



F O R U M

T E C H N O

2 0 1 8



Novalait

Catalyseur de recherche

Mot du président

Au nom du Conseil d'administration de Novalait, c'est avec beaucoup d'enthousiasme que je vous souhaite la bienvenue au Forum Techno.

Notre objectif est de vous plonger dans l'expérience de la recherche. Le Forum Techno 2018 vous propose une sélection des meilleures solutions et découvertes de nos équipes scientifiques. Chercheurs et étudiants ont pour mission de partager leur passion de la recherche laitière à travers les conférences, les ateliers et les présentations d'affiches.

Bien que la recherche comporte son lot d'incertitudes, la pertinence des projets de Novalait n'est pas le fruit du hasard. Au départ, les priorités de recherche de Novalait sont établies par les producteurs et les transformateurs laitiers. Novalait fait appel à la communauté scientifique pour développer des solutions innovantes. Les propositions sont sélectionnées en fonction des retombées pour l'industrie laitière et de la qualité scientifique. À plusieurs reprises en cours de réalisation, des comités d'utilisateurs questionnent les chercheurs sur leurs découvertes et discutent des applications des résultats. Novalait étudie les opportunités de protéger et d'exploiter la propriété intellectuelle développée. Chaque projet fait l'objet d'une stratégie spécifique pour communiquer les résultats de recherche auprès des fermes et des usines laitières.

Les producteurs et les transformateurs laitiers ont prouvé qu'ils étaient visionnaires en créant une société d'investissement en R&D pour alimenter l'innovation dans leurs entreprises. À partir d'un cent/hl, une excellente gouvernance et une gestion efficace, Novalait a développé un portefeuille de recherche dont la valeur dépasse maintenant 45 millions de dollars. Grâce aux partenariats développés, Novalait a permis à l'industrie laitière d'obtenir sa quote-part des fonds publics en recherche. Ces investissements ont également attiré et maintenu au Québec des cerveaux pour relever les défis scientifiques de l'industrie laitière. Toute une génération de professionnels, au service de l'innovation à la ferme et à l'usine, ont été formés dans les recherches appliquées de Novalait.

Le Forum est une occasion unique pour tirer parti de vos investissements en recherche. Profitez-en pour questionner les chercheurs sur les applications de leurs découvertes, partagez vos intérêts de recherche et qui sait recruter de nouvelles compétences pour innover!

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

Charles Langlois

Président de Novalait

Partenaires

Platine



Or



Argent

Bronze



Prix de la relève technologique

Entente de partenariat pour l'innovation



Novalait



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

Mercredi le 16 mai 2018

7 h 15	Déjeuner-conférence CRIBIQ - MITACS - CINTECH		
8 h 45	Accueil des participants		
9 h 00	Mot de bienvenue		
Les découvertes			
9 h 10	Biovalorisation du lactosérum et du perméat par fermentation Michèle Heitz, U. de Sherbrooke et Stéphane Godbout, IRDA	Contrôler le bilan énergétique par la traite plutôt que la diète Simon Dufour, U. de Montréal	
9 h 35	Qualité microbiologique du yogourt grec et valorisation des coproduits Gisèle LaPointe, U. Guelph et Claude Champagne, AAC	Améliorer les graminées fourragères dans un contexte de changements climatiques Gaétan Tremblay, AAC	
10 h 00	Qualité des yogourts brassés; stabilité et propriétés rhéologiques Sylvie Turgeon, U. Laval et Daniel St-Gelais, AAC	Nouvelle chaire sur les bâtiments durables Sébastien Fournel, U. Laval	
10 h 25	Pause-santé - session d'affiches		
11 h 10	Résultats éclairés : présentations étudiantes en 180 secondes		
11 h 40	En primeur : aperçu de la nouvelle édition du livre <i>Sciences et Technologies du lait</i>		
11 h 50	Diner et session d'affiches		
13 h 45	Vivez l'expérience de la recherche : Ateliers de démonstration		
3 X 30 minutes	Atelier 1 L'éco-efficience en usines : un nouvel outil de simulation pour vous ! Yves Pouliot et Scott Benoit, U. Laval	Atelier 2 Utiliser des bactéries lactiques bioprotectrices en production et transformation laitières Ismail Fliss et collaborateurs, U. Laval	Atelier 3 Des pratiques pour améliorer le confort et le bien-être des vaches Elsa Vasseur et collaborateurs, U. McGill
	15 h 30	Comment l'ensilage et le lait cru influencent la qualité des produits laitiers - Denis Roy, U. Laval	
	Clôture		
15 h 55	Remise des Prix d'excellence, du prix du public et allocution de clôture Charles Langlois, président de Novalait		
16 h 10	Vin et fromages		



FICHES DE PROJETS



2018



Biovalorisation du lactosérum et du perméat par fermentation

Durée : 2013 – 2017

Faits saillants

- Ce projet vise la transformation du lactose contenu dans le lactosérum et le perméat de lactosérum en diols (2,3-butanediol (BD) et ou acétoïne (A)) par l'intermédiaire d'un procédé de fermentation nommé Biobac qui met en œuvre une bactérie génétiquement modifiée pour favoriser la voie métabolique nécessaire à la synthèse du BD et de l'A.
- Le projet est divisé en trois parties :
 - Les gènes permettant la production de BD et de A ont été synthétisés chimiquement puis ajoutés au chromosome de la bactérie *Escherichia coli*. Des mutations inactivant des gènes clés de cinq voies de fermentation compétitrices de celles du BD et de l'A ont été générées, favorisant la voie métabolique de ces deux produits.
 - Les résultats de fermentation du lactosérum ou du perméat de lactosérum à l'échelle laboratoire donnent des rendements d'environ 0.4 g BD /g lactose et 0.10 g A/g de lactose.
 - L'étude d'éco-efficience a permis de saisir les avantages économiques de Biobac par rapport à d'autres procédés de valorisation. En effet, le prix des diols est plus élevé que le lactosérum écrémé, en poudre ou encore le méthane. Cependant, au niveau environnemental, il reste du travail à accomplir au niveau de la séparation des diols. Selon les résultats de l'analyse du cycle de vie, cette étape de séparation est responsable de 60% des émissions de gaz effet serre et de 70% de la demande énergétique.

Objectifs

OBJECTIF GÉNÉRAL : Modifier génétiquement une bactérie afin de produire par fermentation en une étape, deux produits à valeur ajoutée à partir du lactosérum et de son perméat et d'étudier l'impact environnemental et l'éco-efficience du procédé.

- Développer par génie métabolique des souches bactériennes d'*Escherichia coli* capables de produire des molécules d'intérêt commercial comme le BD ou l'A à partir de lactose. Valider l'utilisation de ces bactéries 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 de A et de BD. L'ajout de la voie métabolique du BD 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.

Au niveau de la fermentation du lactose (25 g/L) (à l'échelle laboratoire en présence du milieu de culture M9, 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 BD est de 0,35 g BD / g lactose après 72 h de fermentation, tandis qu'il est de 0,25 g BD /g lactose après 24 h. Sous des conditions opératoires identiques, le rendement en BD obtenu à partir du lactosérum et de son perméat est de l'ordre de 0,40 g/g lactose.

Les études environnementale et d'éco-efficience ont démontré que : a) la valorisation de coproduits laitiers par le bioprocédé Biobac offre une source d'approvisionnement durable alternative au pétrole avec une réduction de 51% des émissions de gaz à effet serre et de 95% de la demande énergétique; b) l'impact environnemental de la valorisation du perméat de lactosérum est plus élevé que celui de la valorisation de lactosérum dû à la concentration de lactose dans les coproduits; c) les points faibles du bioprocédé Biobac sont liés à la consommation d'eau et à la demande énergétique du procédé de séparation; d) la production de diols (BD, A) a un grand potentiel au niveau économique grâce à leurs prix sur le marché; e) le procédé biobac permet 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.



Professionnels formés

Angela Maria Trivino, M.Sc.(Génie Agroalimentaire, Université Laval)

Expertises : Étude d'impact environnemental, analyse de cycle de vie, éco-efficience de procédés de valorisation du 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 publiée : Fernandez et al., *Biovalorization of saccharides derived from industrial wastes such as whey : a review*, Journal Reviews in Environmental Science and of Biotechnology, Volume 16, Issue 1, pp 147–174, 2017.
- Conférences internationales ou nationales : a) Fernandez et al. Potential fermentation of a dairy waste into acetoin by *Escherichia coli*, The IAFOR International Conference on Sustainability, Energy and the Environment, Honolulu, Hawaï, 5-7 Janvier, 2017; b) A. Trivino et al. (2017) Analyse environnementale des options pour la valorisation du lactosérum, session poster; Colloque STELA 2017 'Accroître notre compétitivité face à la mondialisation'. Québec, Canada. 29-31 mai, 2017;c) A. Trivino et al. Environmental study of valorization of cheese dairy residues, La Société Canadienne de Génie Agroalimentaire et de Bioingénierie (SBE/SCGAB) 2016 Annual Conference, Halifax World Trade and Convention Center, 3-6 Juillet, 2016.
- 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 la sélection des milieux de culture en présence d'une des souches modifiées a été soumis (Fernandez et al., 2017).
- Présentations aux Forum 2016 et 2018 de Novalait

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 \$

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 poste 62827
michele.heitz@usherbrooke.ca

Collaborateurs :

Nathalie Fauchoux

Université de 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



Qualité microbiologique du yogourt grec et valorisation des coproduits

Durée : 2014 – 2018

Faits saillants

- Le yogourt de type grec, ayant une haute teneur en protéines (HTP) a gagné la faveur des consommateurs et représente une part importante du marché du yogourt.
- L'industrie laitière a besoin de données comparatives sur la stabilité et l'innocuité de ces types de yogourts HTP produits par centrifugation ou ultrafiltration ainsi que des stratégies pour valoriser les coproduits.
- 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.
- La fermentation en milieu solide du perméat de lactosérum avec le son de blé a permis de rehausser la présence et la bioaccessibilité des composés phénoliques et l'activité antioxydante des bio-ingrédients.

Objectifs

L'OBJECTIF GÉNÉRAL : contribuer à l'avancement des connaissances sur le yogourt 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.

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 :

- 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.

Développer des ingrédients à haute valeur ajoutée à partir des coproduits :

- La production d'exopolysaccharides dans le perméat de lactosérum est plus élevée par l'utilisation de co-cultures de levures et de bactéries lactiques productrices d'exopolysaccharides.
- La fermentation combinée de coproduits laitiers et céréaliers produit un nouvel ingrédient plus riche en activité antioxydante.

Nouveau procédé :

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



Résultats et bénéfices potentiels, suite...

Bénéfices potentiels

- Accroître la valeur des coproduits et des produits laitiers fermentés avec probiotiques et prébiotiques.
- Augmenter l'éco-efficacité de la transformation du lait par le recyclage biologique.
- Démontre que les yogourts HTP sont de meilleurs vecteurs que les yogourts classiques pour certaines souches probiotiques.
- Permet d'orienter le choix du procédé HTP selon le produit désiré (attribut sensoriel ou microbiologique) ou les coproduits générés.
- Diminuer l'utilisation de l'énergie et réduire les pertes de coproduits.
- Améliorer la fonctionnalité des produits laitiers pour la santé des consommateurs (via les probiotiques ou la teneur réduite en lactose d'un yogourt HTP).

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 la transformation des aliments via l'utilisation de microorganismes, le développement d'aliments aux effets bénéfiques pour la santé et l'amélioration de la salubrité et de la conservation des aliments.
- **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, l'étude des réseaux de co-expression des gènes, la viabilité des souches par PMA-qPCR, et la valorisation de coproduits. Ses intérêts professionnels sont la recherche & développement de produits bénéfiques pour la santé (prébiotiques et probiotiques), l'innovation et le développement des procédés technologiques de façon ecoefficiente.

La formation des deux étudiantes a été jugée pertinente par l'entreprise Biena spécialisée dans la production de cultures lactiques et probiotiques car Andréanne occupe un poste dans l'équipe de laboratoire depuis l'obtention de son diplôme tandis qu'Annalisse fait partie de l'équipe de production industrielle depuis juillet 2017.

Pour en savoir plus

Les résultats ont été présentés par Andréanne Moineau-Jean au Forum Novalait (2 juin 2016, Drummondville) et à IUFoST, 18th World Congress of Food Science and Technology (22 -25 août 2016, Dublin, Ireland) par affiches. En 2018, les résultats font l'objet de présentation orale et par une affiche qui sera présentée par Annalisse Bertsch au Forum technologique Novalait.

Un article scientifique a été publié à date : Moineau-Jean, A., Guévremont, E., Champagne, C. P., Roy, D., Raymond, Y., & LaPointe, G. (2017). Fate of *Escherichia coli* and *Kluyveromyces marxianus* contaminants during storage of Greek-style yogurt produced by centrifugation or ultrafiltration. *International Dairy Journal*, 72, 36-43.

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 \$

Point de contact

Responsables du projet :

Gisèle LaPointe

Département des sciences des aliments
University of Guelph
43 McGilvray ST
Guelph, (ON) N1G 2W1
519 824-4120 poste 52099
glapoint@uoguelph.ca

Denis Roy

Département des sciences des aliments
Université Laval
2440 boul. Hochelaga, Pavillon des services
Québec (QC) G1V 0A6
418 656-2131 poste 3098
denis.roy@fsaa.ulaval.ca

Claude P. Champagne

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

Collaborateurs :

Évelyne Guévremont

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Sylvie Gauthier

Université Laval



Qualité des yogourts brassés; stabilité et propriétés rhéologiques

Durée : 2013 – 2017

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 obtenus : plusieurs points critiques lors de la fabrication du yogourt ont été identifiés 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

Importance de la composition : résistance au cisaillement et capacité à reformer un gel de qualité durant 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. La diminution du ratio caséines : protéines sériques augmente la fermeté et la viscosité des yogourts et diminue la mobilité du sérum.

Identifier les points critiques durant la 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 démontré 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. Amélioration de l'efficacité du processus de développement de nouveaux produits car il reposera sur une meilleure compréhension des systèmes.



Professionnels formés

Deux étudiants à la maîtrise ont gradué dans ce projet :

- **Noémie Lussier** (MSc#2 : obj. 2.2) a réalisé 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) a réalisé un mémoire intitulé « Impact de la vitesse de refroidissement sur la stabilité et les propriétés rhéologiques du yogourt brassé ». Expertise : Physico-chimie, procédé.

Une des étudiantes à la maîtrise a fait un passage accéléré au doctorat (**Valérie Guénard-Lampron** MSc#1 : obj. 1.2). Sa thèse s'intitule « Caractérisation des propriétés rhéologiques, physiques et microstructurales de microgels laitiers: Impact de la température de lissage et du ratio protéique ». Expertises : Physico-chimie, procédé.

Il y a également une autre étudiante au doctorat en formation dans ce projet :

- **Audrey Gilbert** (financé en partie 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, procédé.

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

- Gilbert A., Rioux L-E., St-Gelais D., and S. L. Turgeon 2018. Whey protein content and smoothing temperature are tools to modulate stirred yogurt structure and rheological properties. 3rd Food Structure and Functionality Forum Symposium & the 3rd IDF Symposium on Microstructure of Dairy Products. Poster. Montréal, Québec, Canada, 3-6 juin, 2018.
- Guénard Lampron, V., S. Villeneuve, D. St-Gelais, and S.L. Turgeon 2017. Stirred yogurt smoothing at different temperatures with a pilot-scale unit. Poster. IDF World Dairy Summit, Belfast Waterfront, Irlande du Nord, 29 Octobre au 3 Novembre, 2017.
- Leroux, M.-O., S. Villeneuve, M. Reza Zareifard, S. Grabowski, D. St-Gelais et S.L. Turgeon. 2017. Effet de la vitesse de refroidissement et de la teneur en matières grasses sur les propriétés rhéologiques et physico-chimiques de yogourts brassés. Colloque STELA 2017, Accroître notre compétitivité face à la mondialisation. Affiche #15. Québec, 29-30 Mai 2017.
- Lussier, N., D. St-Gelais, S. Grabowski, S. Villeneuve et S.L. Turgeon. 2016. Study of the effects of shear treatment, fat content and fermentation time on rheological properties of stirred yogurt. IDF World Dairy Summit. Poster #WDS-0170, p83. Rotterdam, the Netherlands, 16-21 Octobre 2016.

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 foncer-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 \$

Point de contact

Responsables du projet :

Sylvie Turgeon

Centre de recherche STELA/INAF

Université Laval
Pavillon Paul-Comtois, local 1316
2425 rue de l'Agriculture
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 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



Contrôler le bilan énergétique par la traite plutôt que la diète

Durée : 2013 – 2017

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 (10-14L/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 et l'hypercétonémie entre le 4^{ième} et le 17^{ième} jour en lait (JEL); les vaches sous un protocole de traite incomplète semblent adopter un comportement désirable de repos (i.e. temps couché) plus tôt durant la lactation; elles retrouvent le même niveau de production que les vaches traitées de manière conventionnelle dès la 2^{ième} semaine de la lactation; elles sont plus à même d'éliminer les infections de la glande mammaire et ont de meilleures performances reproductrices.

