentaire Canada

#### Sylvie Gauthier

Université Laval

## Professionnels formés

- **Andréanne Moineau-Jean**, Étudiante MSc, a acquis l'expertise en procédés de fabrication et de concentration du yogourt, la croissance, la survie et le dénombrement sélectif dans le lait et le yogourt des bactéries lactiques et probiotiques ainsi que des microorganismes contaminants, les analyses physico-chimiques du lait et du yogourt, l'évaluation sensorielle du yogourt. Ses intérêts professionnels sont (i) la transformation des aliments via l'utilisation de microorganismes tels que les bactéries lactiques et les levures (ex : fermentations), ii) le développement d'aliments aux effets bénéfiques pour la santé, notamment via l'intégration de probiotiques, iii) la lutte contre les pathogènes et contaminants microbiens, iv) l'amélioration de la salubrité et de la conservation des aliments, v) la valorisation des coproduits de transformation alimentaire (ex : lactosérum).
- **Annalisse Bertsch**, Étudiante PhD, a acquis l'expertise en procédés de fermentation en co-culture, la production de bioingrédients, l'expression des gènes par RT-qPCR, la viabilité des souches par PMA-qPCR, la valorisation de coproduits de l'industrie alimentaire comme le perméat de lactosérum. Ses intérêts professionnels sont la recherche & développement de produits bénéfiques pour la santé (prébiotiques et probiotiques), l'innovation et le développement de procédés technologiques de façon écoefficiente.

## Pour en savoir plus

Les moyens de transfert privilégiés seront la communication écrite par les thèses et articles en préparation, ainsi que la présentation orale et par affiche.

Les événements ciblés pour l'année 2016 sont:

- Forum Novalait (2 juin, 2016, Drummondville) : l'affiche sera présentée par Andréanne Moineau-Jean
- IUFoST 18th World Congress of Food Science and Technology (22 -25 août 2016, Dublin, Ireland) : l'affiche sera présentée par Andréanne Moineau-Jean.

**Novalait**

Catalyseur de recherche

## Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

Contribution au stage de Myriam Laberge par la Chaire de recherche du Canada en biotechnologies des cultures lactiques d'intérêt laitier et probiotique.

**Budget total : 190 000\$**

# La biologie des systèmes appliquée au cheddar

Durée : 2014 – 2017

## Faits saillants

---

- L'un des défis de l'industrie de la transformation du lait est de produire des fromages de haute qualité, et ce, de façon constante.
- Plusieurs facteurs influencent cette qualité, notamment la composition microbiologique du lait, l'efficacité des ferments lactiques et les phages.
- Ce projet investigate ces facteurs en utilisant une approche de type « biologie des systèmes » pour mieux comprendre l'impact du réseau microbiologique dans la fabrication du cheddar.
- La biologie des systèmes intègre différents niveaux d'informations pour élaborer un modèle de fonctionnement de la totalité du système.
- La biologie des systèmes utilise des techniques pour quantifier les changements dans le génome, le transcriptome, le protéome et le métabolome en réponse à une situation donnée, ici le cheddar.
- Ce projet ambitieux génèrera de nouveaux résultats qui placeront les transformateurs laitiers dans une position très compétitive à l'international.
- L'assemblage fonctionnel (du génome au métabolome) constituera aussi une remarquable plus-value afin de mieux comprendre et intervenir sur les variables importantes de ces produits.
- Ce projet est divisé en cinq objectifs.

## Objectifs

---

- Obj.#1 : Déterminer le microbiome et le virome du lait et du cheddar.
- Obj.#2 : Déterminer le transcriptome microbien et viral du lait et du cheddar.
- Obj.#3 : Déterminer le protéome microbien et viral du lait et du cheddar.
- Obj.#4 : Déterminer le métabolome du lait et du cheddar.
- Obj.#5 : Établir la biologie du système cheddar. Cet objectif intégrateur permettra de dégager les tendances pendant la maturation du cheddar. Un algorithme mathématique qui utilisera l'ensemble des informations produites (objectifs #1 à #4) sera mis au point pour calculer la divergence entre les échantillons.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

- OBJECTIF #1 : Pour l'instant, 18 lots de fromages cheddar sont suivis (après 4 jours de production, après 3 mois, 6 mois et 18 mois). À ce jour, les échantillons de lait et de fromages échantillonnés à 4 jours et à 3 mois ont été reçus et des analyses biochimiques et organoleptiques ont été faites. Un protocole a été adapté pour séparer les bactéries et les phages des matrices laitières. Les ferments lactiques utilisés ont été obtenus et leurs génomes sont en voie de séquençage. Nous avons aussi construit une base de données contenant des séquences d'ADN d'espèces microbiennes reconnues comme faisant partie du microbiome de divers fromages.
- OBJECTIF #2 : Cet objectif n'a pas encore été commencé.
- OBJECTIF #3 : Pour l'instant, nos méthodes d'extraction et de détection par LC/MS-MS permettent de détecter 80% des protéines virales et 57% bactériennes.
- OBJECTIF #4 : Nous avons développé un protocole d'extraction et d'analyse par LC-MS-MS des métabolites contenus dans le fromage utilisant une cellule de mobilité ionique. Nos essais préliminaires ont montré une grande diversité métabolique dans les échantillons analysés. Par exemple, nous avons détecté plus de 8 000 ions étant potentiellement des métabolites contenus dans le cheddar.
- OBJECTIF #5 : Ce dernier objectif intégrateur n'a pas encore été commencé. À terme, nous proposerons un algorithme mathématique qui intégrera l'ensemble de nos données. Entre autres, il permettra de dégager les tendances pendant la maturation fromagère et identifiera certains marqueurs de qualité des cheddars. Au final, cette approche tissera un réseau interprétable sur la composition microbienne et virale du cheddar et nous donnera des nouvelles pistes pour moduler le processus de maturation afin de favoriser la constance et la grande qualité.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Sylvain Moineau

Département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique, Université Laval,  
1045 av. de la Médecine, Québec (QC) G1V 0A6  
(418) 656-3712  
sylvain.moineau@bcm.ulaval.ca  
<http://www.moineau.bcm.ulaval.ca>

### Collaborateurs :

**Jacques Corbeil**  
Université Laval

**Alexander Culley**  
Université Laval

## Professionnels formés

---

**Marie-Laurence Lemay**, étudiante au doctorat en microbiologie

**Pier-Luc Plante**, étudiant au doctorat en bio-informatique

**Alexia Lacelle-Côté**, étudiante à la maîtrise en microbiologie

**Frédéric Raymond**, chercheur post-doctoral en bio-informatique

**Simon Labrie**, chercheur post-doctoral en microbiologie

**Jessie Bélanger**, étudiant de 1er cycle en microbiologie

## Pour en savoir plus

---

Le plan de diffusion sera sous trois formes principales :

- Les connaissances acquises ainsi qu'un outil convivial de bioinformatique seront transférées directement aux industriels laitiers via les rencontres avec les membres du comité de pilotage de Novalait ainsi que lors du Forum technologique de Novalait.
- Nous prévoyons également publier nos résultats dans des revues internationales de renom avec comité de lecture (par exemple Appl. Environ. Microbiol.).
- Les étudiants auront aussi l'occasion de communiquer leurs résultats dans des congrès internationaux comme celui annuel du « General Meeting of the American Society for Microbiology » ou celui triennal du « Symposium on Lactic Acid Bacteria » qui aura lieu en 2017 aux Pays-Bas.

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

Le partenaire industriel a fourni des fromages et des ferments lactiques.

**Budget Total : 189 926\$**

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

# Amélioration de l'éco-efficience des procédés de transformation du lait par une utilisation optimale des constituants du lait : le cas du yogourt grec

Durée : 2014 – 2017

## Faits saillants

---

- Le yogourt concentré «type grec» grec connaît une croissance exponentielle mais génère des volumes conséquents de lactosérum acide géré comme une matière résiduelle.
- La problématique environnementale, les coûts de développement liés à l'élaboration du yogourt grec, ainsi que sa valeur auprès des consommateurs interpellent directement sur la question d'éco-efficience (EE) en transformation du lait.
- Le projet permettra de façon plus spécifique de comparer l'impact environnemental (dans une approche ACV) de l'ultrafiltration avant fermentation (UF-LAIT) ou après fermentation (UF-YOG).
- Le but ultime de la recherche est de développer des outils d'aide à la décision, à l'usage des industriels laitiers, basés sur la pensée cycle de vie et les concepts d'écologie industrielle, afin d'optimiser l'utilisation des constituants naturels du lait.

## Objectifs

---

- Caractériser l'impact de choix technologiques sur les performances du procédé et sur l'utilisation des constituants du lait pour une séquence de fabrication d'un yogourt grec modèle ;
- Développer un cadre d'analyse pour évaluer l'ÉE du procédé de transformation du yogourt grec ;
- Identifier et évaluer les filières de valorisation externes des coproduits et de synergies industrielles;
- Développer et valider un outil de modélisation des performances environnementales et économiques, et d'optimisation basé sur l'indicateur d'ÉE de la transformation du lait.

## Résultats et bénéfices potentiels

---

### Observations préliminaires :

- Les données expérimentales générées à l'échelle pilote montrent que le choix du procédé de concentration du lait avant l'étape de fermentation (UF LAIT) permet une meilleure utilisation de tous les constituants du lait que l'UF réalisée après fermentation (UF YOG). L'absence d'acide lactique dans le coproduit UF LAIT facilite la valorisation des solides du lait présents dans ce perméat.
- Cependant l'énergie requise pour le traitement thermique du yogourt UF YOG est plus importante que pour le cas du yogourt UF LAIT
- Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) comparative des deux procédés a conclu que le bilan environnemental sur l'ensemble du cycle de vie est défavorable pour le procédé UF LAIT comparativement au procédé traditionnel UF (YOG) à cause d'une plus grande quantité initiale de lait requise. La production du lait est responsable d'environ 80% des impacts sur le cycle de vie du yogourt grec.
- Le facteur de concentration volumique utilisé pour concentrer le lait a un effet direct sur l'impact environnemental du yogourt grec
- Ces conclusions sont toutefois à nuancer quant au plus grand potentiel de valorisation du perméat doux issu du procédé UF LAIT comparativement au perméat acide (en effet les impacts du procédé de transformation pourront être alloués en partie aux coproduits issus du perméat d'UF diminuant ceux du yogourt.

