

Novalait
Catalyseur de recherche

Mot du président

Bonjour à tous,

Au nom du Conseil d'administration de Novalait, j'ai le grand plaisir de vous souhaiter la bienvenue au Forum Techno 2021. We wish a special welcome to our anglophone attendees. Nous avons la chance cette année de faire bénéficier les activités du Forum à tous les participants du symposium international sur les sciences et technologies fromagères de la FIL.

Novalait a souligné en 2020 ses 25 ans d'existence. Pour les producteurs et les transformateurs laitiers du Québec, la recherche est au cœur des solutions. Ils ont concrétisé cette vision de manière particulièrement efficace en créant une société d'investissement en R&D qui leur appartient à part égale.

Depuis 1993, à partir d'une souscription d'un cent/hl de lait transigé, Novalait a développé un portefeuille de recherches dont la valeur dépasse maintenant 55 millions de dollars. Pour ce faire Novalait a mis à contribution tous les leviers disponibles incluant les programmes de recherche en partenariat, la génération de revenus d'exploitation de la propriété intellectuelle et les crédits d'impôt.

Les recherches de Novalait doivent apporter des solutions concrètes aux fermes et aux usines laitières de tailles variées, fabriquant des produits diversifiés. Afin de relever ce défi, Novalait s'appuie sur des comités d'utilisateurs pour établir ses priorités de recherche, choisir et codévelopper ses projets avec les chercheurs.

Les usines laitières contribuent également aux travaux de recherche par des avis techniques et en fournissant des échantillons de toutes sortes; lait, produits laitiers, coproduits même ; des membranes de séparation usagées ! Quant à elles, les fermes laitières ouvrent leurs portes à des projets pilotes et participent à des collectes de données importantes aux recherches.

Novalait communique les résultats de ses recherches par le biais de son site novalait.ca, des partenaires du milieu voués au transfert et bien sûr par le Forum Techno; notre événement incontournable qui vous présentera cette année des conférences proposant des solutions aux fermes et usines laitières et des capsules des projets en cours.

Novalait consacre plus de 25% de ses budgets de recherche en salaire pour des étudiants gradués. Depuis 25 ans, plus de 300 professionnels ont été formés dans le cadre de nos recherches appliquées. Un grand nombre œuvre toujours dans le secteur laitier. Le Forum Techno fait une large place à la relève et favorise les échanges avec les étudiants dans le cadre des sessions virtuelles et des présentations ma thèse en 180 secondes.

Les investissements de Novalait ont également attiré et maintenu au Québec des cerveaux pour relever les défis scientifiques de l'industrie laitière. Nous vous invitons à profiter du Forum pour faire part aux chercheurs de vos défis liés à la production du lait ou à la fabrication des produits laitiers. De ces échanges naissent les prochains projets de Novalait. À ce propos, Novalait reçoit dorénavant en continu les idées de projets, je vous invite à contacter notre directrice générale, Mme Élise Gosselin.

Le Forum est une occasion unique pour tirer parti des investissements de Novalait 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 et une expérience virtuelle des plus surprenantes et enrichissantes !



Michel Couture

Président de Novalait

Partenaires

Platine



AGROPUR
Coopérative laitière



Or



Les
Producteurs
de lait
du Québec



Saputo



Argent



Commission
canadienne du lait

Canadian Dairy
Commission

Novalait

Partenaires

Bronze



Sectoriels



Éditeur



Média



Co-organisateurs



Programme

8 juin 2021 - Programme axé sur la production



8 h 20	Mot de bienvenue	
	Bloc Génétique	
8 h 30	Améliorer l'histoire des gènes de santé et de fertilité des vaches Claude Robert, Université Laval	
8 h 55	Repousser l'insémination des vaches en stress métabolique Marc-André Sirard, Université Laval	
9 h 20	Capsules projets en cours : Des vitamines après le vêlage : un moyen d'accroître la fertilité des vaches ? Marc-André Sirard	Comparaison des vaches issues de fécondation <i>in vitro</i> et de l'insémination artificielle Marc-André Sirard
9 h 30	Période d'échange	
	Bloc Alimentation et santé	
9 h 45	Quels gains pour les fermes laitières d'utiliser les nouvelles luzernes plus digestibles ? Caroline Halde et Édith Charbonneau, Université Laval	
10 h 10	Le profil en acides-gras du lait pourrait-il permettre de détecter et prévenir l'acidose ? Stéphanie Claveau, Agrinova et Éric Paquet, Université Laval	
10 h 35	Période d'échange	
10 h 50	Pause dynamique	
10 h 55	Ma thèse en 180 secondes Est-il possible de prédire l'acidose ruminale subclinique par le profil en acides gras du lait ? Félix Huot Les luzernes plus digestibles : le sont-elles vraiment toutes ? Marie-Soleil Boucher Long Live the Cow: A machine learning approach to analyze the welfare, longevity, profitability, and productivity of dairy cows (présenté en anglais) Gabriel Dallago	
11 h 05	Vidéo commanditaire Agropur coopérative laitière	
11 h 10	Session virtuelle - courtes présentations étudiantes	
	Bloc Durabilité et bien-être	
11 h 40	Chaire vie durable des bovins laitiers - Aspect Longévité Elsa Vasseur, Université McGill	
12 h 10	Capsule projet en cours : Bâtiments durables Sébastien Fournel, Université Laval	
12 h 15	Période d'échange	
12 h 30	Mot de clôture	
12 h 30 à 14 h 00	Divans intelligents	

Les cases en vert sont les sessions « live »

Programme

10 juin 2021 - Programme axé sur la transformation



8 h 20	Mot de bienvenue	
	Bloc Microbiologie	
8 h 30	Histoire des microflores des fromages Steve Labrie, Université Laval	
8 h 55	Les phages dans les produits laitiers Sylvain Moineau, Université Laval	
9 h 20	Capsules projets en cours : Biofilms microbiens de la ferme à la fromagerie Denis Roy, Université Laval	Utilisation de la litière recyclée et son impact sur la qualité du lait Simon Dufour, Université de Montréal
9 h 30	Période d'échange	
	Bloc Naturalité et Clean label	
9 h 45	La naturalité des produits alimentaires : mieux comprendre les perceptions et les comportements des consommateurs Joanne Labrecque, HEC Montréal	
10 h 00	Chaire Métabiolac; exploiter le pouvoir des bactéries lactiques pour lutter contre certains pathogènes dans le secteur laitier Ismail Fliss, Université Laval	
10 h 15	Période d'échange	
10 h 30	Pause dynamique	
10 h 35	Ma thèse en 180 secondes Les systèmes antimicrobiens dans les fromages et comment les trouver ? Rachel Langlois-Deshaies Quand le babeurre est sous haute pression Serine Touhami	
10 h 45	Capsule sur le 25^e anniversaire de Novalait	
10 h 50	Session étudiante virtuelle - courtes présentations étudiantes	
	Bloc Valorisation des coproduits	
11 h 20	Nouvelles approches pour valoriser les coproduits riches en lactose en produits à haute valeur ajoutée Salwa Karboune, Université McGill	
11 h 35	Valoriser le babeurre de manière plus efficiente Guillaume Brisson, Université Laval	
11 h 50	Améliorer l'éco-efficience par la concentration des fluides laitiers Yves Pouliot, Université Laval	
12 h 05	Capsules projets en cours : Caractériser la structure des yogourts brassés par le numérique Sylvie Turgeon, Université Laval	Nouveauté en technologie fromagère Julien Chamberland, Université Laval
12 h 15	Période d'échange	
12 h 30	Mot de clôture	
12 h 30 à 14 h 00	Divans intelligents	

Les cases en bleu sont les sessions « live »



2021



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

Durée : 2016-2019

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.
- Le projet visait à développer un outil d'analyse génomique qui utilise 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 complémente 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. Notre compréhension du génome est encore très partielle. 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. Les concepts de génétique indiquent également que les caractères de santé et de fertilité répondent bien au croisement laissant sous-entendre qu'ils bénéficient de la diversité génétique.

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. Ceci donnera une plus-value à la génétique canadienne. 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. Dans un premier projet visant à faire une preuve de concept, l'équipe a génotypé 200 taureaux à partir d'échantillons de semence, puis identifié plus de 900 zones d'intérêt dans leur génome. Elle a ensuite testé un lot additionnel de 1000 vaches laitières afin de valider les régions du génome liées à la santé et à la fertilité. Les travaux ont démontré qu'il est possible d'accroître la diversité des régions cibles en visant l'amélioration des caractères de santé et de fertilité sans négliger les autres caractères tels que la production laitière. Une suite au projet est présentement en cours afin de tester le processus avec un plus grand nombre d'animaux génotypés. À terme, les producteurs pourront bénéficier d'un outil pour sélectionner les taureaux de manière à améliorer les caractères de santé et de fertilité par une plus grande diversité génétique.



Aspects novateurs

- Approche non-traditionnelle en génétique qui consiste à utiliser la variabilité génétique présente dans la race Holstein pour diversifier certaines régions du génome impliquées dans les caractères de santé et de fertilité.
- Outil personnalisé pour la sélection des taureaux afin d'optimiser les caractères de santé et de fertilité d'une vache donnée.

Professionnel formé

Le projet initial a formé une étudiante à la maîtrise, Alexandra Carrier, et un professionnel de recherche **Alexandre Bastien**.

La suite du projet implique un nouveau professionnel de recherche, **Julien Prunier**.

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* a été rédigé. Une suite de projet pour une validation sur un plus grand nombre est en préparation.

- Revue *Le producteur de lait québécois*, Décembre 2018, Un outil de sélection personnalisé. Pages 26-27.

Partenaires financiers

Projet 1 :

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

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

Budget total : 186 706 \$

Projet 2 :

- MAPAQ programme Innov'Action
- Lactanet
- Novalait

Budget total : 148 825 \$

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 4012842
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

- Le début d'une nouvelle lactation est éprouvant pour plusieurs vaches, et souvent encore plus pour les hautes productrices. Leur métabolisme énergétique est mis à rude épreuve. Les bonnes productrices n'arrivent simplement pas à ingérer toute l'énergie nécessaire à leur production.
- Un déficit énergétique chez la vache, indiqué par un niveau de BHB sanguin élevé (plus de 0,8 mmol/L), affecte le développement de l'embryon.
- Une signature spécifique est notée dans l'embryon, autant transcriptomique, avec un effet immédiat, qu'épigénétique, avec un effet à plus long terme.
- Cette signature spécifique pointe vers un mode d'économie de l'énergie par l'embryon, qui pourrait réduire ses chances d'implantation, et une programmation métabolique différente à plus long terme.
- Un report de l'insémination du jour 60 au jour 120 post-partum pour les vaches en déficit énergétique permet d'éviter cette programmation de l'embryon.
- Allonger la période d'attente volontaire pour les vaches avec des niveaux de BHB élevé dans le lait (plus de 0,15 mmol/L) allonge l'intervalle entre les vêlages de ces vaches.
- L'analyse par budget partiel montre que l'impact sur le bénéfice net des troupeaux est minime, et légèrement positif. Sachant qu'il n'y a pas de contre-indication économique, pourquoi ne pas favoriser une pratique qui pourrait s'avérer bénéfique pour le troupeau à long terme.

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 élevé.

Résultats et bénéfices potentiels

L'analyse génomique démontre que les embryons sont différents au jour 60 chez les vaches à BHB élevé. Les différences observées au niveau transcriptomique indiquent une adaptation énergétique qui prend la forme de mises en mode « économie d'énergie » ce qui pourrait nuire aux chances d'implantation à court terme. Au niveau programmation épigénétique, donc à plus long terme, les modifications de l'ADN visent particulièrement des gènes importants pour le métabolisme pouvant laisser croire à une adaptation à un environnement pauvre en énergie. Huit génisses issues des vaches hautes ou basse en BHB ont été générées à partir de ces embryons et l'analyse de l'épigénétique dans leur sang indique près de 2000 différences. Ces indicateurs doivent maintenant être triés et validés avant de servir au suivi de troupeau pour choisir les génisses à garder. Ces outils sont essentiels au développement de pratiques de gestion factuelle, basés sur des mesures à la naissance (biomarqueurs) et dans le lait (BHB) et adoptés rapidement par les producteurs.

Pour la partie économique, un budget partiel a été réalisé pour évaluer l'impact d'allonger la période d'attente volontaire pour les vaches avec un niveau de BHB élevé dans le lait lors du premier contrôle. Des analyses à partir de la banque de données de Lactanet et de publications scientifiques ont permis de faire une évaluation adaptée à la réalité du Québec pour des troupeaux avec une production moyenne < 9000, entre 9000 et 11 000, et >11 000 kg de lait par année. Les résultats montrent que l'allongement de la période d'attente volontaire pour les vaches avec un taux de BHB élevé dans le lait n'a qu'un impact minime, et positif, sur le bénéfice net des fermes laitières, et ce, peu importe leur niveau moyen de production (<9000 : 10,1 \$/vache/année; entre 9000 et 11 000 : 17,3 \$; >11 000 : 8,6 \$). Ainsi, connaissant le bénéfice potentiel sur les embryons, il serait opportun d'ajuster nos pratiques.



Aspects novateurs

- Découverte d'une signature spécifique de l'embryon, autant transcriptomique à court terme, qu'épigénétique à plus long terme.
- Allonger la période d'attente volontaire entre la mise bas et la prochaine insémination pour les vaches en stress métabolique pourrait éviter une programmation défavorable des embryons et ce, sans effet sur le bénéfice net de l'entreprise.

Professionnels formés

Le projet a permis de former une étudiante à la maîtrise en génomique, **Catherine Chaput**, et une étudiante à la maîtrise en gestion technico-économique de l'entreprise laitière, **Catherine Couture**. Les deux étaient inscrites au Département des sciences animales de l'Université Laval.

Pour en savoir plus

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

- Revue *Le producteur de lait québécois*, Janvier-février 2020, Repousser l'insémination chez les vaches en déficit énergétique; une idée validée. Pages 30-32.

Partenaires financiers

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

- Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
- Consortium de recherche et innovation en bioprocédés industriels au Québec
- 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 407359

Marc-andre.sirard@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Édith Charbonneau

Université Laval

Debora Santschi

Lactanet

René Roy

Lactanet

Victor Cabrera

University of Wisconsin–Madison



Traitement ciblé de l'infertilité post-partum chez la vache laitière

Durée : 2018-2021

Faits saillants

- Un des enjeux majeurs en production laitière est lié au fait que les vaches ont une fertilité réduite particulièrement dans les 2-3 mois qui suivent la parturition et souvent chez les fortes productrices.
- De nouvelles données scientifiques obtenues au cours des dernières années permettent de croire que l'ovaire de la vache laitière en condition post-partum est sensible à la quantité d'énergie disponible. On dénote une réponse anormale au jour 60 particulièrement pour les gènes qui dépendent de la vitamine A.
- Dans une seconde étude, 48 vaches au jour 60 ont été classées en fonction de leur déficit métabolique en utilisant les taux de BHB sanguins pour une analyse transcriptomique complète de leur follicule dominant. Cette analyse a démontré une déficience fonctionnelle en vitamine A ainsi qu'en vitamine D.
- Comme les 2 vitamines sont excrétées dans le lait et que les hautes productrices en perdent encore plus, il est logique de penser que la carence peut être sous-clinique et que les besoins physiologiques peuvent être plus grands durant cette période.
- De plus, ce ne sont pas tous les troupeaux qui sortent au pâturage (herbe fraîche) et cette situation est reconnue pour affecter la fertilité.
- L'objectif du projet est de tester l'ajout de vitamines A et D entre les jours 50 et 90 post-partum dans des conditions représentatives des fermes laitières québécoises.
- L'hypothèse est que l'ovaire ressent l'effet de la saison et qu'un supplément ciblé de vitamines A et D pourrait reproduire l'arrivée au pâturage frais (vit A) au printemps (vit D) et influencer la fertilité.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de tester l'ajout de vitamines A et D entre les jours 50 et 90 post-partum dans des conditions représentatives des fermes laitières québécoises.

Plus précisément les objectifs spécifiques sont :

- 1) Déterminer si le supplément vitaminique corrige la réponse ovarienne en analysant les cellules de follicules dominant de vaches traitées et non traitées et selon le niveau de BHB (haut ou bas);
- 2) Déterminer si le supplément vitaminique améliore les paramètres de fertilité des vaches qui présentent un BHB élevé au début de la période d'insémination.

Résultats et bénéfices potentiels

Ce projet propose de classer 48 vaches au jour 50 selon leur profil énergétique par la mesure du BHB sanguin à la ferme et d'amorcer la supplémentation pour la moitié des animaux (n=24) dont 12 ayant un BHB supérieur à 0,8 et de garder la seconde moitié (n=24) des animaux sera non traitée afin de valider l'effet thérapeutique des vitamines. Pour mesurer la réponse au traitement, 24 vaches (6 par groupe) subiront une aspiration du follicule dominant permettant de démontrer la correction du profil d'expression de gènes par la supplémentation supraphysiologique de vitamines. Afin de bien comprendre l'effet thérapeutique, un profil d'acides gras sera effectué sur les liqueurs folliculaires ainsi qu'une analyse de vit A (retinol). De plus, tous les animaux seront suivis et inséminés afin d'obtenir des résultats préliminaires sur l'efficacité du traitement sur la fertilité avant de tenter de reproduire ce traitement à l'échelle commerciale. L'hypothèse est que l'ovaire ressent l'effet de la saison et qu'un supplément ciblé de vitamines A et D pourrait reproduire l'arrivée au pâturage frais (vit A) au printemps (vit D) et influencer la fertilité.



Aspects novateurs

- Utilisation d'outils génomiques pour comprendre la réponse ovarienne au stress métabolique post-partum.
- Solution personnalisée à chaque animal permettant de maximiser l'effet des vitamines en traitant seulement les animaux qui en ont besoin au moment où ils en ont besoin.
- Potentiellement plus fonctionnel et acceptable que l'induction médicale des chaleurs.

Professionnel formé

Une étudiante à la maîtrise a été recrutée en 2019, il s'agit de **Martine Boulet**, finissante en agronomie.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront rapidement transférables aux producteurs laitiers. Un article sera rédigé pour la revue *Le producteur de lait québécois*. De plus, une présentation pourra être proposée lors du Symposium des bovins laitiers du CRAAQ. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration; Novalait, Lactanet, etc. Une présentation au Forum Techno Novalait sera aussi faite.

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

Budget total : 186 311\$

Point de contact

Responsable du projet :

Marc-André Sirard

Département de sciences animales

Université Laval

Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 407359

marc-andre.sirard@fsaa.ulaval.ca

Collaborateur :

Rachel Gervais

Université Laval



Comparaison des vaches issues de fécondation *in vitro* et de l'insémination artificielle sur les critères de fertilité, santé et productivité

Durée : 2020-2023

Faits saillants

- L'utilisation de la fécondation *in vitro* (FIV) augmente de façon progressive dans l'industrie de la génétique laitière. Une proportion importante des taureaux et des vaches de hautes valeur génétique est aujourd'hui issue de FIV.
- Il n'y a présentement aucun suivi phénotypique de ces animaux bien que les données de fertilité, certaines données santé et de productivité soient enregistrés par différents intervenants dont Lactanet. Par conséquent, il n'y a pas d'analyse structurée pour relier les effets de la FIV et le phénotype subséquent malgré la quantité de données disponibles chez le bovin et les données publiées chez la souris et chez l'homme.
- Chez ces espèces, les manifestations phénotypiques de la FIV ressemblent étrangement aux manifestations observées et sont en lien avec le statut métabolique de la mère et donc suggèrent que le bovin pourrait réagir par une programmation métabolique utile à la production laitière.
- Le projet vise à appairer (génétique-environnement) de centaines d'animaux issus de FIV et les comparer aux vaches issues d'insémination artificielle pour les paramètres de productivité, fertilité et longévité (santé).
- Ce projet permettra de répondre à une question très importante concernant l'utilisation des nouvelles technologies de la reproduction.

Objectifs

Le projet vise à appairer (génétique-environnement) de centaines d'animaux issus de FIV et les comparer aux vaches issues d'insémination artificielle pour les paramètres de productivité, fertilité et longévité (santé).

Résultats et bénéfices potentiels

Chez les bovins laitiers, l'objectif actuel de la sélection est d'augmenter le nombre moyen de lactations par vache et donc les revenus en sélectionnant des vaches ayant moins de problèmes de santé et de fertilité, tels que des infections et une mauvaise qualité d'embryon. Bien que l'on sache que ces caractères sont peu héréditaires, les estimations canadiennes récentes montrent une variabilité entre les extrêmes dans la population de taureaux, ce qui offre un certain avantage pour l'amélioration génétique. En complément de ces efforts, ce projet vise à inclure des informations épidémiologiques dans les stratégies de sélection des vaches laitières pour améliorer la longévité et la production de lait à vie. De plus pour les compagnies de génétique, la connaissance de la présence ou de l'absence d'un effet phénotypique de la FIV est importante pour le développement du produit et son amélioration dans l'éventualité d'une différence négative ou de l'amplifier dans un contexte de différence positive. Il faut aussi considérer que le phénotype qui pourrait résulter de la FIV est sensible à l'environnement et donc potentiellement modulable par des conditions de régimes adaptées (ex. restreindre un peu plus l'alimentation) permettant de mitiger les possibles effets sur la production ou la reproduction.