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 permettent de confirmer l'utilité d'une méthode novatrice de gestion de la balance énergétique durant la période de transition dans un contexte commercial. La traite ajustée (10 à 14L/jour entre 1 et 5 JEL) réduit temporairement la production laitière (réduction d'environ 50%) et les besoins énergétiques des vaches multipares en période de transition et, donc, améliore de manière significative le bilan énergétique négatif et la cétonémie habituellement observée chez ces animaux. Les cotes d'hypercétonémie ont été réduites d'environ 60% entre 4 et 7 JEL et de 35% entre 8 et 17 JEL. Entre 8 et 17 JEL l'effet d'une traite incomplète sur les cotes d'hypercétonémie a été 2.4 fois plus important chez les 2^{ième} lactation que chez les vaches plus vieilles.

Le comportement des vaches ne semblait pas altéré par la traite incomplète, ce qui semble indiquer que la traite incomplète ne cause pas d'inconfort. De même, les vaches sous traite incomplète ont eu un niveau de production semblable à celui des vaches sous traite conventionnelle et ce dès 14 JEL. Une augmentation du taux d'élimination des infections intra-mammaires a été observée chez les vaches sur traite incomplète ce qui semble indiquer une meilleure performance du système immunitaire chez ces vaches. Par contre, l'incidence d'infections intra-mammaires, de mammite clinique et de maladies utérines n'ont pas été significativement réduites. Finalement, un impact positif très important sur la fertilité (temps jusqu'à la saillie fécondante) a été noté. Les vaches sur traite incomplète ont 24 fois plus de risque de devenir gestante durant les 21 jours suivant la fin de la période d'attente volontaire. Finalement, la traite ajustée n'a pas affecté le risque de réforme.

Un effet positif sur la rentabilité des troupeaux est attendu, étant donné les coûts minimes et les impacts positifs importants 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.



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 publique vétérinaire 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 sont déjà transférables aux producteurs laitiers. Un article traitant du projet a été publié dans la revue *Le Producteur de Lait Québécois* de Novembre 2017. De plus, une présentation a été donné lors du Symposium des bovins laitiers 2017. D'autres activités de communication (articles, formations et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration avec nos collaborateurs de Valacta et dans le cadre des activités de transfert du regroupement stratégique FRQ-NT Op+Lait (www.oplait.org) et de Novalait.

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 \$

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 poste 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

Debra Santschi

Valacta



Améliorer les graminées fourragères dans un contexte de changements climatiques

Durée : 2014 – 2018

Faits saillants

- 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.
- En mélange avec la luzerne, la fétuque élevée, la fétuque des prés et le brome des prés sont associés à des productions de lait estimées à l'hectare comparables à celle du mélange luzerne-fléole des prés. Ces graminées représentent donc des alternatives possibles à la fléole des prés, et ce, à travers le Québec.
- La fléole des prés demeure une graminée intéressante sous notre climat actuel car le rendement et la valeur nutritive du mélange luzerne-fléole des prés étaient parmi les plus élevés lors des comparaisons des différents mélanges.
- La fétuque élevée, en ensilage préfané ou demi-sec, peut remplacer la fléole des prés dans les rations des vaches. Les vaches nourries avec des rations à base d'ensilage préfané de fléole des prés ou de fétuque élevée avaient une prise alimentaire, une production laitière et une teneur en gras du lait similaires.
- Les vaches nourries avec des rations à base d'ensilage demi-sec de fétuque élevée consommaient moins mais avaient une production laitière similaire.
- 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 est analysée en ce moment.
- Le développement de germoplasmes de fléole des prés à meilleur regain est en cours.
- L'avancement des connaissances sur les espèces fourragères à favoriser permettra aux producteurs laitiers du Québec de faire des choix plus éclairés dans un contexte de changements climatiques.

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, en espèce pure ou en mélange avec la luzerne et conservée sous forme d'ensilage préfané ou demi-sec, sur les performances des 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 profitabilité 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

Le mélange luzerne-fléole des prés a bien performé à travers le Québec sous notre climat actuel. Les mélanges luzerne-fétuque des prés, luzerne-fétuque élevée et luzerne-brome des prés représentent des alternatives envisageables au mélange luzerne-fléole des prés puisqu'ils ont des rendements saisonniers comparables, que leurs persistances sont bonnes au cours des trois premières années de production, et que les productions de lait estimées par hectare associées à ces mélanges sont similaires à celle du mélange luzerne-fléole des prés. Les mélanges à base de luzerne incluant les cultivars de festulolium et de ray-grass vivace étudiés ne semblent pas être des alternatives intéressantes à la fléole des prés au Québec. Récolter les mélanges binaires luzerne-graminée au stade début floraison de la luzerne favorise la persistance des mélanges, leur rendement en matière sèche, et la production de lait estimée par hectare de fourrage. Il existe une certaine variabilité entre les germoplasmes de fléole des prés à travers le monde pour le regain menant à la deuxième coupe de sorte qu'une sélection génétique pourrait être entreprise afin de développer des cultivars à regain élevé. Il est possible d'utiliser la fétuque élevée, en ensilage préfané ou demi-sec, en remplacement de la fléole des prés dans les rations des vaches puisque la production laitière demeure similaire que la ration soit composée de l'une ou l'autre de ces deux graminées. Cette étude a aussi permis de confirmer l'intérêt d'utiliser des mélanges graminée-luzerne dans les rations. Les résultats sont présentement intégrés dans un modèle informatique de gestion de ferme qui permettra d'obtenir les impacts économiques et environnementaux, sur l'ensemble de la ferme, des pratiques qui seront proposées dans le projet.



Professionnels formés

Florence Pomerleau-Lacasse est l'étudiante à la maîtrise à l'Université McGill qui a réalisé le volet l'expérimental d'essai de graminée fourragère en parcelle de 2015 à 2017.

Anne-Marie Richard est l'étudiante à la maîtrise à l'Université Laval qui était 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 et Jean-Philippe Laroche termine actuellement son baccalauréat en agronomie - Profil distinction à l'Université Laval. Ils travaillent sur 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 affiches au Symposium sur les bovins laitiers, au Forum techno 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 \$

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 poste 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

Robert Berthiaume

Valacta



Chaire de recherche industrielle en efficacité 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-efficacité 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 efficacité 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-efficacité, 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-efficacité 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) **le développement d'un logiciel de simulation de l'éco-efficacité** : 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-efficace.

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.



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*

Gabrielle Beaulieu-Carbonneau (MSc) – Avril 2017*

Camile Gavazzi-April (MSc) – Avril 2018

Iris Dussault-Chouinard (MSc) – Septembre 2018

Isabelle Fournier (MSc) – Décembre 2018

Virginie Dampousse (MSc) – Décembre 2018

Amandine Bouyer (MSc) – Décembre 2018

Scott Benoit (PhD) – Juin 2018

Agathe Lauzin (PhD) – Août 2018

Julien Chamberland (PhD) – Août 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, Forum Techno Novalait) 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 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Yves Pouliot

Département des sciences des aliments

Université Laval

2425 rue de l'Agriculture, local 2322-C
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 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



Chaire de recherche industrielle METABIOLAC sur les activités métaboliques et les fonctionnalités des bactéries lactiques bioprotectrices

Durée : 2016 – 2021

Faits saillants

- Les tendances du marché limitent le recours aux barrières microbiologiques traditionnelles (ex. additifs chimiques) pour assurer la qualité et la salubrité des aliments.
- La découverte de nouvelles générations d'antimicrobiens naturels et plus sécuritaires représente une des approches les plus prometteuses.
- Dans le cadre de ce projet, des souches de bactéries lactiques uniques ayant des propriétés antibactériennes et antifongiques contre des souches pathogènes ou d'altération des produits laitiers fermentés ont été isolées et caractérisées.
- Deux consortia de bactéries lactiques bioprotectrices et biocompatibles pouvant être utilisés pour la production et la conservation de fromages cheddar ont été développés.
- Des ingrédients naturels à base des composés antimicrobiens à effet synergique produits par les cultures lactiques bioprotectrices ont également été développés.
- Des procédés technologiques ont été mis au point pour la production et la stabilisation à long terme des cultures bioprotectrices et des ingrédients fonctionnels.
- Des capsules et des hydrogels possédant des activités antimicrobiennes pour la conservation des produits laitiers fermentés ou l'assainissement de surfaces de travail et d'équipements ont été mis au point.
- Ces résultats apporteront une première preuve de concept de l'application de composés bioactifs naturels en production et transformation alimentaires.

Objectifs

Nos objectifs spécifiques pour le secteur laitier sont :

- Développer une approche écologique basée sur l'utilisation de cultures de bactéries lactiques bioprotectrices ou de leurs métabolites pour la modulation positive des écosystèmes microbiens du lait et des produits laitiers et pour le contrôle de la flore indésirable de ces produits. L'impact d'une telle approche sur la qualité et l'innocuité de ces produits sera ainsi évalué.
- Évaluer *in vitro* et *in vivo* le potentiel de nouveaux produits à base d'antimicrobiens naturels produits par les bactéries lactiques comme alternative aux antibiotiques pour la prévention et le traitement des mammites sub-cliniques et cliniques chez les bovins laitiers.

Résultats et bénéfices potentiels

Des cultures protectrices et des métabolites à activité antibactérienne et antifongique uniques: Plusieurs souches de bactéries lactiques bioprotectrices ont été identifiées et sélectionnées pour leur activité antibactérienne ou antifongique contre la flore pathogène et d'altération de produits laitiers fermentés. Parmi ces souches, certaines ont démontré une activité inhibitrice de la croissance de moisissures fréquemment isolées de fromages (*Penicillium chrysogenum*) ou d'une souche d'altération des produits laitiers telle que *Clostridium tyrobutyricum*, responsable du gonflement butyrique des fromages. Six souches de *Lactobacillus reuteri* produisant de la réutérine, un aldéhyde à large spectre ayant la capacité d'inhiber la croissance de moisissures rencontrées dans le yogourt, ont été isolées. La réutérine purifiée obtenue a démontré une activité fongicide puissante ainsi qu'une activité antibactérienne contre des souches pathogènes résistantes à certains antibiotiques. En parallèle, un procédé de fermentation et de séchage par atomisation permettant la production de bio-ingrédients naturels, la concentration et la stabilisation à long terme de milieux de culture contenant les souches protectrices sélectionnées et leurs métabolites a été mis au point.

Des formes galéniques de grade alimentaire pour la protection et libération contrôlée de cultures bactériennes ou de leurs métabolites : Des capsules permettant la protection des cultures protectrices et des métabolites à activité antibactérienne et antifongique et leur libération progressive dans les aliments ont été développées et caractérisées. Leur efficacité comme agents de bioconservation a été démontrée dans des modèles de type fromage Cheddar, Mozzarella râpé et yogourt brassé.

Ces travaux contribueront à améliorer la salubrité des produits laitiers par utilisation de produits naturels et à diminuer, à moyen terme, les pertes liées à leur déclasserment.



Professionnels formés

Formation d'une main d'œuvre spécialisée dans le domaine de la qualité et de l'innocuité du lait et des produits laitiers.

Laurent Dallaire et **Léo Daviaud** ont terminé leur projet de maîtrise dans le cadre de la chaire. De plus, une étudiante à la maîtrise et quatre étudiants au doctorat travaillent actuellement sur leur projet d'études :

- **Hélène Pilote-Fortin**, étudiante à la maîtrise
- **Liya Zhang**, étudiant au doctorat
- **Hebatoallah Hassan**, étudiante au doctorat
- **Sabrina Naïmi**, étudiante au doctorat
- **Samira Soltani**, étudiante au doctorat

Pour en savoir plus

- Présentation des résultats au Forum Techno et à l'assemblée annuelle de Novalait ainsi qu'à la rencontre scientifique annuelle d'Agropur.
- Présentation d'affiches lors de congrès nationaux et internationaux.
- Publication d'articles scientifiques dans les journaux *Food Control*, *Frontiers Chemistry*, *Frontiers Microbiology*, *Probiotics and Antimicrobials Proteins*.
- Prise de brevets.
- Démarrage d'un spin off (Les laboratoires Innodal) par un étudiant de la chaire pour la production à grande échelle de cultures bioprotectrices.
- Des tests visant la mise à l'échelle de la production de réutérine ont été effectués. Cette mise à l'échelle est prévue en 2019.
- Signature d'une entente avec une compagnie pour la réalisation d'études sur les activités bioprotectrices de la souche *Carnobacterium divergens* M35 (homologuée par Santé Canada comme nouvel additif alimentaire) dans les produits laitiers fermentés.
- Des essais de mise à l'échelle de 4 cultures bioprotectrices ont été réalisés par une compagnie de ferments.

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 (CRSNG) avec le partenariat du Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ).

Les partenaires industriels sont :

- Biena
- Cascades
- La Coop Fédérée
- Fumoir Grizzly
- Novalait
- Olymel
- Sani-Marc

Budget total : 1 916 685 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Ismail Fliss

Département des sciences des aliments

Université Laval

2425 rue de l'Agriculture, local 1413
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 6825

Ismael.fliss@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Muriel Subirade

Université Laval

Daniel St-Gelais

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Moussa Diarra

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Pierre Lacasse

Agriculture et Agroalimentaire Canada



Chaire de recherche industrielle sur la vie durable des bovins laitiers

Durée : 2016 – 2021

Faits saillants

- Les producteurs laitiers ont le défi de fournir le marché de produits de haute qualité tout en assurant une productivité accrue par une compréhension des besoins nutritionnels et physiologiques de la vache, et en intégrant les attentes sociétales concernant le respect de l'environnement, du bien-être animal, et l'accessibilité économique.
- Augmenter la durée de vie des bovins laitiers élevés dans un environnement confortable et en santé est une solution durable pour diminuer la réforme involontaire et augmenter le bénéfice d'entreprise, tout en limitant l'empreinte environnementale et en répondant aux préoccupations sur le respect du bien-être des animaux.
- Sur ces prémisses et afin d'avoir une nouvelle expertise dans le domaine, la Chaire de recherche industrielle sur la vie durable des bovins laitiers a vu le jour à l'Université McGill au 1^{er} janvier 2016. 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 de recherche 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®.
- Les travaux des deux premières années apportent des résultats concernant les modifications de configuration de stalles pour améliorer les opportunités de mouvements et le confort des vaches.

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 poursuit ses activités de recherche selon trois principaux thèmes. Voici les résultats des deux premières années :

Thème 1 : Confort des vaches et gestion de troupeau

- De nouvelles connaissances sur les mesures comportementales, qui pourront être utilisées pour automatiser le suivi et la détection des problèmes de bien-être en stabulation entravée, ont été développées, par exemple :
 - Un pédomètre 3-D (IceTag) permet de mesurer précisément le nombre de pas réalisée par la vache à sa stalle (Shepley et coll. 2017 Agriculture 7:53).
- Plusieurs études ont été menées pour évaluer l'impact de la configuration de stalle sur les opportunités de mouvement et le confort des vaches, voici ce qu'on a trouvé :
 - Nous avons testé différentes combinaisons de hauteur-avancement de la barre d'attache en suivant la pente du cou de la vache : les blessures au cou se déplacent avec la barre. Prochaine étape : quelles alternatives sont possibles? (pour plus d'infos, consultez le résumé de l'étudiante Jessica St-John du Forum 2018).
 - Les vaches avec une chaîne plus longue semblent plus à l'aise avec leur environnement : elles vont moins hésiter au moment du coucher, tandis que les vaches avec une stalle plus large vont présenter de meilleures postures de repos et vont utiliser l'espace supplémentaire qui leur sont attribué pour s'étendre les pattes (pour plus d'infos, consultez le résumé de l'étudiante Véronique Boyer du Forum 2018).



Résultats et bénéfices potentiels, suite...

Thème 2 : Longévité des vaches (résultats à venir)

- 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 (résultats à venir)

- 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.

Professionnels formés

La chaire de recherche participe à la formation de personnel hautement qualifié. Depuis sa création, 31 personnes ont été formées. En 2016-2017 : une étudiante au doctorat, cinq étudiantes à la maîtrise avec mémoire et sept à la maîtrise appliquée (pas de mémoire), quatre stagiaires postdoctoraux, quatre assistants de recherche, neuf étudiants au baccalauréat et un étudiant en échange de recherche sont impliqués activement.