### Perspectives :

- L'analyse classique de bilans de matière et d'impacts environnementaux (ACV) permettra de développer une grille d'analyse permettant aux industriels laitiers d'optimiser leurs procédés tout en améliorant leur éco-efficience.

## Point de contact

### Responsable du projet :

#### Yves Pouliot

Département des Sciences des  
Aliments, Local 2322-C,  
Université Laval, 2425 rue de  
l'Agriculture, Québec (QC)  
G1V 0A6  
(418) 656-2131 # 5988  
yves.pouliot@fsaa.ulaval.ca

## Professionnels formés

---

#### Adriana Paredes-Valencia (MSc)

Détentrice d'un diplôme de 2e cycle en développement durable (France), Adriana a acquis une expérience pratique de recherche laitière où elle a mis en application les bases de l'analyse de cycle de vie (ACV) afin d'interpréter ses propres données. Ses intérêts professionnels sont directement en lien avec le développement durable dans le secteur de la transformation des aliments.

#### Catherine Houssard (PhD)

Titulaire d'une formation d'ingénieure en agroalimentaire, elle a œuvré pendant quinze ans dans le secteur industriel. Catherine a entrepris un doctorat où elle étudie en profondeur le concept d'éco-efficience afin de permettre une utilisation mieux adaptée dans l'industrie laitière. Son objectif est de participer au développement de nouvelles compétences en éco-efficience et à l'opérationnalisation des concepts de développement durable dans le secteur agroalimentaire.

## Pour en savoir plus

---

Les membres de ce projet utilisent les divers véhicules de transfert disponibles pour atteindre les entreprises pouvant exploiter les résultats de cette recherche. Les résultats ont été/seront présentés à des congrès (Colloque STELA, Forum Technologique Novalait, American Dairy Science Association, Symposium de la FIL) et publiés dans des revues scientifiques. Les outils de transfert de Novalait, du Centre STELA (INAF) et du site internet de la Chaire CRSNG-Novalait sont/seront également exploités.

## Partenaires financiers

---

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2011-2017) :

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- Novalait

**Budget total : 190 000\$**

**Novalait**  
Catalyseur de recherche

# Session d'affiches

Novalait

## Session d'affiches au Carrefour de la relève technologique 2016

Thème d'affiches	Étudiants responsables	No.
 <a href="#">Lait enrichi en acides gras oméga-3 : Les défis liés à sa conservation</a>	Daniel Rico, ULaval	1
 <a href="#">Un nouvel ingrédient pour maximiser la teneur en oméga-3</a>	Maxime Leduc, ULaval	2
 <a href="#">Le potentiel des acides gras à chaîne impaire et/ou ramifiée comme outil diagnostique</a>	Eric Baumann, ULaval	3
 <a href="#">Analyse métagénomique des biofilms de membranes industrielles</a>	Julien Chamberland, ULaval *	4
 <a href="#">Microfiltration du lait sur membrane polymérique spiralée : impact du diamètre de pores</a>	Dany Mercier-Bouchard, ULaval	5
 <a href="#">Points de vue sur la réforme selon les producteurs laitiers, vétérinaires et conseillers à la ferme</a>	Denis Haine, UMontréal	6
 <a href="#">Nutrition minérale : Nouvelles perspectives pour des performances laitières optimales</a>	Angel Rene Alfonso-Avila, ULaval	7
 <a href="#">Les graminées alternatives à la fléole des prés cultivée en association avec la luzerne</a>	Florence Pomerleau, UMcGill	8
 <a href="#">Une méthode de PCR à temps réel pour la quantification de levures de la microflore naturelle présentes dans l'écosystème fromager</a>	Andréanne Lamarche, ULaval *	9
 <a href="#">Impact des constituants du babeurre sur la coagulation du lait par la présure</a>	Marie-Pierre Gauvin, ULaval *	10
 <a href="#">Impact de hautes pressions d'homogénéisation du lait sur ses aptitudes à la transformation fromagère</a>	Marie-Pier Vigneux, ULaval	11
 <a href="#">Impact du brassage, du lissage et du refroidissement sur les propriétés rhéologiques du yogourt brassé avec simulation en conditions industrielles</a>	Valérie Guénard-Lampron, ULaval	12

\* Programme de Bourses d'études de l'CCL

Thème d'affiches	Étudiants responsables	No.
 <u>Effet des ingrédients et de la température de brassage sur la structuration et les propriétés du yogourt brassé</u>	<b>Audrey Gilbert, ULaval</b>	13
 <u>Effet de la teneur en matières grasses et de cisaillements de type industriel sur les propriétés rhéologiques de yogourts brassés</u>	<b>Noémie Lussier, ULaval</b>	14
 <u>Essai clinique d'un protocole de traite en début de lactation et de son effet sur les corps cétoniques sanguins</u>	<b>Pierre-Alexandre Morin, UMontréal</b>	15
 <u>L'impact d'une traite incomplète en début de lactation sur l'inconfort des vaches</u>	<b>Catarina Krug, UMontréal</b>	16
 <u>Ingénierie métabolique pour la bioproduction d'acétoïne et de butanediol à partir de coproduits de production fromagère</u>	<b>Jean-Francois Rousseau, USherbrooke</b>	17
 <u>Production d'acétoïne et de 2-3 butanediol par fermentation du lactosérum</u>	<b>David Fernandez-Gutierrez, USherbrooke</b>	18
 <u>Analyse environnementale de la valorisation des coproduits fromagers</u>	<b>Angela Maria Trivino, ULaval</b>	19
 <u>CRISPR-Cas9 pour l'édition de génome et l'étude des gènes virulents du phage p2</u>	<b>Marie-Laurence Lemay, ULaval *</b>	20
 <u>La biologie des systèmes appliquée au cheddar</u>	<b>Alexia Lacelle-Côté, ULaval *</b>	21
 <u>Analyse transcriptomique sur embryons bovins obtenus de donneuses en période péripubertaire</u>	<b>Léonie Morin-Dubé, ULaval *</b>	22
 <u>Évaluation de la réponse immunitaire de traitement au tarissement sans antibiotique à base d'hydrogel de chitosane</u>	<b>Samuel Lanctôt, UMcGill *</b>	23
 <u>Impact de l'enrichissement en protéines des yogourts de type grec sur l'évolution des probiotiques et contaminants durant l'entreposage</u>	<b>Andaréanne Moineau –Jean, ULaval *</b>	24

\* Programme de Bourses d'études de l'CCL



## Lait enrichi en acides gras oméga-3 : Les défis liés à sa conservation

Daniel E Rico  
Yolaine Lebeuf  
Rachel Gervais  
Yvan Chouinard

Département des Sciences  
Animales, Université Laval

### Résumé

---

#### Contexte de la recherche

L'augmentation de la teneur en acides gras (AG)  $\omega$ -3 du lait s'accompagne d'une hausse concomitante de la sensibilité de sa matière grasse à l'oxydation. Or, des composés au potentiel antioxydant sont présents naturellement dans certains aliments utilisés dans la ration des vaches laitières.

#### Approche de recherche

- Évaluer l'évolution de la sensibilité oxydative du lait via l'administration de doses croissantes d'huile de lin perfusées dans l'abomasum.
- Déterminer le transfert du pouvoir antioxydant d'un extrait concentré de luzerne (ECL), comme source de caroténoïdes, et du tourteau de lin, comme source de lignanes, dans le lait de vaches recevant des perfusions abomasales d'huile de lin.

#### Résultats et applications

Nos études ont d'abord permis de vérifier que la susceptibilité à l'oxydation du lait (indice de peroxydation et concentration de plusieurs produits d'oxydation) a augmenté linéairement en fonction de sa teneur en AG insaturés. 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 produits d'oxydation des AG, comparativement au témoin négatif sans antioxydant. Toutefois, la stabilité oxydative du lait n'a pas été améliorée par l'ajout du tourteau de lin comme source de lignanes dans la ration. 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 ce processus indésirable, les recherches doivent se poursuivre afin d'identifier des aliments au potentiel antioxydant plus efficace.

#### Bénéfices potentiels pour les producteurs et les transformateurs laitiers

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 matière grasse laitière tout en maintenant son intégrité, mais également en augmentant sa teneur en antioxydants naturels.



# Un nouvel ingrédient pour maximiser la teneur en acides gras $\omega$ -3 du lait

Maxime Leduc  
Rachel Gervais  
Yolaine Lebeuf  
Yvan Chouinard

*Département des Sciences Animales, Centre de recherche en sciences et technologie du lait, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval*

## Résumé

---

**Contexte de la recherche.** Le marché des acides gras  $\omega$ -3 est en pleine croissance au Canada. Il est cependant difficile pour les producteurs laitiers de s'établir dans ce créneau. En effet, le lait entier contient normalement moins de 60 mg d'acides gras  $\omega$ -3 par portion de 250 ml, alors que les normes canadiennes demandent un apport de 300 mg par quantité de référence pour identifier un produit comme « source d'acides gras  $\omega$ -3 ». La différence entre le lait produit dans les conditions actuelles d'élevage et les normes canadiennes est donc substantielle. Les moyens à la disposition des producteurs pour enrichir le lait en  $\omega$ -3 sont variés, mais peu efficaces pour atteindre les normes d'étiquetage. À ce sujet, la saponification des lipides, entraînant la formation de sels de calcium, a été proposée comme moyen pour protéger les acides gras insaturés pendant le processus de digestion chez la vache. Des sels de calcium sont déjà disponibles sur le marché et leur production industrielle conduit à un mélange de particules dont la granulométrie est très variable.