Du côté de Boviteq, une analyse des phénotypes des vaches issues de IVF permettra de créer des sous-catégories en lien avec les conditions présentes durant la FIV (ex. âge de la donneuse, du taureau, alimentation, milieu de culture, lieux de production, type de receveuse, etc.) et de raffiner les paramètres de production favorisant des phénotypes avantageux. De plus, les producteurs auraient un avantage concurrentiel de posséder une information pertinente sur les effets phénotypiques de la FIV afin d'en tirer le meilleur parti au Québec et à l'extérieur du Québec.



Aspects novateurs

- Utilisation d'une approche épidémiologique à grande échelle.
- Création de données épidémiologiques sur le phénotype des veaux FIV laitiers en terme de fertilité, de longévité et de productivité.

Professionnels formés

L'étudiant au doctorat, M. **Simon Lafontaine**, a été recruté pour le projet.

Pour en savoir plus

Les résultats de la recherche seront rapidement transférables aux producteurs laitiers et un article sera rédigé pour la revue *Le Producteur de lait québécois*. De plus, une présentation pourra être diffusée lors du Symposium des bovins laitiers du CRAAQ. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues pour les collaborateurs (Novalait, Lactanet, Boviteq, etc.) et une présentation au Forum Techno Novalait sera également effectuée.

Partenaires financiers

- Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG);
- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ);
- Boviteq
- Lactanet
- Novalait

Budget total : 154 210 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Marc-André Sirard, DMV, PhD.
Département des Sciences animales

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

418 656-2131 poste 407359
Marc-Andre.Sirard@fsaa.ulaval.ca

Collaborateur :

Roger Cue
Animal Science
McGill University



Quels gains pour les fermes laitières québécoises d'utiliser les nouvelles luzernes plus digestibles ?

Durée : 2018-2021

Faits saillants

- L'objectif général du projet était d'évaluer l'intérêt d'utiliser une luzerne potentiellement plus digestible sur les fermes laitières du Québec.
- Les cultivars potentiellement plus digestibles et sélectionnés de façon conventionnelle avaient une digestibilité similaire à celles des témoins. Comparés aux témoins, les cultivars génétiquement modifiés (GM) pour une digestibilité accrue avaient effectivement une meilleure digestibilité *in vitro* de la fibre NDF et un rendement similaire.
- L'utilisation de cultivars de luzerne GM pour une digestibilité accrue peut permettre d'étendre la période de récolte afin de la rendre moins sujette aux aléas météorologiques, et ce, tout en maintenant une digestibilité de la fibre NDF comparable. Comparée à une luzerne témoin récoltée plus tôt, la luzerne GM récoltée plus tard avait un rendement plus élevé, une digestibilité *in vitro* de la fibre NDF similaire, mais une teneur en fibres NDF plus élevée et une teneur en protéines brutes plus faible.
- L'utilisation du cultivar de luzerne potentiellement plus digestible sélectionné de façon conventionnelle, donc non GM, n'a pas eu d'effet sur la digestibilité *in vivo* de la fibre NDF ni sur les performances des vaches laitières lorsque comparée à celle d'un cultivar témoin.
- L'essai animal a de plus permis de démontrer qu'il est possible de réduire l'apport en protéines métabolisables de la ration sans avoir d'effet négatif sur la productivité de vaches laitières en début de lactation, à condition de combler leurs besoins en énergie et en acides aminés essentiels. Ces changements permettent de réduire les rejets azotés dans l'environnement, ce qui diminue l'impact environnemental de la production laitière.
- Basé sur nos évaluations en budgets partiels, il y aurait un intérêt économique à l'utilisation de luzerne GM, surtout si cette dernière est récoltée dans le but d'en augmenter sa qualité et que l'augmentation de la production des vaches est associée à un achat de quota.
- Bien que l'utilisation de la luzerne GM plus digestible puisse être rentable sous certains scénarios, son utilisation reste controversée en termes d'acceptabilité sociale. Ce projet aura servi à produire un avis objectif sur les performances agronomiques de cette luzerne dans le contexte québécois.

Objectifs

L'objectif général du projet était d'évaluer l'intérêt d'utiliser une luzerne plus digestible sur les fermes laitières du Québec. Les objectifs spécifiques étaient :

- 1) Évaluer différents cultivars de luzerne potentiellement plus digestibles, sélectionnés de façon conventionnelle ou génétiquement modifiés (GM), sous les conditions bioclimatiques du Québec pour leur rendement, leur valeur nutritive et leur persistance (Volet végétal);
- 2) Évaluer l'effet de l'utilisation d'un cultivar de luzerne sélectionné de façon conventionnelle pour une digestibilité accrue, combinée à une diminution des apports en protéines métabolisables et à des apports variables en énergie, sur les performances des vaches laitières (Volet animal);
- 3) Évaluer les impacts technico-économiques de l'utilisation d'un cultivar de luzerne GM plus digestible sur les fermes laitières du Québec (Volet technico-économique).

Résultats et bénéfices potentiels

Volet végétal : Tous les cultivars ont bien survécu aux conditions hivernales. Les résultats de la première année de production montrent que tous les cultivars ont eu un rendement saisonnier comparable à celui des témoins, sauf le cultivar sélectionné pour une dégradabilité enzymatique améliorée de la tige (-13 %). Les cultivars GM avaient une digestibilité *in vitro* de la fibre NDF (NDFd) de 4,7 unités de % supérieure ainsi qu'une teneur en fibres NDF de 1,0 unité de % inférieure à celles des témoins. Les cultivars sélectionnés de façon conventionnelle avaient une NDFd similaire à celles des témoins. Les cultivars GM offraient également une plus grande flexibilité de récolte, permettant de retarder la récolte pour augmenter le rendement tout en conservant une digestibilité similaire à celle des témoins. Avec une coupe de moins par an lorsque récoltés au stade début floraison, les cultivars GM avaient un rendement saisonnier de 1,0 t MS/ha supérieur et une NDFd similaire, mais une teneur en protéines brutes inférieure (-3,1 unités de %) ainsi que des teneurs en NDF (+5,6 unités de %) et en lignine (+0,16 unité de %) supérieures à ceux des cultivars témoins récoltés au stade début boutons.



Résultats et bénéfices potentiels, suite

Volet animal : La phase animale a confirmé que l'utilisation du cultivar de luzerne potentiellement plus digestible sélectionné de façon conventionnelle n'a pas eu d'effet sur la digestibilité *in vivo* de la fibre NDF ni sur les performances des vaches laitières lorsque comparée à celle d'un cultivar témoin. Elle a de plus permis de montrer qu'une diminution des apports en protéines métabolisables est possible si les besoins en acides aminés essentiels et en énergie sont comblés chez la vache laitière nourrie d'une ration riche en luzerne. Par rapport à une ration témoin, une diminution de l'apport en protéines métabolisables et un maintien du même bilan énergétique a permis d'améliorer l'efficacité d'utilisation de la protéine par l'animal de 21,5 %, tout en maintenant la production de lait corrigé pour l'énergie, ainsi que la production de gras et de protéines vraies du lait. De plus, cette ration a entraîné une diminution de 24,0 % de l'excrétion azotée. Ces changements apportés à la ration permettent de réduire les rejets azotés dans l'environnement et ainsi diminuer l'impact environnemental de la production laitière.

Volet technico-économique : Lorsque la luzerne GM et la luzerne témoin sont récoltées au stade début floraison, la luzerne GM est plus digestible. Lors de l'analyse économique réalisée en budgets partiels, deux options ont été considérées pour gérer l'augmentation de productivité des vaches causée par l'ingestion accrue de luzerne plus digestible, l'achat de quota ou la vente de vache. Lorsque du quota est acheté, le bénéfice net d'une ferme moyenne avec de l'ensilage de maïs augmenterait de 7884\$/an (80\$/vache/an) suite à l'utilisation de la luzerne GM. Lors de la vente de vache, le bénéfice net de la ferme augmenterait alors de 3769\$/an (38 \$/vache/an) suite à l'utilisation de la luzerne GM. La récolte de la luzerne GM peut être retardée pour permettre un meilleur rendement tout en maintenant une digestibilité de la fibre semblable à celle de la luzerne témoin récoltée plus tôt, mais la teneur en protéines brutes est alors diminuée et celle en fibres NDF est accrue. L'augmentation du bénéfice net annuel associée à l'utilisation d'un cultivar de luzerne GM serait plus faible dans ce scénario (731\$/an pour la ferme, 7\$/vache/an). Les cultivars de luzerne GM pourraient être économiquement intéressants lorsqu'ils sont utilisés pour augmenter la digestibilité de la fibre NDF, et le bénéfice net supplémentaire serait plus important lorsque l'augmentation de la productivité des vaches est associée à un achat de quota.

Aspects novateurs

- La productivité et la valeur nutritive des cultivars de luzerne potentiellement plus digestibles ont été testées pour la première fois sous les conditions climatiques du Québec.
- Seulement les cultivars GM se sont avérés plus digestibles que les cultivars témoins.
- Un cultivar sélectionné de façon conventionnelle et commercialisé comme étant plus digestible a été évalué chez la vache mais il ne s'est pas montré plus digestible.
- Sous certains scénarios, l'utilisation de luzerne plus digestible aurait des bénéfices économiques sur les fermes laitières québécoises.
- Il est possible de diminuer les apports en protéines métabolisables tout en maintenant les performances de la vache, ce qui permet de réduire les rejets azotés et l'impact environnemental de la production laitière.

Professionnels formés

Étudiant(e)s à la maîtrise :

- **Marie-Soleil Boucher** (U. Laval, maîtrise en biologie végétale avec mémoire, 2019-2021)
- **Jean-Philippe Laroche** (U. Laval, maîtrise en sciences animales avec mémoire, 2018-2020)
- **Yatandi Djiguiba** (U. Laval, maîtrise en biologie végétale, 2018-2020)

Pour en savoir plus

Conférences

- Boucher, M.-S.*; G.F. Tremblay, P. Seguin, É. Charbonneau, M. Thériault, J.-P. Laroche, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, et C. Halde. 2021. *Valeur nutritive, rendement et persistance de cultivars de luzerne (Medicago sativa L.) plus digestibles récoltés à différents intervalles de coupe sous les conditions bioclimatiques du Québec*. Séminaire de maîtrise. 13 avr. 2021. Formule virtuelle.
- Boucher, M.-S.*; et J.-P. Laroche*. 2021. *La luzerne, peut-elle être plus digestible et comment la valoriser?* Séminaire présenté au Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada. 8 avr. 2021. Formule virtuelle.
- Boucher, M.-S.* 2021. *La luzerne peut-elle être plus digestible?* Conférence invitée au Déjeuner-Conférence de l'Ordre des Agronomes du Québec - Section Québec. 30 mars 2021. Formule virtuelle. Bourse Yvon Lévesque. Conférence invitée.
- Boucher, M.-S.*; G.F. Tremblay, P. Seguin, É. Charbonneau, M. Thériault, J.-P. Laroche, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, et C. Halde. 2020. *Est-ce que les cultivars de luzerne potentiellement plus digestibles le sont vraiment et qu'en est-il de leur rendement sous nos conditions?* Affiche présentée au congrès annuel du Centre SÈVE – Recherche en sciences du végétal. 25 et 26 nov. 2020. Formule virtuelle. 1^{er} prix du Concours d'affiches scientifiques étudiantes 2020.
- Boucher, M.-S.*; G.F. Tremblay, P. Seguin, É. Charbonneau, M. Thériault, J.-P. Laroche, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, et C. Halde. 2020. *Assessing performance of alfalfa cultivars with improved digestibility in Quebec, Canada*. Affiche présentée au 11th Annual Canadian Forage and Grassland Association. 18 et 19 nov. 2020. Formule virtuelle.
- Boucher, M.-S.*; G.F. Tremblay, P. Seguin, É. Charbonneau, M. Thériault, J.-P. Laroche, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, et C. Halde. 2020. *Performance and digestibility of alfalfa cultivars developed for improved digestibility in Eastern Canada*. Affiche présentée au «American Society of Agronomy, the Crop Science Society of America, and the Soil Science Society of America International Annual Meeting». 9 au 13 nov. 2020. Formule virtuelle.
- Boucher, M.-S.*; G.F. Tremblay, P. Seguin, É. Charbonneau, M. Thériault, J.-P. Laroche, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, et C. Halde. 2020. *Les luzernes plus digestibles : le sont-elles vraiment et qu'en est-il de leur rendement sous nos conditions?* Affiche présentée au Symposium sur les bovins laitiers. 3 et 4 nov. 2020. Formule virtuelle.
- Laroche, J.-P.*; R. Gervais, H. Lapierre, D.R. Ouellet, G.F. Tremblay, C. Halde, M.-S. Boucher et É. Charbonneau. 2020. *Effet de la réduction des apports en protéines métabolisables dans des rations pour bovins laitiers équilibrées pour les acides aminés et ayant un niveau variable d'énergie*. Séminaire de maîtrise. 13 mai 2020. Formule virtuelle.
- Laroche, J.-P.* 2020. *Nutrition protéique : Peut-on faire plus avec moins?* Conférence invitée au Déjeuner-Conférence de l'Ordre des Agronomes du Québec - Section Québec. Québec, QC, Canada. 21 fév. 2020. Bourse Yvon Lévesque. Conférence invitée.
- Boucher, M.-S.*; et J.-P. Laroche*. 2020. *La luzerne peut-elle être plus digestible et comment la valoriser?* Présentation orale à la Journée laitière des partenaires organisée par le MAPAQ. Saint-Bruno (Lac-Saint-Jean), QC, Canada. 12 fév. 2020. Conférence invitée.
- Laroche, J.-P.*; R. Gervais, H. Lapierre, D.R. Ouellet, G.F. Tremblay, C. Halde, et E. Charbonneau. 2019. *Nutrition protéique : Peut-on faire plus avec moins?* Affiche présentée au «Symposium sur les bovins laitiers», Drummondville, QC, Canada. 29 oct. 2019. Prix Alain-Fournier pour la meilleure affiche étudiante.
- Boucher, M.-S.*; et J.-P. Laroche*. 2019. *Essai de cultivars de luzerne plus digestibles et leur impact sur la production laitière*. Journée d'innovation sur les plantes fourragères et les grandes cultures à la Station agronomique de recherche de l'Université Laval. Saint-Augustin-de-Desmaures, QC, Canada. 3 juil. 2019. 100 participants. Conférence invitée.
- Halde, C.* 2018. *Quels gains pour les fermes laitières québécoises d'utiliser les nouvelles luzernes plus digestibles?* Assemblée générale des actionnaires de Novalait, Hôtel Holiday Inn, Longueuil, QC, Canada. 1^{er} nov. 2018. Conférence invitée.
- Halde, C.* 2018. *Visite des parcelles du projet Luzerne plus digestible*. Journée portes ouvertes à la Station agronomique de recherche de Saint-Augustin-de-Desmaures, QC, Canada. 25 juil. 2018. 55 participants. Conférence invitée.

Mémoires de maîtrise

- Boucher, M.-S. (en préparation). *Évaluation de la valeur nutritive, du rendement et de la persistance de cultivars de luzerne plus digestibles et témoins récoltés à différents intervalles de coupe*. Mémoire de maîtrise. Université Laval, Québec, QC, Canada. Dépôt prévu en 2021.
- Laroche, J.-P. 2020. *Effet des apports en protéines métabolisables et en énergie de rations à base de luzerne sur les performances de vaches en lactation*. Mémoire de maîtrise. Université Laval, Québec, QC, Canada.

Pour en savoir plus, suite

Articles de vulgarisation

- Halde, C., G.F. Tremblay, P. Seguin, M.-S. Boucher, J.-P. Laroche, R. Gervais, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, H. Lapierre, D.R. Ouellet, M. Thériault, et É. Charbonneau. 2021. *Quels gains pour les fermes laitières québécoises d'utiliser les nouvelles luzernes plus digestibles?* Fiche Trans-Info de vulgarisation distribuée au Forum Techno – Novalait, une conférence virtuelle. 8-9 juin 2021. Parution à venir.
- Boucher, M.-S., G.F. Tremblay, P. Seguin, É. Charbonneau, M. Thériault, J.-P. Laroche, A. Bertrand, A. Claessens, G. Bélanger, R. Berthiaume, et C. Halde. 2021. *Les luzernes vendues comme étant plus digestibles ne le sont pas toutes!* Article dans l'infolettre *L'Écho-Fourrager* du Conseil québécois des plantes fourragères (CQPF). Janv. 2021. Numéro 1. p. 7-8.
- Laroche, J.-P., R. Gervais, C. Halde, M.-S. Boucher, É. Charbonneau, H. Lapierre, D.R. Ouellet et G.F. Tremblay. 2020. *Des rations faibles en protéines pour améliorer l'efficacité des vaches laitières.* Article dans la revue spécialisée *Le producteur de lait québécois*. Oct. 2020. p. 36-37.
- Laroche, J.-P. 2020. *Un apport en protéines diminué sans pénaliser la production laitière.* Article dans le journal hebdomadaire *La Terre de chez nous*. 20 mai 2020. p. A14.
- Bellavance, A.L., C. Halde, et G. Tremblay. 2017. *Vers une luzerne plus digestible.* Article dans le journal hebdomadaire *La Terre de Chez Nous*. Chronique du Conseil québécois des plantes fourragères (CQPF). *La Terre de Chez Nous*. 12 juil. 2017. p. A28.

Partenaires financiers

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

- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ)
- Novalait
- Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)

Budget total : 177 996 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Caroline Halde

Département de phytologie

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

418 656-2131 poste 403528
caroline.halde@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Gilles Bélanger

AAC

Robert Berthiaume

consultant

Annick Bertrand

AAC

Édith Charbonneau

Université Laval

Annie Claessens

AAC

Rachel Gervais

Université Laval

Hélène Lapierre

AAC

Daniel Ouellet

AAC

Philippe Seguin

Université McGill

Gaëtan Tremblay

AAC



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 Lactanet 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 Lactanet, 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 :

- 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;
- 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 s'est déroulé sur 12 fermes commerciales et a permis 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 ont été analysés, pour un total de près de 3 000 échantillons de lait (deux traites par jour et un échantillon composite de ces deux traites). Des analyses par infrarouge (IR) ont été effectuées dans les laboratoires de Lactanet et la méthode est en cours de validation grâce à l'analyse par chromatographie en phase gazeuse (GC) réalisée 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'entremise du contrôle laitier. Ils pourront obtenir rapidement et à peu de frais un portrait du risque d'acidose ruminale subaigüe dans leur troupeau.



Aspects novateurs

- Potentiel de détection de l'acidose plus rapide avant que des dommages soient causés à l'animal.
- Prédiction du pH ruminal plus rapide à l'aide de la spectroscopie IR et à une fraction du prix actuel qui se fait à partir des profils d'acides gras déterminés par Chromatographie.

Professionnel formé

Un étudiant à la maîtrise, **Félix Huot**, est en cours de formation au département de sciences animales de l'Université Laval.

Pour en savoir plus

Si les résultats obtenus sont concluants, le test d'acidose pourrait faire partie de l'offre de Lactanet 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 rédigées. Des conférences aux utilisateurs et des affiches (Forum Techno de Novalait et Symposium sur les bovins laitiers) en collaboration avec nos collaborateurs de Lactanet seront réalisées.

Partenaires financiers

Premier 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
- 12 fermes laitières de la région du Saguenay Lac St-Jean

Budget total : 370 261 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Stéphanie Claveau, biol., M. Env.
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, agr., Ph. D.
Lactanet

Rachel Gervais, agr., Ph. D.
Université Laval

Éric Paquet, Ph. D.
Université Laval



Chaire de recherche sur la vie durable des bovins laitiers : Des pratiques pour améliorer le confort et le bien-être des vaches

Durée : 2016-2021

Faits saillants

- Les producteurs laitiers ont le défi de fournir aux consommateurs des produits de haute qualité intégrant les attentes sociétales concernant le respect de l'environnement, le bien-être animal et l'accessibilité économique, tout en assurant une productivité accrue via une compréhension des besoins nutritionnels et physiologiques de la vache.
- Augmenter la durée de vie des bovins laitiers élevés par leur logement dans un environnement favorisant confort et santé est une solution durable qui, par la diminution de la réforme involontaire, permet d'augmenter les bénéfices dégagés par les entreprises, de limiter l'empreinte environnementale et de répondre aux préoccupations sur le respect du bien-être des animaux.
- Suivant ces principes, et afin de développer 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 et accroître la durée de vie des vaches laitières, avec un accent particulier placé sur la stabulation entravée.
- 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 national proAction®.
- Les travaux de la Chaire ont apporté des résultats concernant les modifications à la configuration des stalles pour améliorer les opportunités de mouvement et le confort des vaches en stabulation entravée. Les études suivantes portent sur les questions de l'impact de l'accès à l'exercice sur le comportement, le bien-être et la santé des vaches.
- Le deuxième thème de recherche se concentre sur les mesures de la rentabilité et la longévité dans les troupeaux. Les projets sont menés sur une analyse de base de données des troupeaux laitiers québécois.

Objectifs

- Optimiser le confort et améliorer les opportunités de mouvement des vaches laitières, tout particulièrement celles logées en stabulation entravée par la modification du logement et l'accès à l'exercice.
- Accroître la durée de vie des vaches tout en considérant la rentabilité des fermes laitières.