Doctorat : **Elise Shepley**

Maîtrise avec mémoire : **Maria Puerto Rodriguez, Sarah McPherson, Erika Edwards** (en collaboration avec Université du Tennessee, USA), **Véronique Boyer, Jessica St John**

Maîtrise appliquée : **Maria Francesca Guiso** (Université de Sassari, Italie), **Giovanni Obinu** (Université de Sassari, Italie), **Manon Demaret** (ISA Lille, France), **Géraud Plas-Debecker** (AgroCampus Ouest, France), **Marianne Berthelot** (AgroCampus Ouest, France), **Anthony Pic** (vetAgroSup Clermont, France), **Sirine El Hamdaoui** (ISA Lille, France)

Stagiaire postdoctoral (en collaboration avec Valacta) : **Maxime Leduc, Daniel Warner, Liliana Fadul Pacheco, Hector Delgado**

Pour en savoir plus

- Deux articles sur le suivi des travaux de la chaire ont été publiés dans la revue *Le producteur de lait québécois*
- Présentations d'affiches au Forum Techno Novalait de 2018
- Site internet de la titulaire de la chaire : <https://www.mcgill.ca/animal/staff/elsa-vasseur>
http://www.nserc-crsng.gc.ca/Chairholders-TitulairesDeChaire/Chairholder-Titulaire_fra.asp?pid=954
- Blog de la Chaire : <http://cowlifemcgill.blogspot.ca/>
- Compte Twitter de la Chaire : @CowLifeMcGill

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 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Elsa Vasseur

Département des sciences animales

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)

Steve Adam

René Lacroix

Débora Santschi

Daniel Lefebvre

Équipe de Valacta



Comment l'ensilage et le lait cru influencent la qualité des produits laitiers

Durée : 2013 – 2017

Faits saillants

- Le lait cru est 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 représentant les principaux modes d'alimentation des vaches ont été échantillonnées à trois 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 ont été 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 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.
- Bien que les ensilages inoculés ou non ont une grande prévalence de *Lactobacillus buchneri*, cette espèce est peu présente dans le lait cru.
- Deux des souches isolées du lait cru, identifiées comme *Lactobacillus casei* et *Lactobacillus plantarum* ont été sélectionnées pour leur thermorésistance. Dans le test de Pearce (fabrication du fromage Cheddar), ces souches n'ont pas eu d'impact sur la cinétique d'acidification du ferment *Lactococcus lactis* SK11. Par contre, dans un caillé modèle, celles-ci ont été en mesure de produire des composés volatils pendant l'affinage.

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 :

- Globalement, 226 taxons bactériens et 648 taxons fongiques ont été identifiés par métataxonomique.
- Les espèces bactériennes retrouvées dans le lait étaient aussi présentes dans les ensilages et le foin dans une proportion d'environ 50 à 80 % et d'environ 60 à 70 % pour les espèces fongiques.
- Bien que les ensilages inoculés ou non ont une grande prévalence de *Lactobacillus buchneri*, cette espèce est peu présente dans le lait cru.

Effets des flores indigènes du lait sur les propriétés organoleptiques des produits laitiers transformés :

- Deux des souches isolées du lait cru, identifiées comme *Lactobacillus casei* et *Lactobacillus plantarum* ont été sélectionnées pour leur thermorésistance. Dans le test de Pearce (fabrication du fromage Cheddar), ces souches n'ont pas eu d'impact sur la cinétique d'acidification du ferment *Lactococcus lactis* SK11. Par contre, dans un caillé modèle, celles-ci ont été en mesure de produire des composés volatils pendant l'affinage.
- Le lien entre l'activité de la flore secondaire et le profil des composés volatils du Cheddar sera évalué par séquençage du transcriptome.



Résultats et bénéfices potentiels, suite...

Bénéfices potentiels :

- Optimisation de la qualité microbiologique du lait de fromagerie.
- Contrôle de la qualité organoleptique des produits laitiers.
- Réduction des rejets de produits laitiers transformés de mauvaise qualité.
- Maintien des standards de qualité du lait et des produits laitiers.

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 et de lait cru 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 métataxonomique 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 métataxonomiques (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

Les principales contributions du projet ont été rendus disponibles aux producteurs laitiers dans des textes publiés dans *Le Producteur de lait québécois* et *La terre de chez nous*. En cours de projet, les résultats ont été diffusés au moyen de présentations et d'affiches à l'Assemblée générale du regroupement stratégique Op+LAIT, et au Forum Techno Novalait. En 2018, les résultats les plus probants seront présentés dans des congrès internationaux Cheese Symposium (Rennes) et au Food Microbiology (Berlin).

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

Budget total : 220 000 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Denis Roy

Département des sciences des aliments

Université Laval
2440 boul. Hochelaga
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 3098
denis.roy@inaf.ulaval.ca

Collaborateurs :

Gisèle LaPointe

Département des sciences des aliments

University of Guelph
43 McGilvray ST
Guelph, (ON) N1G 2W1

519 824-4120 poste 52099
glapoint@uoguelph.ca

Yvan Chouinard

Département des sciences animales

Université Laval
2425 rue de l'Agriculture
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 8053
yvan.chouinard@fsaa.ulaval.ca

Robert Berthiaume

Valacta

Thibault Varin

(Stagiaire postdoctoral)
Université Laval



PROJETS
EN COURS



2018



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 – 2018

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 (ÉE) en transformation du lait.
- Le projet a permis 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

Bénéfices économiques

- **Hausse de la productivité** : 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.
- **Diminution des coûts de production** : Le facteur de concentration volumique utilisé pour concentrer le lait a un effet direct sur le coût de production et aussi sur l'impact environnemental du yogourt grec. Par ailleurs, une cartographie des scénarios technologiques de production de yogourt grec (centrifugation vs ultrafiltration) ainsi que des voies de valorisation des coproduits a permis d'élaborer des simulations de bilans de matière et d'énergie applicables à chaque scénario dans le contexte industriel Québécois.

Bénéfices environnementaux

- La production du lait étant responsable d'environ 80% des impacts sur le cycle de vie du yogourt grec. Une meilleure utilisation des constituants du lait en transformation se traduira par des gains environnementaux significatifs.
- Les travaux permettront de développer une méthodologie d'éco-efficience adaptée aux spécificités de l'industrie laitière.

Bénéfices sociaux

En optimisant l'utilisation de la matière organique dans la chaîne de valeur du yogourt grec les connaissances générées par ce projet permettront aux acteurs de la filière de générer moins de déchets et plus de valeur (principes d'économie circulaire). Ces travaux répondent aux préoccupations des consommateurs d'un point de vue développement durable.



Professionnels formés

Adriana Paredes-Valencia (MSc)

Détentrice d'un diplôme de 2^e 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 Techno 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 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Yves Pouliot

Département des sciences des aliments

Université Laval

2425 rue de l'Agriculture, local 2322-C

Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 5988

yves.pouliot@fsaa.ulaval.ca



La biologie des systèmes appliquée au cheddar

Durée : 2014 – 2018

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 générera 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.

Objectifs

- OBJECTIF 1 - Déterminer le microbiome et le virome du lait et du cheddar.
- OBJECTIF 2 - Déterminer le transcriptome microbien et viral du lait et du cheddar.
- OBJECTIF 3 - Déterminer le protéome microbien et viral du lait et du cheddar.
- OBJECTIF 4 - Déterminer le métabolome du lait et du cheddar.
- OBJECTIF 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 : Divers lots de fromages cheddar sont suivis après 1 jour de production et ensuite à divers intervalles de temps. Un protocole a été adapté pour séparer les bactéries et les phages des matrices laitières. Plusieurs nouveaux génomes (draft) de *Lactococcus lactis* sont maintenant disponibles. 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. Le microbiome d'une soixantaine de fromages est déjà disponibles.
- OBJECTIF 2 : Nous avons développé un protocole pour isoler l'ARN d'échantillons laitiers (lait, fromage).
- OBJECTIF 3 : En utilisant divers approches de protéomiques et un système modèle phage-bactérie de *Lactococcus lactis*, nous avons été en mesure de détecter 78% (38/50) des protéines de phages et 56% (1332/2383) des protéines bactériennes. Nous avons identifié 209 protéines de *L. lactis* qui sont uniquement exprimées lors de l'infection par la phage p2.
- OBJECTIF 4 : Nous avons développé un protocole d'extraction et d'analyse par LC-MS-MS des métabolites et lipides non-volatiles contenus dans le fromage. Nous avons généré plus de 750Go de données pour une soixantaine de fromages. Nos essais préliminaires ont montré une grande diversité métabolique et lipidique dans les échantillons analysés. Nous observons l'augmentation et la diminution de certains ions en fonction du niveau de maturation du fromage. Les métabolites identifiés pourraient servir de marqueur de qualité et pourraient être liés à certaines propriétés organoleptiques.
- OBJECTIF 5 : Ce dernier objectif intégrateur n'est pas encore terminé. 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.



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 1^{er} cycle en microbiologie

Pour en savoir plus

Le plan de diffusion sera sous deux 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 Techno 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 \$

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



À la recherche des microflores des laits et fromages d'ici

Durée : 2016 – 2019

Faits saillants

- La microflore des fromages est complexe et inclue à la fois les microorganismes utilisés comme ferments ainsi que ceux provenant de la microflore naturelle du lait et des salles d'affinage.
- Peu est connu sur la microflore indigène des fromages de spécialité québécois et de la contribution de ses différentes espèces dans la production de composés de flaveur.
- Le présent projet vise à utiliser les nouvelles méthodes de la métagénomique (métabarcoding) afin d'identifier les espèces de bactéries, de levures et de moisissures qui participent à l'affinage des fromages québécois.
- Les résultats de ce projet consiste au recensement des espèces naturelles de 17 fromages fermiers québécois et de statuer sur la typicité des fromages d'ici.
- Des souches de fromages du terroir sont en cours de séquençage afin de déduire les activités de celles-ci à partir de leurs sentiers métaboliques.
- Ce projet aidera à contrôler la microflore des fromages québécois et permettra d'obtenir une meilleure constance des propriétés sensorielles de ceux-ci.

Objectifs

Identifier la microflore résultant de l'affinage de plusieurs fromages de spécialité québécois à l'aide de la génomique et comprendre les rôles et activités des espèces de bactéries, de levures et de moisissures typiques afin de prédire la production des composés aromatiques qui donnent le goût et les saveurs aux fromages d'ici.

- OBJECTIF 1 - Effectuer l'inventaire des espèces présentes dans les fromages de spécialité québécois.
- OBJECTIF 2 - Identifier les voies métaboliques d'espèces clés de la microflore secondaire de fromages de spécialité.
- OBJECTIF 3 - Détecter les changements induits par les différents paramètres d'affinage sur l'expression des gènes de la microflore naturelle et de leurs voies métaboliques.

Résultats et bénéfices potentiels

Le recensement des espèces naturelles des fromages québécois permettra de déterminer l'impact de l'effet terroir sur la microflore du fromage et de statuer sur la typicité des fromages d'ici. Pour ce faire une méthode de métabarcoding a été optimisée pour l'analyse des fromages en utilisant des marqueurs génétiques universels pour les mycètes (ITS) et les bactéries (ADNr 16S). La méthode est maintenant optimisée et peut être utilisée. Afin d'évaluer la constance de la microflore fromagère, dix-sept (17) fromages ont été évalués à deux reprises, soit une première fois en 2015 et à nouveau en 2018.

Par la suite, l'étude s'intéressera aux particularités intrinsèques des laits de terroir et aux paramètres de fabrication (chauffage du lait, race des vaches, etc.) qui ont un impact sur la croissance des microorganismes pendant l'affinage. Le projet s'intéressera donc à évaluer leur importance et leur impact au sein des écosystèmes fromagers.

Également, le projet vise à mieux comprendre le potentiel métabolique de 12 bactéries et 5 levures isolées de la microflore secondaire du fromage. La génomique comparative et la bioinformatique serviront à prédire et à caractériser leurs voies métaboliques afin de déterminer leurs capacités à produire des précurseurs d'arômes et de flaveurs. La caractérisation génomique de ces souches permettra d'acquérir de plus amples connaissances sur leurs rôles dans le développement des caractéristiques organoleptiques associés à l'affinage de fromages de spécialité.

Il est prévu que l'identification de ces espèces mettra en valeur les caractéristiques microbiologiques spécifiques des fromages d'ici. La connaissance de ces espèces permettra d'en réaliser un meilleur contrôle, de servir d'élément de distinction pour l'obtention de termes valorisants et d'améliorer la constance des produits.



Professionnels formés

3 étudiantes à la maîtrise :

- **Andréanne Lamarche** : Détection des microorganismes indigènes
- **Annick Raymond-Fleury** : Métagénomique des fromages
- **Gabrielle Jaquemet** : Identification des voies métaboliques et impact de différents paramètres de fabrication

Pour en savoir plus

Pour les fromageries participant à ce projet, un rapport confidentiel portant sur les caractéristiques de la microflore de leur(s) fromage(s) leur sera remis. Le rapport fera état des microorganismes spécifiques identifiés dans les fromages et la comparaison de ces écosystèmes avec la moyenne des fromages analysés.

Également, les résultats seront diffusés dans des articles scientifiques et présentés lors de conférences notamment au colloque STELA et au Forum Techno Novalait. Des discussions directes avec les transformateurs seront aussi privilégiées. Finalement, des articles de vulgarisation et des reportages dans des émissions de vulgarisation pourront être réalisés.

Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et transformation laitières (EPI2015-2019) :

- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec
- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Novalait

Remerciements aux 13 fromageries artisanales participant à ce projet pour leurs dons de fromages et le temps consacré au projet.

Budget total : 283 245 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Steve Labrie

Département des sciences des aliments
Centre STELA / INAF

Université Laval
2425 rue de l'Agriculture
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 3243
steve.labrie@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Sylvie Turgeon

Département des sciences des aliments
Université Laval

Daniel St-Gelais

Agriculture et Agroalimentaire Canada



Améliorer l'histoire des gènes de santé et de fertilité chez la vache

Durée : 2016 – 2018

Faits saillants

- La productivité des vaches laitières est influencée par la régie et le potentiel génétique des animaux.
- Par l'amélioration génétique (traditionnelle et génomique), on vise à améliorer les caractères en sélectionnant les versions des gènes les plus performants. L'approche traditionnelle est d'accoupler les animaux démontrant les meilleures performances sans prendre en compte la séquence d'ADN tandis que la génomique vise à sélectionner les séquences d'ADN qui sont associées aux animaux démontrant les meilleures performances.
- Le modèle général implique qu'avoir deux copies de la meilleure version représente la meilleure combinaison génétique. Pourtant, il est connu que certains caractères réagissent mieux au croisement entre les races dont notamment les caractères associés à la santé et à la fertilité. Ceci implique que pour certains caractères, la meilleure combinaison est d'avoir deux versions différentes.
- La production laitière au Québec et au Canada n'est pas basée sur le croisement entre les races pour favoriser l'hétérogénéité génétique. De plus, il serait même contre-indiqué de viser une diversification globale du génome (l'ensemble de l'ADN qui est dans chaque cellule) parce que ça irait à l'encontre des gains génétiques réalisés au cours des 40 dernières années.
- Dans le projet, nous proposons de développer un outil d'analyse génomique qui vise à utiliser la variabilité génétique présente dans la race Holstein pour diversifier certaines régions précises du génome qui sont connues pour être impliquées dans les caractères de santé et de fertilité.

Objectifs

L'hypothèse du projet est que la diversification de certaines régions du génome permettra d'améliorer les caractères de santé et de fertilité.

Les objectifs sont de développer un outil d'analyse génomique qui permettra de générer un score de diversité génétique qui pourra s'appliquer pour évaluer le patrimoine génétique d'un animal ou pour estimer le potentiel de diversification lors d'un accouplement.

Pour ce faire, il faut :

- Recenser les régions connues pour influencer la santé et la fertilité des vaches.
- Choisir les cibles.
- Développer l'outil d'analyse du génome.
- Programmer l'interface pour que ce soit facile à utiliser.
- Tester l'outil avec des données génomiques.