**Approche de recherche.** Des sels de calcium d'acides gras ont été tamisés afin de séparer les particules fines et grossières. Ces

deux fractions ont été administrées à des vaches et comparées à des lipides non saponifiés afin de mesurer les effets sur les performances de production et l'efficacité du transfert des acides gras  $\omega$ -3 dans les matières grasses du lait.

**Résultats et applications.** La teneur et la production de matières grasses ont été plus élevées chez les vaches recevant des sels de calcium grossiers comparativement à une même quantité de lipides non saponifiés. La teneur en acides gras  $\omega$ -3 a été trois fois plus élevée dans les matières grasses du lait chez les vaches qui recevaient les sels de calcium grossiers. Cela a permis de produire un lait entier qui contenait 252 mg d'acides gras  $\omega$ -3 par portion, soit tout près des normes canadiennes pour l'étiquetage nutritionnel.

**Bénéfices potentiels pour les producteurs et les transformateurs laitiers.** D'autres travaux seront nécessaires pour optimiser cette technologie. Les résultats obtenus permettent toutefois d'envisager la commercialisation d'un lait enrichi en acides gras  $\omega$ -3 produit à la ferme et ainsi développer une nouvelle gamme de produits de niche pour le secteur laitier.



## Le potentiel des acides gras à chaîne impaire et/ou ramifiée comme outil diagnostique

Éric Baumann<sup>1,2,3</sup>

Yvan Chouinard<sup>1,2,3</sup>

Yolaine Lebeuf<sup>1,2,3</sup>

Rachel Gervais<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Département des sciences animales, Université Laval

<sup>2</sup> Centre de recherche en sciences et technologie du lait, Université Laval

<sup>3</sup> Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval

### Résumé

**Contexte de la recherche.** On retrouve dans le lait des acides gras à chaîne impaire et/ou ramifiée (AGCIR) dérivés de la synthèse lipidique par les microorganismes du rumen. Des travaux ont montré que le profil en AGCIR du lait pouvait être utilisé comme outil pour estimer l'efficacité de la fermentation ruminale. Par ailleurs, le profil en AG du lait varie en fonction du stade de lactation. Ce même profil est aussi influencé de diverses façons par l'ajout de suppléments lipidiques à la ration. On ignore toutefois l'impact de ces facteurs sur les relations entre le profil en AGCIR du lait et les conditions environnementales du rumen.

#### **Approche de recherche.**

- 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.
- Déterminer les effets de différents suppléments lipidiques sur la synthèse des AGCIR par la flore ruminale et la sécrétion de ces AG dans le lait.
- Vérifier l'évolution du profil en AGCIR du lait suite à l'administration d'une ration acidogène.

#### **Résultats et applications.**

Certains AGCIR sont retrouvés dans le tissu adipeux des vaches. La mobilisation des réserves corporelles en début de lactation

entraîne la libération de ces AGCIR du tissu adipeux, expliquant ainsi l'augmentation de leur teneur dans le gras du lait. De même, les suppléments lipidiques influencent la sécrétion des AGCIR du lait. Ces phénomènes doivent être considérés dans les démarches visant à établir des relations entre la teneur en AGCIR du lait et le fonctionnement du rumen. Suite à l'administration d'une ration acidogène, certains AGCIR évoluent de façon similaire, suggérant une origine microbienne commune. Il est donc pertinent de regrouper certains AGCIR, simplifiant leur analyse et améliorant la robustesse des relations établies. Les résultats obtenus ont rendu possible le développement d'équations permettant d'évaluer l'équilibre du rumen à partir du profil en AG du lait, indépendamment de la supplémentation lipidique.

**Bénéfices potentiels pour les producteurs et les transformateurs laitiers.** Cette recherche aura un impact sur la régie d'alimentation des troupeaux en offrant des outils supplémentaires permettant de mieux prédire la valeur nutritive des rations. Ces résultats permettront également le diagnostic rapide de désordres métaboliques tels l'acidose ruminale subclinique.

## Analyse métagénomique des biofilms de membranes industrielles

Julien Chamberland

M-H Lessard

Alain Doyen

Steve Labrie

Yves Pouliot

*Chaire de recherche industrielle  
CRSNG-Novalait en efficacité  
des procédés de transformation  
du lait, Centre de recherche  
STELA, Institut sur la nutrition et  
les aliments fonctionnels (INAF),  
Université Laval*

### Résumé

---

Si les procédés baromembranaires ont révolutionné l'industrie laitière en facilitant la valorisation des coproduits générés, les performances de ces systèmes demeurent affectées par des phénomènes d'encrassement. Plus spécifiquement, la formation de biofilms survivant aux conditions de nettoyage et d'assainissement des membranes participe à la perte des flux de perméation à long terme par la production de polymères extracellulaires qui obstruent les pores membranaires. Ces communautés bactériennes peuvent de plus constituer une sérieuse problématique de salubrité des systèmes de filtration. Il n'existe actuellement aucun moyen rapide d'identifier les bactéries à la surface des membranes utilisées dans l'industrie laitière. Notre étude avait pour objectif de développer une méthode d'analyse métagénomique afin de dresser un portrait global des communautés bactériennes présentes à la surface des membranes. Un total de sept membranes spiralées « propres » provenant d'usines laitières québécoises ont été échantillonnées à la fin de leur vie utile. L'ADN génomique collecté à leur surface a été séquencé (gène de l'ARNr 16S) par une technologie de séquençage à haut débit (Illumina MiSeq). L'analyse subséquente des résultats a été possible grâce aux informations fournies par les

responsables des usines partenaires : le fluide filtré par les membranes, leur âge au moment de l'échantillonnage et leur température d'opération. Nos résultats montrent que le fluide filtré (lait, lactosérum, eau) par les membranes expliquerait 58,6% des variations observées ( $p < 0,001$ ) au sein des communautés retrouvées sur les membranes. Nos résultats suggèrent que les différents traitements appliqués aux fluides (pasteurisation du lait, décoloration ou ultrafiltration du lactosérum) imposent une pression sélective qui affecte la diversité des communautés bactériennes tout en favorisant, au fil des traitements, la croissance des bactéries plus résistantes comme les bactéries sporulantes à la surface des membranes. Ces résultats constituent la première étape d'un processus de développement d'une stratégie de prévention des biofilms. La méthode d'analyse développée lors de cette étude permettra, à moyen terme, de mieux définir les conditions optimales de filtration, incluant le nettoyage et l'assainissement, qui limiteront la croissance des bactéries nuisibles au profit des espèces désirables. Il en résultera des systèmes plus éco-efficaces par la production de produits laitiers de meilleure qualité.

## Microfiltration du lait sur membrane polymérique spiralée : impact du diamètre de pores

Dany Mercier-Bouchard <sup>1</sup>

Alain Doyen <sup>1</sup>

Michel Britten <sup>1,2</sup>

Yves Pouliot <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre STELA, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Université Laval

<sup>2</sup> Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA), Agriculture et Agroalimentaire Canada

### Résumé

---

La microfiltration (MF) à l'aide de membranes de diamètres de pores de 0,1 et 0,2  $\mu\text{m}$ , permet de séparer les phases soluble et colloïdale du lait générant un rétentat enrichi en caséines (CN) utilisable en fromagerie et un perméat riche en protéines sériques (PS) natives à forte valeur ajoutée. Généralement exploitée à l'aide de membranes céramiques, la MF du lait à l'aide de membranes polymériques reste peu étudiée. Cependant, dans un contexte d'éco-efficience, les membranes polymériques spiralées de MF s'avèrent un choix judicieux en termes de coûts d'investissements et d'opérations moindres. L'objectif principal était d'évaluer l'impact du changement de la pression transmembranaire (PTM) sur la rétention des CN et la transmission des PS par MF d'un lait écrémé et pasteurisé à l'aide de membranes polymériques spiralées de PVDF et de diamètres de pores 0,1 et 0,2  $\mu\text{m}$  afin d'identifier les conditions optimales de séparation. Les expérimentations ont été répétées 3 fois en mode recirculation totale à 50°C à des PTM de 89.6, 106.9 et 124.1 kPa. Des dosages d'azote total, non-protéique et non-caséique (méthode *Kjeldahl*) et une caractérisation protéique (SDS-PAGE) ont été réalisés afin de quantifier les performances séparatives. Les résultats démontrent que le

diamètre de pores membranaires n'a pas d'impact significatif ( $p>0.05$ ) sur les flux de perméation, mais que l'augmentation de PTM génère une augmentation croissante de flux de perméation pour les deux membranes. Concernant les performances de séparation protéique, la membrane de 0,1  $\mu\text{m}$  retient significativement ( $p<0.05$ ) davantage de CN et de PS comparativement à la membrane de 0,2  $\mu\text{m}$ . Par ailleurs, pour les deux membranes, la PTM ne semble pas avoir d'impact significatif ( $p>0.05$ ) sur la rétention des CN et des PS. Les résultats préliminaires montrent qu'il est possible de séparer les CN des PS à l'aide de membranes polymériques spiralées. De plus, de meilleures performances de séparation ont été observées pour la membrane de 0,1  $\mu\text{m}$ . L'utilisation de ce type de membrane, avantageuse au niveau économique, s'avérerait donc un choix intéressant pour l'industrie laitière à des fins de concentration du lait en CN. Il est cependant nécessaire d'évaluer leur performance lors d'essais de concentration du lait.