Résultats et bénéfices potentiels

Les activités de recherche de la chaire se sont concentrées sur deux thèmes principaux :

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 podomètre 3-D (IceTag) permet de mesurer précisément le nombre de pas réalisés par la vache à sa stalle (Shepley et coll. 2017 Agriculture 7:53)
- Plusieurs études ont été menées pour évaluer l'impact du logement sur les opportunités de mouvement et le confort des vaches :
 - Les vaches utilisent l'espace supplémentaire qui leur est fourni : toutes les caractéristiques de la stalle ont le potentiel de fournir un espace supplémentaire, que ce soit en augmentant la longueur de la chaîne, la largeur ou la longueur de la stalle. Nous avons confirmé que la litière est un élément essentiel du confort, plus il y en a, mieux c'est, et les blessures aux jarrets guérissent en 6 semaines lorsque les vaches sont logées dans des stalles à litière profonde (St-John et al., 2021 JDS 104 : 3304; Boyer et al., 2021a JDS 104:3316; Boyer et al., 2021b JDS 104:3327; McPherson and Vasseur, 2021 JDS 104:3339).
 - Quelles opportunités de mouvement peuvent être offertes à la vache en dehors de la stalle? Nous avons constaté que l'hébergement des vaches laitières dans des enclos pendant la période de tarissement était bénéfique pour le repos et la récupération de la capacité locomotrice (Shepley et al., JDS 102 : 6508; Shepley et al., en révision). Les prochaines études se concentrent sur les questions d'accès à l'exercice pour les vaches laitières logées en stabulation entravée et leur impact sur les comportements, le bien-être et la santé (notamment locomotrice) des vaches. L'analyse des résultats est en cours.



Résultats et bénéfices potentiels, suite

Longévité des vaches

- Nous avons analysé l'impact de la première incidence de mammite ou de boiterie sur la performance, la rentabilité et la longévité à différents stades de la lactation sur 20,000 vaches dans 120 troupeaux québécois :
 - Nous avons constaté que, lors de leur première lactation, une première mammite ou boiterie réduit la production et le profit jusqu'à 1,200 kg et 1,000 \$ CAN par vache malade tout en augmentant le risque de réforme jusqu'à 2x (Puerto et al., 2021a. JDS.2020-19584; Puerto et al., 2021b. JDS.2020-19585);
 - Les résultats par lactation suggèrent que les revenus générés à la lactation actuelle ont largement influencé la capacité de rétention des vaches dans le troupeau pour une autre lactation. Les vaches rentables semblaient être plus efficaces en alimentation jusqu'à la lactation 2 et moins susceptibles de contracter des maladies lors des lactations ultérieures. Ces résultats ont alimenté le processus de développement d'un outil d'aide à la décision interactif basé sur les coûts et les revenus cumulés sur la durée de vie pour évaluer la rentabilité du troupeau (Warner et al. en révision);
- En collaboration avec l'équipe R&D de Lactanet, nous avons utilisés les bases de données de Valacta pour détecter à distance les troupeaux à faible niveau de bien-être :
 - Le modèle a bien fonctionné pour la boiterie mais moins pour les blessures aux jarrets (Warner et al., 2020. COMPAG 169 : 105193);
 - Nous avons développé un outil d'analyse comparative du bien-être (Herd Status Index HIS) basé sur 14 indicateurs dérivés de données du contrôle laitiers collectées en routine (Warner et al., 2020 Animals 10: 1689).

Professionnel formé

La chaire de recherche participe à la formation de personnel hautement qualifié. Depuis sa création, 48 personnes ont été formées et se sont impliquées activement au sein des projets.

Doctorat : **Gabriel Machado Dallago** (en cours) et **Elise Shepley**

Maîtrise avec mémoire :
En cours

Anna Bradtmueller
Amir Nejati
Rachel Chiasson
Catherine Lussier
Naziya Mauyenova

Jordan Tonooka
Maria A. Puerto Rodriguez
Sarah McPherson
Véronique Boyer
Jessica St John

Maîtrise appliquée :
McGill

Oluwaseyi Adeboye
Sirine El Hamdaoui

VetAgroSup Clermont, France
Nicolas Gafsi
Anthony Pic

Université de Sassari, Italie
Maria Francesca Guiso
Giovanni Obinu

ISA Lille, France
Manon Demaret
Sirine El Hamdaoui

AgroCampus Ouest, France

Géraud Plas-Debecker
Marianne Berthelot

Stagiaire postdoctoral :
En collaboration avec Lactanet

Maxime Leduc
Daniel Warner
Liliana Fadul Pacheco
Hector Delgado

Point de contact

Responsable du projet :

Elsa Vasseur

Département de science animale

Université McGill, 21111 Lakeshore
Ste-Anne-de-Bellevue (QC) H9X 3V9

514 398-7799

elsa.vasseur@mcgill.ca

Collaborateurs :

Kevin Wade

Roger Cue

Université McGill

Doris Pellerin

Université Laval

Jeff Rushen

Université de la Colombie-Britannique
(UBC)

Joop Lensink

ISA Lille (France)

Steve Adam

René Lacroix

Débora Santschi

Daniel Lefebvre

Équipe de Lactanet

Pour en savoir plus

- Plusieurs 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 et de 2021
- Site internet de la titulaire de la chaire : mcgill.ca/animal
- Blog de la Chaire : cowlifemcgill.com
- Compte Twitter de la Chaire : [@CowLifeMcGill](https://twitter.com/CowLifeMcGill)
- 3 capsules-vidéo ont été produites : [capsule 1](#) [capsule 2](#) [capsule 3](#)

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
- Lactanet

L'Université McGill a aussi contribué financièrement

Budget total : 1 720 000\$

Novalait



Chaire de leadership en enseignement des bâtiments agricoles durables

Durée : 2018-2023

Faits saillants

- Entre 2008 et 2015, les immobilisations en production animale au Québec ont chuté de 475 à 300 M\$.
- Un réinvestissement majeur s'est amorcé depuis 2017 (500 M\$/an) afin de moderniser les installations d'élevage et d'accroître leur compétitivité.
- Afin de soutenir les investissements, le Québec a besoin d'une main-d'œuvre qualifiée, apte à conseiller adéquatement les quelques 10 500 producteurs.
- La chaire formera des ingénieurs et des agronomes spécialisés en infrastructures performantes et concurrentielles, intégrant les plus récentes normes en matière de bien-être animal et de respect de l'environnement.
- Les projets de recherche de la chaire incluront de nouveaux concepts en productions animales durables, telles que des aires d'exercice vertes pour bovins laitiers, des volières à faibles émissions pour poules pondeuses ou des systèmes de ventilation évolués pour poulets de chair et porcs.
- Les activités de la chaire fourniront une documentation technique actualisée susceptible d'aider les producteurs à effectuer des investissements éclairés.
- Une optimisation du design des bâtiments et une utilisation judicieuse des équipements agricoles permettraient de réduire de 1% par année les coûts associés aux infrastructures.

Objectifs

La chaire vise à soutenir la formation, la recherche et le transfert en ingénierie de la production animale, en vue d'assurer la pérennité du bâti d'élevage québécois par l'amélioration du bien-être des animaux, la réduction de l'impact environnemental et l'amélioration de la compétitivité des fermes. Le perfectionnement des connaissances et des compétences de la relève universitaire ainsi que des acteurs du milieu touchera quatre axes :

- systèmes de production évolués;
- contrôle avancé de l'environnement;
- gestion optimale des ressources et des effluents;
- efficacité énergétique et énergies alternatives.

Résultats et bénéfices potentiels

La chaire permettra de former des ingénieurs et des agronomes spécialisés en infrastructures performantes et concurrentielles, intégrant les plus récentes normes en matière de bien-être animal et de respect de l'environnement.

La chaire sera aussi l'occasion d'expérimenter, avec l'appui d'étudiants aux cycles supérieurs, de nouveaux concepts en production laitière durable, telles que des aires d'exercice vertes pour vaches en stabulation entravée, des étables munies d'un toit solaire et des étables sur litière de fumier recyclé (LFR). Le premier projet sur les terrasses surélevées a pour but d'offrir une opportunité de mouvement toute saison de façon plus économique qu'une étable en stabulation libre et plus acceptable d'un point de vue environnemental que les aires d'hivernage. Le second projet sur les serres-étables tente de vérifier si les surcoûts de ce type de bâtiment sont absorbés par les bénéfices que procurent des conditions ambiantes plus naturelles. Le troisième projet sur la production de LFR vise à démontrer que la biométhanisation permet de générer un digestat hygiénisé, exempt de pathogènes, ayant les caractéristiques physiques adéquates pour assurer la santé et le bien-être des vaches. La chaire prévoit également produire de nouveaux outils, disponibles sur une plateforme web (<https://clebad.fsaa.ulaval.ca/>), pour tous les producteurs et intervenants du secteur.

Ainsi, l'ensemble des activités vise à fournir des sources d'informations à jour susceptibles d'aider les quelque 10 500 producteurs d'animaux d'élevage (bovins laitiers, porcs, volailles, ovins et caprins) à effectuer des investissements éclairés lors de la mise à niveau de leurs installations. Une optimisation du design des bâtiments et une utilisation judicieuse des équipements agricoles en production animale permettraient de réduire de 1 % par année les coûts associés aux infrastructures. Considérant des immobilisations annuelles de l'ordre de 500 M\$, cela représenterait des économies de 25 M\$ au bout de cinq ans.

Aspects novateurs

- La chaire est la seule entité universitaire au Québec et au Canada consacrée à la formation et au transfert de connaissances sur les bâtiments agricoles.
- La chaire est un catalyseur de projets de recherche sur les infrastructures d'élevage.

Novalait



Professionnels formés

- **Alexandre Blouin, Ève-Marie Houde et François Savard** (B. Ing. – Génie agroenvironnemental) : comparaison des performances économiques et environnementales entre une étable conventionnelle et une serre-étable.
- **Zakary Picard** (B. Ing. – Génie agroenvironnemental) : évaluation des performances environnementales et énergétiques des systèmes de ventilation des bâtiments d'élevage
- **Béatrice Dupont-Fortin** (B. Ing. – Génie agroenvironnemental) : évaluation du comportement et du bien-être animal en situation d'exercice extérieur.
- **Andrea Katherin Carranza Diaz** (Ph. D. – Sols et environnement) : développement de méthodes simplifiées de mesure des contaminants dans l'air des bâtiments laitiers.
- **Paz Elizabeth Alvarez Chavez** (Ph. D. – Sols et environnement) : démonstration de l'efficacité environnementale et économique du concept de terrasse surélevée comme aire d'exercice verte pour vaches laitières en stabulation entravée.
- **Sebastian Gutierrez Pacheco** (Ph. D. – Génie écologique) : instrumentation et contrôle en agriculture et élevage de précision

Pour en savoir plus

- Présentation des travaux étudiants lors des rencontres annuelles de la chaire.
- Création d'un site internet et d'une page Facebook dédiés aux travaux de la chaire.
- Présentation de conférences dans les événements locaux (e.g., Forum Novalait et Symposium sur les bovins laitiers) et internationaux (e.g., Commission internationale de génie rural).
- Rédaction d'articles vulgarisés dans les journaux agricoles (e.g., *Le Bulletin des agriculteurs* et *Le producteur de lait québécois*).
- Participation à l'organisation et au contenu de cours de formation continue en ligne et des Journées portes ouvertes organisées par les partenaires.

Partenaires financiers

La chaire est financée par un ensemble d'organismes et de fournisseurs de services conseils en génie ainsi qu'en équipement :

- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)
- Novalait
- Union des producteurs agricoles du Québec (UPA)
- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
- Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation (FSAA) de l'Université Laval
- Industries Harnois
- Lactanet
- Équipements Jolco
- Consultants Lemay & Choinière
- Consumaj
- Les Consultants Mario Cossette
- Groupe Alco
- Intelia
- Maximus
- Zaxe Technologies
- Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec (AIAQ)

Budget total : 923 000 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Sébastien Fournel, ing., Ph. D.
Professeur adjoint
Département des sols
et de génie agroalimentaire

Université Laval
2425 rue de l'Agriculture
bureau 2203
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 408139
sebastien.fournel@fsaa.ulaval.ca



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

Durée : 2017-2019

Faits saillants

- Il existe un intérêt croissant pour l'utilisation de fumier recyclé (LFR) comme litière pour les bovins laitiers.
- Évaluer les inconvénients que cette pratique pourrait causer à la santé animale, la santé humaine et la qualité du lait devient primordiale.
- L'objectif de ce projet de recherche était d'établir des recommandations quant à la production et l'utilisation sécuritaire de la LFR.
- Le matériel et les données nécessaires à la réalisation des différents objectifs, ont été obtenus à partir d'une étude réalisée sur 27 troupeaux laitiers utilisant la LFR et 61 troupeaux utilisant une litière de paille pour comparaison.
- La qualité bactériologique des litières de LFR avant utilisation variait d'une méthode de production à l'autre et était en général inférieure à celle de la paille. Différents microorganismes pathogènes pour la vache et l'humain (*Cryptosporidium* spp, *Salmonella* spp) étaient retrouvés plus fréquemment dans la LFR comparativement à la paille. Ces microorganismes n'étaient cependant jamais retrouvés dans le lait du réservoir.
- Le nombre de cas de mammite clinique n'était pas plus élevé sur les fermes sur LFR, mais ils étaient plus souvent causés par *Klebsiella* spp, un agent causant des mammites très sévères menant souvent à la mort ou à la réforme de l'animal.
- L'utilisation de la LFR n'affectait pas les comptages de bactéries résistantes à la pasteurisation ou de spores dans le lait, mais les populations de bactéries résistantes étaient différentes entre le lait de fermes utilisant la LFR versus la 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 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 associés au recyclage de litière.

Résultats et bénéfices potentiels

Bien que cette pratique soit louable d'un point de vue de développement durable, l'utilisation de la LFR en élevage laitier présente plusieurs inconvénients d'un point de vue de santé animale et humaine.

En effet, nos résultats ont permis de démontrer que plusieurs agents pathogènes pouvaient survivre aux méthodes de production présentement utilisées à la ferme. Dans certains cas (e.g., *Cryptosporidium* spp), l'utilisation de la LFR pourrait même possiblement amplifier le cycle de transmission à l'intérieur d'un troupeau. Par contre, ces agents pathogènes n'étaient jamais retrouvés dans le lait de réservoir, ce qui indique que les mesures de contrôle des points critiques à la ferme lors de la récolte du lait sont suffisantes pour contrôler la majeure partie du risque pour les consommateurs. Par contre, les personnes travaillant sur les fermes pourraient être plus à risque et devraient respecter des mesures d'hygiène strictes (port de gants, lavage des mains) lors de la manipulation de la LFR.

Nos résultats suggèrent également que ce type de litière ne devrait pas être utilisée chez les animaux de moins de 6 mois, qui sont particulièrement sensibles à ces agents pathogènes.

Le nombre de cas de mammite clinique n'était pas plus élevé sur les fermes sur LFR, mais ils étaient plus souvent causés par *Klebsiella* spp, un agent causant des mammites très sévères menant souvent à la mort ou à la réforme de l'animal.

Aussi, l'utilisation de la LFR pourrait compromettre le bien-être animal, si d'autres mesures d'atténuation ne sont pas mises en place, étant donné la plus grande sévérité des cas de mammite observés.

Finalement, bien que les populations bactériennes retrouvées dans le lait de ferme utilisant la LFR diffèrent, les impacts anticipés sur la transformation laitière semblent mineurs pour le moment, surtout pour les fromages non affinés.



Aspects novateurs

- Réalisation du projet sur des fermes commerciales utilisant la litière à base de fumier recyclé.
- Analyse de l'aspect microbiologique de l'utilisation de la litière à base de fumier recyclé sur la qualité du lait.
- Identification des profils bactériens responsables de mammites cliniques dans les fermes utilisant la litière de fumier recyclé.

Professionnels formés

- **Annie Fréchette** (Doctorat), 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.
- **Jessika 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 producteur de lait québécois, le *Bulletin des agriculteurs*, *Le Savoir laitier*, *La Terre de Chez Nous* et *Milk Producer* seront privilégiés de même que des formations et conférences aux utilisateurs (Forum Techno de Novalait, Colloque Santé des Troupeaux Laitiers du Québec et Symposium des bovins laitiers) en collaboration avec nos collaborateurs de Lactanet 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) :

- Novalait
- Consortium de recherche et d'innovation en bioprocédés industriels du Québec (CRIBIQ)
- Fonds de recherche Québec – Nature et technologies (FRQNT)
- Conseil de recherche en sciences naturelle et génie (CRSNG)
- 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 poste8605

simon.dufour@umontreal.ca

Collaborateurs :

Gilles Fecteau

Université de Montréal

Caroline Côté

Institut de recherche et développement
en agroenvironnement

Philippe Fravalo

Université de Montréal

Denis Roy

Université Laval

Christopher Fernandez Prada

Université de Montréal

Alexandre Thibodeault

Université de Montréal

Stéphane Godbout

Institut de recherche et développement
en agroenvironnement

Mylène Généreux

Institut de recherche et développement
en agroenvironnement

Pierre Ruel

Centre de recherche en sciences animales
de Deschambault

Denis Potvin

Institut de recherche et développement
en agroenvironnement

Steve Adam

Lactanet

Mélissa Duplessis

Agriculture et Agroalimentaire Canada



Comment la microflore naturelle et la composition du lait contribue à la qualité des fromages ?

Durée : 2018 – 2023

Faits saillants

- La qualité des fromages dépend de plusieurs facteurs, incluant la régie de troupeau à la ferme, le contrôle de la technologie fromagère utilisée, et le microbiote présent dans l'environnement de la fromagerie.
- Le microbiote naturel, aussi appelé microflore, des fromages peut provenir de multiples sources, mais les sources les plus importantes n'ont pas été identifiées à ce jour.
- L'effet du choix des assainisseurs sur la composition de la microflore naturelle et sa persistance en industrie laitière est inconnu.
- La composition protéique et minérale du lait varie selon les saisons et influence ses performances fromagères.
- Les techniques de dosage de deux systèmes antimicrobiens naturels (lysozyme, lactoperoxydase) dans le lait sont mises au point et seront transposées pour l'analyse des fromages.

Objectifs

- L'objectif principal est de mieux connaître les facteurs microbiologiques et chimiques du lait qui ont une influence sur sa qualité fromagère. Plus spécifiquement :
- Suivre et caractériser le microbiote naturel des environnements laitiers, de la ferme au fromage;
- Déterminer l'effet du microbiote naturel sur la texture des fromages;
- Mesurer l'impact des systèmes concentrés, de la minéralisation et des systèmes antimicrobiens naturels sur la protéolyse et l'évolution du microbiote pendant la maturation des fromages : relation avec la rhéologie.

Résultats et bénéfices potentiels

Au terme de ce projet, nous souhaitons être en mesure de fournir des recommandations aux producteurs et aux transformateurs sur le microbiote naturel du lait qui influence la production de composés aromatiques. Nous désirons également fournir des informations sur les espèces secondaires désirables et indésirables du lait affectant les qualités organoleptiques des fromages. Plus spécifiquement, plusieurs fromageries sont actuellement en processus de collecte de données qui pourront supporter l'ajout de termes valorisants à l'étiquette de leurs produits (Appellation d'origine, Appellation de spécificité...). Or, la démonstration du caractère unique doit reposer sur des données scientifiques probantes. Nous espérons, à terme, identifier des signatures microbiennes en lien avec le terroir des fromageries.

Les résultats de ce projet de recherche permettront aussi de mieux comprendre l'impact de la déminéralisation sur la texture des fromages pendant l'affinage. Les changements de texture sont généralement attribués à la protéolyse, mais cet effet est confondu à celui de la déminéralisation. L'approche expérimentale proposée permettra d'établir les contributions respectives des deux phénomènes.

Une étude comparative des propriétés physicochimiques et des performances fromagères des laits d'été et d'hiver sera également réalisée. Ces travaux visent à identifier les causes des variations saisonnières et proposer des solutions technologiques appropriées.

La lactoperoxydase et le lysozyme gardent une partie de leur activité suite à la pasteurisation. Leur teneur en fromage est proportionnelle à la quantité de sérum qui s'y trouve. La lactoferrine semble légèrement concentrée dans le fromage. Ceci suggère que les systèmes antimicrobiens pourraient affecter le microbiote lors de l'affinage. La standardisation du lait pourrait alors aider à moduler le microbiote d'affinage.

Deux types de fromage seront à l'étude : le Cheddar et les croûtes lavées. Au total huit fromageries participeront à ce projet de recherche, soit quatre transformant plus d'un million de litres par année et quatre transformant moins d'un million de litres par année.



Aspects novateurs

- Meilleure compréhension des systèmes laitiers concentrés en fromagerie.
- Meilleure compréhension des effets saisonniers sur les performances fromagères du lait.
- Détermination de l'impact des agents assainisseurs sur le microbiote naturel des fromages.
- Détermination de l'effet des systèmes antimicrobiens naturels sur l'évolution de certaines bactéries qui pourraient influencer la texture lors de la maturation

Professionnels formés

2 étudiant.e.s à la maîtrise :

- **Karl Coulombe** : Influence des microorganismes du microbiote naturel sur la texture des fromages.
- **Rachel Langlois-Deshaies** : Effet des saisons et de l'UF du lait sur la teneur en systèmes antimicrobiens naturels dans le fromage.