Résultats et bénéfices potentiels

Le Canada dispose d'une excellente réputation quant à la qualité génétique des taureaux laitiers. Le fer de lance de cette efficacité dans l'amélioration génétique découle du grand nombre et de la précision des données de performances recueillies à la ferme. Depuis 2009, la sélection génomique complète l'approche génétique traditionnelle. Le modèle actuel pousse vers la concentration des bonnes versions des gènes ce qui fait diminuer la diversité génétique. À ceci s'ajoute une certaine diminution du nombre de taureaux contribuant grandement à la race et donc à une accentuation de la valeur de consanguinité. Il est connu que les caractères de santé et de fertilité sont plus difficiles à améliorer. C'est possiblement parce que ces caractères sont hautement influencés par l'environnement et aussi qu'ils impliquent un grand nombre de gènes ayant individuellement peu d'influence. L'ensemble de la sélection génétique laitière s'est tournée vers la génomique et présentement, il est difficile de tirer son épingle du jeu parce que tous courent pour la même combinaison génétique. Nous croyons que nous pouvons faire une différence pour améliorer les caractères de santé et de fertilité en cherchant à diversifier les régions du génome qui sont connues pour être impliquées dans ces caractères. En utilisant la diversité génétique existante dans la race, nous éviterons l'option non favorable de croiser les animaux entre races. Nous croyons qu'à valeur génomique égale, l'animal qui aura une valeur plus élevée pour notre score de diversité génétique, devrait devenir plus intéressant pour la production. Jusqu'à maintenant, plus de 99 652 régions du génome connues pour être impliquées dans des fonctions biologiques chez le bovin ont été recensées dans la littérature et correspondent à 574 caractères différents. Cette information a été classée et structurée dans une base de données. Dans le présent projet, 177 taureaux provenant de quatre compagnies de génétique ont été génotypés ainsi que 10 vaches. La diversité génétique pour les régions ciblées a été calculée pour chaque animal et des valeurs de corrélation ont été calculées en fonction des valeurs génétiques associées aux différents caractères considérés par le programme d'amélioration génétique national. Les valeurs de corrélations sont hautes (0,34 à 0,51) pour les caractères de santé et de fertilité et faibles pour les caractères de production suggérant que les régions ciblées ne sont pas impliquées dans ces caractères. Une étape de validation est en cours à partir de l'ADN de 200 vaches ayant démontré une bonne santé ou une sensibilité à divers désordres de santé et de fertilité. L'objectif ultime est d'améliorer les caractères de santé et de fertilité ce qui améliorera la longévité des animaux et par conséquent diminuera les coûts de remplacement.



Professionnels formés

Le projet permettra de former :

- Une étudiante à la maîtrise (**Alexandra Carrier**) qui est impliquée dans la définition des cibles à diversifier et dans la programmation de l'outil.
- Un professionnel de recherche (**Alexandre Bastien**) est aussi impliqué à mi-temps dans les mêmes tâches pour aider l'étudiante.

À terme, ce personnel aura développé de nouvelles compétences dans l'analyse génomique. Ces compétences sont grandement nécessaires au Québec si on veut rester compétitifs en sélection génétique.

Pour en savoir plus

Le public cible du projet est principalement les acteurs de la sélection génétique et les producteurs laitiers. Les résultats seront présentés au Symposium des bovins laitiers, au Forum Techno Novalait et un article pour la revue Le producteur de lait québécois sera rédigé.

Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2015-2019) :

- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec
- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Novalait

Budget total : 186 706 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Claude Robert

Département des sciences animales
Centre de recherche en reproduction,
développement et santé intergénérationnelle
Institut sur la nutrition et
les aliments fonctionnels (INAF)

Université Laval
Pavillon des services
2440 boul. Hochelaga
Quebec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 12842
Claude.robert@fsaa.ulaval.ca



Repousser à 120 jours l'insémination des vaches en stress métabolique : une idée à valider pour la santé et la rentabilité des troupeaux

Durée : 2016- 2019

Faits saillants

- Ce projet réunit des expertises complémentaires de la génomique et de l'économie appliquées aux bovins laitiers.
- L'Université Laval et l'Université du Wisconsin en partenariat avec Valacta collaboreront pour documenter un phénomène en émergence; la programmation épigénétique intergénérationnelle et ses conséquences technico-économique pour le producteur.
- Il apparaît que le statut métabolique de la mère chez les bovins peut influencer la programmation métabolique de la génération suivante en plus de la génétique classique.
- Les vaches en déficit énergétique au moment de la conception auraient potentiellement des filles moins efficaces à produire du lait.
- Le projet étudie ce phénomène sous deux aspects : 1) en réalisant une démonstration biologique que les embryons portent une trace de cette programmation épigénétique permettant de mesurer les conséquences et 2) en réalisant une analyse économique poussée à l'aide d'un outil de gestion qui vise à choisir le meilleur temps d'insémination. Cet outil sera adapté au Québec et surtout à ce problème de déficit énergétique.

Objectifs

Grâce à une analyse économique et épigénomique, offrir aux producteurs les outils nécessaires pour déterminer l'état énergétique des vaches en lactation ainsi que les avantages et inconvénients économiques et biologiques à reporter l'insémination de vaches avec un niveau de BHB sanguin élevé.

Résultats et bénéfices potentiels

Pour la partie épigénétique, il est possible d'anticiper que les embryons seront différents entre les jours 60 et 120 particulièrement chez les vaches à BHB élevé. Cette distinction vise à choisir des marqueurs associés au statut métabolique. Comme les marqueurs identifiés sur les embryons seront aussi mesurés sur les tissus post-nataux afin de trouver des indicateurs de programmation métabolique, ces marqueurs pourront être validés sur des centaines d'individus afin d'obtenir la puissance nécessaire pour développer l'outil diagnostic. Ces indicateurs pourront servir à plusieurs fins : suivi de troupeau pour choisir les génisses à garder, outil pour Boviteq pour moduler la valeur relative des embryons et animaux produits selon la production de la mère. Ces outils sont essentiels au développement de pratiques de gestion factuelles, basés sur des mesures à la naissance (biomarqueurs) et dans le lait (BHB) et adoptés rapidement par les producteurs. Du côté animal, 90% des données sont obtenues et leur analyse préliminaire confirme les nombreuses différences en fonction du statut métabolique de l'animal. Donc 7 jours après la fécondation les vaches, qui ont faim, ont des embryons différents. Maintenant il s'agit de traduire ces différences en fonctionnalité et voir si les veaux gardent les marques principales découvertes chez les embryons.

Pour la partie économique, la modification dans le moment de la reproduction pourrait se répercuter négativement sur les résultats économiques pour les lactations actuelles et subséquentes des vaches dans un premier temps. Si on arrivait à cibler les vaches avec l'outil, il pourrait avoir alors potentiellement une économie d'argent. Les outils sont en place pour traiter les données de Valacta et l'analyse débute actuellement. L'outil sera mis à la disposition d'utilisateurs potentiels dans le but de conseiller les producteurs. Les résultats de ce projet pourront donc se traduire en un nouvel indice à intégrer à l'offre de service disponible aux producteurs par leur centre d'expertise (Valacta).



Professionnels formés

Catherine Chaput : Étudiante à la maîtrise à l'Université Laval. Expertise en analyse génomique des embryons bovins et des répercussions moléculaires des niveaux de BHB dans la sang au moment de la conception.

Catherine Couture : Étudiante à la maîtrise à l'Université Laval qui est responsable de l'analyse économique du report d'insémination. Expertise en analyse des facteurs économiques en production laitière.

Pour en savoir plus

Les résultats de ce projet seront transférés par des articles de vulgarisation, des affiches au Symposium sur les bovins laitiers, au Forum Techno 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 2015-2019) :

- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec
- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Novalait

Budget total : 282 866 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Marc-André Sirard

Département des sciences animales

Université Laval

2425 rue de l'Agriculture

Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 7359

Marc-andre.sirard@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Édith Charbonneau

Université Laval

Debora Santschi

Valacta

René Roy

Valacta

Victor Cabrera

University of madison, Wisconsin



Litière à base de fumier recyclé; recommandations en vue d'une utilisation sécuritaire pour la qualité du lait

Durée : 2017 – 2020

Faits saillants

- Il existe un intérêt croissant pour l'utilisation de fumier recyclé comme litière pour les bovins laitiers en raison des coûts de plus en plus élevés pour obtenir une litière de qualité.
- Certains inconvénients sont à évaluer avec cette pratique: la litière pourrait servir de réservoir ou supporter la croissance d'agents pathogènes pour les vaches et/ou zoonotiques.
- Le risque d'observer ces désavantages varie certainement en fonction de la méthode de préparation utilisée et des pratiques de gestion de la litière en place.
- Présentement, peu d'informations scientifiques permettent d'établir des recommandations sur les bonnes pratiques de production et de gestion de ces litières.
- L'objectif de ce projet de recherche est d'établir des recommandations quant à la production et l'utilisation sécuritaire des litières produites à partir de fumier recyclé.
- Le matériel et les données nécessaires à la réalisation des différents objectifs, seront tous obtenus à partir de 29 troupeaux laitiers utilisant une litière de fumier recyclé (LFR) et 63 troupeaux utilisant la litière de paille.

Objectifs

Les objectifs spécifiques du projet sont :

- Description des différents procédés de production de litière utilisés présentement sur les fermes et description des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques de cette litière.
- Impact de la LFR sur l'hygiène, le confort des animaux et sur la santé de la glande mammaire.
- Vérification de l'influence de la production / gestion de la LFR sur les populations microbiennes présentes dans cette dernière.
- Impact de l'utilisation de LFR sur le microbiote du lait de réservoir.
- Survie et risque de transmission de la cryptosporidiose et la coccidiose associés au recyclage de litière.

Résultats et bénéfices potentiels

Nous croyons que les méthodes permettant une réelle transformation du fumier en compost permettront de produire des litières présentant un niveau de risque acceptable. Le potentiel des différentes LFR comme support pour la croissance bactérienne subséquente reste à établir, tant ces supports sont des écosystèmes microbiens riches et donc des lieux d'intenses compétitions inter-microbiennes.

Notre postulat est que dans certaines conditions, ces compétitions se font au détriment des populations bactériennes que nous souhaitons maîtriser (pathogènes pour la vache et l'Homme). Finalement, notre hypothèse est que la santé de la glande mammaire et les comptes de bactéries du lait seront semblables à ceux des troupeaux sur litière conventionnelle. Cependant, le microbiote du lait différera probablement puisque ce dernier est passablement influencé par l'environnement du lait lors de la récolte.

92 producteurs laitiers ont accepté de participer à cette étude et l'échantillonnage est actuellement en cours. Déjà, nous avons pu noter la présence de certains parasites zoonotiques et/ou problématique pour la santé des animaux de remplacement dans certaines LFR non-utilisées (e.g. *Cryptosporidium* spp et coccidies). L'utilisation de la LFR chez les jeunes animaux pourrait donc présenter un risque pour leur santé. Le risque pour la santé humaine reste à analyser.

Le projet établira les bonnes pratiques quant aux méthodes de production des LFR qui supporteront les producteurs laitiers désirant intégrer de manière sécuritaire ce bioprocédé à leur régie. Le projet informera aussi les transformateurs laitiers sur la qualité du lait résultant des différentes méthodes. Ainsi, le projet permettra de quantifier le risque pour la santé animale et humaine et les impacts sur la qualité du lait.



Professionnels formés

Annie Fréchette (Maîtrise), expertise en épidémiologie vétérinaire à l'Université de Montréal

Alexandre Jules Kennang Ouamba (Doctorat), expertise en science des aliments à l'Université Laval

Mérlie Gagnon (Doctorat), expertise en science des aliments à l'Université Laval

Marlén Irlena Lasprilla Mantilla (Maîtrise), expertise en parasitologie à l'Université de Montréal

Jessica Beauchemin (Maîtrise), expertise en microbiologie vétérinaire à l'Université de Montréal

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 (Forum Techno Novalait et Symposium des bovins laitiers) en collaboration avec nos collaborateurs de Valacta et dans le cadre des activités de transfert du regroupement stratégique FRQ-NT Op+Lait.

Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2015-2020) :

- Conseil de recherche en sciences naturelle et génie (CRSNG)
- Consortium de recherche et d'innovation en bioprocédés industriels du Québec (CRIBIQ)
- Fonds de recherche Québec – Nature et technologies (FRQNT)
- Novalait
- 92 fermes laitières

Budget total : 318 839 \$

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 poste 8605
simon.dufour@umontreal.ca

Collaborateurs :

Gilles Fecteau

Université de Montréal

Caroline Côté

IRDA

Philippe Fravalo

Université de Montréal

Denis Roy

Université Laval

Christopher Fernandez Prada

Université de Montréal

Stéphane Godbout

IRDA

Mylène Généreux

IRDA

Pierre Ruel

CRSAD

Denis Potvin

IRDA

Steve Adam

Valacta

Mélissa Duplessis

Agriculture et Agroalimentaire Canada



Une analyse de lait pourrait-elle prédire le niveau de bien-être et de santé des vaches ?

Durée : 2017 – 2020

Faits saillants

- À ce jour, aucune recherche menée dans le monde n'a permis de mettre au point un biomarqueur pour détecter la santé et le bien-être des vaches facilement identifiable dans un échantillon de lait.
- Justification du projet de recherche actuel :
 - La recherche sur le bien-être des animaux a conduit à des indicateurs comportementaux fiables, depuis les signes cliniques aux données d'activité.
 - Les indicateurs métaboliques dans le sang, par ex. NEFA, BHBA, sont sensibles et spécifiques à des problèmes de santé, mais aucun indicateur ne permet de quantifier le statut général de bien-être des animaux, de plus, ces indicateurs sont souvent invasifs, techniquement exigeants et coûteux.
- Tout récemment, le BHBA dans le lait a été corrélé positivement avec celui en circulation (recherche de Denis-Robichaud et coll. 2014 JDS 97:3314), ce qui indique que le lait pourrait être utilisé pour mesurer les biomarqueurs de la santé des vaches.
- L'objectif est donc de développer des marqueurs de précision qui pourraient être enregistrés en routine pour détecter les troupeaux et les vaches avec un faible niveau de bien-être et de santé.
- Des mesures physiologiques seront analysées dans le cadre de ce projet en complément des mesures comportementales acquises dans le cadre de la chaire sur la vie durable des bovins laitiers.

Objectifs

Développer des marqueurs de précision qui pourraient être enregistrés en routine (par exemple des échantillons de lait collectés par le contrôle laitier) pour détecter les troupeaux et les vaches dans un troupeau avec un faible niveau de bien-être et de santé.

Résultats et bénéfices potentiels

Le projet se greffe sur les travaux de la Chaire de recherche sur La vie durable des bovins laitiers. Dans le Thème 1 'Confort des vaches et gestion de troupeau', **des mesures physiologiques ont été ajoutées aux mesures comportementales.**

Durant 36 mois, quatre expériences se sont succédées à la ferme du campus Macdonald de l'Université McGill pour évaluer l'impact de la configuration de stalle sur les opportunités de mouvement et le confort des vaches en stabulation entravée. Différentes modalités ont été testés :

1. le placement de barre de cou,
2. la longueur de la chaîne,
3. la largeur de stalle, et présentement,
4. la combinaison hauteur de muret-longueur du lit (pour plus d'infos, consultez les résumés d'affiche des étudiantes Jessica St John et Véronique Boyer).

Des mesures comportementales ont été prises pour évaluer l'activité et la facilité des vaches à se mouvoir, à l'aide différents outils technologiques qui permettent l'automatisation du suivi et la détection des problèmes de bien-être en stabulation entravées, par exemple :

- le nombre d'épisode de lever et coucher, la qualité de ces épisodes, le temps de repos, le nombre de pas, l'utilisation de l'espace disponible, etc.



Résultats et bénéfices potentiels, suite...

Des échantillons de lait et de sang ont été pris 3x par semaines pour les deux premières semaines, et 1x par semaine pour les 4-8 semaines suivantes. Les mesures physiologiques ont été prises pour répondre à quatre sous-objectifs :

- 1. Identifier et évaluer la relation entre divers marqueurs de bien-être et santé**
 - Plasma, lait et comportement
- 2. Établir des marqueurs permettant de différencier les vaches ayant un niveau de bien-être faible et élevé**
 - Niveau de bien-être = niveau de confort (allant de faible à élevé) fourni à la vache en lactation dans sa stalle entravée
- 3. Définir et affiner l'utilisation de ces indicateurs (seul ou en combinaison) sur la base de critères liés à la vache et à son environnement, notamment**
 - Exposition à un niveau de confort amélioré, stade de lactation ou parité
- 4. Évaluer le potentiel de détecter des changements dans le statut de bien-être grâce à un système de spectroscopie utilisé par le contrôle laitier**
 - Spectroscopie FTIR

Les travaux et l'analyse des données se poursuivent actuellement sur les mesures physiologiques en combinaison avec les mesures comportementales.