## Points de vue sur la réforme selon les producteurs laitiers, vétérinaires et conseillers à la ferme

**Denis Haine** <sup>1</sup>

**Roger Cue** <sup>2</sup>

**Asheber Sewalem** <sup>3</sup>

**Kevin Wade** <sup>2</sup>

**René Lacroix** <sup>4</sup>

**Daniel Lefebvre** <sup>4</sup>

**Jonathan Rushton** <sup>5</sup>

**Julie Arsenaault** <sup>1</sup>

**Émile Bouchard** <sup>1</sup>

**Jocelyn Dubuc** <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal*

<sup>2</sup> *Department of Animal Science, McGill University*

<sup>3</sup> *Guelph Food Research Center, Agriculture and Agri-Food Canada*

<sup>4</sup> *Valacta*

<sup>5</sup> *The Royal Veterinary College, University of London, UK*

## Résumé

---

Par la réforme, le producteur laitier met en place une stratégie lui permettant de minimiser ses pertes. Cependant quand vient le temps de se séparer d'un animal, le producteur prend en compte plusieurs paramètres tels que, par exemple, des contraintes de qualité du lait, de quota, de places disponibles dans l'étable, etc. Il a déjà été démontré que les objectifs des producteurs, leurs motivations et performances sont plus fortement influencés par des facteurs sociologiques, culturels et psychologiques que par les sciences animales ou économiques. Les aspects comportementaux et de motivation envers les attentes de la réforme ainsi que son processus de décision n'ont cependant pas encore été explorés. Les critères menant à la décision de réforme sont généralement postulés du point-de-vue du chercheur mais n'ont jamais été décrits dans la perspective de celui qui prend la décision. Les objectifs et motivations poursuivis lors de la réforme ont donc été explorés via un questionnaire auquel ont répondu des producteurs laitiers sous programme de médecine préventive, des vétérinaires et des conseillers à la ferme afin de décrire les critères de décision appliqués lors de la réforme d'une

vache laitière. Un profil général de décision commun aux producteurs, vétérinaires et conseillers a pu être mis en évidence. Ce profil démontre l'importance accordée à la santé du pis et à la production d'un lait sain et sécuritaire. Le niveau de production laitière est aussi un élément pris en considération. Les facteurs généraux de la gestion de l'exploitation tels que le niveau d'endettement, le nombre d'employés, l'amortissement du matériel ou la capacité de la salle de traite ne sont pas des éléments considérés. À ce profil général commun à tous, deux sous-groupes de conseillers ont montré un profil particulier. Un y ajoute comme élément décisif le statut reproducteur de la vache et la gestion du flux d'animaux (intrants: taures vs. extrants: vaches de réforme), tandis que l'autre prête fortement attention au bien-être animal. Les informations récoltées par cette étude permettent de mieux comprendre pourquoi et comment les différents intervenants réforment, et d'évaluer les éventuelles difficultés pouvant survenir lors de la collaboration entre certains acteurs et les producteurs.



## Nutrition minérale: Nouvelles perspectives pour des performances laitières optimales

Angel René Alfonso-Avila <sup>1</sup>

Edith Charbonneau <sup>1</sup>

Yvan Chouinard <sup>1</sup>

Johanne Chiquette <sup>2</sup>

Gaëtan F Tremblay <sup>3</sup>

Rachel Gervais <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences  
Animales, Université Laval

<sup>2</sup> Centre de recherche et  
développement de Sherbrooke,  
Agriculture et Agroalimentaire  
Canada

<sup>3</sup> Centre de recherche et  
développement de Québec,  
Agriculture et Agroalimentaire  
Canada

## Résumé

**Contexte de la recherche.** Les proportions élevées de concentrés incorporées aux rations pour soutenir les besoins des vaches haute-productrices induisent bien souvent des perturbations du rumen. L'acidose ruminale subclinique est par ailleurs identifiée comme un facteur de risque associé au syndrome de chute de gras du lait. Des travaux ont démontré la possibilité qu'une augmentation de la différence alimentaire cations-anions (DACA) et/ou l'ajout d'un supplément de  $K_2CO_3$  à la ration puissent prévenir les modifications des sentiers de biohydrogénation ruminale associées aux rations riches en concentrés et qui ont des effets inhibiteurs sur la synthèse de matières grasses du lait.

### Approche de recherche.

- Départager les effets de la DACA, de la teneur en K et du pouvoir tampon de la ration sur la biohydrogénation dans le rumen et la teneur en gras du lait.
- Vérifier l'interaction entre des apports de  $K_2CO_3$  et d'huile de soya sur :
  - a) Les populations microbiennes du rumen;
  - b) La biohydrogénation des acides gras;
  - c) Les performances animales.

### Résultats et applications.

Il existe une grande variabilité entre les vaches quant à la capacité de leur rumen à résister

à des rations riches en concentrés. Par ailleurs, l'ajout de  $K_2CO_3$  à la ration entraîne une augmentation de bactéries reconnues pour leur rôle dans la biohydrogénation des lipides. Ces variations n'ont toutefois pas d'impact sur la synthèse de matières grasses du lait. En comparant l'effet de différentes sources de K dans la ration sur le profil minéral du lait, nous avons constaté que l'augmentation des teneurs en K de la ration via l'ajout de  $K_2CO_3$  cause un déséquilibre ionique dans la cellule épithéliale mammaire qui se traduit par une baisse de production laitière. Enfin, une corrélation significative existe entre la concentration en Cl du lait et la production laitière, indépendamment des traitements alimentaires.

### Bénéfices potentiels pour les producteurs et les transformateurs laitiers.

Ces résultats innovants nous encouragent à investiguer l'impact, jusqu'à ce jour ignoré, de l'alimentation minérale sur le fonctionnement du tissu mammaire. Les prochaines étapes nous permettront d'identifier un profil minéral idéal qui permet, d'une part de contribuer au maintien de l'équilibre du rumen, et d'autre part de favoriser la capacité de la cellule mammaire à capter les nutriments essentiels à la synthèse du lait.



# Les graminées alternatives à la fléole des prés cultivée en association avec la luzerne

Florence Pomerleau-Lacasse <sup>1</sup>

Philippe Seguin <sup>1</sup>

Gilles Bélanger <sup>2</sup>

Julie Lajeunesse <sup>2</sup>

Gaëtan Tremblay <sup>2</sup>

Édith Charbonneau <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université McGill

<sup>2</sup> Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada

<sup>3</sup> Université Laval

## Résumé

---

Au Québec, la graminée principalement associée avec la luzerne est la fléole des prés qui a un potentiel de repousse limité sous les conditions sèches et chaudes de l'été. Ce projet vise à trouver une alternative à la fléole des prés dans un contexte de changement climatique. L'objectif est de comparer six graminées en association binaire avec la luzerne à trois sites contrastés au Québec (Ste-Anne-de-Bellevue, St-Augustin-de-Desmaures, Normandin). Six associations binaires de luzerne avec la fléole des prés, la fétuque élevée, la fétuque des prés, le festulolium, le ray-grass anglais et le brome des prés ont été semées en 2014 et récoltées plusieurs fois en 2015, soit au stade début bouton ou début floraison de la luzerne. Le rendement et la contribution au rendement des différentes composantes ont été mesurés à chacune des coupes. Une année de récolte additionnelle sera effectuée en 2016 et la valeur nutritive des fourrages en 2015 et 2016 sera mesurée. Le festulolium et le ray-grass anglais avec la luzerne ont eu un rendement saisonnier moins élevé que les autres associations.

Les contributions au rendement de la luzerne, de la graminée et des mauvaises herbes étaient très variables pour les six associations. De plus, le stade de développement à la récolte n'a pas significativement affecté la contribution au rendement de la graminée ou le rendement saisonnier, bien qu'il y ait eût une coupe additionnelle pour le stade début bouton. Ces résultats préliminaires suggèrent que la fétuque élevée, la fétuque des prés et le brome des prés ont une productivité similaire ou supérieure à la fléole des prés, et confirment la susceptibilité hivernale du festulolium et du ray-grass anglais au site le plus nordique. Par contre, les résultats d'une deuxième année de récolte seront nécessaires afin d'émettre de nouvelles recommandations. Ce projet permettra d'identifier des alternatives à la fléole des prés cultivée en association avec la luzerne afin de maximiser la productivité, la valeur nutritive et la persistance de ce type de mélange fourrager dans un contexte de changement climatique.

# Une méthode de PCR à temps réel pour la quantification de levures de la microflore naturelle présentes dans l'écosystème fromager

A. Lamarche,<sup>1,3</sup>  
M.-H. Lessard,<sup>1,3</sup>  
C. Viel,<sup>1,3</sup>  
D.St-Gelais,<sup>2</sup>  
S.Labrie,<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Centre STELA, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Université Laval, Département des sciences et technologies des aliments

<sup>2</sup> Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

<sup>3</sup> Laboratoire de mycologie alimentaire

## Résumé

---

Les écosystèmes fongiques complexes des fromages artisanaux de spécialité sont de plus en plus étudiés en raison de la contribution potentielle des levures indigènes au développement des propriétés sensorielles du fromage. Des études antérieures ont détecté les levures *Cyberlindnera jadinii*, *Kazachstania servazzii* et *kudriavzevii* *Pichia* à la fois dans le lait cru et/ou dans des fromages artisanaux de spécialité au Québec. À partir de ces résultats, nous avons développé un test PCR quantitatif en temps réel hautement spécifique et sensible pour quantifier ces espèces de levure. Pour chaque espèce, les amorces et les sondes TaqMan ont été conçues en se basant sur la séquence d'ADN d'un gène cible spécifique. Des gènes codant pour l'enzyme malique, la protéine centromère H3 et la glutathione S-transférase ont été sélectionnés pour *C. jadinii*, *K. servazzii* et *P. kudriavzevii* respectivement. La spécificité des essais PCR a été validé et n'a montré aucune amplification croisée à l'aide de 11 autres

microorganismes fongiques habituellement trouvés dans les fromages à pâte molle et à croûte fleurie ou les fromages à croûte lavée, tels que *Geotrichum candidum* et *Debaryomyces hansenii*. Nos résultats ont montré une efficacité élevée par PCR, allant de 90% à 105%, avec des valeurs de  $r^2 > 0,99$ . Ces essais de PCR sont efficaces pour quantifier l'incidence de *C. jadinii*, *K. servazzii* et *P. kudriavzevii* dans divers fromages artisanaux de spécialité (à pâte molle et à croûte fleurie, au lait cru, thermisé et pasteurisé). L'identification des levures indigènes permet une meilleure compréhension de la diversité des levures dans le fromage selon le traitement du lait, le type de croûte et la région de production. Cette étude est la première étape pour mieux comprendre la participation éventuelle de ces levures indigènes dans le développement des arômes du fromage et leur rôle dans l'écosystème fongique.