1 étudiante au doctorat :

- **Typhaine Morvant** : Détection des microorganismes indigènes et sensibilité aux assainisseurs.

Pour en savoir plus

Les connaissances seront diffusées dans des congrès/symposiums scientifiques locaux (Colloque STELA), nationaux (Forum Novalait, Journées fromagères CEFQ) et internationaux (World Dairy Summit FIL-IDF, Cheese symposium). Nous avons déjà expérimenté avec succès des présentations auprès du personnel de fromageries sur invitations et nous comptons poursuivre également sur cette voie.

Partenaires financiers

Ce projet est financé dans le cadre de la Grappe de recherche laitière 3 grâce au partenariat canadien pour l'agriculture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, Novalait et géré par Les Producteurs Laitiers du Canada.

Budget total : 682 570 \$

Point de contact

Responsables du projet :

Steve Labrie

Directeur du Centre STELA/INAF

Université Laval

Département des Sciences des aliments

2425 rue de l'Agriculture

Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 403243

steve.labrie@fsaa.ulaval.ca

Claude P. Champagne

Agriculture et agroalimentaire Canada

Centre de recherche et de développement
de Saint-Hyacinthe

450 768-9611

Claude.Champagne@canada.ca

Collaborateurs :

Sylvie Turgeon

Université Laval

Yves Pouliot

Université Laval

Julien Chamberland

Université Laval

Michel Britten

Agriculture et agroalimentaire Canada

Marie-Claude Gentès

Agriculture et agroalimentaire Canada



Présence et impact des biofilms microbiens sur la qualité du lait, de la ferme à la fromagerie

Durée : 2018-2023

Faits saillants

- Les bactéries et les biofilms font partie des risques qui sont gérés sur une base continue. Les biofilms, qui sont des couches protectrices qui se forment sur les cellules, peuvent être soit bénéfiques ou nuisibles et peuvent contenir des bactéries infectieuses. Par conséquent, l'identification et le contrôle de la formation de biofilms sont importants pour assurer le maintien de la qualité du lait.
- L'objectif du projet est d'étudier les biofilms laitiers de la ferme à l'usine.
- Les paramètres étudiés seront l'origine, la structure et la composition des biofilms ainsi que leur caractères bénéfiques ou nuisibles.
- Soixante fermes laitières situées au Québec et en Ontario, deux fromageries industrielles, ainsi que deux fromageries artisanales seront échantillonnées pour caractériser les biofilms sous l'angle du continuum de la ferme à l'usine.
- L'équipe de recherche utilisera des bioréacteurs afin d'étudier la formation des biofilms laitiers.
- À partir des biofilms formés, l'isolement et l'identification des microorganismes seront réalisés et des comparaisons seront faites entre les communautés microbiennes retrouvés sur les fermes et dans les fromageries.
- La caractérisation de cultures bioprotectrices sera réalisée en vue de prévenir et éliminer les biofilms.
- Le projet permettra de faire des recommandations sur la gestion de la qualité du lait et de l'assainissement des équipements en plus d'apporter de meilleures connaissances sur les biofilms bénéfiques associés à des produits laitiers de qualité.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est d'améliorer les connaissances sur les biofilms laitiers de la ferme à la fromagerie.

Plus spécifiquement les hypothèses de recherche sont les suivantes :

- 1) L'étude de l'écologie de biofilms de la ferme à la fromagerie permettra de déterminer l'origine des microorganismes qui les composent, ainsi que d'évaluer leur impact sur la contamination du lait;
- 2) Une meilleure caractérisation des biofilms laitiers permettra d'élaborer des stratégies de contrôle;
- 3) Les bactéries lactiques peuvent inhiber ou promouvoir la production de biofilms laitiers.

Résultats et bénéfices potentiels

Le résultat initial permettra de comparer les communautés microbiennes impliquées dans la formation de biofilms dans les fermes et les fromageries. Jusqu'à présent, il a été possible d'observer qu'il y a une plus forte biomasse microbienne qui adhère à la surface des équipements à la ferme que sur celle des équipements laitiers en fromagerie industrielle. Cette biomasse constitue un écosystème complexe à la fois de bactéries, mais aussi de levures et moisissures. Des informations pertinentes sur l'impact des pratiques de gestion sur l'apparition de biofilms seront générées. Des recommandations sur la gestion de la qualité du lait et l'assainissement des équipements pourront donc être émises aux producteurs et aux fromagers. De plus, l'étude des biofilms bénéfiques autant à l'échelle artisanale qu'industrielle de la fabrication du fromage permettra au secteur de mieux caractériser les communautés microbiennes associées à la qualité des produits, dont les fromages. Les bénéfices potentiels sont :

- **Économiques**
 - Réduction des pertes de laits et de fromages liées à la contamination des biofilms.
 - Production de produits laitiers de meilleure qualité.
 - Hausse de la productivité liée à des stratégies de nettoyage plus ciblées.
- **Environnementaux**
 - Réduction des pertes de laits et de fromages liées à la contamination des biofilms.
 - Réduction de l'utilisation de désinfectants chimiques par l'utilisation d'antimicrobiens naturels.
- **Sociaux**
 - Produits laitiers de qualité plus constante.
 - Réduction de la présence de pathogènes dans les produits laitiers.



Aspects novateurs

- Étude du continuum de la ferme à la fromagerie.
- Caractérisation plus approfondie des biofilms laitiers grâce aux techniques employées (culturomique et séquençage à haut débit).
- Utilisation d'antimicrobiens naturels pour prévenir ou éliminer les biofilms laitiers.

Professionnels formés

- **Samuel Jean**, maîtrise en sciences des aliments, Université Laval et Agriculture et Agroalimentaire Canada; Pratiques de gestion à la ferme, ainsi que sur la microbiologie agroalimentaire.
- **Carine Diarra**, maîtrise en sciences des aliments, Université Laval; Paramètres régissant la formation des biofilms.
- **Jacob Vanderkooy**, maîtrise en sciences des aliments, University of Guelph; Microbiologie des biofilms.
- **Nissa Niboucha**, doctorat en sciences des aliments, Université Laval; microbiologie des biofilms liée à la transformation laitière.
- **Coralie Goetz**, stagiaire postdoctorale, Université Laval.
- **Laila Ben Said**, stagiaire postdoctoral, Université Laval.
- **Alexandre Jules Kennang Ouamba**, stagiaire postdoctoral, Université Laval.
- **Méridie Gagnon**, stagiaire postdoctorale et coordonnatrice, Université Laval.
- **Caroline Chénard**, professionnelle de recherche, Université de Montréal.

Pour en savoir plus

Un atelier technologique sur l'étude biofilms a été organisé pour les membres du regroupement Op+lait le 28 octobre 2020. Lorsque des premiers résultats seront disponibles à transférer aux producteurs laitiers, un article de vulgarisation devrait être publié dans les revues *Le producteur de lait québécois* ainsi que dans *Milk Producer*. Des articles scientifiques devraient être publiés dans des journaux avec comité de lecture. D'autres activités de communication (articles, conférences et atelier) ont été réalisées et sont prévues pour les utilisateurs en collaboration; Novalait, Lactanet, Dairy farmers of Ontario, etc. Une présentation au Forum Techno Novalait sera aussi faite.

Partenaires financiers

Ce projet est financé dans le cadre de la Grappe de recherche laitière 3 grâce au partenariat canadien pour l'agriculture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, Novalait et Dairy Farmers of Ontario et géré par Les Producteurs Laitiers du Canada.

Budget total : 1 514 310 \$

Point de contact

Responsables du projet :

Denis Roy

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

418 656-2131 poste 403496
denis.roy@fsaa.ulaval.ca

Évelyne Guévremont

Agriculture et Agroalimentaire Canada -
CRD Saint-Hyacinthe
3600 Bd Casavant O
Saint-Hyacinthe (QC) J2S 8E3

450 768-7970
evelyne.guevremont@canada.ca

Collaborateurs :

Julie Jean

Université Laval

Ismail Fliss

Université Laval

Mario Jacques

Université de Montréal

Simon Dufour

Université de Montréal

Gisèle LaPointe

University of Guelph

David Kelton

University of Guelph



La naturalité des produits alimentaires, une approche multiméthode pour mieux comprendre les perceptions et les comportements des consommateurs

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- Les consommateurs montrent depuis les dernières années un intérêt grandissant pour les produits dits « naturels » (Amos et alii., 2014 ; Rozin 2005; Siipi, 2013), lesquels sont associés à la santé et à la saine alimentation.
- Le concept de naturalité n'étant pas clairement défini, il importe de comprendre comment les entreprises qui œuvrent dans le domaine alimentaire communiquent l'information de naturalité aux consommateurs, comment ces derniers la perçoivent, quels sont les facteurs qui influencent ces perceptions, et quels sont les impacts de ces processus sur leurs comportements.
- Pour répondre à ces questions, une échelle de mesure de la naturalité a d'abord été créée. Une étude expérimentale a par la suite été réalisée auprès de 120 participants dans le but d'identifier les principaux déterminants de la naturalité perçue de vingt produits issus de quatre catégories différentes : produits laitiers et substituts, viandes, produits céréaliers, fruits et légumes.
- Pour mesurer l'effet des diverses informations sur les emballages sur la naturalité perçue, le nombre de références visuelles ou linguistiques faisant référence aux aspects « naturel, biologique, authentique, fraîcheur, local, qualité, certifications (bio, sans OGM, local), d'allégations » ainsi qu'au nombre d'ingrédients à résonance chimique et non chimique ont été relevés pour chaque emballage à l'étude.
- Les analyses de régression indiquent que le nombre de références à l'aspect biologique et à des certifications ont un effet positif sur la naturalité perçue alors que l'effet du nombre d'ingrédients à résonance chimique est négatif, ce, peu importe la catégorie de produits.
- Les résultats montrent également que pour avoir un effet positif sur la perception de la naturalité du produit, les informations doivent être crédibles et cohérentes pour les consommateurs.

Objectifs

L'étude comporte trois grands objectifs :

- 1) Étudier les processus psychologiques qui se produisent lorsque les consommateurs sont exposés, via les informations sur l'emballage, à des produits alimentaires associés à la naturalité.
- 2) Comprendre les relations qui existent entre les stratégies de communication de la naturalité des produits alimentaires via l'emballage, les processus psychologiques qui interviennent lorsque les consommateurs sont exposés à ces informations, et les comportements qui en résultent.
- 3) Évaluer l'impact de la nouvelle réglementation de Santé Canada sur l'étiquetage sur les perceptions liées à la naturalité et à la valeur santé des produits.

Résultats et bénéfices potentiels

Les résultats de l'étude donnent lieu à plusieurs retombées :

- 1) Création d'une échelle de mesure de la naturalité facile à utiliser par les industriels pour évaluer la naturalité perçue d'un prototype de produit ou comparer la naturalité perçue de divers produits concurrents.
- 2) L'identification des attributs informationnels les plus déterminants de la naturalité perçue - aspect biologique, certifications et ingrédients à résonance chimique - peut guider les industriels dans la composition de leurs produits, mais surtout orienter la communication de ces informations sur les emballages. La communication des informations sur les emballages est de plus en plus importante dans le contexte pandémique où une plus forte proportion des consommateurs fait maintenant leurs achats en ligne.
- 3) Les analyses de régression montrent qu'un emballage responsable - recyclable, réutilisable, compostable - influence positivement la naturalité perçue d'un produit, qui, elle, influence la perception santé du produit, et ultimement, l'intention d'achat du produit.

Par conséquent, un meilleur degré d'adéquation entre les informations transmises par les emballages sur la naturalité et les composantes des produits peut avoir un impact positif sur les ventes, et ultimement, favoriser chez les consommateurs l'adoption de comportements qui vont optimiser leur santé.

Novalait



Aspects novateurs

- Création d'une échelle de mesure de la perception de l'aspect de naturalité des produits.
- Étude expérimentale reprenant le contexte d'un magasin où les participants pouvaient prendre en main les produits pour les évaluer sur divers aspects (qualité, naturalité, santé, etc.) en comparaison avec des évaluations faites par les mêmes participants à partir de photos d'emballage des mêmes produits.
- Identification des informations déterminantes sur les emballages sur l'aspect de la naturalité perçue des produits.

Professionnels formés

- **Clara Dutrevis**, M.Sc. ESSEC : Mémoire de maîtrise sur l'élaboration d'une échelle de mesure de l'aspect de naturalité des produits alimentaires.
- **Stéphanie Lessard**, étudiante Ph. D., Université Laval : Responsable de la collecte des données de la partie expérimentation.
- **Geneviève Groleau**, M.Sc. HEC : Revue de littérature sur la naturalité, la codification des informations en lien avec l'aspect de naturalité sur les emballages des produits et aux analyses statistiques.
- **Helena Armengau-Ribeiro**, M.Sc. HEC L : Projet supervisé de M.Sc. sur l'évolution des perceptions face aux différentes catégories de produits (laitiers, viandes, pains et céréales, fruits et légumes) et des attitudes (santé, face à l'environnement, etc. (nouvelle collecte de données réalisée en décembre dernier) et fera des analyses comparatives avec les données de la première collecte en novembre-décembre 2019. Cela permettra de voir l'évolution des perceptions des catégories de produits depuis le début de la pandémie.

Pour en savoir plus

Transfert aux partenaires industriels de l'étude : les résultats ont été présentés aux entreprises partenaires du projet de recherche les 9 et 10 décembre 2020 Certaines entreprises ont demandé des présentations personnalisées. De plus, une conférence au Forum Techno de Novalait aura lieu. Des articles seront rédigés par les étudiants impliqués dans le projet.

Partenaires financiers

RITA Recherche Innovation Transformation Alimentaire : consortium mandaté par le MAPAQ à l'Université McGill en collaboration avec le CTAQ et le MEI. Ci-dessous le budget total pour les 13 activités du réseau RITA.

Budget total : 2 765 828 \$

Point de contact

Responsable du projet :

JoAnne Labrecque

HEC Montréal
3000, chemin de la Côte-Sainte-Catherine
Montréal (Québec)
Canada H3T 2A7

514 340-6800
joanne.labrecque@hec.ca

Collaborateurs :

Alain d'Astous

HEC

Véronique Provencher

HEC



Chaire de recherche industrielle METABIOLAC sur les activités métaboliques et les fonctionnalités des cultures lactiques bio-protectrices

Durée : 2016-2022

Faits saillants

- Les tendances du marché limitent le recours aux barrières microbiologiques traditionnelles tels que les additifs chimiques et le sel pour assurer la qualité et la salubrité des aliments.
- La découverte de nouvelles générations d'antimicrobiens naturels efficaces et plus sécuritaires représente une des approches les plus prometteuses.
- Dans le cadre de ce projet, des cultures lactiques bioprotectrices uniques ayant des propriétés antibactériennes et antifongiques contre des souches pathogènes ou d'altération des produits laitiers fermentés ont été isolées et caractérisées.
- Des procédés technologiques ont été mis au point pour la production et la stabilisation à long terme des cultures bioprotectrices et des ingrédients à activité antimicrobienne qu'elles produisent.
- L'efficacité des différents ingrédients développés a été validée dans différentes matrices laitières notamment du fromage cheddar (activité contre *Clostridium tyrobutyricum*) et du yogourt (activité antifongique).
- L'efficacité de la bactofencine, de la nisine et de la réutérine contre des isolats cliniques responsables de la mammites bovine a été démontrée *in vitro*. De plus, la charge bactérienne de la peau des trayons de vaches laitières a été réduite suite à l'application de bains de trayons à base d'une combinaison de ces trois composés antimicrobiens.

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;
- 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 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 de souches d'altération des produits laitiers telles 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. Cet antimicrobien ainsi que la bactofencine et la nisine ont prévenu la croissance de bactéries isolées de cas de mammites bovine. L'utilisation de bains de trayons à base d'une combinaison de ces trois composés a permis la réduction de la charge bactérienne sur les trayons de vaches laitières suggérant leur emploi potentiel pour la prévention des infections mammaires chez les bovins laitiers. En parallèle, un procédé de fermentation et de séchage par atomisation permettant la production de bioingrédients 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. Cette nouvelle génération de produits naturels sécuritaires pourrait également permettre de limiter l'apparition de mammites chez les vaches.



Aspects novateurs

- Approche basée sur l'utilisation de nouveaux consortia synergiques à base de bactéries lactiques bioprotectrices et/ou de composés antimicrobiens naturels afin de réduire l'usage des additifs chimiques et du sel pour la conservation des aliments (secteur bioalimentaire) et d'antibiotiques pour la prévention de la mammite bovine (secteur vétérinaire).
- Mise au point de procédés novateurs et transférables en industrie pour la production, la stabilisation et la protection à petite et grande échelles des différents consortia de composés antimicrobiens développés.

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 (entrepreneur, Innodal), **Hélène Pilote Fortin** (spécialiste des aliments) et **Samantha Bennett** (assistante de recherche) ont terminé leur projet de maîtrise dans le cadre de la chaire tandis que **Sabrina Naimi** (stagiaire postdoctorale, Institut Cochin) et **Hebatoallah Hassan** (maître assistante) ont terminé leurs études de doctorat. De plus, trois étudiants au doctorat (**Liya Zhang**, **Samira Soltani** et **Isabelle Iachella**) travaillent actuellement sur leur projet d'études.

Pour en savoir plus

- Présentation des résultats au Forum Techno, à l'assemblée annuelle de Novalait, à la rencontre scientifique annuelle d'Agropur et au 88^e congrès annuel de l'Acfas
- Présentation d'affiches lors de congrès nationaux et internationaux
- Publication d'articles scientifiques dans les journaux Food Control, Frontiers in Chemistry, Frontiers in Microbiology, Probiotics and Antimicrobials Proteins, Industrial Biotechnology, ACS Infectious Disease, International Journal of Food Microbiology, Scientific reports, Archives of Microbiology, FEMS Microbiology Reviews, Environmental Microbiology.
- Prise de brevets
- Démarrage d'un spin off (Innodal) par Laurent Dallaire, un étudiant de la chaire, pour la production à grande échelle de composés antimicrobiens
- Signature d'une entente avec la compagnie DSM 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
- Groupe 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 1312-A
Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 406825

Ismail.fliss@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Marie Filteau

Université Laval

Muriel Subirade

Université Laval

Daniel St-Gelais

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Moussa Diarra

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Pierre Lacasse

Agriculture et Agroalimentaire Canada



Nouvelles approches visant à transformer des sous-produits riches en glucides (perméats de lait et de lactosérum) en produits à haute valeur ajoutée, pour une industrie laitière plus durable

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- On estime que la production mondiale annuelle de lactosérum est de 200 millions de tonnes et qu'elle croît d'environ 2 % par an. Par la transformation chimique et enzymatique du lactosérum en sous-produits à valeur ajoutée, on devrait pouvoir concilier développement durable et diversification nécessaire des produits.
- Notre recherche consiste à établir les fondements scientifiques et technologiques des nouvelles approches visant à valoriser les sous-produits riches en lactose (perméat de lactosérum et de lait) en les transformant par exemple en hydroxyméthylfurfural (HMF), en acide 2,5-furane dicarboxylique (FDCA), en lactosucrose ou en acide lactobionique.
- Le département américain de l'Énergie a classé le FDCA parmi les 12 principales molécules susceptibles de remplacer les monomères pétrochimiques utilisés actuellement. Deux problèmes en freinent la production économique et durable : la sélection des substrats appropriés et la mise au point, à l'aide de solvants et de catalyseurs, d'un procédé efficace de conversion en FDCA à partir de l'hydroxyméthylfurfural.
- Conscients de ces problèmes, nous avons imaginé de remplacer les sucres de grande valeur (ex. : fructose et glucose) par le lactosérum, ce co-produit de l'industrie laitière. Une première étape a consisté à analyser différentes concentrations de perméat de lactosérum, dans la perspective d'une production de HMF.
- En ce qui concerne le lactosucrose, la demande augmente, du fait de ses propriétés prébiotiques et technofonctionnelles. Nous avons déterminé les biocatalyseurs se prêtant le mieux à la transformation ciblée du lactose en lactosucrose. Notre procédé permet de convertir plus de 87 % du lactose contenu dans le perméat de lactosérum (pourcentage pondéral).
- Quant à l'acide lactobionique, produit dérivé à haute valeur ajoutée du lactose, on a découvert récemment son grand potentiel. Il se prête en effet à d'innombrables applications alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques, médicales ou chimiques. Plusieurs systèmes biocatalytiques permettant de transformer tout le lactose présent dans le perméat de lactosérum ou de lait en acide lactobionique ont été mis au point.

Objectifs

Établir les fondements scientifiques et technologiques de nouvelles approches visant à transformer les sous-produits riches en glucides (lactose, lactosérum) en produits de grande valeur et à renforcer la durabilité de l'industrie laitière. Deux approches sont à l'étude :

- A) Conversion chimique du lactose du lactosérum en produits chimiques fins à valeur ajoutée (HMF, FDCA, polyesters aliphatiques dérivés du FDCA).
- B) Biotransformation du lactose du lactosérum en ingrédients à valeur ajoutée (lactosucrose et acide lactobionique) à l'aide de procédés enzymatiques.

Résultats et bénéfices potentiels

Notre recherche s'inscrit dans une perspective générale d'utilisation des résidus de la transformation alimentaire aux fins de protection de l'environnement et de préservation des ressources.