Professionnels formés

Volet Mesures Comportementales : quatre maîtrises avec mémoire

Sarah McPherson

Erika Edwards (en collaboration avec Université du Tennessee, USA)

Véronique Boyer

Jessica St John

Les travaux des étudiantes ci-dessus se réalisent dans le cadre de la chaire sur la vie durable des bovins laitiers. Les résultats seront partagés avec les deux étudiants au doctorat du présent projet :

Volet Mesures Physiologiques :

Audrey St-Yves : étudiante à la maîtrise

Mazen Bahadi : étudiant au doctorat

Une étudiante Baccalauréat en sciences (avec distinction) :

Shannon Manley

Pour en savoir plus

- Un premier article de présentation du projet dans l'édition de juin 2017 de la revue Le producteur de lait québécois
- Site internet du responsable de projet : <https://www.mcgill.ca/animal/staff/elsa-vasseur>
- Blog : <http://cowlifemcgill.blogspot.ca/>
- Compte Twitter : @CowLifeMcGill

Partenaires financiers

Entente de partenariat pour l'innovation en production et en transformation laitières (EPI 2015-2020) :

- Conseil de recherche en sciences naturelle et génie (CRSNG)
- Consortium de recherche et d'innovation en bioprocédés industriels du Québec (CRIBIQ)
- Fonds de recherche Québec – Nature et technologies (FRQNT)
- Novalait

Budget total : 261 404 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Elsa Vasseur

Département des sciences animales

Université McGill

2111 Lakeshore

Ste-Anne-de-Bellevue (QC) H9X 3V9

514 398-7799

elsa.vasseur@mcgill.ca

Collaborateurs :

Raj Duggavathi

Ashraf Ismail

Xin Zhao

Université McGill

Débora Santschi

Daniel Lefebvre

Valacta



Le profil en acides gras du lait pourrait-il permettre de détecter et de prévenir l'acidose ruminale chez la vache ?

Durée : 2018 – 2021

Faits saillants

- L'évolution de la production laitière par vache dans les dernières décennies s'explique, en partie, par l'augmentation des aliments concentrés dans les rations, mais ceux-ci seraient également à l'origine d'une maladie métabolique présente dans les troupeaux laitiers, soit l'acidose ruminale subaigüe.
- Ce trouble coûterait entre 500 millions et un milliard de dollars américains chaque année à l'industrie laitière nord-américaine, soit 1,12 \$ US (1,44 \$ CAD) par vache malade par jour en moyenne.
- La relation entre les acides gras (AG) du lait et la santé du rumen a été démontrée, mais les analyses utilisées pour établir cette relation sont inapplicables sur le terrain en raison de leurs coûts et du temps nécessaire pour les réaliser.
- Les avancées en spectroscopie infrarouge (IR) permettent maintenant de déterminer le profil en AG d'un échantillon de lait en quelques secondes et à une fraction du prix des analyses par chromatographie en phase gazeuse (GC).
- Si les résultats obtenus sont concluants, le test d'acidose pourrait faire partie de l'offre de Valacta et permettre aux producteurs d'obtenir rapidement et à peu de frais un portrait global du risque d'acidose ruminale subaigüe dans leur troupeau.
- Pour Valacta, il s'agirait d'une bonne façon de valoriser cette analyse, tout en permettant de maximiser l'information pouvant être tirée des échantillons de lait du contrôle laitier.

Objectifs

L'objectif principal est de développer des méthodes de détection et de prévention de l'acidose ruminale subaigüe dans les troupeaux laitiers. Le projet répondra à deux objectifs spécifiques :

- OBJECTIF 1 - Développer une méthode de détection de l'acidose ruminale subaigüe basée sur le profil en AG du lait par spectroscopie IR en utilisant des lecteurs de pH ruminal qui permettront d'établir des corrélations entre les profils en AG du lait et le pH ruminal.
- OBJECTIF 2 - Déterminer les causes des cas d'acidose ruminale subaigüe rencontrés au cours du projet afin de mieux prévenir l'apparition de cette maladie métabolique dans les troupeaux laitiers.

Résultats et bénéfices potentiels

Actuellement, aucune méthode simple et efficace ne permet de détecter l'acidose dans les troupeaux laitiers commerciaux. Le projet se déroule sur 11 fermes commerciales dans la région du Lac St-jean et permettra de récolter des données afin de développer une méthode de détection de la maladie. Pour ce faire, les profils en acides gras du lait pour 1 000 jours d'échantillonnage de vaches en lactation seront analysés, pour un total de 3 000 échantillons de lait (deux traites par jour et un échantillon composite de ces deux traites). Des analyses par infrarouge (IR) seront effectuées dans les laboratoires de Valacta et la méthode sera validée par chromatographie en phase gazeuse (GC) dans les laboratoires de l'Université Laval.

Le projet devrait permettre une amélioration des performances technico-économiques des fermes laitières, car la diminution des effets négatifs de l'acidose subaigüe jumelée à l'amélioration de l'efficacité alimentaire permettra une meilleure valorisation des aliments. La meilleure efficacité alimentaire se traduirait par une augmentation de la production laitière et des composantes, donc par une augmentation des revenus. L'acidose ruminale subaigüe peut entraîner d'autres problèmes de santé pouvant nécessiter l'intervention d'un médecin vétérinaire et l'utilisation de médicaments, augmentant ainsi le coût de production, en plus de diminuer le bien-être des vaches. Sur le plan social, ce projet s'inscrit parfaitement dans l'initiative « proAction » lancée par les Producteurs laitiers du Canada en 2013, puisque cette initiative met l'accent sur le confort et le bien-être des animaux et souligne que la gestion de l'alimentation est un aspect important à considérer pour assurer la santé et le bien-être des animaux. Sur le plan environnemental, en diminuant l'incidence de l'acidose ruminale subaigüe, on peut espérer que les vaches gagnent en longévité, ce qui permettrait de réduire le nombre de sujets de remplacement à élever, donc la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) sous forme de méthane entérique s'y rattachant. Les résultats attendus seront disponibles rapidement aux producteurs par l'entreprise du contrôle laitier. Ils pourront obtenir rapidement et à peu de frais un portrait du risque d'acidose ruminale subaigüe dans leur troupeau.



Professionnels formés

- Un étudiant à la maîtrise sera formé au département de sciences animales de l'Université Laval.
- L'étudiant acquerra de l'expertise sur les moyens de mesure du pH ruminal des bovins laitiers (lecteurs de pH ruminal, profil en AG au GC et profil en AG en spectroscopie IR), sur l'interprétation des mesures de pH ruminal et sur les causes et les moyens d'éviter l'acidose ruminale subaigüe.
- L'étudiant développera sa capacité à travailler en collaboration avec une équipe de recherche et des producteurs de lait.

Pour en savoir plus

Si les résultats obtenus sont concluants, le test d'acidose pourrait faire partie de l'offre de Valacta et devenir un nouvel outil de suivi des vaches individuelles. Les résultats de recherche seront transférables à très court terme aux producteurs laitiers. Des articles dans le *producteur de lait québécois*, le *Savoir Laitier* et autres publications vulgarisées seront rédigés. Des conférences aux utilisateurs et des affiches (Forum Techno Novalait et Symposium sur les bovins laitiers) en collaboration avec nos collaborateurs de Valacta seront réalisées.

Partenaires financiers

Appel de projets spécial en production et transformation laitières (2016-2021);

- Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)
- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ)
- Novalait
- 11 fermes laitières de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean

Budget total : 370 261 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Stéphanie Claveau

Chargée de projet en recherche et innovation

Agrinova

640, rue Côté Ouest
Alma (QC) G8B 7S8

418 480-3300, poste 243
stephanie.claveau@agrinova.qc.ca

Collaborateurs :

Débora Santschi

Valacta

Rachel Gervais

Université Laval



SESSION
D'AFFICHES



2018

	Titre de l'affiche	Étudiant
TRANSFORMATION	Utilisation de concentrés en fromagerie : comprendre ces systèmes	Agathe Lauzin, ULaval
	Utilisation de concentrés en fromagerie : des leviers pour maîtriser leurs performances	Iris Dussault Chouinard, ULaval
	Utilisation de concentrés en fromagerie : approches pour faciliter l'égouttage des caillés	Isabelle Fournier, ULaval
	Biofilms dans les systèmes membranaires : comprendre et maîtriser leur formation	Julien Chamberland, ULaval
	Prévalence et diversité des communautés microbiennes des ensilages et du lait cru	Alexandre Jules Kennang Ouamba, ULaval
	Impact sur la production de cheddar des bactéries lactiques du lait cru associées à l'utilisation d'ensilage	Méridée Gagnon, ULaval
	La bioconservation des produits laitiers : pensez naturel, pensez cultures protectrices	Hebatoallah Hassam, ULaval
	La réutérine : un antifongique naturel à fort potentiel pour le remplacement de la Natamycine dans le secteur laitier	Helène Pilote Fortin, ULaval
	Rehaussement de la production d'exopolysaccharides par des souches de <i>Lactobacillus rhamnosus</i> en coculture avec <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Annalisse Bertsch, ULaval
	Améliorer la production de yogourt grec par une approche d'éco-efficience axée sur la chaîne de valeur	Catherine Houssard, Polytechnique
	De nouvelles techniques pour décrire la structure du gel et l'emprisonnement du sérum dans une matrice yogourt	Audrey Gilbert, ULaval
	La structure et les propriétés des yogourts brassés sont modulées par la teneur en protéines du lactosérum et la température de lissage	Audrey Gilbert, ULaval
	Essai pilote de lissage des yogourts brassés à différentes températures	Valérie Guénard-Lampron, ULaval
	Processus de vieillissement du fromage cheddar par analyse métabolomique	Pier-Luc Plante, ULaval
PRODUCTION	Étude de la typicité des fromages québécois par métabarcoding	Annick Raymond-Fleury, ULaval
	Caractérisation génomique d'isolats de la microflore secondaire de fromages du Québec	Gabrielle Jacquemet, ULaval
	La fétuque élevée, une alternative intéressante à la fléole des prés dans les rations des vaches laitières	Anne-Marie-Richard, ULaval
	Doit-on remplacer la fléole des prés dans nos mélanges à base de luzerne ?	Florence Pomerleau, UMcGill
	Changer de graminée fourragère : modélisation des impacts sur la ferme	Jean-Philippe Laroche, ULaval
	Effet d'une traite incomplète en début de lactation pour la prévention des maladies infectieuses et l'amélioration des performances reproductives	Catarina Krug, UMontréal
	Améliorer les caractères de santé et fertilité chez la vache laitière par une approche génomique alternative	Alexandra Carrier, ULaval
	Impact de positionner la barre d'attache en suivant la pente naturelle du cou sur le bien-être des vaches en stabulation entravée	Jessica St John, UMcGill
	Augmenter la longueur de chaîne pour nos vaches en stabulation entravée : une bonne idée ?	Véronique Boyer, UMcGill



Utilisation de concentrés en fromagerie : comprendre ces systèmes

Agathe Lauzin¹, Iris Dussault-Chouinard¹, Michel Britten² et Yves Pouliot^{1*}

1. Université Laval, Québec, Canada

2. Agriculture et Agroalimentaire Canada, CRDSH, St-Hyacinthe, Canada

La concentration du lait de fromagerie est couramment réalisée par ultrafiltration (UF). Cependant, dans une démarche d'éco-efficience industrielle, d'autres procédés baromembranaires tels que l'osmose inverse (OI) et la nanofiltration (NF), pourraient s'avérer prometteurs. Le but de ce projet est de caractériser et comparer les propriétés fromagères des concentrés UF, NF et OI afin de pouvoir optimiser leur utilisation en fromagerie.

Plusieurs propriétés fromagères de lait non concentré (SM) et de concentrés UF, NF et OI (3X) ont été étudiées : les cinétiques de coagulation par la présure et l'impact du pH des concentrés, le comportement en fromage modèle ainsi que les cinétiques d'acidification par ferment lactique et le pouvoir tampon des concentrés.

Les concentrés NF et OI présentaient des teneurs en minéraux et en lactose significativement ($p < 0.05$) plus élevées qu'un concentré UF et SM, menant à une viscosité significativement plus élevée et des propriétés de coagulation différentes : un temps de coagulation significativement plus long que SM et UF et une vitesse de raffermissement significativement

plus faible qu'un concentré UF. Cependant, de faibles variations de pH (< 0.2 unité de pH) permettaient de rétablir les propriétés des concentrés NF et OI pour obtenir des cinétiques similaires à celle d'un concentré UF. Le comportement en fromage modèle a montré des similitudes entre les 3 concentrés au niveau des rétentions protéiques et des rendements ajustés mais l'humidité des caillés NF et OI était significativement plus élevée que pour un concentré UF. Le pH naturel des concentrés NF et OI étant plus bas que celui d'un concentré UF, le même temps était nécessaire aux 3 concentrés pour atteindre un pH cible d'environ 5.2, malgré des pouvoirs tampon plus élevés en NF et OI.

Il semble ainsi possible d'obtenir, pour les trois concentrés, des comportements à la coagulation par la présure et en fromage modèle similaires. Il sera cependant nécessaire d'approfondir nos connaissances de ces concentrés, afin de mieux comprendre leur comportement dans des systèmes fromagers réels. Ces connaissances permettront de pouvoir envisager, sur le long terme, leur utilisation en fromagerie, dans un but d'amélioration de l'éco-efficience du procédé de transformation fromagère.



Utilisation de concentrés en fromagerie : des leviers pour maîtriser leurs performances

Iris Dussault-Chouinard¹, Michel Britten² et Yves Pouliot¹

1. Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA), Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Département de sciences des aliments, Université Laval, Québec
2. Centre de recherche et de développement de St-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada, St-Hyacinthe

L'utilisation de l'osmose inverse (OI) pour la pré-concentration du lait de fromagerie s'inscrit dans une démarche d'éco-efficience, car elle génère un perméat à faible charge polluante et permet de diminuer les coûts liés au transport du lait. Cependant, les fortes teneurs en lactose et minéraux des concentrés OI diminuent leur aptitude fromagère et rend nécessaire une correction de leurs propriétés physicochimiques avant la coagulation. À ce jour, peu d'études ont porté sur les leviers d'amélioration des performances de ce concentré laitier. L'objectif de l'étude était d'évaluer l'effet de deux leviers potentiels, soit le facteur de concentration et l'acidification avant emprésurage sur les aptitudes fromagères des concentrés OI. Du lait écrémé a été concentré par OI à 4 teneurs protéiques (5, 7, 9 et 11%), puis acidifié à 4 pH (6.5, 6.2, 5.9 et 5.6) avant d'être emprésuré. Pour chaque teneur protéique, un concentré témoin, obtenu par ultrafiltration a été emprésuré à pH 6.5. Le dosage des minéraux et des protéines sur le concentré et sa phase soluble ont permis de déterminer l'état de minéralisation des micelles de caséines. La cinétique

de coagulation par la présure a été caractérisée par rhéologie dynamique et des fromages modèles ont été fabriqués pour en étudier le rendement et la composition. Les résultats montrent qu'une augmentation de la teneur protéique par OI a induit un ralentissement du mécanisme de coagulation, caractérisée par l'augmentation ($p < 0.05$) du temps de coagulation et le plafonnement de la vitesse de raffermissement du gel à des teneurs protéiques supérieures à 9%. Une augmentation de la minéralisation des micelles de caséine et une humidité excessive des fromages modèles ont été observées en comparaison avec les témoins faits de concentré UF. La diminution du pH d'emprésurage s'est avérée un important levier pour corriger les concentrés OI en favorisant une déminéralisation partielle des micelles de caséine, une amélioration des aptitudes à la coagulation ainsi qu'un meilleur égouttage. Ces nouvelles données fourniront aux transformateurs laitiers un outil pour sélectionner les combinaisons pH/concentration optimales facilitant l'utilisation des concentrés OI en fromagerie.



Utilisation de concentrés en fromagerie : approches pour faciliter l'égouttage des caillés

Isabelle Fournier¹, Michel Britten^{1,2} et Yves Pouliot¹

1. Centre de recherche STELA, Institut sur la Nutrition et les aliments fonctionnels (INAF)

2. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et développement de St-Hyacinthe

Des travaux récents ont mis en évidence que l'utilisation de lait concentré par osmose inverse (OI) menait à une amélioration significative du rendement fromager, lorsque comparé au lait écrémé (Lauzin et al., 2018). Cependant, les fromages fabriqués à partir de ce type de rétentat présentent quelques défauts liés principalement à leur teneur élevée en eau, en lactose et en minéraux. Le procédé fromager pourrait être adapté au rétentat d'OI, de façon à réduire l'humidité et la concentration en minéraux et en lactose dans le fromage. Le but de ce projet est de développer des conditions de lavage du caillé afin de favoriser le dé lactosage, la déminéralisation et l'égouttage.

La solution proposée pour adapter le procédé fromager aux concentrés d'OI est l'ajout d'une phase de lavage du caillé et la modification du pH de soutirage. Les caillés sont fabriqués à partir de rétentat d'OI à 7% de protéines et avec matière grasse (P/G=0,97), à quatre pH différents (5,60; 5,80; 6,00; 6,20). Le potentiel d'un lavage du caillé avec une teneur réduite en eau ($15\% m_{\text{eau}}/m_{\text{rétentat}}$) a été évalué. Nos premières observations montrent que de telles modifications permettent de réduire la quantité de lactose présente dans le fromage et de favoriser l'égouttage du caillé.

Au final, ce projet apportera des pistes de solutions aux industriels qui souhaitent utiliser des rétentats d'osmose inverse pour la fabrication fromagère. Les résultats obtenus à l'échelle pilote pourront être appliqués à l'échelle industrielle en tenant compte des contraintes matérielles. Un tel procédé permettra aux industriels d'augmenter les rendements fromagers et l'efficacité de la production. De plus, la production d'un perméat sans charge polluante et pouvant être réutilisé à l'usine constituera un avantage significatif au niveau environnemental.