## Impact des constituants du babeurre sur la coagulation du lait par la présure

Marie-Pierre Gauvin<sup>1</sup>

Michel Britten<sup>2</sup>

Yves Pouliot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre STELA, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Université Laval

<sup>2</sup> Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

### Résumé

---

Le babeurre est un co-produit obtenu lors du barattage de la crème en beurre. Sa composition ressemble à celle du lait écrémé, mais son aptitude à la coagulation par la présure est inférieure. Ce défaut est généralement attribué à la présence de fragments de membrane de globule gras du lait (MFGM) dans le babeurre. De plus, la pasteurisation de la crème avant barattage entraîne la modification de ces fragments devenant ainsi susceptibles de nuire davantage à la coagulation du lait. Par conséquent, l'objectif du travail présenté était d'isoler des fragments de MFGM de babeurres de crèmes crues (BCC) et pasteurisée (BCP) et d'évaluer leur impact sur la formation et les propriétés des gels présure. Les isolats contenant les fragments de MFGM ont été obtenus par ultracentrifugation (100 000xg, 1h, 34°C) de BCC, de BCP et de lait écrémé cru (LÉC) (contrôle) après dissociation des micelles de caséine par ajout de citrate de sodium (2% p/v). Les culots ont ensuite été lavés avec du perméat d'ultrafiltration de lait pour éliminer le citrate de sodium. La composition protéique des substrats et des isolats a été déterminé par Kjeldhal et

électrophorèse sur gel (SDS-PAGE). Les isolats ont été re-dispersés dans du lait écrémé reconstitué et enrichi à 3,5% de protéines afin de mesurer leur impact sur la cinétique de coagulation du lait et sur la capacité de synérèse des gels à la cuisson. Dans tous les isolats, un peu plus de 50% des protéines sont de >35 kDa soit principalement d'origine membranaire, mais il y a de 14 à 16 fois plus de protéines isolées des babeurres que du lait écrémé. La présence non négligeable de protéines sériques et de caséines dans les isolats des deux types de babeurre suggère que le barattage entraîne leur association avec les fragments membranaires ou encore des modifications favorisant leur co-sédimentation. Ces isolats de babeurre nuisent à la formation du gel présure et réduisent sa capacité de synérèse, mais sans influence du traitement thermique subi par la crème. Ces nouvelles données contribuent à l'acquisition de connaissances pour une meilleure compréhension de la fonctionnalité fromagère du babeurre.

# Impact des hautes pressions d'homogénéisation du lait sur ses aptitudes à la transformation fromagère

Marie-Pier B Vigneux <sup>1</sup>

Michel Britten <sup>2</sup>

Yves Pouliot <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre STELA, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Université Laval

<sup>2</sup> Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

## Résumé

---

On observe un intérêt grandissant pour l'application de l'homogénéisation à de hautes pressions (HHP) pour le traitement du lait et le développement de produits laitiers. Toutefois, l'impact de l'HHP sur les propriétés fromagères du lait n'a pas été étudié. L'HHP modifie les propriétés structurales des micelles de caséine, pouvant ainsi influencer l'aptitude à coaguler du lait. Le but de cette étude est de déterminer les effets de l'HHP du lait écrémé sur ses aptitudes à la transformation fromagère. Le lait écrémé cru a été homogénéisé à 4 pressions différentes (0, 50, 100, 150 MPa) avec un ou trois passages dans la valve d'homogénéisation. La taille des micelles de caséine et le potentiel zeta ont été déterminés par diffusion dynamique de la lumière. Le profil des caséines et la teneur en calcium dans la phase soluble ont respectivement été analysés par HPLC en phase inverse et ICP-OES. L'aptitude à la coagulation des laits homogénéisés a été mesurée après l'emprésurage par différentes cinétiques soit la libération du caséinomacropeptide (CMP), l'évolution de la densité

optique et la contraction des gels à la cuisson. Des fromages modèles ont également été fabriqués pour évaluer les rétentions protéiques et lipidiques ainsi que le rendement fromager. Les résultats ont montré une diminution significative ( $p < 0.05$ ) de la taille des micelles et de leur charge nette négative en fonction de la pression d'homogénéisation. La proportion de caséine  $\kappa$  et la concentration en calcium de la fraction soluble ont augmenté significativement ( $p < 0.05$ ) avec l'accroissement de la pression d'homogénéisation. Ces transferts de la phase colloïdale à la phase soluble du lait suggèrent une désintégration partielle des micelles de caséine. Les effets observés sur les micelles de caséine n'ont cependant pas eu de répercussion sur l'aptitude à la transformation fromagère. L'homogénéisation du lait écrémé à des pressions égales ou inférieures à 150 MPa ne peut donc pas être utilisée pour améliorer les propriétés fromagères du lait écrémé ou les bilans fromagers.

# Impact du brassage, du lissage et du refroidissement sur les propriétés rhéologiques du yogourt brassé avec simulation en conditions industrielles

Valérie Guénard Lampron <sup>1,2,3</sup>

Sébastien Villeneuve <sup>2,3</sup>

Stefan Grabowski <sup>3</sup>

Daniel St-Gelais <sup>2,3</sup>

Mohammad Reza Zareifard <sup>3</sup>

Sylvie L Turgeon <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA), Université Laval

<sup>2</sup> Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Université Laval

<sup>3</sup> Agriculture et agroalimentaire Canada

## Résumé

---

Peu de recherches sont réalisées sur le yogourt brassé et elles sont surtout à l'échelle laboratoire. Le but du projet était d'étudier, à l'aide d'un banc d'essai pilote simulant les conditions industrielles, l'impact du brassage, du lissage et du refroidissement sur les propriétés rhéologiques du yogourt. En effet, après la fermentation en cuve, ces opérations déstructurent la matrice protéique et affectent la qualité du yogourt. Un mélange laitier a été standardisé à 14% de solides totaux, 0% de matière grasse et 4% de protéines, homogénéisé, chauffé (94,5°C, 5 min) et inoculé à 41°C avec un ferment lactique. Deux durées de brassage (5 ou 10 min), deux systèmes de refroidissement (échangeur de chaleur à plaques ou tubulaire) et deux températures de lissage (35°C ou 20°C) ont été testés. Des échantillons ont été prélevés pour déterminer l'impact unitaire des opérations. Les yogourts brassés ont été analysés après 1, 3, 13 et 22 jours d'entreposage à 4°C. La synérèse (centrifugation), la viscosité apparente (rhéomètre), la fermeté (texturomètre), la consistance (consistomètre Bostwick) et l'écoulement (entonnoir PostHumus) ont été analysés. Pendant le

procédé, le refroidissement et le lissage, comparativement au brassage, ont eu plus d'impact sur l'augmentation de la viscosité et la diminution de la synérèse, de la fermeté et de la consistance. Pendant l'entreposage, le système de refroidissement a eu un impact majeur. L'échangeur de chaleur à plaques comparativement à l'échangeur tubulaire a provoqué moins de synérèse ainsi qu'une fermeté, une viscosité et une consistance plus faibles. Le lissage à 35°C a augmenté le temps d'écoulement alors que le brassage a eu peu d'effets. Après 22 jours d'entreposage, la synérèse a diminué alors que la viscosité, la fermeté, la consistance et le temps d'écoulement ont augmentés. Le banc d'essai a donc permis de simuler les conditions industrielles, de comprendre et de quantifier l'impact individuel et cumulatif des opérations sur la qualité des yogourts. À long terme, ces résultats permettront de réduire les produits déclassés et les pertes économiques. À court terme, le consistomètre Bostwick et l'entonnoir PostHumus pourraient être utilisés en industrie pour déterminer rapidement et facilement la fermeté et la viscosité.

## Effet des ingrédients et de la température de brassage sur la structuration et les propriétés du yogourt brassé

**Audrey Gilbert** <sup>1,3</sup>

**Laurie-Eve Rioux** <sup>1,3</sup>

**Daniel St-Gelais** <sup>2,3</sup>

**Sylvie L.Turgeon** <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Département des sciences des aliments, Université Laval

<sup>2</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada

<sup>3</sup> Institut sur la Nutrition et les Aliments Fonctionnels (INAF) / Centre de recherche en Sciences et Technologie de Lait (STELA)

### Résumé

---

La production de yogourts brassés au Canada augmente continuellement. Cependant, si les interactions formulation/procédés pour le yogourt ferme sont bien documentées dans la littérature, ce n'est pas le cas pour le yogourt brassé, car il est difficile de reproduire en laboratoire les étapes industrielles de brassage. Durant l'étape de fermentation, le gel se forme. Les protéines sériques dénaturées augmentent la résistance à la synérèse et les attributs texturaux du gel laitier. Les étapes de conditionnement impliquées dans la production du yogourt brassé cisailent et brisent le gel, modifiant microstructure et propriétés rhéologiques du yogourt. Dans ce travail, un rhéomètre a simulé le lissage du yogourt en contrôlant le cisaillement et la température. Deux formulations identiques (solides totaux, teneur en protéines et ratio caséines/protéines sériques) avec des protéines sériques provenant d'isolat (IPL) ou de concentré (CPL35) de protéines de lactosérum ont été comparées. Le yogourt a été lissé selon l'un des profils de température suivant : 42°C (Y42), 20°C (Y20) ou une rampe de 42 à 20°C (YR). La synérèse forcée a été mesurée 3 jours après la production. La taille

des particules a été mesurée aux jours 0, 4 et 7 par diffraction laser et microscopie optique suivie d'analyse d'images. Pour Y42, la synérèse était élevée indépendamment de l'ingrédient protéique. Les images révélaient un réseau hétérogène (sérum séparé du gel) pour Y42 alors qu'Y20 et YR possédaient des réseaux homogènes. Que ce soit par analyse d'images ou diffraction laser, la température de brassage déterminait la taille des particules ; allant dans l'ordre croissant Y20, YR, Y42. Seule l'analyse d'image a révélé une augmentation de la taille des particules entre les jours 0 et 4 après production ; indiquant une réorganisation des particules dans les premiers jours d'entreposage. L'ingrédient utilisé a eu peu d'influence sur les propriétés étudiées. Afin d'optimiser les coûts et qualités des yogourts, le refroidissement avant lissage est impératif pour minimiser la granulosité et la synérèse. Cependant, il n'y aurait aucun préjudice à utiliser une source de protéines sériques moins pure pour ajuster le ratio caséines/protéines sériques (ex : CPL 35%) permettant de réduire les coûts de production.