La production mondiale de lactosérum est comprise entre 180 et 190 millions de tonnes par an. On n'en transforme que la moitié. Actuellement, l'industrie laitière gère l'excédent de perméat de lactosérum en le vendant sous forme de poudre sèche, en l'incorporant dans des aliments pour animaux ou tout simplement en l'éliminant. Or, cette élimination exige d'importants traitements préalables, car elle implique une forte demande biologique en oxygène (30 à 50 g/L). Cela se traduit par des coûts d'exploitation supplémentaires. Parce qu'ils peuvent être transformés en composés furaniques ou en ingrédients à forte valeur ajoutée, les sous-produits de l'industrie laitière offrent un immense potentiel.



Résultats et bénéfices potentiels, suite

Synthèse de monomères biologiques de l'acide 2,5-furane dicarboxylique (FDCA) et de copolyesters connexes pour emballages alimentaires

- Avec le lactose comme glucide modèle, nous avons obtenu un rendement de 59 % (pourcentage molaire) de HMF dans les conditions optimales (130 °C, 100 min et 0,21 mol/L de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Du perméat de lactosérum en poudre a permis d'obtenir un rendement de 74 % en un temps de réaction inférieur (40 min). Nous avons attribué ce meilleur rendement aux groupements amines libres des protéines présentes, qui ont influé de manière concomitante sur la réaction de synthèse du HMF.
- Le prochain objectif consistera à concevoir un système catalytique non basique permettant d'oxyder le HMF et de produire ainsi le FDCA. À cette fin, nous avons mis au point un catalyseur à base de MnFe_3O_4 , recyclable par voie magnétique. Nous avons réussi jusqu'ici à transformer 40 % du FDCA et 100 % du HMF (pourcentages pondéraux). Nous analyserons l'impact des différents facteurs en jeu (base, agent oxydant, température et durée de réaction) sur l'amélioration du rendement.

Mise au point de technologies de biotransformation économiquement viables, pour production d'édulcorants naturels et d'ingrédients fonctionnels à haute valeur ajoutée

Nos résultats contribuent à l'établissement des principes de base et des fondements technologiques des procédés en jeu. Nous avons trouvé les biocatalyseurs et les systèmes biocatalytiques les plus à même de produire les conversions souhaitées. Nous avons aussi déterminé les principaux paramètres de réaction à contrôler et à moduler pour obtenir un rendement viable. Nous chercherons également à évaluer les limites des technologies à l'étude selon leur potentiel industriel.

La caractérisation structurelle des propriétés des ingrédients fonctionnels produits par biogénération nous permettra d'en préciser le potentiel tout en dégageant les avantages offerts par telle ou telle structure.

Aspects novateurs

- Notre étude vise à trouver un système catalytique permettant de transformer efficacement le perméat de lactosérum en HMF et en FDCA.
- Nous avons mis au point trois catalyseurs magnétiques assurant l'oxydation du HMF en FDCA.
- Nous construisons un réacteur dans lequel des mélanges azéotropiques transformeront le lactosérum en HMF dans le cadre d'une réaction monotope.
- Nous avons constaté que les acides aminés jouent un rôle dans l'amélioration du rendement.
- Nous avons déterminé les biotransformations permettant d'obtenir le plus efficacement du lactosucrose et de l'acide lactobionique à partir du perméat de lactosérum ou de lait.

Professionnels formés

- **Surabhi Pandey** (doctorante)
 - Surabhi souhaite devenir professeure d'université. Ses champs d'intérêt englobent le génie alimentaire et le génie chimique; elle souhaite trouver des applications pratiques aux résidus alimentaires (emballages, par exemple).
 - Surabhi se perfectionne actuellement dans différents domaines (chimie verte, catalyse et polymérisation).
- **Elham Chidar** (M.Sc.)
 - Elham a terminé ses expériences dans le domaine de la production lactobionique. Elle rédige à présent son mémoire de maîtrise.
- **Rami Bahlawan** (M.Sc.)
 - Rami en est à la dernière étape de sa maîtrise, consacrée à la fixation de biocatalyseurs sur des supports solides (ce qui les rendra plus efficaces et en facilitera la réutilisation).
- **Dr Eugenio Spadoni** (postdoctorant)

Pour en savoir plus

La première année, nous avons rédigé un article de synthèse sur les possibilités offertes par le FDCA et ses copolyesters en matière d'emballages alimentaires (« Untapped potential of 2,5-furandicarboxylic acid and its copolyesters for food and beverage packaging»). Le texte nécessite quelques retouches et sera soumis prochainement. Comme l'explique l'article «Catalytic conversion of whey permeate into 5-hydroxymethylfurfural in a green solvent system» paru dans le *Chemical Engineering Journal*, notre premier objectif a été atteint. Des conférences et des discussions auront lieu lors de diverses rencontres organisées dans le cadre du Forum techno Novalait.

Partenaires financiers

RITA Recherche Innovation Transformation Alimentaire : consortium mandaté par le MAPAQ à l'Université McGill en collaboration avec le CTAQ et le MEI. Ci-dessous le budget total pour les 13 activités du réseau RITA.

Budget total : 2 765 828 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Salwa Karboune, vice-doyenne
Département de science des aliments
et chimie agroalimentaire

Université McGill
21111 Lakeshore,
Ste-Anne-de-Bellevue (QC) H9X 3V9

514-398-8666
salwa.karboune@mcgill.ca

Collaborateurs :

Dr. Marie-Josée Dumont
Professeure associées et demandeur
principal, Université McGill

Dr. Valerie Orsat
Professeur, Université McGill



Valoriser le babeurre de manière plus efficiente

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- Le babeurre est le coproduit de la fabrication du beurre obtenu par barattage de la crème, un procédé qui brise la membrane du globule de gras laitier (MGGL).
- Même si la consommation de beurre est en constante hausse au Québec, le babeurre demeure peu valorisé malgré son potentiel comme bio-ingrédients à forte valeur ajoutée, particulièrement provenant de la MGGL.
- Par contre, ses fragments de membrane de gras laitier contiennent en effet des molécules qui le rendent moins apte à être transformé en fromage. Séparer les constituants de la membrane permettrait de valoriser les solides non-gras dans diverses matrices laitières afin d'améliorer l'efficacité.
- L'objectif est de développer diverses stratégies pour séparer la MGGL du babeurre en combinant l'homogénéisation à ultra haute pression (UHPH), un procédé en continu qui favorise l'agrégation des protéines, aux procédés baromembranaires.
- Le projet vise une utilisation optimale du babeurre en valorisant ses solides non gras et en tirant des bio-ingrédients à forte valeur ajoutée issus de la MGGL.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de développer des stratégies de séparation écoefficientes permettant une utilisation optimale du babeurre pour la production de bio-ingrédients riches en MGGL à forte valeur ajoutée et la valorisation des solides non gras du babeurre dans des matrices laitières.

Plus précisément les objectifs spécifiques sont :

- 1) Caractériser l'impact des paramètres de traitement UHPH sur la taille des composants du babeurre et de déterminer l'effet de la concentration du babeurre par osmose inverse sur les modifications de taille induites par UHPH;
- 2) Optimiser les paramètres de fonctionnement de la microfiltration (MF) afin de maximiser la sélectivité et l'efficacité de la filtration pour le fractionnement de la MGGL du babeurre traité à l'UHPH;
- 3) Déterminer l'impact de l'incorporation de protéines de babeurre délipidées par le procédé UHPH/MF dans des matrices de produits laitiers.

Résultats et bénéfices potentiels

Ce projet fournira des données probantes sur la séparation de la MGGL du babeurre. Les UHPH pourraient avoir un impact important sur la sélectivité/perméabilité membranaire lors de la séparation par MF en modulant la taille des constituants du babeurre particulièrement celles des micelles de caséines et des fragments de MGGL. Aussi, l'effet des paramètres de MF (pression, vélocité et vitesse de recirculation) sur le rendement et la sélectivité du fractionnement et sur le colmatage des membranes permettra de générer des connaissances théoriques et technologiques uniques sur le fractionnement du babeurre traité par UHPH pour récupérer la MGGL. La production de concentrés en MGGL permettra de développer de nouvelles applications à valeur élevée du babeurre qui représenteront des occasions d'accroître les revenus de l'industrie laitière québécoise tout en restaurant les propriétés technofonctionnelles des protéines du babeurre et en valorisant les solides du babeurre dans des applications plus conventionnelles (yogourt et fromage). À terme, le projet accroîtra la compréhension des phénomènes de dénaturation et d'interaction protéique engendrés par UHPH et innovera dans le développement de nouvelles approches de séparation de la MGGL du babeurre.



Aspects novateurs

- Valorisation totale des constituants du babeurre en deux fractions, les composantes bioactives de la membrane du globule de gras (MGGL) et les composantes technofonctionnelles du babeurre.
- Combinaison novatrice des ultra-hautes pressions d'homogénéisation et de la filtration baromembranaire pour séparer la MGGL des autres constituants du babeurre.

Professionnels formés

- **Serine Touhami**, candidate à la maîtrise.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront rapidement transférables aux industriels laitiers au-travers de divers véhicules tel que le Colloque STELA, le Forum Techno Novalait, et certains congrès scientifiques. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration.

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

Budget total : 167 337 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Guillaume Brisson

Département de sciences des aliments

Université Laval

2425 rue de l'Agriculture

Québec (QC) G1V 0A6

418 656-2131 poste 404835

guillaume.brisson@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Alain Doyen

Université Laval

Yves Pouliot

Université Laval

Sylvie Turgeon

Université Laval



Amélioration de l'écocoefficience en transformation par une approche intégrée de concentration des fluides laitiers

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- Le lait contient plus de 88% d'eau. S'il est destiné à la fabrication de lait de consommation, sa composition change peu (mis à part la standardisation de sa teneur en matière grasse), contrairement au lait destiné à la fromagerie où 90% de son volume se retrouve dans le lactosérum.
- Filtrer le lait pour en extraire l'eau et en concentrer les protéines est une méthode répandue en technologie laitière. Elle permet de fabriquer une foule de produits, en plus de rendre la transformation plus écocoefficiente. Pour ce faire, on a recours aux procédés dits « baromembranaires », dont l'osmose inverse et l'ultrafiltration, qui suscitent un intérêt grandissant. On obtient ainsi un riche concentré de protéines, ainsi qu'un sous-produit liquide, le perméat.
- Le résidu ou filtrat issu de l'osmose inverse présente une composition très proche de celle de l'eau et pourrait servir en usine pour réduire la consommation d'eau potable alors que le perméat de l'ultrafiltration contient du lactose et des sels minéraux qui compliquent son utilisation.
- L'idée d'une pré-concentration des fluides laitiers (OI) afin d'en réduire le coût de transport, mais aussi pour en diminuer l'impact environnemental (GES) s'impose dans un contexte d'écocoefficience (EE).
- Ce projet mesurera les gains obtenus en matière d'EE par l'application de ces nouvelles pratiques de transformation fromagère et de valorisation du lactosérum en contexte industriel. Elle s'appuiera sur les connaissances et le logiciel de simulation récemment développé par la Chaire de recherche industrielle CRSNG-Novalait en efficacité des procédés de transformation du lait.
- Les résultats permettront une première évaluation du potentiel d'utilisation du perméat obtenu par ultrafiltration à l'échelle des fermes laitières.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de développer des connaissances permettant aux transformateurs laitiers d'intégrer l'utilisation de concentrés laitiers, obtenus par OI ou par UF.

Plus précisément les objectifs spécifiques sont :

- 1) Optimiser les conditions de fabrication fromagère à partir de concentrés laitiers d'OI et d'UF;
- 2) Quantifier les gains en termes d'EE procurés par la génération d'eau de procédé (cow water) par OI en fromagerie;
- 3) Optimiser l'utilisation de concentrés pour l'amélioration des flux de matières dans la filière de transformation du lait.

Résultats et bénéfices potentiels

Objectif 1 : De nouvelles approches permettant de corriger les défauts de fabrications apportés par l'utilisation de concentrés d'osmose inverse en fromagerie sont en cours de développement.

- L'ajout de caséinate de sodium à un concentré d'osmose inverse déplace les équilibres minéraux vers la phase soluble du lait et déminéralise la micelle de caséine.
- Les travaux en cours visent à caractériser comment cette approche permet d'améliorer les performances fromagères des concentrés d'osmose inverse.

Objectif 2 : Une première simulation (Chamberland et al, 2020)^a de récupération d'eau à l'échelle industrielle pour une usine transformant 1000 m³ de lait/j en concentré de protéines de lait (MPC-56) ont montré que :

- la pré-concentration du lait écrémé par OI avant les étapes d'UF permettait de réduire la consommation d'eau et d'électricité de 35% et 10% respectivement, comparativement au procédé traditionnel.
- les réductions de consommation d'eau et d'électricité se traduisent directement en diminution de l'empreinte environnementale du procédé de fabrication de MPC-56 ce qui améliore son écocoefficience.

Une simulation de l'impact de la concentration par procédés à membranes sur l'écocoefficience d'une fromagerie industrielle a été réalisée (Benoit et al, 2020)^b.



Résultats et bénéfices potentiels, suite

Objectif 3 : Les résultats de la recherche permettront aussi de **générer des données préliminaires** sur l'**impact de la préconcentration par OI du lactosérum ou du perméat** avant transport. Les simulations permettront de déterminer à partir de quelle échelle (volume de lactosérum), quel facteur de concentration volumique (FCV) et sur quelle distance de transport (km) la concentration avant transport devient économiquement viable.

L'ensemble du projet se traduira par des retombées significatives à la fois en termes d'utilisation de tous les constituants du lait (incluant l'eau), tout en diminuant l'empreinte environnementale du transport et des procédés de transformation du lait.

Aspects novateurs

- Nouvelles approches permettant de corriger les défauts de fabrications apportés par l'utilisation de concentrés d'osmose inverse en fromagerie.
- Premières simulations :
 - de récupération d'eau à l'échelle industrielle pour une usine transformant du lait en concentré de protéines de lait.
 - de l'impact d'intégrer des procédés de concentration par membranes sur l'efficacité d'une fromagerie
 - des gains économiques et environnementaux associés à la pré-concentration du lactosérum et du perméat avant transport.

Professionnels formés

- **Marie-Pier B. Vigneux** : candidate au Ph.D. STA, Université Laval.
- **Scott Benoit** : post-doctorat, Université Laval.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront rapidement transférables aux industriels laitiers au-travers de divers véhicules tel que le Colloque STELA, le Forum Techno Novalait, et certains congrès scientifiques. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration.

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

Budget total : 177 996 \$

- Chamberland, J., Bouyer, A., Provault, C., Bérubé, A., Doyen, A., Pouliot, Y. (2020) Efficiency assessment of water reclamation processes by reverse osmosis in milk protein concentrate manufacturing plants: a predictive analysis. *J. Food Eng.* 272:109811.
- Benoit, S., Chamberland, J., Doyen, A., Margni, M., Bouchard, C., Pouliot, Y. (2020) Integrating Pressure-Driven Membrane Separation Processes to Improve Eco-Efficiency in Cheese Manufacture: A Preliminary Case Study. *Membranes*, 10, 287; doi:10.3390/membranes10100287

Point de contact

Responsable du projet :

Yves Pouliot

Département de sciences des aliments

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

418 656-2131 poste 405988
yves.pouliot@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Michel Britten

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Alain Doyen

Université Laval

Steve Labrie

Université Laval

Julien Chamberland

Université Laval

Manuele Margni

Polytechnique Montréal



Caractériser la structure des yogourts brassés par le numérique et cartographie des points critiques de fabrication

Durée : 2020-2022

Faits saillants

- En 2018, 387 707 tonnes de yogourt ont été produites au Canada dont plus de 75% au Québec. Les Canadiens consomment majoritairement du yogourt brassé.
- Le rythme de développement de nouveaux produits est très soutenu dans l'industrie des yogourts et les fabricants doivent rapidement faire évoluer les formulations pour répondre aux attentes des consommateurs.
- Le yogourt brassé est obtenu en brisant le gel après la fermentation en cuve.
- La structure des yogourts brassés peut être brièvement décrite comme une suspension de microgel (fragments de gels) interconnecté dans du sérum. La caractérisation de ces microgels pourrait prédire certaines propriétés de la structure (viscosité, fermeté, synérèse, etc.).
- Récemment une méthode d'analyse d'image microscopique rapide et peu coûteuse a été développée en contexte expérimental.
- Ce projet vise à valider l'utilisation de cette méthode avec une gamme de produits représentatifs de la diversité des produits commerciaux.
- Une cartographie, document vulgarisé à l'usage des fabricants de yogourts, donnera une vue globale des points critiques de fabrication des yogourts brassés.

Objectifs

Les objectifs du projet sont de :

- Réaliser une cartographie des leviers des propriétés structurales des yogourts brassés;
- Résumer la cartographie dans un document simple et facile à consulter permettant une prise de décision rapide;
- Valider une méthode simple et rapide de caractérisation de la structure des yogourts brassés par analyse des surfaces par imagerie numérique;
- Fournir deux nouveaux outils aux fabricants de yogourts pour appuyer leurs efforts d'amélioration et d'innovation de produits.

Résultats et bénéfices potentiels

La fabrication de yogourt est un processus complexe avec plusieurs paramètres à contrôler et optimiser pour obtenir un produit apprécié par le consommateur. Parmi les critères de qualité, se trouve l'onctuosité qui peut être définie par un produit épais (visqueux, ferme), avec un aspect lisse (sans grains) et homogène (pas de séparation de sérum). La méthode d'analyse d'image numérique permet de décrire rapidement la structure des yogourts brassés via la taille des microgels et l'hétérogénéité. Une corrélation entre la microstructure du produit et les propriétés physiques de viscosité, fermeté, et synérèse a été démontrée dans un précédent projet sur des yogourts expérimentaux avec cette méthode. Le présent projet, propose d'évaluer l'efficacité de prédiction de cette méthode sur une gamme de 8 yogourts commerciaux différents (variations du taux de matière grasse et de la présence de stabilisants). Ces yogourts ont été gracieusement fournis par des partenaires industriels québécois. Les premiers résultats suggèrent un lien entre les caractéristiques de structure et les propriétés étudiées. Cette nouvelle méthode permettrait de faire bénéficier aux fabricants de yogourts brassés d'un nouvel outil de qualité et de recherche et développement qui soit rapide et peu coûteux.

Précédemment, un projet de recherche a identifié et étudié certains points critiques durant le procédé de brassage et lissage des yogourts brassés. Ce projet a été réalisé sur une échelle pilote technique (production de 30 L) en testant diverses combinaisons de procédés et formulations. Un document de cartographie résumera de façon claire et concise l'ensemble des résultats obtenus lors de ce projet, ainsi que les principales données de recherche issues d'autres équipes scientifiques, permettant de disposer d'une synthèse à jour des connaissances sur le sujet. Le but de ce document est de pouvoir fournir les informations le plus simplement et rapidement possible pour aider les fabricants à une prise de décision rapide appuyée sur des données issues de plusieurs années de recherche scientifique.



Aspects novateurs

- Méthode simple et rapide validée sur des produits commerciaux.
- Usage du numérique pour caractériser les structures des yogourts brassés.
- Mise à disposition d'un document synthèse aidant à la prise de décision sur la formulation et le procédé de brassage.

Professionnels formés

- Une professionnelle de recherche, Mme **Audrey Gilbert** est à temps plein sur le projet.

Pour en savoir plus

Les résultats de la recherche seront rapidement transférables aux industriels laitiers directement. Des capsules-vidéo de formation seront produites pour démontrer la technique d'imagerie. La cartographie sera disponible sur le site web de Novalait en plus d'être remise aux industriels laitiers. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues et une présentation au Forum Techno Novalait sera également effectuée.

Partenaires financiers

- TransformAction : initiative soutenue dans le cadre d'une entente entre le MEI, le MAPAQ et le CTAQ.
- Novalait

Budget total : 134 818 \$

Point de contact

Responsables du projet :

Sylvie Turgeon

Professeur, responsable du projet
STELA centre de recherche
en science et technologie du lait
Institut sur la nutrition
et les aliments fonctionnel (INAF)

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

418 656-2131 poste 404970
sylvie.turgeon@fsaa.ulaval.ca

Audrey Gilbert

Professionnelle de recherche
STELA centre de recherche
en science et technologie du lait
Institut sur la nutrition
et les aliments fonctionnel (INAF)

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

audrey.gilbert.5@ulaval.ca



Chaire de leadership en enseignement en technologie fromagère

Durée : 2020-2025

Faits saillants

- L'industrie fromagère fait face à une pénurie grandissante de main-d'œuvre qualifiée, autant à l'échelle industrielle qu'artisanale.
- La création d'une chaire de leadership en enseignement (CLE) en technologie fromagère est une façon de répondre aux besoins de main d'œuvre.
- La chaire mettra sur pied un programme de formation de niveau universitaire en plus de développer une programmation de recherche exclusivement dédiée à la technologie fromagère.
- Les diplômés de la CLE seront mieux préparés aux réalités industrielles. Ils pourront soutenir l'innovation pour assurer la compétitivité du secteur fromager québécois dans ce nouveau contexte de libre-échange, et intégrer les concepts de développement durable directement applicables à la fromagerie.
- Le programme de formation proposé inclut la création de nouveaux cours en technologie fromagère pour les programmes de sciences des aliments (STA) de l'Université Laval, et d'opportunités de formation continue telles qu'une *École du printemps* destinés aux acteurs de l'industrie fromagère ayant un lien avec la fabrication fromagère.
- Les activités de recherche seront orientées vers un meilleur contrôle de la variabilité des fromages, et l'amélioration de l'efficacité des procédés de fabrication.