Biofilms dans les systèmes membranaires : comprendre et maîtriser leur formation

Julien Chamberland, Marie-Hélène Lessard, Steve Labrie, Alain Doyen et Yves Pouliot

Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA)
Département des sciences des aliments
Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF)
Université Laval, Québec, Canada

Les systèmes de filtration membranaires constituent un environnement idéal pour la formation de biofilms. Les biofilms sont responsables de problèmes d'encrassement des membranes et de contamination des fluides laitiers. De plus, ils demeurent difficiles à éliminer des systèmes membranaires étant donné un accroissement de leur résistance au fil des cycles de nettoyage. Par conséquent, la présente étude visait à identifier le moment optimal d'application du cycle de nettoyage des membranes et de vérifier l'impact d'opérer les systèmes à basse température afin de ralentir le développement des biofilms.

Un système modèle de type bioréacteur, alimenté en continu en lait écrémé pasteurisé, a été utilisé pour simuler le processus de formation des biofilms à la surface de membranes d'ultrafiltration. Ce système, muni de 8 membranes de 6 cm², a été opéré soit à 50 °C pendant 20 h, soit à 15 °C pendant 48 h. Les bactéries initialement présentes dans le lait circulant à l'intérieur du bioréacteur, ainsi que celle retrouvées à la surface des membranes, ont été identifiées par séquençage d'amplicons à haut débit et quantifiées par qPCR à différents intervalles de temps.

Il a été observé que la température influençait significativement la dynamique de formation des biofilms à la surface des membranes. À 50 °C, la communauté en développement était en phase exponentielle de croissance après 10 h d'opération, passant de 1,47 à 6,71 log₁₀/cm² après 12,5 h. De fait, le biofilm dominé à 99 % par la bactérie sporulante *Bacillus* était en phase stationnaire après 15 h d'opération. À 15 °C, aucun genre bactérien n'était dominant dans les communautés et aucune phase exponentielle de croissance n'a été observée durant les 48 h d'opération.

Nos résultats suggèrent ainsi deux stratégies potentiellement applicables afin d'améliorer les performances économiques et environnementales des systèmes de filtration en limitant l'impact des biofilms. La réduction de la température d'opération semble constituer un levier efficace pour ralentir leur formation à court terme. Autrement, pour profiter des meilleures performances de filtration à 50 °C, il serait préférable de nettoyer les membranes après moins de 10 h d'opération afin de cibler des communautés moins organisées et moins résistantes.



Prévalence et diversité des communautés microbiennes des ensilages et du lait cru

Alexandre Jules Kennang Ouamba¹, Mérielie Gagnon¹, Yvan P. Chouinard¹, Gisèle Lapointe² et Denis Roy¹

1. Université Laval, Canada; Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation

2. University of Guelph, Food Science

Au Québec, plus de 50 % des producteurs laitiers utilisent les ensilages d'herbe ou de maïs pour nourrir les vaches. Cependant, l'effet des fourrages fermentés sur la qualité microbiologique du lait cru n'est pas bien connu. Afin de déterminer l'impact des ensilages sur la structure microbiologique du lait cru, 24 fermes laitières implémentant différentes typologies de production associées aux ensilages d'herbe et maïs inoculés (GICI), d'herbe et maïs non inoculés (GCNI), d'herbe non inoculés (GNI) et maïs inoculés (GNICI), d'herbe non inoculés (GNI) et au foin (Hay), ont été recrutées au Québec. Selon les typologies, les échantillons de Hay, GI, GNI, CI et CNI (ensilage de maïs non inoculé), ainsi que de lait cru ont été prélevés au printemps 2015, à l'automne 2015 et au printemps 2016. Leurs communautés fongiques ont été analysées par séquençage à haut-débit de la région ITS2 du gène de l'ARN. Le nombre d'espèces identifiées dans les ensilages et les niveaux de diversité, généralement plus élevés dans les ensilages non inoculés (GNI et CNI), ont significativement varié ($p < 0.001$) selon la période d'échantillonnage. Au total sept phyla ont été identifiés, dont les plus prévalents et abondants sont les *Ascomycota* et les *Basidiomycota*. Quel que soit le type d'ensilage,

l'inoculation empêche la croissance de certains mycètes, mais semble en favoriser d'autres. Outre la génétique des espèces, les taux d'anaérobiose des silos ou d'acidité des ensilages peuvent expliquer ce phénomène. Le lait cru provenant des typologies GNI et GICI présente des communautés fongiques plus diversifiées et abondantes. La distribution des espèces a significativement varié selon les typologies et la période d'échantillonnage. Un taxon appartenant aux *Cordycipitaceae* domine significativement le microbiote du lait cru avec une proportion de 69-87 %. Dans les différentes typologies, le lait cru partage 46-56 % d'espèces uniques avec les ensilages ou le foin. Les taux de transfert de mycètes d'ensilages au lait les plus élevés ont été observés dans les typologies GNICI et GICI. La compilation des informations tirées de ce travail permettra aux producteurs et transformateurs laitiers de suggérer des pratiques de gestion pouvant réduire la fréquence des problèmes associés à la contamination du lait.



Impact sur la production de Cheddar des bactéries lactiques du lait cru associées à l'utilisation d'ensilage

Méridie Gagnon^{1*}, Charles Goulet¹, Gisèle LaPointe², Yvan P. Chouinard¹ et Denis Roy¹

1. Université Laval, Canada; Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation

2. University of Guelph, Food Science

Des bactéries lactiques de la flore secondaire sont communément retrouvées dans les fromages. Celles-ci jouent un rôle majeur dans le développement des saveurs. Par contre, les NSLAB hétérofermentaires ont déjà été identifiées comme source de défauts organoleptiques. Dans une étude précédente, nous suspectons que les LAB présentes dans le lait cru pouvaient provenir de l'ensilage, car il s'agit d'un fourrage fermenté par les LAB avec une grande prévalence d'hétérofermentaires. Il a été démontré que certaines souches ont été en mesure de passer de l'alimentation de la vache jusqu'au lait. Notre hypothèse est que les NSLAB du lait provenant des fermes utilisant l'ensilage sont thermorésistantes et donc peuvent survivre au traitement thermique appliqué au lait de fromagerie et ainsi avoir un impact sur la transformation fromagère. Deux souches, *Lactobacillus casei/paracasei* RKG R10 isolée après pasteurisation du lait et *Lactobacillus plantarum* RKG 2-212 isolée du lait cru ont été sélectionnées sur la base de leur thermorésistance (choc thermique à 60 °C pour 5 min) comparativement à *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* SK11 et ATCC 19257, *L. plantarum* ATCC 14917 et

L. paracasei ATCC 334 (Valeur F : 15,9013; $P < 0.0001$). Les deux souches de NSLAB ont été suivies dans deux modèles expérimentaux de Cheddar (production: test de Pearce; affinage: caillés modèles) avec la présence du ferment de référence *L. lactis* SK11. Les deux souches n'ont pas inhibé ou augmenté la croissance du ferment pendant la production. Dans les caillés modèles, les comptes viables de *L. casei/paracasei* RKG R10 sont demeurés stables pendant 12 jours à 30 °C. Quant à *L. plantarum* RKG 2-212, sa population a augmenté de 6,51 à 8,27 log d'UFC/g et a significativement acidifié le caillé de 5,58 à 5,27 ($P < 0.0001$). Les profils de composés volatils des caillés modèles (SK11 seul; SK11+R10; SK11+2-212) sont différents. La présence de RKG 2-212 peut être néfaste en raison de sa production d'acide acétique et du 2-méthylbutanal. En conclusion, les deux souches isolées du lait de ferme utilisant de l'ensilage sont des contaminants NSLAB potentiels en raison de leur thermorésistance et exercent une influence sur l'affinage du fromage.



La bioconservation des produits laitiers : pensez naturel, pensez cultures protectrices

Hebatoallah Hassan^{1,2}, Daniel St-Gelais⁴, Ehab Kheader³ et Ismail Fliss¹

1. Centre STELA / Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels Université Laval, Québec, Canada

2. Institute of Graduate Studies and Research, Alexandria University, Alexandria, Egypt

3. Faculty of Agriculture, Center of Functional Foods and Nutraceuticals, Alexandria University, Alexandria, Egypt

4. Centre de recherche et développement sur les aliments, Agriculture et Agro-Alimentaire Canada, Saint-Hyacinthe, Canada

Le but de ce travail est d'étudier les interactions entre des cultures protectrices productrices de bactériocines et des ferments lactiques utilisés pour la production de fromage cheddar. Trois souches de *Lactococcus lactis* subsp *lactis* produisant de la nisine A, cinq souches de *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* résistantes à la nisine A et 12 ferments commerciaux de cheddar ont été utilisés dans cette étude. Des surnageants de culture sans cellules bactériennes (CFCS) provenant de chacune des souches bactériennes ont été préparés dans des conditions simulées de fabrication de fromage cheddar en utilisant du lait écrémé, puis utilisés comme milieu de croissance pour les essais de biocompatibilité. Les taux de croissance maximaux des souches de *Lactococcus* (400 combinaisons) ont été analysés par spectrophotométrie automatisée. Les pH finaux et les activités protéolytiques ont également été examinés au début et à la fin des essais simulés de production de fromage cheddar. Les résultats

indiquent que quatre et cinq souches ont des activités protéolytiques élevées et un pH plus bas par rapport au témoin. D'un autre côté, les 8 souches de *Lactococcus* présentaient des courbes de croissance normales dans tous les CFCS, alors que cinq des ferments commerciaux testés ont une interaction antagoniste lors de l'inoculation dans les CFCS des autres souches, y compris les ferments commerciaux. Sur la base de ces résultats, un consortium de trois souches, deux souches commerciales et une culture protectrice produisant la nisine, a été sélectionné pour servir de ferment protecteur lors de la production de fromage cheddar.



La réutérine un antifongique naturel à fort potentiel pour le remplacement de la natamycine dans le secteur laitier

Hélène Pilote Fortin¹, Ahmed gomaa¹ et Ismaïl Fliss¹

1. Centre STELA / Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels Université Laval, Québec, Canada

L'objectif général de ce travail est de produire, purifier et évaluer l'activité antifongique de la réutérine contre des moisissures problématiques pour le secteur laitier. La réutérine a été produite par fermentation du glycérol en condition anaérobie par *L. reuteri* ATCC53608. La purification a été effectuée par HPLC et l'activité inhibitrice du surnageant et de la réutérine pure a été évaluée par diffusion en gélose contre la souche sensible *Listeria innocua* ATCC25922. L'activité antifongique dans le lait de la réutérine a été évaluée sur quatre souches fongiques d'altération à savoir *Aspergillus niger*, *Mucor racemosus*, *Penicillium chrysogenum* et *Rhodotorula mucillaginosus* par diffusion en gélose et en milieu RPMI. Finalement, cette activité antifongique a été validée dans des échantillons de yogourt brassé conservés à 4 °C pendant 28 jours par dénombrement sur milieu DRBC. La réutérine purifiée a montré une activité antifongique

significative sur gélose à des concentrations de 125mM pour *A. niger*, *R. mucillaginosus* et *P. chrysogenum* et 15 mM pour *M. racemosus*. Les CMI en milieu RPMI sont de 3.83 mM pour *p. chrysogenum* et *R. mucillaginosus* et de 1.91 mM pour *A. niger*. Le calcul du ratio CMF/CMI (≤ 4) a révélé une activité de type fongicide. Les résultats des tests préliminaires dans le yogourt brassé ont révélé une inhibition complète de deux moisissures testées pendant les 21 jours de conservation à des concentrations de 6.9 mM et plus. Ces résultats préliminaires montrent le potentiel antifongique de la réutérine et son potentiel d'utilisation comme alternative aux antifongiques chimiques dans les yogourts.



Rehaussement de la production d'exopolysaccharides par des souches de *Lactobacillus rhamnosus* en coculture avec *Saccharomyces cerevisiae*

Annalisse Bertsch¹, Denis Roy¹, Claude Champagne² et Gisèle LaPointe¹

1. Institut de la nutrition et des aliments fonctionnels, Université Laval, Québec

2. Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Plusieurs souches de *Lactobacillus* peuvent produire des exopolysaccharides (EPS) ayant des propriétés bénéfiques reconnues pour la santé (prébiotiques et immunomodulateurs). La production industrielle d'EPS par les bactéries lactiques (BAL) est limitée par de faibles rendements. La co-culture apparaît comme une nouvelle alternative pour améliorer la productivité des processus de production de métabolites, en particulier les bactériocines ou les EPS (kéfir). Bien que les BAL et les levures se retrouvent dans plusieurs produits fermentés, les mécanismes moléculaires liés à l'interaction microbienne et leurs influences sur la biosynthèse des EPS ne sont pas clairs. Le but de cette étude est d'étudier l'effet de la co-culture sur la production d'EPS par trois souches de *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 9595, R0011, RW-9595M) en association avec *Saccharomyces cerevisiae*. Les fermentations, mono ou co-culture, ont été réalisées en utilisant un milieu avec du perméat de lactosérum (PL) sans contrôle du pH et l'analyse quantitative de l'expression de gènes cibles des BAL a été suivie par RT-qPCR au long du processus. Les résultats n'ont révélé aucune différence significative dans la croissance, la production de sucre et d'acide lactique dans les

co-cultures par rapport aux monocultures ($p > 0,05$). Cependant, la production d'EPS a été augmentée de 39 et 29% dans les fermentations de co-culture pour ATCC 9595 et RW-9595M, respectivement ($p < 0,05$). Pour tous les gènes cibles, des différences significatives dans leur expression ont été trouvées en co-culture par rapport aux fermentations en monoculture ($p < 0,05$). Chaque souche présentait des profils d'expression génique distincts. Pour RW-9595M une production d'EPS élevée et des haut niveaux d'expression des gènes de l'opéron EPS ont été observée en co-culture. La construction d'un réseau de co-expression des gènes a révélé des interactions directes entre les gènes de l'opéron EPS, du métabolisme des sucres et les gènes liés au stress, pour chaque souche ($p < 0,01$). Nos résultats fournissent des informations sur les mécanismes régulant la biosynthèse des EPS en absence de contrôle du pH, ce qui simplifie le procédé tout en ayant une amélioration de la production des EPS qui permet la réduction des coûts des intrants tout comme le recyclage biologique du PL.



Améliorer la production du yogourt grec par une approche d'éco-efficience axée sur la chaîne de valeur

Catherine Houssard¹, Yves Pouliot² et Manuele Margni¹

1. CIRAIG, CIRODD, École Polytechnique de Montréal, Montréal, QC, Canada

2. STELA, INAF, Université Laval, Québec, QC, Canada

Le yogourt grec (YG) a bouleversé le marché du yogourt dans la dernière décennie. Sa texture et son taux élevé en protéines sont traditionnellement obtenus en concentrant le lait fermenté par centrifugation. Cependant, les volumes croissants de lactosérum acide difficilement valorisables, entraînent de nouveaux coûts économiques et environnementaux pour les transformateurs laitiers. Des travaux récents ont porté sur de nouvelles approches de fabrication pour réduire et/ou éliminer les volumes de lactosérum acide. Notre projet vise à évaluer ces solutions dans une perspective de développement durable en développant un outil d'éco-efficience (EE) novateur. Ce modèle adopte une vision systémique, basée sur l'analyse du cycle de vie (ACV), et intègre les intérêts des différents acteurs de la chaîne de valeur (producteurs, transformateurs, consommateurs) pour répondre à la question : « Quelle est la façon la plus éco-efficace de valoriser une tonne de lait pour produire du YG au Québec dans une perspective sociétale? ».

Trois options de fabrication (centrifugation (CE), fortification protéique (FO) et ultrafiltration (UF)) et de valorisation du lactosérum (alimentation animale, biodiesel, ingrédient alimentaire) pour produire du YG à 0% de matière grasse (MG) et 10 % de protéines, ont été retenues suite à une consultation industrielle. Les impacts environnementaux de ces options ont ensuite été calculés à l'aide du logiciel de simulation de procédés de l'université Laval et d'un logiciel d'ACV. Dans le contexte actuel du Québec, où les solides non gras du lait (SNG) sont peu valorisés, nos résultats basés sur une approche systémique suggèrent que la fabrication de YG à 0 % de MG par CE ou UF, pourrait avoir un impact positif sur l'environnement en permettant d'utiliser les SNG tout en produisant de la crème en demande sur le marché. Par ailleurs, l'option FO (avec MPC80 importées) a plus d'impact que les autres options et l'optimisation du taux de rétention protéique dans le YG lors de l'étape de concentration permet de réduire l'impact de chaque option.