## Effet de la teneur en matières grasses et du cisaillement de type industriel sur les propriétés rhéologiques de yogourts brassés

Noémie Lussier <sup>1,2,3</sup>

Daniel St-Gelais <sup>1,2,3</sup>

Stefan Grawboski <sup>1</sup>

Sébastien Villeneuve <sup>1,3</sup>

Sylvie Turgeon <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada

<sup>2</sup> Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA), Université Laval

<sup>3</sup> Institut sur la nutrition des aliments fonctionnels ou Nutrition and Functional Foods (INAF), Université Laval

### Résumé

---

La majorité des yogourts produits au Canada sont de type brassé. Après la fermentation en cuve le yogourt est brassé, causant une déstructuration de la matrice protéique. Par contre, peu de recherches ont démontrés l'effet du brassage industriel puisque la simulation des conditions industrielles est difficilement réalisable en laboratoire. Le but de ce projet était de déterminer l'impact du temps de fermentation (TF) et de deux systèmes de refroidissement industriel sur les propriétés rhéologiques du yogourt brassé contenant différentes teneurs en solides totaux (ST) et en matières grasses (MG). Les yogourts ont été standardisés à 16,5% de ST, 4% de protéines et les MG variaient entre 0,0 et 3,9%. Les TF étaient de 3h, 4h et 5h. Un témoin sans gras a été produit à 14% ST. Tous les yogourts ont été brassés en utilisant un banc d'essai pilote et refroidis avec un échangeur de chaleur tubulaire (cisaillement faible) ou à plaques (cisaillement élevé). Les analyses physicochimiques (indice de synérèse), texturales (fermeté) et rhéologiques (viscosité apparente) ont été effectuées après 1 et 34 jours d'entreposage à 4°C.

L'augmentation des ST diminuait la synérèse, mais n'avait pas d'impact sur la fermeté et la viscosité. En augmentant la MG, la synérèse diminuait tandis que la fermeté et la viscosité augmentaient. Un TF de 3h semblait produire des yogourts moins fermes, moins visqueux et démontrant une synérèse plus élevée que les TF de 4 et 5h. L'utilisation du refroidissement tubulaire produisait des yogourts plus fermes et avec plus de synérèse que le refroidissement à plaques. Par contre, le type de refroidissement n'avait pas d'impact sur la viscosité. Durant l'entreposage la fermeté et la viscosité ont augmenté tandis que la synérèse est demeurée stable. L'utilisation du banc d'essai pilote a permis de déterminer l'impact de deux refroidissements industriels sur l'évolution des propriétés rhéologiques de yogourts brassés ayant différentes teneurs en ST et MG. Ces nouvelles connaissances devraient permettre aux industriels de mieux identifier ce qui a le plus d'impact pendant la production de yogourts brassés et ainsi réduire à long terme la quantité de produits.



## Essai clinique d'un protocole de traite en début de lactation et de son effet sur les corps cétoniques sanguins

Pierre-Alexandre Morin <sup>1</sup>

Catarina Krug <sup>2</sup>

Younes Chorfi <sup>3</sup>

Jocelyn Dubuc <sup>1</sup>

Pierre Lacasse <sup>4</sup>

Jean-Philippe Roy <sup>1</sup>

Débora Santschi <sup>5</sup>

Simon Dufour <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculté de médecine vétérinaire, Département des sciences cliniques, Université de Montréal

<sup>2</sup> Faculté de médecine vétérinaire, Département de pathologie et de microbiologie, Université de Montréal

<sup>3</sup> Faculté de médecine vétérinaire, Département de biomédecine, Université de Montréal

<sup>4</sup> Centre de recherche et développement de Sherbrooke, Agriculture et Agroalimentaire Canada

<sup>5</sup> Valacta

## Résumé

L'hypercétonémie, accompagnée ou non de signes cliniques, est une maladie métabolique limitant la production laitière, les performances reproductrices et augmentant les risques de maladies et de réforme. Réduire provisoirement la demande énergétique afin de limiter la mobilisation graisseuse en début de lactation permettrait de réduire son incidence. Cette étude évalue l'impact d'un protocole de traite incomplète (PTI) en début de lactation sur la cétonémie sanguine et sur l'hypercétonémie des vaches multipares évoluant en contexte commercial. De décembre 2013 à mars 2015, 846 vaches Holstein provenant de treize troupeaux étaient aléatoirement attribuées, avant le vêlage, à un des deux traitements suivants : 1- protocole de traite complète (PTC) ou 2- PTI (traite limitée à 10-14 L de lait par jour pour les cinq premiers jours en lait ; JEL). Une fois par semaine entre 1-26 JEL, du sang était prélevé afin d'évaluer la concentration sérique de  $\beta$ -hydroxybutyrates (BHBA), un corps cétonique marqueur de la balance énergétique négative. Pour la période de 4 à 7 JEL, la

concentration sérique en BHBA des vaches exposées au PTI était 17% plus basse que celle des vaches sur le PTC ( $P < 0,01$ ). Pour la période de 8 à 17 JEL, la concentration sérique en BHBA des vaches exposées au PTI avait tendance à être 6% plus basse que celle des vaches sur le PTC ( $P = 0,09$ ). Le risque d'hypercétonémie (BHBA sériques  $\geq 1,4$  mmol/L) était réduit chez les vaches sur le PTI comparativement aux vaches sur le PTC. Plus spécifiquement, les pourcentages de vaches atteintes d'hypercétonémie entre 4 et 7 JEL était 5% pour le PTI et 11% pour le PTC ( $P = 0,03$ ). Entre 8 et 17 JEL, ces pourcentages étaient de 18% pour le PTI et 23% pour le PTC ( $P = 0,05$ ). Le PTI aide à réduire la cétonémie et l'hypercétonémie en début de lactation comparativement au PTC. Facilement applicable à la ferme, le PTI ne nécessite aucun médicament et peu d'équipement supplémentaire. L'étude se poursuit pour quantifier l'impact du PTI sur le bien-être, la production, la reproduction, la santé et la réforme.



## L'impact d'une traite incomplète en début de lactation sur l'inconfort des vaches

Catarina Krug<sup>1</sup>

Jean-Philippe Roy<sup>2,3</sup>

Jocelyn Dubuc<sup>3</sup>

Trevor Devries<sup>2,4</sup>

Simon Dufour<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal

<sup>2</sup> Réseau canadien de recherche sur la mammite bovine et la qualité du lait

<sup>3</sup> Département de sciences cliniques, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal

<sup>4</sup> Department of animal biosciences, University of Guelph

### Résumé

**Contexte.** Une approche potentielle pour contrôler la balance énergétique négative en période de transition est de restreindre la production de lait en faisant une traite incomplète en début de lactation. L'objectif de ce projet était d'évaluer l'effet d'une traite incomplète sur le confort des vaches et sur les pertes de lait immédiatement après la traite.

**Approche.** Les vaches multipares (n=77) de trois troupeaux commerciaux du Québec ont été sélectionnées au hasard pour être soumises soit à une traite incomplète (10-14 L/j) au cours des cinq premiers jours de lactation ou à une traite complète (groupe contrôle). Pour évaluer le confort des vaches et l'écoulement du lait, trois mesures ont été considérées : (1) Nombre total d'heures par jour en position couchée durant les deux premières semaines de lactation, (2) La pression maximale tolérée par la vache au niveau du pis avant la traite pendant la première semaine de lactation (algomètre appliqué jusqu'à ce que l'animal démontre une réaction d'évitement ou jusqu'à un maximum de 8 kg de force), (3) La présence d'écoulement de lait juste après la traite, pendant la première semaine de lactation.

**Résultats.** La relation entre le nombre d'heures couchée et le

groupe de traitement variait selon les jours en lait. Pendant la période de traitement (j1-j5), les vaches soumises à une traite incomplète restaient couchées plus longtemps (moyenne : 10.9 heures/j; n=18 vaches) que les vaches du groupe contrôle (moyenne: 9.8 heures/j; n=14 vaches). Cette différence (p=0.01) semblait indiquer un plus grand confort dans le groupe traite incomplète. La pression moyenne tolérée par les vaches au niveau du pis avant la traite était 6.4 kgf chez les vaches soumises à une traite incomplète (n=22) et 5.3 kgf chez le groupe contrôle (n=20). Cette différence n'était pas statistiquement significative (p=0.23). (3) Un écoulement de lait après la traite a été observé sur une seule des vaches soumise à une traite incomplète (1/23) et sur deux des vaches du groupe contrôle (2/23); cette différence était non-significative (p=0.56).

**Bénéfices.** En conclusion, la traite incomplète en début de lactation ne semble pas causer d'inconfort pour les vaches laitières ni de pertes de lait après la traite.