Objectifs

- Créer un pôle d'excellence en fromagerie reconnu à l'international;
- Développer une offre de formation de niveau universitaire en fromagerie;
- Regrouper les acteurs de l'industrie autour de nouveaux projets de formation continue;
- Déployer une programmation de recherche exclusivement dédiée à la fromagerie et à l'écoute des besoins industriels;
- Générer des nouvelles connaissances pour améliorer la compétitivité de l'industrie.

Résultats et bénéfices potentiels

- **Économiques :**
 - **Meilleure compétitivité de l'industrie :** La CLE mise sur une formation multidisciplinaire de la main-d'œuvre et le développement de nouvelles connaissances pour améliorer la compétitivité de l'industrie.
 - **Réduction de la variabilité des produits :** L'étude des sources de variabilité des fromages est au cœur de la programmation de recherche de la CLE. Une caractérisation plus fine du lait est envisagée pour développer les stratégies de standardisation du lait de demain.
- **Environnementaux :**
 - **Amélioration de l'efficacité des usines :** Par son programme de recherche, la chaire se penchera sur la comparaison d'itinéraires technologiques ayant moins d'impact sur l'utilisation des ressources, et sur le développement de nouvelles technologies permettant une meilleure valorisation des constituants laitiers « oubliés » comme le lactose.
- **Sociaux :**
 - **Mieux répondre aux attentes des citoyens et des consommateurs :** Le programme de formation alliant des notions en technologie fromagère et en gestion de la performance industrielle, à des missions en entreprise permettra aux diplômés en sciences des aliments d'être mieux préparés aux réalités industrielles, pour mieux répondre aux attentes de plus exigeantes des consommateurs.



Aspects novateurs

- Création d'un programme de formation universitaire en fromagerie qui inclut une alternance entre prestations en classe, et missions en entreprise (stage de 4 mois).
- Miser sur le développement de compétences en gestion pour perfectionner la formation des étudiants en technologie fromagère.
- Formation continue : création d'une *École du printemps* axée sur l'adaptation des procédés fromagers.
- Développement d'une programmation de recherche axée sur les besoins du secteur fromager.

Professionnels formés

Les premiers diplômés du programme de formation seront sur le marché du travail d'ici 2025. En recherche, le budget de la CLE prévoit le recrutement d'un étudiant de premier cycle, trois étudiants à la maîtrise, et un étudiant au doctorat durant les 5 années de la CLE.

Pour en savoir plus

Les travaux de la chaire ont débuté en 2020. Le Forum techno 2023 de Novalait sera une occasion de présenter les premiers résultats de recherche, lesquels seront aussi publiés dans des journaux scientifiques avec comité de révision, et présentés dans des congrès nationaux et internationaux. Des articles de vulgarisation seront aussi rédigés pour faire connaître la chaire et ses activités.

Partenaires financiers

La chaire est aussi financée en argent et en nature par :

- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)
- Novalait
- Agropur coopérative laitière
- Lactalis Canada
- Saputo
- Conseil des industriels laitiers du Québec (CILQ)
- Centre d'expertise fromagère du Québec (CEFQ)

Budget total : 937 750 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Julien Chamberland

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

418 656-2131 poste 416043
Julien.Chamberland@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Yves Pouliot

Université Laval

Steve Labrie

Université Laval

Alain Doyen

Université Laval

Guillaume Brisson

Université Laval

Jean-Christophe Vuillemard

Université Laval



2021



Une analyse de lait pour prédire le bien-être et la santé des vaches ?

Durée : 2016 – 2021

Faits saillants

- À ce jour, aucune recherche menée dans le monde n'a permis de mettre au point un biomarqueur facilement identifiable dans un échantillon de lait pour détecter le statut de santé et de bien-être des vaches.
- Justification du projet de recherche actuel :
 - La recherche sur le bien-être des animaux a conduit à l'identification d'indicateurs comportementaux fiables, des signes cliniques jusqu'aux données d'activité.
 - Les indicateurs métaboliques sanguins, par ex. NEFA, BHBA, ont une sensibilité et une spécificité élevée pour détecter des problèmes de santé spécifiques, mais aucun indicateur développé jusque lors ne permet de quantifier le statut général de bien-être des animaux. De plus, ces indicateurs sont souvent invasifs, techniquement exigeants et coûteux.
- L'objectif était donc de développer des marqueurs de précision qui peuvent être enregistrés en routine, à l'aide d'échantillons de lait qui sont peu coûteux et invasifs, pour détecter les troupeaux et les vaches avec un faible niveau de bien-être et de santé.
- En complément aux mesures comportementales acquises dans le cadre de la Chaire sur la vie durable des bovins laitiers, des mesures physiologiques ont été analysées. Ces analyses ont permis d'identifier divers liens entre les mesures physiologiques et comportementales du bien-être, et de valider l'utilité de cette nouvelle méthode de détection du statut de bien-être des vaches laitières.

Objectifs

Développer des marqueurs de précision pouvant 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 était greffé aux 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, **4 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 testées :

1. le placement de barre de cou
2. la longueur de la chaîne
3. la largeur de stalle
4. la combinaison hauteur de muret-longueur du lit

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 permettront 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.

Des échantillons de lait et de sang ont été pris 3x par semaine pour les 2 premières semaines, et 1x par semaine pour les 4-8 semaines suivantes. Les données physiologiques ont été récoltées pour répondre à 4 sous-objectifs :

1. **Identifier et évaluer le lien entre divers marqueurs de bien-être et de santé;**
 - Plasma sanguin, lait et comportement
2. **Identifier des marqueurs permettant de différencier les vaches ayant des niveaux 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 (seuls ou en combinaison) sur la base de critères liés notamment à la vache et à son environnement;**
 - Stade de lactation, parité, exposition à un niveau de confort amélioré, etc.
4. **Évaluer le potentiel d'une méthode utilisée par le contrôle laitier pour détecter les changements dans le statut de bien-être :**
 - Spectroscopie FTIR



Résultats et bénéfices potentiels, suite

Les travaux et l'analyse des données ont permis d'identifier des liens entre les modifications au logement et différents biomarqueurs analysés par spectroscopie FTIR. Ces résultats ont montré qu'il est possible d'utiliser les échantillons de lait collectés régulièrement pour identifier les vaches ayant des niveaux de bien-être faible ou élevé (Bahadi et al., 2021 Foods 10(2) :450). Plus de travaux seront nécessaires pour raffiner davantage la méthode et ainsi permettre l'identification plus précise des impacts de modifications spécifiques sur l'état de bien-être des vaches.

- Il s'agit d'une toute nouvelle méthode dont la démonstration de l'efficacité vient d'être faite.
- Cette méthode se distingue parce qu'elle permet de faire le suivi du bien-être des vaches laitières à distance et de façon non-invasive et peu coûteuse.

Professionnels formés

Volet Mesures Comportementales - 3 maîtrises avec mémoire :

Sarah McPherson
Véronique Boyer
Jessica St John

Les travaux de ces étudiantes ont été réalisés dans le cadre de la Chaire sur la vie durable des bovins laitiers et ont été partagés avec les étudiants suivants :

Volet Mesures Physiologiques :

Audrey St-Yves (maîtrise avec mémoire)
Mazen Bahadi (étudiant au doctorat)
Daniel Warner (stagiaire postdoctoral)

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 : mcgill.ca/animal
- Blog : cowlifemcgill.com
- Compte Twitter: @CowLifeMcGill
- Présentation étudiante Mazen Bahadi au Forum Techno Novalait 2021
- Bahadi M., Ismail A.A., and E. Vasseur. 2021. Fourier Transformed Infrared Spectroscopy as a Tool to Study Milk Composition Changes in Dairy Cows Attributed to Housing Modifications to Improve Animal Welfare. *Foods 10 (2):450*.

Partenaires financiers

Programme de recherche en partenariat du Fonds de recherche Nature et technologies du Québec (FRQNT), en collaboration avec

- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ)
- Novalait
- Valacta

Programme de subventions de recherche et de développement coopérative (RDC) du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRNSG)

Budget total : 261 404 \$

Point de contact

Responsable du projet :

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

Collaborateurs :

Raj Duggavathi
Ashraf Ismail
Université McGill
Débora Santschi
Daniel Lefebvre
Lactanet



Améliorer l'alimentation protéique des vaches par de nouveaux modèles testés au Québec

Durée : 2018-2021

Faits saillants

- Afin d'assurer sa durabilité économique, environnementale et sociale, la ferme laitière québécoise doit être rentable tout en diminuant son empreinte environnementale.
- Plusieurs modèles sont utilisés dans différents pays pour évaluer les apports en protéines des rations afin de les équilibrer avec les besoins de la vache hautement productrice pour réduire les coûts de productions et les déjections azotées sans compromettre le rendement laitier.
- L'excrétion de l'azote (N) représente un enjeu majeur : en moyenne, 30% du N ingéré est récupéré en protéines du lait, avec des pertes fécales et urinaires représentant 35 et 35% du N ingéré, respectivement.
- L'objectif de cette recherche vise à valider l'impact de la révision de quatre modèles de formulations des rations laitières sur les recommandations en protéines et en acides aminés dans un contexte québécois.
- Deux modèles parmi les plus populaires en Amérique du Nord, le National Research Council (NRC) 2001 et la révision de 2018, le Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS v.6.5, 2015), le système Scandinave NorFor 2011 et le nouveau système français, INRA (2018) seront comparés.

Objectifs

L'objectif de cette recherche vise à valider l'impact de la révision de trois modèles de formulations des rations laitières sur les recommandations en protéines et en acides aminés dans un contexte québécois.

Plus précisément, les objectifs spécifiques sont :

- 1) Déterminer l'influence des caractéristiques des rations sur la capacité des modèles à prédire les apports en protéines en comparant les prédictions des trois nouveaux modèles avec le modèle de référence, le NRC (2001);
- 2) Comparer les productions de lait et de protéines lactées prédites par les quatre modèles avec des valeurs rapportées dans la littérature et des mesures provenant de 100 fermes québécoises;
- 3) Proposer des adaptations au modèle de formulation de rations utilisé au Centre d'expertise Québec-Atlantique (Lactanet : présentement basé sur NRC, 2001) et aux autres modèles utilisés au Québec afin qu'ils puissent refléter les particularités des rations québécoises.

Résultats et bénéfices potentiels

L'étude proposée vérifiera si les prédictions de nouveaux modèles s'appliquent aussi bien aux rations typiquement québécoises contrairement à celles à base de luzerne/maïs (États-Unis) ou majoritairement fourragères (Europe). Le projet présente un avantage unique en comparant les valeurs prédites à celles observées en réalité sur les fermes laitières québécoises. S'il appert que des biais sont présents avec certains types de rations particulièrement utilisées au Québec, des corrections à ces biais pourront être intégrées afin de mieux adapter les modèles de Lactanet, et d'autres organisations québécoises, aux réalités du Québec. Ainsi, notre étude permettra de valider et de transférer très rapidement sur les fermes laitières québécoises les avancées résultant de l'application des nouveaux modèles alimentaires américains et européens. Ces modifications permettront de diminuer la protéine dans les rations, les coûts de production et les rejets d'azote dans l'environnement. Le projet positionnera l'industrie québécoise à l'avant-garde en matière de recommandations en protéines et en acides aminés (AA) pour les rations laitières.



Aspects novateurs

- Comparaison des valeurs prédites par les modèles à celles observées en réalité sur des fermes laitières québécoises.
- Positionnement de l'industrie québécoise à l'avant-garde en matière de recommandations en protéines.

Professionnel formé

Simon Binggeli, étudiant au doctorat.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront transférables aux producteurs laitiers via les nutritionnistes et les experts qui formulent les rations. Un article sera rédigé pour la revue *Le producteur de lait québécois*. De plus, une présentation pourra être proposée lors du Symposium des bovins laitiers du CRAAQ. D'autres activités de communication (articles, formations et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration; Novalait, Lactanet, etc.

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

Budget total : 177 996 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Doris Pellerin

Département de sciences animales

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

418 656-2131 poste 402519
doris.pellerin@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Edith Charbonneau

Université Laval

Hélène Lapierre

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Débora Santschi

Lactanet

Roger Martineau

Université Laval

Daniel Ouellet

Agriculture et Agroalimentaire Canada



Performances et comportement des génisses laitières selon leur alimentation lactée

Durée : 2018-2022

Faits saillants

- L'alimentation lactée des génisses a un effet sur leurs paramètres de croissance et de production.
- Peu d'information existe sur l'impact de modifier l'alimentation lactée des veaux entre la recommandation canadienne actuelle et une offre à volonté.
- Le ruban pour mesurer la circonférence thoracique est l'outil le plus utilisé sur les fermes pour faire l'évaluation du poids. Toutefois, les corrélations avec le poids et cette mesure n'ont été validées que pour des animaux de plus de 100 kg. Il est souhaitable de vérifier si cet outil fonctionne aussi pour des animaux plus jeunes.
- L'épigénétique explique la régulation des gènes et donc permettra de mieux comprendre l'impact de la consommation des veaux sur ces mécanismes en lien avec le gain de poids et la future production laitière.

Objectifs

Les objectifs de ce projet sont :

- 1) évaluer différentes régies de l'alimentation lactée des veaux sur le gain de poids des génisses (performances pré-sevrage), la productivité des vaches (performances post-sevrage) et la méthylation des gènes (épigénétique);
- 2) évaluer l'impact des différentes régies de l'alimentation lactée sur le comportement des veaux;
- 3) valider l'utilisation du ruban pour évaluer le poids des jeunes génisses en bas âge.

Résultats et bénéfices potentiels

Pour réaliser ces objectifs, une expérience avec plus de 300 génisses est en cours sur deux fermes laitières ayant une alimentation lactée à la louve. L'expérience a pour traitements deux programmes d'alimentation lactée (restreint vs à volonté). La collecte de données jusqu'au sevrage est terminée. Des données sur les veaux ont été collectées trois fois par semaine pendant les trois premières semaines de vie puis aux deux semaines jusqu'au sevrage des veaux. À ce jour, plus de 300 veaux ont été recrutés dans le projet et près de 5000 données de poids et de hauteurs ont été prises. L'expérience continue sur une des deux fermes pour obtenir l'impact des traitements sur les performances post-sevrages. Ainsi, les génisses ont aussi été pesées et mesurées avant leur première insémination. La production laitière de la première lactation est en cours de collecte sur cette même ferme. En plus, un sous échantillon des données sera utilisé pour l'analyse épigénétique. Les résultats actuels du projet ont permis de valider l'utilisation du ruban pour la pesée des génisses avant le sevrage et de montrer que, malgré des différences mineures, les deux traitements résultaient en des comportements normaux pour des génisses de cet âge. Les données sur les programmes d'alimentation lactée (restreinte versus à volonté) permettront d'établir des recommandations aux producteurs. Il manque actuellement de lignes directrices pour l'alimentation des jeunes génisses au Québec.



Aspects novateurs

- Établissement de lignes directrices pour l'alimentation des jeunes génisses dans le contexte de production des fermes laitières québécoises.
- Validation du ruban comme mesure de croissance des génisses dans le contexte québécois.

Professionnels formés

- **Marwa Hasnaoui**, étudiante à la maîtrise, validation du ruban.
- **Ousmane Magassa**, étudiante à la maîtrise, comportement des veaux.
- **Léonie Laflamme-Michaud**, étudiante à la maîtrise, lien alimentation lactée, performances pré-sevrage et expression des gènes.
- **Jennifer Phillion**, étudiante à la maîtrise, lien alimentation lactée sur les performances post-sevrage des génisses.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront rapidement transférables aux producteurs laitiers. Des articles ont été et seront publiés dans la revue *Le Producteur de Lait Québécois*. De plus, une présentation pourra être proposée lors du Symposium des bovins laitiers du CRAAQ. D'autres activités de communication (articles, affiches et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration; Novalait, Lactanet, etc. Déjà publiés :

- *Bulletin des agriculteurs* – November 2019 : « Mesurons les jeunes génisses laitières »
- Le Producteur de lait Québécois – Avril 2020 : « Le ruban québécois pour estimer le poids des veaux »
- Affiche au Symposium sur les bovins laitiers – Novembre 2019 : « Validation et développement de méthodes pour le suivi de la croissance pré-sevrage des génisses laitières »
- Affiches au Symposium sur les bovins laitiers – Novembre 2020 : « Comparaison du comportement des veaux laitiers Holstein nourris selon la recommandation canadienne actuelle et à volonté » et « Alimentation lactée à volonté ou selon la recommandation canadienne : impacts sur la croissance des génisses »
- Affiche dans un congrès scientifique (American Dairy Science Association) – Juin 2019 : « Use of body measurements to estimate live weight of Holstein dairy calves in the pre-weaning period »
- Résumé de conférence à la Journée d'information scientifique – Bovins laitiers et plantes fourragères – Février 2019 : « Validation et développement de méthodes pour le suivi de la croissance pré-sevrage des génisses laitières »

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
- Ferme M. G. L'Heureux

Budget total : 255 035 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Edith Charbonneau

Département de sciences animales

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

418 656-2131 poste 412762
edith.charbonneau@fsaa.ulaval.ca

Collaborateurs :

Doris Pellerin

Université Laval

Marc-André Sirard

Université Laval

Débora Santschi

Lactanet

Elsa Vasseur

Université McGill

Éric Paquet

Université Laval

Jamie Ahloy Dallaire

Université Laval



Développement de stratégies alimentaires permettant d'améliorer l'efficacité des protéines sur les fermes laitières québécoises

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- Les protéines constituent l'ingrédient le plus cher des rations servies aux vaches laitières. Elles représentent 42% des coûts d'alimentation.
- Or, plus de 70% de cet investissement est excrété par les animaux sans servir directement à la production de lait.
- Les déjections contiennent en effet beaucoup d'azote, le composant de base des acides aminés qui forment les protéines. Une ration offrant un meilleur équilibre en acides aminés réduirait l'ingestion d'azote, ce qui diminuerait les coûts d'alimentation sans nuire au rendement laitier.
- En se basant sur des recherches développées par Agriculture et Agroalimentaire Canada, le projet vise à démontrer, sur des fermes commerciales, qu'il peut être rentable d'offrir aux vaches une diète plus équilibrée en acides aminés.
- Après avoir étudié les pratiques en vigueur sur 12 fermes commerciales équipées de robots d'alimentation, l'équipe de recherche testera une ration optimisée en acides aminés par rapport à une ration utilisée habituellement à la ferme (témoin).
- Les résultats de ce projet permettront de développer des stratégies alimentaires applicables dans la réalité des fermes laitières.
- Ce projet pourra servir de vitrine technologique capable de motiver le secteur des bovins laitiers à innover dans leurs pratiques alimentaires et de régies du troupeau.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de valider, en conditions commerciales, l'utilisation de rations alimentaires réduites en azote total et équilibrées en acides aminés.

Plus précisément, les objectifs spécifiques sont les suivants :

- 1) Réaliser une typologie sur 12 fermes commerciales pour définir les rations tests qui seront utilisées sur ces mêmes fermes à partir des pratiques en place;
- 2) Tester, sur chaque ferme du projet, une ration équilibrée en acides aminés sur un groupe de vaches.

Résultats et bénéfices potentiels

Les douze fermes commerciales (1 000 vaches au total; 75 vaches en moyenne/ferme) ont été rencontrées et ont répondu à un questionnaire afin de mettre en évidence le système de production de la ferme (régie du troupeau, caractéristiques des animaux, qualité du lait, installations et ressources humaines). Les rations à tester dans le cadre du projet seront définies à partir de cette analyse. Sur chaque ferme, les vaches seront divisées en deux groupes. Dans un premier groupe, l'alimentation habituelle de la ferme sera utilisée comme groupe témoin. Un deuxième groupe recevra une ration diminuée de 1,5 % en protéines brutes, ajustée au besoin total en protéines métabolisables et équilibrée aux besoins en acides aminés, en utilisant la lysine, la méthionine et l'histidine. Les résultats de ce projet pourront servir de vitrine technologique capable de motiver le secteur des bovins laitiers à innover dans leurs pratiques alimentaires et de régie du troupeau. Cette démonstration facilitera la formulation de rations et de suppléments alimentaires axée sur le réel besoin protéique de la vache. Les producteurs, les conseillers, les nutritionnistes et les étudiants en tireront profit.



Aspects novateurs

- Projet réalisé avec la diversité et les contraintes des fermes commerciales qui favoriseront une adoption rapide des résultats concluants.
- Potentiel de diminuer les coûts d'alimentation des troupeaux ainsi que les rejets dans l'environnement sans nuire au rendement laitier.

Professionnel formé

L'étudiante à la maîtrise, Mme **Frédérika Nadon**, a été recruté pour le projet.

Pour en savoir plus

Les résultats de la recherche seront rapidement transférables aux producteurs laitiers et un article sera rédigé pour la revue *Le producteur de lait québécois*. De plus, une présentation pourra être diffusée lors du Symposium des bovins laitiers du CRAAQ. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues pour les collaborateurs (Novalait, Lactanet, etc.) et une présentation au Forum Techno Novalait sera également effectuée.