Les résultats de ce projet offriront aux transformateurs laitiers un outil de mesure concret et de nouvelles perspectives pour évaluer l'impact de leurs systèmes de production sur la société québécoise.



De nouvelles techniques pour décrire la structure du gel et l'emprisonnement du sérum dans une matrice yogourt

Audrey Gilbert^{1*}, Laurie-Ève Rioux¹, Daniel St-Gelais^{1,2} et Sylvie L. Turgeon¹

1. STELA Centre de recherche en sciences et technologie du lait, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Canada

2. Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Investiguer la rétention du sérum dans des yogourts est un défi. La RMN à basse fréquence (¹H-BF-RMN) est une méthode non-destructive potentielle pour mieux comprendre la synérèse.

Cette étude vise à comprendre le lien entre la microstructure des yogourts et la synérèse en utilisant la ¹H-BF-RMN dans différentes matrices laitières.

Des solutions expérimentales de protéines laitières, des yogourts expérimentaux fabriqués à partir de laits commerciaux pasteurisés, et des yogourts brassés commerciaux ont été analysés par ¹H-BF-RMN. Après transformation mathématique du signal, les atomes d'hydrogène sont identifiés selon leur mobilité dans la matrice. Chacune de ces populations d'hydrogène représente une catégorie de mobilité de l'eau caractérisée par un temps de relaxation ($T_2(i)$) et une intensité de signal ($I_2(i)$). La synérèse induite (centrifugation) des yogourts a été mesurée et leur structure a été décrite par microscopie.

Lors de la mesure de la synérèse induite dans les yogourts, il n'est pas possible de différencier la contribution d'une synérèse spontanée qui apparaît sans centrifugation. La RMN à basse fréquence permet quant à elle, d'identifier quatre niveaux d'interactions de l'eau dans les matrices dont un signal issu du sérum entrappé, et un signal seulement trouvé dans les yogourts, issu de la séparation du sérum (synérèse spontanée).

Dans les yogourts, la mobilité du sérum dans le gel diminuait avec l'augmentation de la teneur en protéines ou avec l'augmentation de la densité du réseau protéique. Pour des yogourts commerciaux sans gélatine, dont le réseau est dense et homogène, les résultats de synérèse induite et de la mobilité du sérum sont faibles. Dans les yogourts expérimentaux dont le réseau se sépare spontanément, une synérèse induite supérieure à 50 % est observée en accord avec les résultats de synérèse spontanée détectés par RMN. En présence de gélatine, le réseau de yogourt est plus ouvert favorisant la mobilité du sérum, par contre, il n'y a plus de synérèse spontanée détectée par RMN en accord avec les résultats de synérèse induite.

La technique de ¹H-LF-NMR associé avec la microscopie est une technique efficace pour décrire la capacité des yogourts à retenir leur sérum dans la matrice et la synérèse spontanée.



La structure et les propriétés des yogourts brassés sont modulées par la teneur en protéines du lactosérum et la température de lissage

Audrey Gilbert^{1*}, Laurie-Ève Rioux¹, Daniel St-Gelais^{1,2} et Sylvie L. Turgeon¹

1. STELA Centre de recherche en sciences et technologie du lait, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Canada

2. Centre de recherche et de développement (AAC) de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Les consommateurs n'acceptent pas toujours la perte de texture et l'augmentation de la synérèse sur des yogourts sans-gras. Dans cette étude, la composition en protéine des yogourts et la température de lissage ont été étudiées comme levier contrôlant la microstructure, la texture et la synérèse des yogourts brassés sans-gras.

Des yogourts étaient préparés selon différents ratios de caséines sur protéines sériques (CN/PS) (Y1,5 – Y2,8 – Y3,9). Les yogourts étaient ensuite pompés à travers un pilote de lissage comprenant un échangeur à plaque réglé à 15, 20, ou 25 °C puis étaient entreposés à 4 °C jusqu'à leurs analyses (jour 1, 9, et 23). La taille des particules de yogourt (microgels; analyse d'image microscopique) et leur fermeté (analyseur de texture) ont été mesurées. La synérèse et la mobilité du sérum étaient analysées respectivement par centrifugation et par analyse RMN à basse fréquence (¹H-BF-NMR).

Aux températures de lissage plus hautes la fermeté des yogourts et la taille des microgels augmentaient de façon indépendante à la formulation. La taille des microgels évoluait durant l'entreposage dépendamment du ratio CN/PS. Y1,5 démontrait les plus gros microgels avec une

forte augmentation de taille durant l'entreposage contrairement à Y2,8 et Y3,9. Les images microscopiques de Y1,5 montraient un gel hétérogène avec du sérum visible, alors que Y2,8 et Y3,9 présentaient peu de sérum visible et un gel réorganisé entourant les microgels. La synérèse induite diminuait avec les teneurs en protéines sériques plus élevée et pendant l'entreposage. Ces résultats sont en accord avec les résultats de ¹H-BF-NMR indiquant un sérum moins mobile dans les yogourts à faible ratio CN/PS et durant l'entreposage. Cependant, une forte augmentation de la synérèse spontanée était observée pour les conditions Y1,5 et Y3,9 durant l'entreposage, alors que ce facteur restait stable pour Y2,8.

Les microgels sont des piliers structuraux contrôlant la fermeté des yogourts mais leurs propriétés sont dictées par le ratio CN/PS et la température de lissage. L'optimisation de ces facteurs permettrait à l'industrie de limiter les additifs non-laitiers dans les yogourts brassés sans-gras afin de satisfaire les consommateurs.



Essai pilote de lissage des yogourts brassés à différentes températures

Valérie Guénard Lampron^{1,2,3}, Sébastien Villeneuve^{1,3}, Daniel St-Gelais^{1,2,3} et Sylvie L. Turgeon^{2,3}

1. Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

2. STELA Centre de recherche en sciences et technologie du lait, Canada

3. Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Canada

Le lissage est une opération essentielle lors du brassage du yogourt. Il permet d'obtenir un produit lisse, mais provoque une déstructuration importante du réseau protéique. L'effet de la température de lissage sur les propriétés rhéologiques du yogourt est peu étudié. Le but de ce projet était donc de déterminer et de modéliser l'impact de 6 températures de lissage en utilisant un banc d'essai pilote simulant des conditions industrielles sur un yogourt brassé sans gras.

Les yogourts ont été brassés, pompés et pré-lissés dans les mêmes conditions en utilisant le banc d'essai pilote, mais refroidis avec un échangeur à plaques à différentes températures (10, 15, 20, 25, 30 ou 35°C) pour être lissés et finalement tous refroidis avec un échangeur tubulaire à 10°C. La synérèse, la viscosité, la fermeté, la résistance à l'écoulement et le temps d'écoulement des yogourts brassés ont été analysés jusqu'à 22 jours d'entreposage à 4°C. Les comportements rhéologiques et physiques des yogourts brassés ont été décrits par des régressions linéaires multiples et une analyse de sensibilité a permis de quantifier l'impact de la température et de l'entreposage sur les propriétés étudiées.

Les comportements de la synérèse, de la fermeté et du temps d'écoulement ont été décrits adéquatement par les régressions linéaires multiples ($0,81 \leq R^2 \leq 0,94$). La synérèse augmentait avec la température de lissage (10 à 35°C) alors que les autres propriétés avaient tendance à augmenter mais seulement jusqu'à 30°C. La synérèse, la viscosité et la résistance à l'écoulement étaient plus sensibles à la variation de la température de lissage tandis que la fermeté et le temps d'écoulement étaient plus sensibles à la variation du temps d'entreposage.

Cette étude a contribué à mieux comprendre l'impact de la température de lissage et a démontré qu'il n'existe pas de température permettant d'optimiser toutes les propriétés des yogourts.



Processus de vieillissement du fromage cheddar par analyse métabolomique

Pier-Luc Plante^{1,2}, Nancy Boucher¹, Jacques Corbeil^{1,2} et Sylvain Moineau³

1. Centre de recherche en infectiologie (CRI) du CHU de Québec
2. Centre de recherche en données massives (CRDM), Université Laval
3. Département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique, Université Laval

Le processus de vieillissement du fromage cheddar est déjà bien documenté et maîtrisé par de nombreux fromagers. Mais il arrive que le résultat de plusieurs mois de maturation ne soit pas toujours à la hauteur des attentes, particulièrement au niveau organoleptique. Effectivement, il arrive que le goût du produit fini ne réponde pas aux standards de qualité. Nous émettons l'hypothèse que l'analyse du contenu métabolomique d'un cheddar frais ou peu mûré permettrait de déterminer quels métabolites sont nécessaires à la production d'un cheddar vieilli de qualité et ainsi prédire à l'avance le profil de maturation d'un cheddar. Nous avons utilisé une approche de métabolomique non ciblée afin d'identifier des métabolites dont l'abondance diminue et augmente en fonction du processus de vieillissement du cheddar. Nous avons développé une méthode de préparation des échantillons afin d'extraire les métabolites et les lipides du cheddar qui est compatible avec les instruments de type chromatographie-liquide couplé à un spectromètre de masse (LC-MS).

En utilisant la méthode développée, l'analyse d'échantillons de fromages à divers temps de maturation a permis d'identifier des métabolites liés au vieillissement du cheddar. De plus, l'ajout des propriétés organoleptiques à l'analyse statistique des données a permis d'identifier certains métabolites corrélés à certains goûts typiques.

Une validation du potentiel des métabolites identifiés est en cours et nécessitera sans doute l'apport de d'autres fromages. Nous croyons que notre approche permettra, entre autres, de confirmer leurs potentiels comme marqueur de qualité dans le processus de vieillissement du cheddar. À moyen terme, nous espérons pouvoir fournir une liste de métabolites pouvant être suivis en temps réel durant le vieillissement du produit fini.

Les résultats de ce projet pourraient aider l'industrie à mieux contrôler la qualité des fromages produits et à réduire les pertes liées au déclassement. De plus, il pourrait être possible de baisser les coûts d'entreposage en prédisant la qualité du produit fini afin d'exclure certains produits du long processus de vieillissement.



Étude de la typicité des fromages québécois par métabarcoding

Annick Raymond-Fleury^{1,2}, Marie-Hélène Lessard^{1,2}, Julien Chamberland^{1,2}, Yves Pouliot², Sylvie L. Turgeon², Daniel St-Gelais^{2,3} et Steve Labrie^{1,2}

1. Laboratoire de mycologie alimentaire (LMA), Université Laval

2. Université Laval, Centre de recherche en sciences et technologies du lait (STELA), Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF)

3. Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

L'industrie fromagère occupe une place très importante dans notre économie. Au Québec, la production annuelle est supérieure à 230 000 tonnes de fromages, dont 28 % sont des fromages de spécialité. Entre 2 et 20 % de ces fromages sont affectés par des problèmes de qualité, incluant un manque de constance causé par le déséquilibre de leur microflore. Bien que celle-ci joue un rôle majeur dans le développement des propriétés sensorielles des fromages, très peu d'information est disponible sur sa composition (présence et abondance relative) pour les fromages du terroir québécois. Le but de cette étude est donc de développer une méthode de biologie moléculaire pour en faire la caractérisation complète (bactéries et mycètes). Après des études préliminaires pour déterminer la meilleure région d'ADN à utiliser, la caractérisation bactérienne (région V6-V8 de l'ADNr 16S) et fongique (région ITS2 de l'espaceur de transcription interne; ITS) de 50 fromages a été réalisée. Au cœur du fromage, les microflore bactérienne (ordre *Lactobacillales* - genres *Lactococcus* et *Lactobacillus*) et fongique (ordre *Saccharomycetales* - genres *Geotrichum*, *Debaryomyces* et *Kluyveromyces*) sont majoritairement composées de ferments lactiques et d'affinage. En surface, la microflore est typique du type de fromage étudié

(fromage à croûte fleurie, mixte ou lavée). Par exemple, la microflore bactérienne de fromages à croûte lavée est composée de microorganismes psychrohalotolérants (ordres *Alteromonadales*, *Oceanospirillales* et *Pseudomonadales* - genres *Pseudoalteromonas*, *Cobetia* et *Halomonas*, *Psychrobacter*), alors que la microflore fongique de fromages à croûte fleurie est dominée par les ferments d'affinage typique (ordres *Eurotiales* et *Saccharomycetales* - genres *Penicillium* et *Geotrichum*). La méthode d'analyse développée a aussi permis d'évaluer les variations de la microflore de 17 fromages provenant de deux années de production distincte (2015 et 2018). La persistance ou non des microorganismes dominants a été évaluée et des stratégies pourront être élaborées afin de mieux contrôler la microflore fromagère. Finalement, ces nouvelles connaissances permettront de produire des fromages de haute qualité de façon constante et d'être plus compétitif par rapport aux fromages étrangers, tout en réduisant les pertes économiques liées au déclassement des fromages de spécialité présentant des défauts sensoriels.



Caractérisation génomique d'isolats de la microflore secondaire de fromages du Québec

Gabrielle Jaquemet^{1,2}, Marie-Hélène Lessard^{1,2}, Daniel St-Gelais^{2,3} et Steve Labrie^{1,2}

1. Laboratoire de mycologie alimentaire (LMA), Université Laval

2. Centre de recherche en sciences et technologies du lait (STELA), Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF)

3. Centre de recherche et de développement de Saint-Hyacinthe, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Pour demeurer compétitifs dans un marché toujours plus ouvert, les fromagers québécois doivent optimiser la qualité et le goût unique de leurs fromages de spécialité. La caractérisation de la microflore secondaire de nombreuses variétés de fromages a précédemment mis en évidence la présence de microorganismes (bactéries, levures, moisissures) de la microflore secondaire qui pourraient participer au développement des propriétés sensorielles (goût, odeur, texture) des fromages affinés. La compréhension du rôle de ces microorganismes non inoculés pendant le processus d'affinage est donc essentielle. Une caractérisation du génome complet de souches provenant du terroir québécois permettra d'identifier les gènes et les voies métaboliques particulières à ces espèces et permettra d'établir la contribution individuelle de celles-ci à la production de composés aromatiques.

L'objectif principal de cette étude est de mieux comprendre, à partir de la séquence du génome complet, le potentiel métabolique de 12 bactéries et de 6 levures isolées de la microflore secondaire de fromages ou du lait de fromagerie du terroir québécois. Pour ce faire, des microorganismes, préalablement identifiés par métagénomique, ont été isolés de fromages et de lait de fromagerie en utilisant des milieux sélectifs.

Des souches appartenant aux genres *Halomonas*, *Marinomonas*, *Cobetia*, *Psychrobacter*, *Staphylococcus*, *Glutamicibacter*, *Debaryomyces*, *Cyberlindnera*, *Pichia*, *Kazachstania* et *Rhodotorula*, ont été séquencées sur des plateformes Illumina MiSeq et HiSeq. Pour l'un de ces génomes, *Staphylococcus equorum*, l'analyse a été complétée pour la prédiction de gènes (à l'aide du logiciel Prodigal) et l'annotation fonctionnelle (en utilisant la/les bases de données COG et KEGG). Cette méthode de bioinformatique sera ensuite utilisée pour caractériser l'ensemble des isolats, afin d'acquérir de plus amples connaissances sur leurs capacités technologiques. Ces nouvelles connaissances permettront de mieux comprendre le rôle de certaines espèces de la microflore secondaire, entre autres pour leurs capacités à produire des précurseurs d'arômes et de saveurs, en plus de donner aux fromagers des outils pour favoriser ou contrôler leur développement de façon optimale pendant l'affinage des fromages.



La fétuque élevée, une alternative intéressante à la fléole des prés dans les rations pour vaches laitières

Anne-Marie Richard¹, Rachel Gervais¹, Gaëtan Tremblay², Gilles Bélanger² et Édith Charbonneau¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec, QC, Canada

2. Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec, QC, Canada

La fléole des prés est la graminée fourragère la plus populaire au Québec, mais les conditions sèches et les températures élevées de l'été limitent son regain. La fétuque élevée semble être une alternative intéressante puisqu'elle tolère mieux ces conditions estivales. Toutefois, certains producteurs craignent son utilisation en raison d'une faible appétence. L'objectif de ce projet était d'évaluer l'effet du remplacement de la fléole des prés par la fétuque élevée, offertes en espèce pure ou en mélange avec la luzerne, et de vérifier l'impact de la méthode de conservation de la fétuque élevée, soit en ensilage préfané (35 % de matière sèche, MS) ou demi-sec (55 % de MS), sur les performances des vaches en lactation.

L'expérience a été réalisée avec 15 vaches Holstein en milieu de lactation. Cinq traitements ont été testés : 1) fléole des prés (70 % de la ration, base MS) en ensilage préfané; 2) fléole des prés (42 % de la ration) + luzerne (28 % de la ration) en ensilages préfanés; 3) fétuque élevée (70 % de la ration) en ensilage préfané; 4) fétuque élevée (42 % de la ration) + luzerne (28 % de la ration) en ensilages préfanés; 5) fétuque élevée (70 % de la ration) en ensilage demi-sec.