# Ingénierie métabolique pour la bioproduction d'acétoïne et de butanediol à partir de coproduits fromagers

Jean-François Rousseau  
Ryszard Brzezinski  
Sébastien Rodrigue

Université de Sherbrooke

## Résumé

---

De nombreuses recherches sont menées de par le monde pour valoriser la biomasse résiduelle en sources d'énergies alternatives ou en produits chimiques. Au Québec, parmi les secteurs industriels produisant des résidus potentiellement valorisables, l'industrie de la transformation du lait génère des quantités importantes de lactosérum et de perméat. Notre projet vise à évaluer la possibilité de créer par génie métabolique des microorganismes capables de produire des molécules d'intérêt commercial à partir du lactose contenu dans ces substances. Notre preuve de concept vise l'obtention de 2,3-butanediol (BD) par l'intermédiaire d'un procédé de fermentation qui met en œuvre une bactérie *Escherichia coli* génétiquement modifiée. Le BD est une substance permettant de nombreuses applications industrielles, dont la fabrication de polymères, d'explosifs, de produits pharmaceutiques. Puisque les enzymes nécessaires à la production de BD ne se retrouvent pas chez *E. coli*, nous avons d'abord identifié trois produits de

gènes permettant successivement de transformer le pyruvate provenant de la glycolyse en 1) acétolactate puis en 2) acétoïne et finalement en 3) BD. Ces gènes ont été synthétisés puis intégrés au chromosome d'*E. coli*. Nous avons ensuite validé que la souche obtenue permettait la production des molécules attendues avant de créer une série de délétions inactivant les cinq voies de fermentation pouvant potentiellement compétitionner la production de BD. Nos résultats montrent que l'ajout de la voie métabolique du BD couplé à la délétion de certaines voies de fermentation endogènes à *E. coli* apporte de meilleurs rendements. Une optimisation des conditions de fermentation pourrait ensuite maximiser la production, et potentiellement offrir un procédé économiquement viable. Finalement, les méthodes développées dans ce projet pourraient aussi être appliquées à la production d'une grande variété d'autres molécules afin de transformer les résidus de production en molécules d'intérêt.

## Production d'acétoïne et de butanediol par fermentation du lactosérum

David Fernandez-Gutierrez<sup>1,2</sup>  
Anne Giroir-Fendler<sup>2</sup>  
Antonio Avalos Ramirez<sup>3</sup>  
Nathalie Faucheux<sup>1</sup>  
Michèle Heitz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Sherbrooke,  
Département de génie chimique  
et biotechnologique

<sup>2</sup> Université Lyon 1 et CNRS,  
département de chimie-biologie)

<sup>3</sup> Centre national en  
électrochimie et en technologies  
environnementales, Collège de  
Shawinigan

### Résumé

---

L'industrie laitière est l'une des plus importantes du secteur agroalimentaire dans le monde. Le lactosérum est un déchet liquide issu de la transformation du lait en fromage. Le lactosérum présente une charge organique élevée en raison de sa teneur élevée en lactose (environ 50 g./L de lactosérum). Pour cette raison, le lactosérum doit être traité avant d'être libéré dans l'environnement. Un autre rejet liquide est le perméat de lactosérum, obtenu après la séparation des protéines du lactosérum. Le perméat de lactosérum a une concentration en lactose supérieure à 80 g./L. L'objectif du projet est de valoriser le lactosérum et le perméat de lactosérum en bioproduits utiles et ainsi, réduire leurs impacts environnementaux. Selon la Conférence sur le climat de Paris en 2015 (COP 21), 195 gouvernements se sont engagés à réduire les gaz à effet de serre (GES). Notre projet pourrait participer à cet effort car les biocarburants ou les bioproduits pourraient être dérivés du lactosérum ou du perméat de lactosérum et remplacer les combustibles fossiles. À cet effet, le lactosérum et le perméat de lactosérum ont été fermentés en présence d'une nouvelle souche génétiquement modifiée d'*Escherichia coli* MG1655 capable de briser directement le lactose et le

convertir en diols (acétoïne et 2,3-butanediol). Une série d'expériences a testé l'effet de différentes concentrations de glucose et de lactose, le pH, la condition anaérobie, les sources et les concentrations d'azote et les ions métalliques sur les rendements en diols dans un milieu de culture défini (M9). Les résultats de ces expériences ont été utilisés pour établir les meilleures conditions de fermentation du lactosérum et du perméat de lactosérum. De cette manière, la fermentation a été réalisée à un pH de 7,4, une température de 37 ° C et une agitation de 100 tours par minute pendant 96 heures à l'échelle du laboratoire en utilisant des flacons de 500 ml contenant 200 ml de volume de travail (10% (v/v) d'inoculum) et utilisant des ions d'urée et métalliques. Dans ces conditions, les rendements en diol de 21% (g. diol/g. lactose) pour le lactosérum et le perméat de lactosérum ont été obtenus. L'optimisation des conditions de fonctionnement sera effectuée afin d'augmenter les rendements en diols dans des essais ultérieurs à l'échelle du laboratoire à l'aide de flacons et d'un bioréacteur de 2 litres. La valorisation des rejets de produits laitiers en biocarburants permettrait à l'industrie laitière d'obtenir de nouveaux revenus et de devenir plus verte.

## Analyse environnementale de la valorisation des coproduits fromagers

Angela Trivino <sup>1</sup>  
Stéphane Godbout <sup>2</sup>  
Frédéric Pelletier <sup>2</sup>  
Michèle Heitz <sup>3</sup>  
Damien de Halleux <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Laval

<sup>2</sup> Institut de recherche et de  
développement en  
agroenvironnement (IRDA)

<sup>3</sup> Université de Sherbrooke

### Résumé

---

Le lactosérum est un sous-produit de la production fromagère. Au Québec, en 2010, presque deux millions de tonnes de lactosérum ont été générées. Le lactosérum est composé principalement d'eau (90-95%) et de matière solide. Cette fraction solide est composée principalement de lactose (70-73% m/m), de protéines et de minéraux. Ces composés peuvent être valorisés s'ils sont gérés convenablement. Dans le cas contraire, une gestion inefficace du lactosérum peut créer de la pollution (32 000 mg DBO<sub>5</sub>/L) et peut être à l'origine du gaspillage de ressources. Afin de valoriser le lactose présent dans les sous-produits fromagers, un nouveau bioprocédé dénommé BIOBAC est en cours de développement. Il consiste à produire des composés chimiques d'intérêt en particulier

des diols (butanediol et acétoïne) qui sont obtenus présentement à partir de combustibles fossiles. L'objectif de cette étude est vérifier la faisabilité de ce nouveau bioprocédé d'un point de vue environnemental à l'aide d'une analyse du cycle de vie (ACV). L'approche d'ACV, inclut la quantification et la comparaison de l'impact environnemental de diverses méthodes de traitement de lactosérum. Cette comparaison sera un outil utile pour informer l'industrie fromagère sur les méthodes de valorisation des résidus. Les résultats préliminaires ont démontré que BIOBAC est une approche intéressante d'un point de vue environnemental, puisque ce bioprocédé permettra de réduire la dépendance au pétrole de la société.

# CRISPR-Cas9 pour l'édition du génome et l'étude des gènes virulents du phage p2

Marie-Laurence Lemay  
Sylvain Moineau

*Département de biochimie,  
microbiologie et bio-informatique,  
Faculté des sciences et de génie,  
Groupe de recherche en écologie  
buccale, Faculté de médecine  
dentaire, Université Laval*

## Résumé

---

Les bactériophages (ou phages) sont des virus bactériens présents dans tous les écosystèmes. Dans l'industrie laitière, les phages virulents peuvent compromettre le processus de transformation du lait puisqu'ils sont naturellement présents dans le lait et ils résistent à la pasteurisation. Diverses souches de *Lactococcus lactis* sont utilisées dans les ferments mésophiles pour la production d'une variété de fromages, et plusieurs de ces souches sont sensibles aux phages. Le phage p2 est un modèle pour l'étude des phages de lactocoques puisqu'il fait partie du groupe (936) de phages les plus fréquemment isolés au Québec et ailleurs dans le monde. Pour mieux contrôler ces phages, il est important d'acquérir des connaissances sur leur biologie et leur évolution. Malgré son importance, près de la moitié des gènes du phage p2, soit une vingtaine, codent pour des protéines aux fonctions encore inconnues. Une des façons d'étudier des gènes/protéines est de les modifier et d'observer les phénotypes qui en découlent. Or, l'étude des phages virulents représente un défi majeur puisque la modification de leur génome est limitée par leur très court passage dans une cellule hôte.

L'objectif principal de ce projet était d'adapter un outil de modification de génome basé sur la technologie CRISPR-Cas9 afin d'étudier les gènes du phage virulent p2. Cette technologie nécessite Cas9, une protéine pouvant être programmée pour cliver une région génomique spécifique, lorsque couplée avec une région CRISPR, qui sert d'ARN guide versatile. Au cours de la dernière année, nous avons adapté la technologie à *L. lactis* et elle est maintenant fonctionnelle pour inactiver, muter ou marquer chacun des gènes et protéines d'intérêt du phage p2. Cet outil novateur nous permettra d'étudier la biologie de ce phage à un niveau inégalé et promet un avancement significatif des connaissances sur les interactions phage-bactérie. Par exemple, nous croyons que certains gènes phagiques sont responsables de l'infection spécifique de certains ferments lactiques. Ainsi, ces nouvelles connaissances amélioreront la gestion du risque phagique par le biais d'une meilleure sélection des ferments. À long terme, nos travaux contribueront à réduire les pertes associées au déclassement des produits laitiers.

## La biologie des systèmes appliquée au cheddar

Alexia Lacelle-Côté<sup>1</sup>

Julie Samson<sup>1</sup>

Pier-Luc Planté<sup>2</sup>

Jacques Corbeil<sup>2</sup>

Alexander Culley<sup>1</sup>

Sylvain Moineau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de biochimie, microbiologie et bio-informatique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval

<sup>2</sup> Département de médecine moléculaire, Faculté de médecine dentaire, Université Laval

### Résumé

---

Le Québec est le plus grand producteur de fromage cheddar au Canada. Malgré cette expertise, l'obtention de produits de qualité constante est un défi. Les propriétés organoleptiques des fromages peuvent varier d'un lot à l'autre. Cette fluctuation peut être expliquée par divers facteurs incluant les compositions chimique et microbiologique du lait, les ferments ajoutés, et la présence de bactériophages. Ce projet, qui a débuté en septembre 2014, a pour but l'étude de ces paramètres en utilisant une approche de type « biologie des systèmes » pour mieux comprendre l'impact du réseau microbiologique dans la fabrication du cheddar. Des échantillons de lait seront recueillis après traitement thermique, tandis que les échantillons de fromage seront prélevés après 1 jour de production, après 3 mois, 6 mois et 18 mois de vieillissement. Avec l'aide la technologie de séquençage Illumina, la succession microbienne et virale sera étudiée sur tous les échantillons de lait et de fromages et ce, dans plusieurs fabrications utilisant divers ferments mésophiles. Le génome des souches utilisées dans les ferments lactiques sera aussi séquencé. Des analyses biochimiques seront également faites sur les laits et les fromages.