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
- 12 fermes laitières (huit au Saguenay–Lac-Saint-Jean et quatre dans la région de Québec)

Budget total : 407 729 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Cristiano Côrtes, Ph. D.

Chargé de projet en recherche et innovation

Agrinova

640, rue Côté Ouest

Alma (QC) G8B 7S8

418 480-3300 poste 259

cristiano.cortes@agrinova.qc.ca

Collaborateurs :

Édith Charbonneau

Université Laval

Hélène Lapierre

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Pauline Bilodeau

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Daniel Ouellet

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Doris Pellerin

Université Laval

Jean-Philippe Laroche

Lactanet



Déchiffrer les mécanismes moléculaires de l'infertilité chez les vaches laitières en lactation avec acidose subclinique

Durée : 2020-2023

Faits saillants

- L'acétonémie – notamment l'acétonémie subclinique – est un grave trouble métabolique. Il affecte les vaches en lactation et il compromet fortement la santé et le rendement de reproduction.
- L'infertilité étant la principale cause de réforme des vaches canadiennes en lactation, il est important de bien comprendre l'acétonémie et son impact sur la reproduction.
- Nous nous sommes proposé d'éclaircir les mécanismes moléculaires de l'acétonémie subclinique ainsi que son impact sur la fertilité des Holstein en lactation.
- Les résultats nous aideront à mettre au point des stratégies thérapeutiques et de gestion du rendement de reproduction des vaches en lactation.
- Nous étudions les taux de BHB dans le lait et les indicateurs de rendement de reproduction recueillis sur plus de 30 000 bovins.

Objectifs

Sachant que l'acétonémie clinique et subclinique influe négativement sur le rendement de reproduction des vaches en lactation, les objectifs de notre étude sont les suivants :

- Analyser les données afin de classer les différents types d'acétonémie en fonction de la concentration du lait en BHB et de son taux d'accroissement.
- Comparer les indicateurs de rendement de reproduction des vaches atteintes d'acétonémie et des vaches saines.

Résultats et bénéfices potentiels

Ces 15 derniers mois, nous avons étudié le rendement de reproduction de vaches dont le lait présentait un taux de BHB pouvant indiquer une acétonémie clinique ou subclinique. Les données de Lactanet et du RLC (Réseau laitier canadien) que nous avons utilisées concernaient plus de 30 000 vaches. Nous avons classé les types d'acétonémie en fonction de la concentration du lait en BHB et de son taux d'accroissement. Les résultats préliminaires établissent la prévalence de l'acétonémie clinique ou subclinique à environ 27 % au cours des 42 premiers jours de lactation. Comme nous nous y attendions, la prévalence de l'acétonémie de type 2, qui s'observe lors des deux premières semaines de lactation, était de trois fois supérieure à celle de l'acétonémie de type 1, qui survient entre la troisième et la sixième semaine avec une prévalence de 6 % – non négligeable, puisque cela représente environ 1 800 des bovins étudiés, d'où l'importance de surveiller la présence d'acétonémie clinique ou subclinique pendant les six premières semaines. L'acétonémie subclinique de type 2, plus courante que l'acétonémie clinique de même type, doit être surveillée elle aussi à l'aide du taux de BHB dans le lait.

À présent, nous analysons l'impact des différents types d'acétonémie sur le rendement de reproduction des vaches touchées, par comparaison avec les vaches saines. Voici les paramètres à analyser : 1) nombre de jours écoulés entre le vêlage et la première intervention; 2) nombre de jours écoulés entre la première intervention consécutive au vêlage et la conception; 3) nombre de jours écoulés entre le vêlage et l'intervention ayant entraîné une conception; 4) nombre de jours écoulés entre deux vêlages consécutifs.



Aspects novateurs

- Catégorisation systématique des types d'acétonémie, pour étude de leurs impacts respectifs sur les performances de reproduction des vaches en lactation.
- Les taux de BHB dans le lait et les indicateurs de performance de reproduction proviennent d'une base de données Lactanet portant sur plus de 30 000 bovins.

Professionnel formé

- M. **Teshome Alemu**, doctorant spécialisé en analyse des données et en reproduction bovine, a obtenu une bourse pour les trois premières années de ses études de doctorat.
- La docteure **Ejimedo Madogwe** est une experte en bio-informatique et en analytique des données massives. Elle a obtenu une bourse de recherche postdoctorale pour l'exercice 2021-2022 et son financement provient en partie du projet décrit ici.

Pour en savoir plus

Le projet n'est pas terminé. Les résultats seront publiés lors de conférences internationales (celle de la Société canadienne de science animale, par exemple) et dans un article scientifique publié dans des revues reconnues telles que le *Journal of Dairy Science et Theriogenology*. Ils donneront également lieu à des exposés dans le cadre d'autres événements (le Forum Techno Novalait, par exemple).

Partenaires financiers

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

- Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada
- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec
- Novalait

Budget total : 343 645 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Raj Duggavathi

Département de science animale

Université McGill

2111 Lakeshore Road

Sainte-Anne-de-Bellevue, H9X 3V9

514 967-4414

raj.duggavathi@mcgill.ca

Collaborateur :

Débora Santschi

Lactanet



Élaboration, évaluation, validation et mise en œuvre d'une méthode infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) permettant une identification microbienne rapide des agents pathogènes associés à la mammite bovine

Durée : 2020-2022

Faits saillants

- Une méthode rapide et économique d'identification des agents pathogènes microbiens peut avoir une incidence considérable sur la qualité du lait et réduire les pertes attribuables à la mammite bovine.
- Les méthodes actuelles nécessitent de recourir à des techniciens bien formés, à des réactifs ou encore à des instruments (ex. : spectromètre de masse MALDI-TOF) et méthodes (séquençage du génome entier ou réaction en chaîne de la polymérase) de génotypage aussi coûteuses les premières que les secondes.
- La méthode en une étape fondée sur la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) que nous avons définie permet d'identifier des microorganismes. Elle produit des résultats sans aucun réactif, une à deux minutes après la culture microbienne initiale.
- Des instruments portatifs permettent d'utiliser cette méthode dans les exploitations agricoles.
- Pour valider la preuve de concept, nous élaborons actuellement des bases de données spectrales IRTF qui serviront à identifier des isolats de la banque de pathogènes à l'origine de la mammite que tient à jour le Réseau mammite de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal. Une évaluation nous a permis de démontrer un taux de discrimination élevé (> 99 %) entre agents pathogènes Gram positifs et Gram négatifs causant la mammite et staphylocoques à coagulase négative (CoNS) ou staphylocoques dorés. Pour la discrimination entre plusieurs espèces du groupe de CoNS, nous avons aussi obtenu de bons résultats (> 99 %).
- Les prochaines étapes vont consister, entre autres, à intégrer cette méthode dans des trousseaux de culture commercialisables et utilisables sur les fermes, et à valider la base de données d'identification des bactéries isolées à partir du lait de vaches laitières du Québec présentant une mammite subclinique.

Objectifs

Notre objectif général est de définir, aux fins d'identification rapide des espèces de bactéries, de levures et de moisissures en cause, une méthodologie peu coûteuse et utilisable in situ dans le secteur agroalimentaire, ce qui implique de répondre aux questions suivantes :

- Peut-on mettre au point une méthode d'identification microbienne permettant d'aller jusqu'à déterminer l'espèce, et ce, en une seule étape?
- Une telle méthode peut-elle servir à distinguer les microorganismes qui jouent un rôle dans la mammite bovine et influent sur la qualité du lait?
- La méthode proposée est-elle au moins aussi précise que les technologies actuelles?
- Peut-on l'utiliser dans une exploitation agricole?

Résultats et bénéfices potentiels

Sur le plan économique

Une méthode d'identification en une étape des agents pathogènes contagieux et environnementaux à l'origine de la mammite, isolés à partir de cultures de lait, permettra de mieux prévenir et maîtriser cette maladie dans les fermes laitières et, par conséquent :

- d'accroître la rentabilité globale des exploitations;
- d'améliorer la qualité du lait et de réduire les pertes liées aux défauts de qualité;
- d'accroître la productivité de l'industrie laitière.

Sur le plan environnemental (à titre indicatif seulement)

- Diminution de l'administration systématique d'antibiotiques visant à prévenir ou à contrôler la mammite (injection de crème à tarir, p. ex.).

Sur le plan social (à titre indicatif seulement)

- Amélioration de la santé et du bien-être des animaux dans les fermes laitières du Québec.



Aspects novateurs

- Notre laboratoire met actuellement au point une méthode plus simple d'identification de bactéries, de levures et de moisissures.
- Pour la première fois, l'objectif est d'identifier, à partir de cultures de lait de vache, des espèces bactériennes associées à des mammites cliniques ou subcliniques entraînant une diminution de la qualité du lait.
- Les producteurs et transformateurs de lait tireront avantage d'une méthode de surveillance des animaux et du lait à moindre coût.

Professionnel formé

- Mme **Xin Di Zhu**, doctorante, compte se spécialiser dans la résolution des problèmes de salubrité alimentaire liés notamment aux dangers microbiens. Elle participe à des projets menés dans ce domaine avec des laboratoires de Santé Canada et de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Dans ce projet, les rôles de Mme Zhu sont :
 - Mise sur pied de bases de données spectrales fondées sur la spectrométrie IRTF et concernant plus de 300 isolats obtenus à partir d'une souchothèque de pathogènes à l'origine de la mammité
 - Élaboration de modèles de classification par spectrométrie IRTF aux fins de discrimination et d'identification microbiennes, à partir des différents spectres infrarouges des microorganismes
 - Comparaison des résultats produits par notre nouvelle méthode d'identification microbienne et des résultats obtenus avec les méthodes actuelles
- Mmes **Lisa Lam** et **Tamao Tsutsumi** (doctorantes)
Ces deux étudiantes terminent leurs thèses de doctorat, qui portent sur diverses applications de la spectrométrie IRTF à la microbiologie clinique. Elles ont formé Mme Zhu et l'ont aidée à jouer les rôles précités.

Pour en savoir plus

Les résultats du projet (en cours, rappelons-le) figureront dans la thèse de doctorat de Mme Zhu et seront publiés dans une revue scientifique faisant appel à un comité de révision (*Journal of Dairy Science* ou autre). Mme Zhu aura également l'occasion de présenter ces conclusions aux participants rattachés à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal. Des conférences auront lieu à différents moments, par exemple lors du Forum techno Novalait.

Partenaires financiers

RITA Recherche Innovation Transformation Alimentaire : consortium mandaté par le MAPAQ à l'Université McGill en collaboration avec le CTAQ et le MEI. Ci-dessous le budget total pour les 13 activités du réseau RITA.

Budget total : 2 765 828 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Ashraf Ismail

Département de science des aliments
et chimie agroalimentaire

Université McGill
2111 Lakeshore
Ste-Anne-de-Bellevue (QC) H9X 3V9

514 398-7991
Ashraf.ismail@mcgill.ca

Collaborateurs :

Simon Dufour

Université de Montréal

Josée Labrie

Université de Montréal

Jennifer Ronholm

Université McGill

Jacqueline Sedman

Université McGill



Identifier les cultures bioprotectrices qui allongent la conservation des produits laitiers

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- La durée de conservation des produits laitiers tel que le lait pasteurisé, le yogourt et le fromage râpé est limitée, car des microorganismes indésirables finissent par s'y développer et causer odeurs et saveurs indésirables.
- En Amérique du Nord, 20% des produits laitiers sont perdus ou jetés, dont environ 15% au niveau de la consommation.
- Une stratégie prometteuse pour freiner les microorganismes qui altèrent les aliments est de contrôler leur croissance à l'aide de cultures bioprotectrices. Ces dernières peuvent prolonger la durée de conservation des aliments en produisant des composés antimicrobiens naturels qui ralentissent la croissance des microorganismes indésirables.
- L'efficacité des cultures bioprotectrices repose sur les échanges entre les microorganismes. Ce projet consiste à caractériser les interactions entre des cultures bioprotectrices et des microorganismes d'altération en développant de nouvelles méthodes systématiques à grande échelle.
- Cette stratégie de bioconservation vise à développer des mélanges de cultures bioprotectrices pour des produits laitiers spécifiques afin d'en augmenter la durée de vie et contribuer à diminuer le gaspillage alimentaire.
- La conception d'un consortium demande une connaissance préalable de la compatibilité entre les souches, car les propriétés du mélange ne sont pas égales à la somme de ses parties individuelles. Ce phénomène s'explique par les interactions microbiennes qui prennent place au sein de la matrice laitière et qui modifient le comportement des souches.

Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de caractériser les interactions entre des cultures bioprotectrices et des microorganismes d'altération en développant de nouvelles méthodes systématiques à grande échelle.

Plus précisément les objectifs spécifiques sont :

- 1) Développer des méthodes de criblage des interactions microbiennes à haut débit sur support solide;
- 2) Cartographier les interactions de bactéries lactiques entre-elles et avec des souches isolées de produits laitiers;
- 3) Développer un outil de sélection de consortiums de souches;
- 4) Valider l'outil de sélection.

Résultats et bénéfices potentiels

Les producteurs et les transformateurs doivent rencontrer des standards de qualité exigés par les consommateurs. Ces standards sont très élevés en regard de la durée de conservation, particulièrement pour le lait de consommation, le yogourt et pour les fromages râpés. Malheureusement, les transformateurs n'ont pas de contrôle sur ce qui se produit une fois le produit rendu au supermarché. L'utilisation de cultures bioprotectrices représenterait une solution naturelle pour les transformateurs pour limiter ce genre de problèmes en apportant un effet barrière complémentaire sans recourir à des additifs chimiques. Les souches bioprotectrices peuvent interagir avec les ferments et avec la flore endogène de la matrice laitière. Afin de sélectionner des souches compatibles et dont l'activité bioprotectrice est optimale, des essais *in vitro* sont nécessaires. Le projet a donc comme enjeu l'élaboration systématique de nouveaux consortiums bioprotecteurs à moindre coût car le développement de cultures bioprotectrices avec les méthodes actuelles est un processus coûteux et laborieux. Les méthodes à haut-débit développées permettront de rendre ce processus accessible pour les transformateurs.

Le projet permettra également d'en apprendre davantage sur le comportement de diverses bactéries lactiques (LAB) dans un contexte communautaire. Par exemple, nous avons pu mesurer la compétitivité ou la coopération de ces bactéries envers le microbiote endogène des produits laitiers et les autres LAB. Nous avons constaté que la personnalité sociale des bactéries est variable d'une souche à l'autre. Par exemple, une souche de *Lactococcus lactis cremoris* favorise la croissance d'isolats endogènes, alors qu'elle diminue le taux de croissance des autres LAB. À l'inverse une souche de *Lactobacillus pentosus* diminue le rendement des isolats endogènes au profit de celui des LAB. De plus, le design expérimental de notre expérience simule l'impact d'une altération de la diversité microbienne par l'ajout d'un ferment ou d'une souche bioprotectrice. La diversité, spécifiquement l'uniformité des proportions des différents microorganismes influence significativement le rendement et le taux de croissance de la communauté totale (incluant la flore endogène). Cette nouvelle compréhension de l'impact de diverses souches et de la modulation de la diversité sur les autres microorganismes de l'environnement laitier pourra permettre d'optimiser les stratégies d'ajout de cultures microbiennes aux aliments.



Aspect novateur

- Les méthodes de criblage développées au sein de la plateforme de cartographie des interactions microbiennes à haut-débit pourront servir à caractériser les performances de (nouvelles) souches dans un contexte communautaire et à identifier rapidement des combinaisons démontrant des activités technologiques ou bioprotectrices optimales (e.g. compétitivité, activité antifongique ou anti-pseudomonas, etc.).

Professionnel formé

Un étudiant au doctorat, **Amadou Ndiaye** a débuté en mai 2019. Il développe une expertise sur les approches à haut débit, incluant l'analyse de données de masse. Après ses études, il souhaite retourner travailler dans l'industrie de transformation alimentaire.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront rapidement transférables aux industriels laitiers au-travers de divers véhicules tel que le Colloque STELA, le Forum Techno Novalait, et certains congrès scientifiques. Les résultats pourront également être partagés avec le comité scientifique de la chaire METABIOLAC. D'autres activités de communication (articles et conférences) sont prévues pour les utilisateurs en collaboration.

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

Budget total : 186 311\$

Point de contact

Responsable du projet :

Marie Filteau

Département de sciences des aliments

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

418 656-2131 poste 404278
marie.filteau@fsaa.ulaval.ca

Collaborateur :

Ismail Fliss

Université Laval



Élaboration d'approches multidimensionnelles visant à identifier et à sélectionner des ingrédients naturels multifonctionnels

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- Bien que des procédés de synthèse chimiques aient permis d'obtenir un large éventail d'ingrédients, les risques pour la santé liés à certains d'entre eux ont incité les consommateurs à les éviter. Ces derniers exigent de plus en plus de l'industrie alimentaire des produits de type « clean label » (sans additifs ni agents de conservation artificiels et portant une étiquette lisible d'ingrédients reconnaissables), offrant une durée de conservation appropriée ainsi que des propriétés sensorielles et une texture optimales.
- Le développement de ce type de produit impose de trouver des approches multidimensionnelles permettant de repérer et de sélectionner des ingrédients naturels multifonctionnels faciles à incorporer à une vaste gamme de produits.
- Sachant que le marché émergent des produits à « clean label » représente des milliards de dollars, le secteur agroalimentaire du Québec aurait tout avantage à mettre sur pied une plateforme multidimensionnelle d'ingrédients naturels multifonctionnels.
- Un réseau reposant sur une telle plateforme et, grâce à l'intelligence artificielle, répertoriant tous les liens entre produits – avec possibilité d'en cerner les fonctionnalités multiples et les conditions optimales d'utilisation – permettra d'exploiter plus efficacement les ingrédients naturels sélectionnés et accroîtra les possibilités d'innovation.

Objectifs

Élaborer une plateforme multidimensionnelle permettant d'accélérer l'innovation par établissement de fiches facilitant l'identification des ingrédients naturels intéressants, de leurs multiples possibilités et de leurs conditions optimales d'utilisation, aux fins de différentes industries. Les objectifs spécifiques sont :

- Constituer une banque d'ingrédients alimentaires naturels à partir de diverses sources d'information et établir scientifiquement les multiples possibilités qu'ils offrent à différents stades de maturité.
- Cartographier les caractéristiques multidimensionnelles des ingrédients naturels, pour établir le lien entre leurs propriétés structurelles et physico-chimiques et les gains d'efficacité technofonctionnels.
- Bâtir une plateforme dynamique intégrant les « cartes » produites, aux fins d'identification des ingrédients naturels et de leurs conditions optimales d'utilisation.
- Évaluer la possibilité d'élaborer des modèles prédictifs par ordinateur.

Résultats et bénéfices potentiels

Une banque d'ingrédients naturels multifonctionnels (nouveaux ou non) pouvant intéresser les industries participantes sera mise sur pied. Les résultats permettront de définir une approche multifonctionnelle et multidimensionnelle qui éclairera la synergie entre les différentes technofonctionnalités des ingrédients naturels. Grâce à une cartographie multidimensionnelle axée sur les fonctionnalités multiples des ingrédients, il sera plus facile de circonscrire ceux qui permettront de formuler des produits alimentaires pouvant recevoir une étiquette « clean label ». Grâce à l'intelligence artificielle, les industriels partenaires disposeront d'une plateforme en réseau mettant en relation des cartes multidimensionnelles susceptibles d'accélérer les formulations – ces outils faciliteront en effet l'identification des ingrédients pouvant se substituer aux agents artificiels et permettront de trouver aisément de nouvelles fonctionnalités combinées présentant de l'intérêt pour les secteurs agroalimentaires concernés.



Aspects novateurs

- Mise sur pied d'une banque d'ingrédients naturels nouveaux ou existants, susceptible de faciliter l'identification et la sélection de ceux qui conviendront dans différentes situations.
- Détermination des fonctionnalités multiples et de leur utilisation dans le cadre des formulations.
- Découverte de nouvelles applications pour des ingrédients nouveaux ou existants, grâce aux analyses par ordinateur.

Professionnels formés

- **Nandini Kodomagge**, M.Sc. sans thèse
- **Diksha Rani**, M.Sc. sans thèse
- **Nitin Arora**, M.Sc. sans thèse
- **Amalie Younes**, B.Sc., science et technologie des aliments
- **Kevin Misaiphon**, B.Sc., science et technologie des aliments
- **Muriel Yok Kam Wong Min**, B.Sc., science et technologie des aliments

Pour en savoir plus

La réalisation de ce projet et la formation des chercheurs participants offriront d'excellentes possibilités de transfert de technologie. Ce transfert s'effectuera également au fil des rencontres périodiques entre chercheurs et industriels partenaires, pour discussion des résultats – dont la présentation à l'ensemble des membres du réseau, dans le cadre de réunions et d'ateliers (verbalement ou sous forme d'affiches), contribuera aussi au transfert de technologie; un exposé sera d'ailleurs fait lors du Forum Techno Novalait en juin 2021. La publication d'articles scientifiques et la présentation des résultats lors de rencontres entre chercheurs seront d'autres avenues suivies aux fins du transfert de technologie.

Partenaires financiers

RITA Recherche Innovation Transformation Alimentaire : consortium mandaté par le MAPAQ à l'Université McGill en collaboration avec le CTAQ et le MEI. Ci-dessous le budget total pour les 13 activités du réseau RITA.