La prise alimentaire, la production laitière et la teneur en gras du lait ont été les mêmes chez les vaches nourries des rations à base de fléole des prés ou de fétuque élevée. Lorsque les deux graminées fourragères étaient offertes en mélange avec de la luzerne plutôt qu'en espèce pure, la prise alimentaire et la production laitière étaient supérieures, alors que la teneur en gras du lait était inférieure et sa teneur en protéines similaire. Malgré une baisse de la prise alimentaire lorsque la fétuque élevée était servie sous forme d'ensilage demi-sec plutôt que préfané, les performances laitières restaient équivalentes. Nos résultats confirment la possibilité d'utiliser la fétuque élevée en remplacement de la fléole des prés dans les rations des vaches laitières et qu'il est avantageux d'offrir les graminées en mélange avec la luzerne plutôt qu'en espèce pure.



Doit-on remplacer la fléole des prés dans nos mélanges à base de luzerne ?

Florence Pomerleau-Lacasse¹, Philippe Seguin¹, Gaëtan Tremblay², Gilles Bélanger², Julie Lajeunesse³ et Édith Charbonneau⁴

1. Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec

2. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Québec

3. AAC, Ferme expérimentale de Normandin

4. Université Laval, Québec

La fléole des prés est la graminée communément associée à la luzerne au Québec, bien qu'elle ait une repousse limitée sous conditions chaudes et sèches. Dans un futur proche, ces conditions chaudes et sèches devraient s'aggraver dû aux changements climatiques. Afin de trouver des alternatives à la fléole des prés dans notre contexte climatique actuel, six associations binaires de graminées et de luzerne ont été évaluées à trois sites contrastés au Québec (Sainte-Anne-de-Bellevue, Saint-Augustin-de-Desmaures, Normandin). Les graminées alternatives évaluées étaient : la fétuque élevée (cv. Carnival), la fétuque des prés (semences communes), le ray-grass vivace (cv. Remington), le festulolium (cv. Spring Green), et le brome des prés (cv. Fleet). Les parcelles étaient récoltées à deux stades de développement de la luzerne, soit début boutons ou début floraison, et le rendement, des attributs de valeur nutritive, et la contribution au rendement des différentes espèces semées étaient mesurés.

Les mélanges luzerne-fléole des prés, luzerne-fétuque des prés, et luzerne brome des prés étaient associés aux rendements, à la valeur nutritive, et aux productions de lait estimées à l'hectare de culture fourragère les plus élevés; la fétuque des prés et le brome des prés serait donc de bonnes alternatives à la fléole des prés en mélange avec la luzerne. Le mélange luzerne-fétuque élevée, malgré sa valeur nutritive inférieure, serait aussi une alternatives envisageables puisqu'il avait un rendement saisonnier et une production de lait estimée à l'hectare similaires à ceux du mélange luzerne-fléole des prés. La fléole des prés, la fétuque des prés, la fétuque élevée et le brome des prés sont demeurés productifs au cours des trois premières années de production. En revanche, les mélanges de luzerne avec les cultivars de festulolium et ray-grass vivace étudiés ont eu des rendements, une contribution de la graminée au rendement, et une production de lait estimée à l'hectare inférieurs; ces cultivars ne sont pas des alternatives intéressantes à la fléole des prés au Québec. Quant au régime de récolte, les fauches effectuées au stade début floraison, comparativement à celles faites au stade début bouton de la luzerne, ont favorisé le rendement et la production de lait estimée des mélanges binaires luzerne-graminée.



Changer de graminée fourragère : modélisation des impacts sur la ferme

Jean-Philippe Laroche¹, Véronique Ouellet¹, Gilles Bélanger², Gaétan F. Tremblay², Philippe Seguin³,
Florence Pomerleau-Lacasse³ et Édith Charbonneau¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec

2. Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

3. Département des sciences végétales, Université McGill, Campus Macdonald, Saint-Anne-de-Bellevue

Le réchauffement climatique dans les régions agricoles du Québec et les variations prévues des précipitations affecteront la production fourragère sur les fermes laitières. Certaines régions du Québec commencent déjà à ressentir les répercussions de ces changements. La fléole des prés, graminée la plus utilisée dans les mélanges fourragers au Québec, pourrait être affectée car son regain est plutôt faible sous les conditions sèches et chaudes de l'été. Ainsi, des graminées fourragères alternatives à la fléole des prés peuvent être envisagées. L'objectif de ce projet était d'évaluer, par le biais de la modélisation, l'impact du choix d'associations binaires à base de luzerne dans les rotations sur la rentabilité des fermes. Le modèle d'optimisation de fermes N-CyCLES a été utilisé. Il a été adapté de manière à considérer les données technico-économiques moyennes de deux fermes laitières soit une située dans la région du Bas-Saint-Laurent et l'autre située en Montérégie. Quatre associations fourragères ont été testées: luzerne + fléole des prés, luzerne + fétuque élevée, luzerne + fétuque des prés, luzerne + brome des prés. Les rendements et la valeur nutritive des associations binaires de chacune des régions ont été adaptés en se basant sur les données d'un essai réalisé à trois sites au cours de trois années de production (Pomerleau-Lacasse et al. 2018) et d'une banque de données de Valacta. Une gestion de coupe visant la persistance de la luzerne et un équilibre entre la valeur nutritive et le rendement a été considérée. Pour la ferme du

Bas-Saint-Laurent, l'association luzerne + fétuque élevée s'est démarquée avec un bénéfice net de 13,0 \$/100 kg de lait corrigé à 3,8 % de gras et 3,3 % de protéines (LCGP) comparativement à 12,2 \$/100 kg de LCGP pour la luzerne + fléole des prés, 11,9 \$/100 kg de LCGP pour la luzerne + fétuque des prés et 11,6 \$/100 kg de LCGP pour la luzerne + brome des prés. Les variations au niveau du bénéfice net étaient moindres pour la Montérégie alors qu'une variation maximale de 0,4 \$/100 kg de LCGP a été calculée entre les associations. Ainsi, sous les conditions climatiques actuelles, notre analyse au niveau de la ferme indique que l'association luzerne + fétuque élevée est une alternative intéressante à l'association luzerne + fléole des prés. Ces nouvelles connaissances sur la performance de plusieurs graminées fourragères en association avec la luzerne permettent aux producteurs laitiers du Québec de faire des choix plus éclairés. L'extrapolation de ces résultats pour les conditions climatiques futures, par le biais de la modélisation, devrait permettre d'établir des recommandations optimisant la durabilité éventuelle des fermes laitières québécoises.

Pomerleau-Lacasse F, Seguin P, Tremblay G, Bélanger G, Lajeunesse J, Charbonneau E. 2018. Doit-on remplacer le mil dans les mélanges à base de luzerne? *Le Producteur de Lait Québécois*. 38(7):33-35.



Effet d'une traite incomplète en début de lactation pour la prévention des maladies infectieuses et l'amélioration des performances reproductives

Catarina Krug¹, Pierre-Alexandre Morin¹, Jean-Philippe Roy¹, Jocelyn Dubuc¹, Pierre Lacasse² et Simon Dufour¹

1. Université de Montréal, St-Hyacinthe, QC, Canada

2. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, QC, Canada

Une traite incomplète durant les 5 premiers jours en lait (JEL) permet de réduire le risque d'hypercétonémie et pourrait donc aider à prévenir le risque de maladies infectieuses et améliorer les performances reproductives des vaches laitières multipares. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de cette pratique sur ces paramètres de santé.

Les vaches multipares (n=853) de 13 fermes commerciales ont été enrôlées dans un essai contrôlé randomisé, elles étaient réparties aléatoirement dans un groupe contrôle (traite conventionnelle) ou traite incomplète (maximum 10-14L de lait/jour) entre les JEL 1 à 5. Des échantillons de lait étaient récoltés afin d'identifier les infections intra-mammaires (IIM) et les cas de mammites cliniques étaient notés. Les vaches étaient examinées pour la présence de maladies utérines (JEL 35). Des échantillons de sang étaient prélevés afin de déterminer la concentration de progestérone (JEL 33 et 47) et le retour à une activité lutéale. Les données reproductives étaient extraites des registres de santé électroniques. L'effet d'une traite incomplète sur les cotes de nouvelles IIM, d'élimination d'une IIM existante, de maladie utérine, et de retour à une activité lutéale, ainsi que sur le temps jusqu'à une mammite clinique et sur le temps entre la fin de la période d'attente volontaire (PAV) et la saillie fécondante a été modélisé.

Pour ce qui est des maladies infectieuses, les cotes d'élimination des IIM des vaches sur traite incomplète étaient plus grand que celles des vaches sur traite conventionnelle (2.9 fois plus grand; IC 95% : 1,4 à 6,0). En ce qui à trait aux performances reproductives, les vaches sur traite incomplète semblaient avoir de bien meilleures performances que les vaches sur traite conventionnelle. En effet, les vaches sur traite incomplète avaient un hasard de conception 205,8 (IC 95% : 109,1 à 388,0) fois plus élevé durant les 21 jours suivant la fin de la PAV. Ce hasard était 16,4 (IC 95% : 9,9 à 27,3), 4,7 (IC 95% : 2,8 à 8,2), 1,9 (IC 95% : 1,1 à 3,4) et 0,23 (IC 95% : 0,15 à 0,35) fois celui des vaches sur traite conventionnelle, respectivement, entre les jours 22-43, 44-65, 66-87, et >87 suivant la fin de la PAV.

Ces résultats suggèrent qu'une traite incomplète durant les JEL 1 à 5 favorise l'élimination des IIM et a un effet positif sur les performances reproductives des vaches.



Améliorer les caractères de santé et fertilité chez la vache laitière par une approche génomique alternative

Alexandra Carrier^{1,2}, Alexandre Bastien^{1,2}, Marie-Hélène Régnier^{1,2}, Isabelle Gilbert^{1,2} et Claude Robert^{1,2}

1. Centre de recherche en reproduction, développement et santé intergénérationnelle, Université Laval

2. Département des sciences animales, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval

Les producteurs laitiers désirent avoir des animaux fonctionnels qui démontrent une grande longévité productive dans le troupeau. Les caractères de santé et de fertilité démontrent une faible héritabilité et un progrès génétique lent. Il est connu qu'un appauvrissement de la diversité génétique peut avoir des impacts négatifs sur la santé et les capacités reproductives des animaux. Ainsi, pour améliorer ces caractères, il serait peut-être plus souhaitable de cibler une diversification du génome au lieu de l'homogénéisation qui est actuellement en cours. L'approche utilisée dans ce projet consiste en la diversification ciblée du génome, et donc seulement un petit pourcentage de celui-ci est visé. Un groupe d'environ 200 taureaux a été génotypés et les régions associées aux caractères de santé et de fertilité ont été identifiées à l'aide de l'information connues dans la littérature scientifique puis sélectionnées à l'aide d'un algorithme corrélant les performances des animaux avec l'information génotypique. La valeur du score de santé et de fertilité a aussi été testée sur une population de 1 000 vaches dont les individus démontrant des phénotypes distincts désignés comme étant malades ou en santé

ont été utilisés. À partir de la liste de marqueurs identifiés, nous pouvons définir un score de diversité génétique pour chaque animal. Avec l'analyse faite sur les taureaux, des valeurs de corrélation élevées (0,33 à 0,51) ont été trouvées pour la plupart des caractères de santé et de fertilité. Les résultats démontrent que les caractères de production laitière ne sont pas affectés. L'analyse faite sur les données de santé des vaches a démontré une tendance statistique significative entre le score et l'état de santé des animaux. En complément, un outil de gestion des accouplements a été développé afin de proposer aux producteurs une liste de taureaux qui démontrent la meilleure complémentarité génétique pour une vache donnée selon les génotypes de cette dernière. Cet outil sera bénéfique au niveau économique puisqu'il permettra la diminution du taux de réforme ayant pour cause les problèmes de santé et de fertilité et ainsi que des coûts reliés aux services vétérinaires pour le traitement des maladies. L'animal en tirera aussi avantage pour son propre bien-être.



Impact de positionner la barre d'attache en suivant la pente naturelle du cou sur le bien-être des vaches en stabulation entravée

Jessica St John¹, Jeff Rushen², Steve Adam³ et Elsa Vasseur¹

1. Université McGill, Département des sciences animales

2. Université de la Colombie-Britannique, Centre de recherche et d'éducation en production laitière

3. Valacta

La majorité des fermes laitières au Canada logent leurs vaches en stabulation entravée, mais il existe peu de références sur comment maximiser le niveau de confort à la stalle en stabulation entravée. Des études menées sur les fermes canadiennes indiquent que la position de la barre d'attache peut affecter les comportements de repos et les blessures au cou. La vache entre souvent en contact avec la barre d'attache quand elle se lève et mange. L'objectif de notre recherche était de développer une nouvelle recommandation pour la barre d'attache qui suit la pente naturelle du cou de la vache lorsqu'elle mange et se lève pour diminuer les contacts avec la barre d'attache. Trois positions de barre d'attache étaient comparées à la recommandation actuelle (Hauteur : 48 po.; Avancement : 14 po.) : deux nouvelles positions (44 po.; 7 po. et 40 po.; 14 po.) et la position la plus commune au fermes (48 po.; 7 po.). Quarante-huit vaches, groupées par parité et stade de lactation, étaient allouées à un traitement pour 10 semaines. Les blessures ont été évaluées visuellement 1 j/semaine. Les vaches étaient filmées 1 j/semaine par des caméras pour évaluer les comportements de coucher et de lever.

Nos résultats indiquent une augmentation des blessures en haut du cou avec les barre d'attaches plus hautes, plus bas sur le cou avec la barre d'attache plus basse et en haut et plus bas sur le cou avec la barre d'attache à hauteur intermédiaire. La position de la barre n'a pas eu d'effet sur les mouvements de lever et de coucher, mais ceux-ci se sont améliorés au fil du temps, suggérant que les vaches se sont adaptées à leur logement. Il serait utile de poursuivre les recherches en évaluant des alternatives à une barre de métal fixe, comme des chaînes ou une barre flexible. Cela pourrait améliorer le bien-être des vaches à long terme si ces alternatives aident à diminuer les blessures au cou et apporter des solutions pour aider les producteurs à rencontrer les exigences du programme proAction®.



Augmenter la longueur de chaîne pour nos vaches en stabulation entravée : une bonne idée ?

Véronique Boyer¹, Steve Adam², Anne Marie de Passillé³ et Elsa Vasseur¹

1. Université McGill, département des Sciences Animales
2. Valacta
3. Université de Colombie-Britannique, Centre de recherche et d'éducation en production laitière

Bien que la stabulation entravée soit le système prédominant chez les fermes laitières canadiennes et québécoises, très peu d'études se sont penchées sur la question de l'amélioration du confort des vaches dans ce type de logement, encore moins dans un contexte expérimental. Ainsi, cette étude, en répondant à la question « Les vaches bénéficieraient-elles d'une chaîne plus longue que la recommandation? » cherche à pallier à ce manque, ainsi qu'à valider la recommandation actuelle pour la longueur de la chaîne.

Pour ce faire, 24 vaches de la ferme du campus Macdonald, Université McGill, ont été divisées en groupes selon leur nombre et leur stade de lactation, et assignées pour une période de 10 semaines à l'un de deux traitements : la recommandation actuelle (1.00 m, groupe témoin) ou une chaîne plus longue (1.40 m). Les autres aspects de la configuration de la stalle correspondaient aux recommandations actuelles du Code de pratiques.

Chaque vache a été filmée 1 journée/semaine, à l'aide de caméras vidéo positionnées au-dessus des stalles, et six événements de lever et de

coucher par jour ont été évalués. Les blessures au cou, genoux et jarrets ont été notées chaque semaine, afin d'en suivre l'évolution au fil du temps. La production de lait a également été évaluée, grâce aux données récoltées automatiquement lors de chaque traite, et à des échantillons de lait pris chaque semaine.

Les résultats indiquent que ni les blessures, ni la production n'ont été affectées par l'un ou l'autre des traitements. Le temps de la phase de préparation au coucher était plus court chez les vaches ayant une chaîne plus longue, ce qui nous indique que celles-ci sont plus à l'aise dans leur environnement.

Ainsi, bien que certaines mesures ciblées dans le programme proAction®, comme les blessures, ne semblent pas être affectées par la longueur de la chaîne, tout au moins sur les 10 semaines d'étude, il reste que cette modification pourrait être un moyen simple et peu coûteux de fournir aux vaches laitières un espace dans lequel elles sont plus à l'aise, augmentant les opportunités de mouvement fournies à la stalle, et améliorant leur niveau de bien-être.

Novalait
Catalyseur de recherche

275 rue du Parvis, bureau 508, Québec (Québec) G1K 6G7
novalait.ca