Un protocole sera mis au point pour séparer la fraction virale des échantillons. Après le séquençage, l'expression de certains gènes abondants sera quantifiée par RT-qPCR. Par la suite, la présence de certaines protéines bactériennes et phagiques sera investiguée en utilisant la protéomique. En parallèle, le métabolome des échantillons sera également analysé par spectrométrie de masse. Nous développerons un protocole d'extraction et d'analyse des métabolites contenus dans le fromage par LC-MS/MS utilisant une cellule de mobilité ionique. Le dernier objectif intégrateur permettra de dégager les tendances pendant la maturation fromagère et identifiera certains marqueurs de qualité des cheddars et permettra l'élaboration d'un modèle de fonctionnement de la totalité des systèmes. De plus, l'obtention d'un répertoire des microorganismes provenant du lait et des diverses étapes d'affinage du cheddar donnera un avantage compétitif aux transformateurs laitiers québécois. Enfin, le projet pourrait mener à des fromages ayant des qualités organoleptiques supérieures et constantes.



## Analyse transcriptomique sur embryons bovins obtenus de donneuses en période péripubertaire

Léonie Morin-Doré <sup>1</sup>

Patrick Blondin <sup>2</sup>

Christian Vigneault <sup>2</sup>

Rémi Labrecque <sup>2</sup>

Marc-André Sirard <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Animales, Université Laval

<sup>2</sup> L'Alliance Boviteq

## Résumé

---

Avec l'arrivée des techniques de reproduction assistée et de la génomique, le progrès génétique chez les bovins laitiers est plus rapide que jamais. Les avancées technologiques importantes favorisent maintenant l'utilisation d'animaux de plus en plus jeunes dans les programmes de reproduction. Cette situation aurait possiblement un impact sur la qualité des embryons, affectant le taux de succès des procédures et potentiellement la génisse de la génération suivante. Ce projet de recherche vise à documenter l'effet de l'âge sur la qualité de l'embryon, au point de vue transcriptomique, et, en l'occurrence, à identifier des pistes pour corriger la situation. 10 jeunes femelles Holstein ont subi 3 cycles de stimulation ovarienne, permettant 3 collectes d'ovocytes (8, 11, 14 mois). Ces ovocytes ont ensuite été fécondés *in vitro* par des spermatozoïdes d'un même taureau adulte pour générer 3 lots d'embryons par animal. Grâce à la plateforme EmbryoGENE, il fut possible de mesurer l'expression génique au stade blastocyste. L'analyse de contraste selon l'âge (*microarray*), soit 8 vs 14 mois et 11 vs 14 mois, a permis de dénombrer 242 gènes

différentiellement exprimés pour le premier contraste et 296 pour le deuxième.

L'analyse transcriptomique globale suggère une cause métabolique pour expliquer les différences observées entre les sujets immatures et adultes, trahissant un impact plus grand des conditions *in vitro* sur les blastocystes produits par les plus jeunes donneuses. Parmi les voies géniques affectées par l'âge, on retrouve notamment les voies de signalisation mTOR et PPAR, ainsi que la voie de réponse au stress oxydatif médiée par NRF2. Cette étude est la première à démontrer l'effet de l'âge sur la qualité de l'embryon bovin par analyse transcriptomique, impliquant des femelles Holstein péri-pubères ayant subi une stimulation ovarienne. Le premier constat est que les embryons sont marginalement affectés par l'âge de la donneuse et que la qualité demeure très bonne dès l'âge de 8 mois. Les résultats permettent par ailleurs d'explorer les conditions de nutrition des génisses ainsi que les conditions de culture des embryons afin de pallier aux différences observées.



## Évaluation de la réponse immunitaire de traitement au tarissement sans antibiotique à base d'hydrogel de chitosane

S. Lanctot<sup>1</sup>

P. Fustier<sup>2</sup>

Ali R. Taherian<sup>2</sup>

B. Bisakowski<sup>2</sup>

X. Zhao<sup>1</sup>

P. Lacasse<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de Science Animale, Université McGill

<sup>2</sup> AAC- Centre R&D de St-Hyacinthe

<sup>3</sup> AAC- Centre R&D de Sherbrooke

### Résumé

---

La transition entre la lactation et le tarissement est une période à risque élevé pour la vache laitière de contracter de nouvelles infections intra-mammaires. Ce risque est réduit lorsque l'involution de la glande mammaire est terminée. Par conséquent, une approche permettant d'accélérer le processus d'involution après le tarissement pourrait réduire l'incidence de la mammites. Notre programme de recherche vise à développer un modificateur de la réponse biologique (MRB) pouvant être injecté dans les trayons de la vache afin de promouvoir la migration rapide des cellules immunitaires, accélérant ainsi l'involution mammaire. Le chitosan est un polysaccharide naturel dérivé de la chitine capable de stimuler l'immunité innée de l'hôte. Il peut donc servir de MRB. Deux formulations de chitosan ont été mises au point, la première extraite de crabe et la deuxième de crevette. Ces formulations sont liquides à température ambiante mais forment un hydrogel à la température du corps. Pour cette étude, 7 vaches Holstein en fin de lactation ont été utilisées. Au tarissement, chacun des quartiers a reçu une infusion intra-mammaire de : 2.5 ou 5 mL d'hydrogel de chitosan de crabe

(crab2.5 ou crab5), 5 mL d'hydrogel de chitosan de crevette (shp5) ou 5 mL de solution saline (témoin). Des échantillons de lait (sécrétions mammaires) de chaque quartier ont été recueillis lors des jours précédant et suivant le tarissement afin de mesurer plusieurs marqueurs de l'involution mammaire. Les infusions d'hydrogel de chitosan (crab5, crab2.5 et shp5) ont toutes accéléré l'augmentation des teneurs des sécrétions mammaires en cellules somatiques, albumine sérique et lactoferrine, ainsi que de l'activité de la lactate déshydrogénase. Aucune différence notable n'a été observée entre les différents traitements de chitosan. Ces résultats indiquent que la perfusion d'hydrogel de chitosan accélère le processus d'involution de la glande mammaire et suggèrent donc qu'elle pourrait réduire l'incidence de nouveaux cas d'infections intra-mammaires durant le tarissement. À terme, cette approche pourrait être utilisée, chez les vaches non-infectées, comme une alternative aux préparations antibiotiques pour le tarissement.

# Impact de l'enrichissement en protéines des yogourts de type grec par ultrafiltration ou centrifugation sur l'évolution des probiotiques et contaminants durant l'entreposage

Andreeanne Moineau-Jean<sup>1,2</sup>  
Claude P Champagne<sup>2,3</sup>  
Yves Raymond<sup>3</sup>  
Denis Roy<sup>1,2</sup>  
Evelyne Guévremont<sup>3</sup>  
Sylvie F Gauthier<sup>1,2</sup>  
Gisèle LaPointe<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences des aliments, Laval University

<sup>2</sup> Institut sur la Nutrition et les Aliments Fonctionnels, Université Laval

<sup>3</sup> Centre de recherche et de développement de St-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

<sup>4</sup> Dairy Farmers of Ontario Professorship in Dairy Microbiology, Department of Food Science, University of Guelph

## Résumé

---

Les yogourts de type grec sont très populaires auprès des consommateurs. Comme pour les yogourts réguliers, des bactéries probiotiques peuvent y être ajoutées. Il y a toutefois une méconnaissance des impacts des procédés de production des yogourts à haute teneur en protéines (HTP) sur la survie de celles-ci. Le but du projet était de comparer la survie de deux souches probiotiques commerciales et celle de deux contaminants microbiens durant l'entreposage de deux yogourts HTP. Des yogourts à 10% de protéines ont été produits par ultrafiltration du lait avant fermentation (HTP-UF) ou centrifugation d'un yogourt régulier (HTP-CF). Un yogourt régulier (4% de protéines) a servi de témoin (T). La croissance et la stabilité de deux bactéries probiotiques (sensible : *Bifidobacterium longum* ssp. *longum* R0175 (R0175) et résistante : *Lactobacillus helveticus* R0052 (R0052)) inoculées à  $1 \times 10^7$  CFU/g, et deux microorganismes contaminants (*Kluyveromyces marxianus* et un substitut non pathogène d'*Escherichia coli* O157:H7) inoculés à  $1 \times 10^5$  CFU/g, y ont été suivis durant l'entreposage à 4°C. Les deux types de yogourts HTP contenaient 3 à 7 fois plus de

la souche résistante R0052 que le yogourt témoin (HTP-UF =  $1.45 \times 10^8$ , HTP-CF =  $8.02 \times 10^7$ , T =  $2.10 \times 10^7$  UFC/g). La stabilité durant l'entreposage de R0052 était plus grande dans le yogourt HTP-CF, avec 15 fois plus de probiotique après 45 jours que dans le yogourt témoin (HTP-CF =  $1.87 \times 10^7$ , T =  $1.27 \times 10^6$  UFC/g). Toutefois, la survie de la souche probiotique sensible R0175 n'a pu être améliorée dans les deux yogourts HTP. D'autre part, le yogourt HTP-UF a permis la réduction du nombre de cellules viables d'*E. coli* de plus de 2 log UFC/g en 27 jours, comparativement à 0.8 log UFC/g pour le témoin. Par contre, la levure *K. marxianus* a été capable de proliférer dans les trois yogourts durant l'entreposage (+2 log UFC/g en 45 jours). Nos résultats indiquent que de nouveaux yogourts grecs riches en probiotiques peuvent être produits à court terme par l'industrie. Ces données comparatives facilitent le choix des procédés et la sélection des souches probiotiques pour produire des yogourts HTP santé, et aussi réduire les coûts de production et les risques de contamination par des bactéries pathogènes.