Budget total : 2 765 828 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Salwa Karboune, vice-doyenne
Département de science des aliments
et chimie agroalimentaire

Université McGill, 21111 Lakeshore,
Ste-Anne-de-Bellevue (QC) H9X 3V9

514-398-8666

salwa.karboune@mcgill.ca

Collaborateurs :

Nastaran Khodaei, assistant de recherche
Université McGill

Asma Mdimagh, Analyste
Université McGill



Développement de solutions d'emballages actifs pour la conservation prolongée de produits alimentaires sensibles

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- La tendance vers des aliments naturels sans ajout d'additif ni de conservateur prend de l'ampleur depuis les dernières années. Le clean label exige des efforts particuliers de la part des transformateurs alimentaires.
- Plusieurs recherches récentes ont démontré le potentiel des emballages actifs dans diverses fonctions reliées à la conservation. Le relargage de composés antimicrobiens, antioxydants, gazeux et l'absorption de molécules spécifiques ne sont que quelques exemples des types d'activation possibles.
- L'utilisation de ces technologies permettrait de limiter le gaspillage alimentaire, les risques de contamination et d'intoxication en plus de prolonger la durée de vie des aliments emballés.
- La mise en marché de telles solutions d'emballage représente toutefois un défi considérable dans le domaine alimentaire. Les coûts élevés associés à ces technologies demeurent un frein à une utilisation à grande échelle.
- Les retombées potentielles de ce projet sont grandes dans le domaine alimentaire. Les produits périssables et à haute valeur ajoutée pourraient bénéficier de technologies d'emballages actifs développées dans ce présent projet. Par exemple, les découpes de viande fraîche et les poissons pourraient se conserver plus longtemps par l'utilisation de pellicules au pouvoir antibactérien.

Objectifs

- Développer des solutions d'emballages actifs permettant de prolonger la durée de vie de produits alimentaires sensibles.
- Permettre de réduire le gaspillage alimentaire.

Résultats et bénéfices potentiels

Ce projet portera sur le développement et l'essai de matériaux d'emballage (à base de papier, de textile, de polymère, ou une combinaison de matériaux) contenant divers composants fonctionnels (antimicrobiens, antioxydant, etc.). Les solutions développées devront prendre en considération les contraintes légales en termes de limites de migration, l'aspect environnemental par l'utilisation de polymères biodégradables sans oublier leur potentiel de commercialisation (faisabilité industrielle et coûts associés). Ces emballages actifs agiront comme alternative aux additifs alimentaires en regard de listes d'ingrédients plus courtes et plus saines (clean label)

- **Aspects économiques** : Avantage financier pour l'industrie adoptante grâce à l'augmentation de la durée de conservation et de la conservation de la fraîcheur des produits frais.
- **Aspects environnementaux** : Réduction de la détérioration des aliments et du gaspillage alimentaire.
- **Aspects sociaux** : Réduire les risques potentiels pour la sécurité alimentaire.



Aspects novateurs

- Développement de solutions d'emballages flexibles multicouches avec incorporation de molécules « actives ».
- Immobilisation de molécules actives (antioxydants, antimicrobiens, agents dessiccants ou humidifiants, etc.) dans différents types de matériaux d'emballages (papier, polymères, etc.) et différentes stratégies de libération contrôlée.
- Nanomatériaux (métalliques et/ou composites) incorporés dans des matériaux d'emballage avec fonctionnalités améliorées et durables en termes de propriétés antimicrobiennes et antioxydantes, de rétention de la fraîcheur et de barrière au gaz.

Professionnels formés

- **Satwik Majumder**; étudiant au doctorat à l'Université McGill, sous la direction du Dr. Saji George

L'expertise acquise se trouve dans la manipulation des animaux, les équipements analytiques, la microscopie et l'analyse des données. Ses intérêts de recherche sont l'agriculture durable et les applications environnementales et alimentaires des nanotechnologies.

Pour en savoir plus

Transfert aux partenaires industriels de l'étude : les résultats seront présentés aux entreprises partenaires du projet de recherche. Il y aura des conférences à la Polytechnique. De plus, une conférence au Forum Techno de Novalait pourra avoir lieu. Des articles seront rédigés par les étudiants impliqués dans le projet.

Partenaires financiers

RITA Recherche Innovation Transformation Alimentaire : consortium mandaté par le MAPAQ à l'Université McGill en collaboration avec le CTAQ et le MEI. Ci-dessous le budget total pour les 13 activités du réseau RITA.

Budget total : 2 765 828 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Richard Silverwood, associé de recherche

Polytechnique Montréal
Département de génie chimique

514 340-3232 poste 2350
richard.silverwood@polymtl.ca

Collaborateurs :

Anne Maltais

ITEGA, chercheuse

Kathleen Savard

ITEGA, assistante de recherche



Développement d'ingrédients antifongiques à base d'antimicrobiens de sources naturelles et d'un procédé d'encapsulation pour le maintien de la qualité de fromage râpé

Durée : 2019-2022

Faits saillants

- Les fromages sont un produit à risque du point de vue de la contamination par des moisissures indésirables. Afin de remédier à ce problème, la natamycine est couramment utilisée comme antifongique à la surface des fromages entiers et râpés.
- Toutefois, plusieurs consommateurs sont soucieux des ingrédients ajoutés dans les produits, ce qui pousse les entreprises à proposer différentes alternatives à partir d'extraits naturels antimicrobiens.
- Il a été démontré ailleurs dans le monde que plusieurs molécules issues des extraits de fruits, d'épices, de plantes et d'algues présentaient des activités antifongiques.
- Certains extraits d'algues du Québec sont dotés d'activités antibactériennes, mais leurs activités antifongiques ne sont pas documentées.
- Plusieurs extraits d'algues ont été produits (extraits de carraghénanes, de protéines, de lectines, extraits éthanoliques, terpènes) et leur activité antifongique a été évaluée mais aucune activité antifongique n'a été décelée à ce jour.
- Deux bactéries de l'Arctique qui expriment un large spectre d'activité antifongique ont aussi été isolées et l'équipe de recherche tente d'identifier la molécule antifongique active.
- Des composés naturels antifongiques d'extraits de fruits et de plantes ont été sélectionnés et caractérisés et une formulation avec les extraits montrant une synergie a été développée. Des études de stabilisation de la formulation sont en cours.

Objectifs

L'hypothèse de recherche est que des extraits naturels (épices, fruits, algues, métabolites de bactéries de l'arctique) renferment des composés antifongiques qui peuvent remplacer la natamycine dans le fromage râpé. Pour vérifier cette hypothèse, les objectifs suivants seront réalisés :

- Préparer différents extraits naturels et tester leur activité antifongique;
- Purifier et caractériser les molécules antifongiques;
- Développer des formulations renfermant des composés agissant en synergie;
- Développer une méthode de stabilisation des formulations développées;
- Évaluer in situ l'efficacité des formulations pour améliorer le temps de conservation;
- Évaluer les propriétés sensorielles du fromage enrobé;
- Évaluer l'innocuité et la toxicité des extraits antifongiques provenant des algues.

Résultats et bénéfices potentiels

Une bonne capacité antifongique des extraits naturels (Huiles essentielles (HEs) et extraits d'agrumes) contre les moisissures d'altération du fromage a été obtenue et une formulation contenant ces extraits agissant en synergie a été développée. La microfluidisation de cette formulation sous forme de nanoémulsion se présente comme un procédé efficace pour assurer sa stabilité. Le projet permettra aussi l'application de procédés (physiques) à faibles coûts et de réduire la consommation d'énergie réduite. L'équipe de recherche a aussi découvert deux nouvelles molécules antifongiques qui sont efficaces contre un large spectre de champignons. Ceci pourra mener à de nouveaux produits pour l'industrie fromagère.

Les résultats et bénéfices potentiels du projet seraient l'identification d'une variété de nouvelles molécules de sources naturelles, présentant des propriétés antifongiques dans les fromages affinés. Il pourrait y avoir une démonstration de leur efficacité à inhiber la croissance de moisissures dans le fromage râpé, de prolonger sa durée de conservation tout en maintenant sa qualité physico-chimique et organoleptique.



Aspects novateurs

- La caractérisation d'extraits naturels permettra d'explorer plusieurs propriétés des épices, fruits, algues, métabolites de bactéries de l'arctique qui n'ont pas été étudiées à ce jour et qui pourraient s'avérer intéressantes en conservation des aliments.
- L'utilisation des procédés d'encapsulation des composés bioactifs naturels en suivant une démarche « Clean label » est également une approche innovante pour assurer la stabilité des formulations développées et d'optimiser leur bio-activité au cours des procédés et de l'entreposage.

Professionnels formés

- **Ghada Sassi**, étudiante en maîtrise en microbiologie appliquée, INRS - Centre Armand-Frappier.
 - Expertises acquises : évaluation des efficacités antimicrobiennes; maîtrise des procédés d'analyse et utilisation de technologies de pointe telles que la modélisation, la nanotechnologie, l'encapsulation pour le développement de hautes technologies appliquées à l'alimentation.
 - Intérêts professionnels: Recherche, conception et développement de formulations complexes alimentaires, mise au point de procédés pour le développement de nouvelles technologies (etc...).
- **Adam Classen**, étudiant à la maîtrise, Université McGill. Il est responsable des expériences de coculture et tente de déterminer l'identité moléculaire des nouvelles molécules antifongiques.

Pour en savoir plus

Les résultats de recherche seront transférés aux partenaires industriels laitiers lors de réunions scientifiques et d'activités de communication tels que le Forum Novalait et le Colloque STELA. Il est planifié de présenter les résultats à la conférence annuelle de la Société canadienne de microbiologistes en 2021 et de publier dans les revues suivantes : *International Journal of Antimicrobial Agents*, *Int J. Food Microbiology*, *LWT Food Sc. Technol.* etc... Ces activités seront coordonnées par l'équipe de gestion du consortium RITA.

Partenaires financiers

RITA Recherche Innovation Transformation Alimentaire : consortium mandaté par le MAPAQ à l'Université McGill en collaboration avec le CTAQ et le MEI. Ci-dessous le budget total pour les 13 activités du réseau RITA.

Budget total : 2 765 828 \$

Point de contact

Responsable du projet :

Monique Lacroix, professeure titulaire,
Directrice des Laboratoires RESALA, INRS

Laboratoires de recherche en Sciences,
appliquées à l'alimentation
Centre d'Irradiation du Canada
INRS-Institut Armand-Frappier
531, boul des Prairies
Laval (Québec) Canada H7V 1B7

450 687-5010, poste 4489
Monique.lacroix@inrs.ca

Collaborateurs :

Stéphane Salmieri, assistant de Recherche
INRS

Lucie Beaulieu, professeure titulaire
Université Laval

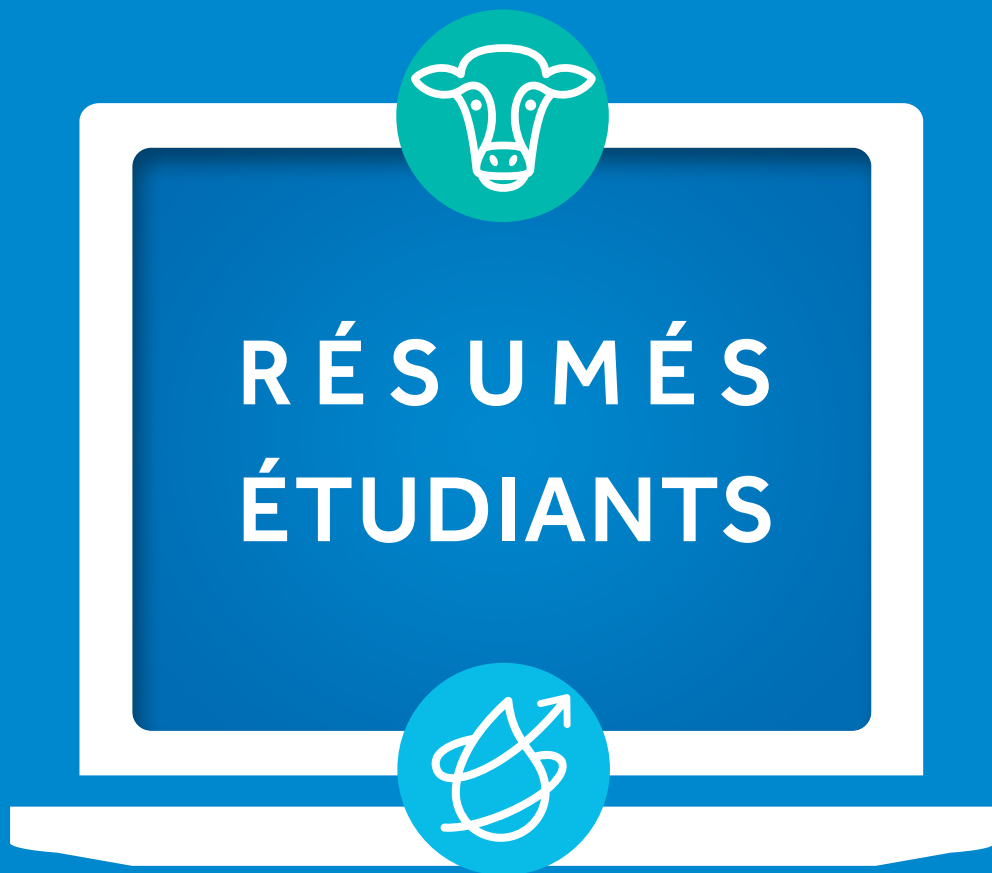
Ismail Fliss, professeur titulaire
Université Laval

Ariane Tremblay, professionnelle
de recherche
INRS

Nellie Francezon, chercheure postdoctorale
Université McGill

Jennifer Ronholm, professeure
Université McGill

Lyle Whyte, professeure
Université McGill



2021

	Titre de la présentation étudiante	Étudiant
PRODUCTION	Comparaison des prédictions de la production de protéine du lait pour des fermes québécoises par différents modèles de formulation	Simon Binggeli
	Les bactériocines : une alternative aux antibiotiques pour le traitement de la mammites ?	Samantha Bennet*
	Impacts de l'alimentation lactée sur les performances pré-sevrage des génisses	Léonie Laflamme-Michaud
	Impacts de l'alimentation lactée sur les performances post-sevrage des génisses	Jennifer Philion
	Caractérisation du pH ruminal mesuré en continu sur 12 fermes commerciales	Félix Huot*
	Le rôle important de <i>Klebsiella pneumoniae</i> dans les mammites cliniques des vaches laitières logées sur litière de fumier recyclé	Annie Fréchette*
	Dépistage bactériologique de l'endométrite : vers une utilisation plus judicieuse des antibiotiques ?	Nicolas Barbeau-Grégoire*
	Établissement du statut de bien-être des troupeaux laitiers québécois par l'apprentissage-machine et impact sur la performance et la rentabilité	Gabriel Dallago
	Une analyse de lait pourrait-elle prédire le niveau de bien-être des vaches ?	Mazen Bahadi
	Les luzernes potentiellement plus digestibles ne le sont pas toutes sous nos conditions	Marie-Soleil Boucher*
Nutrition protéique : peut-on faire plus avec moins ?	Jean-Philippe Laroche*	
TRANSFORMATION	Les antimicrobiens naturels d'origine bactérienne : Arme potentielle pour lutter contre les biofilms laitiers	Laila Ben Said (post-doc)
	Persistance de souches de bactéries lactiques dans le lactoduc d'une ferme laitière	Mérlie Gagnon (post-doc)
	Production de biofilms laitiers sur des surfaces en acier inoxydable dans un bioréacteur et développement d'une méthode efficace de prélèvement	Nissa Niboucha*
	Suivi phagique dans une usine fromagère sur 20 ans	Alice Perrault-Jolicoeur*
	Les protéines de phages lactiques : un grand mystère	Rachel Morin-Pelchat*
	Impact de la microflore native des fromages du terroir québécois sur leur texture	Karl Coulombe
	La teneur en lactoferrine, lactoperoxydase ou lysozyme dans le lait dans des fromages	Rachel Deshaies
	Impact de l'ajout de caséinate de sodium sur les propriétés fromagères des concentrés d'osmose inverse de lait	Marie-Pier Vigneux
	Quand le babeurre est sous haute pression	Serine Touhami*
	Impact de l'homogénéisation du babeurre à ultra-haute pression dans la production de yogourts	Louise Krebs
Un test d'affinité sociale pour les bactéries lactiques	Amadou Ndiaye	
Utilisation des bactéries arctiques pour aider à conserver les fromages	Adam Classen*	

* Boursier CCL



Comparaison des prédictions de la production de protéine du lait pour des fermes québécoises par différents modèles de formulation

S. Binggeli¹, H. Lapierre², S. Lemosquet³, D. R. Ouellet², et D. Pellerin¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec, QC, Canada, G1V 0A6

2. Centre de recherche et développement de Sherbrooke, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, QC, Canada, J1M 0C8

3. PEGASE, INRA, Agrocampus Ouest, 35590 Saint Gilles, France

La protéine est un composant important des rations laitières, mais aussi une source de pollution, lorsqu'alimentée en excès. Différents modèles commerciaux prédisent les apports, les besoins et l'utilisation des protéines afin d'équilibrer les rations des vaches laitières. Comparer les performances obtenues pour des fermes commerciales québécoises avec les prédictions offre une opportunité unique de vérifier comment les modèles performant sur le terrain.

Quatre modèles de formulation populaires ont été codés dans R et utilisés pour prédire la production de protéine du lait. Ces 4 modèles sont le National Research Council (NRC) 2001, le Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) version 6.5.5, NorFor (2011) et INRAtion (2018). Les prédictions ont été faites en utilisant 2 bases de données de productions et d'alimentation en fermes commerciales : une plus restreinte, mais plus précise et une de plus grand volume (541 et 590 000 productions, respectivement). Les performances des modèles ont été comparées en utilisant 2 indicateurs statistiques, le coefficient de concordance de corrélation (CCC) et l'erreur quadratique moyenne (EQM).

Pour la première base, les modèles NorFor et CNCPS se sont avérés les meilleurs modèles, autant en utilisant le CCC (NorFor, CNCPS, NRC et INRAtion : respectivement 0,82, 0,76, 0,75 et 0,74 - une valeur élevée est préférable) ou l'EQM (NorFor, CNCPS, INRAtion et NRC : respectivement 136, 156, 169 et 1723 - une valeur faible est préférable). Avec la base plus volumineuse, Norfor demeure le meilleur modèle avec les 2 indicateurs alors que INRAtion et CNCPS se partagent le deuxième rang (CCC : NorFor, INRAtion, NRC et CNCPS : 0,72, 0,68, 0,61, 0,59 et l'EQM : NorFor, CNCPS, NRC et INRAtion : 194, 224, 235 et 248). L'utilisation de bases de données de fermes commerciales québécoises pour comparer ces modèles de prédiction est unique et semble indiquer que le modèle développé en Scandinavie, s'adapte très bien à nos conditions. L'utilisation du meilleur modèle de formulation pourrait réduire des excès protéiques alimentaires et les coûts de rations en maintenant la production de protéine.



Les bactériocines : une approche naturelle pour la prévention de la mammite bovine ?

S. Bennett¹, L. Ben Said², F. Malouin¹, I. Fliss³ et P. Lacasse²

1. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada

2. AAC Centre de recherche et développement de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada

3. Université Laval, Québec, QC, Canada

L'utilisation des antibiotiques pour le traitement et la prévention des mammites cliniques a certes permis de contrôler cette maladie dans l'élevage bovin. Cependant, leur utilisation a entraîné l'apparition de bactéries multi-résistantes qui représentent une grave menace pour la santé humaine et animale. Il est donc devenu urgent pour le secteur laitier de développer de nouvelles alternatives. Les bactériocines sont des peptides antimicrobiens naturels synthétisés par une grande variété de bactéries et inhibent la croissance d'autres microorganismes. Au cours de ce projet, l'activité inhibitrice de différentes bactériocines a été évaluée chez des bactéries isolées de cas de mammite bovine. Nos travaux ont montré que la bactofencine, la nisine et la réutérine peuvent inhiber la croissance de la plupart de *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalatiae* et *Streptococcus uberis* sensibles ou multirésistants aux antibiotiques. Par la suite, l'efficacité d'un bain de trayon à base de bactofencine, nisine et

réutérine, seules et en combinaison a été évaluée chez la vache laitière. Nos résultats ont montré que la nisine et la réutérine, seules et en combinaison, ont permis de réduire la charge bactérienne sur la peau des trayons, sans causer de toxicité et d'inflammation. À notre connaissance, il s'agit de la première étude évaluant un consortium de bactériocines pour prévenir la mammite bovine. La suite du projet consistera à évaluer l'efficacité d'une infusion intramammaire combinant la nisine et la réutérine pour traiter des cas de mammites sous-cliniques chez la vache laitière. Enfin, les premiers résultats sont prometteurs et suggèrent que ces molécules naturelles sont de potentielles alternatives aux antibiotiques. Leur éventuelle utilisation en production laitière pourrait avoir de nombreux bénéfices pour le secteur laitier, tels que diminuer les coûts associés au retrait du lait lors du traitement de la mammite, ainsi que limiter la propagation de bactéries multirésistantes pouvant être transmises aux animaux et aux humains.



Impacts de l'alimentation lactée sur les performances pré-sevrage des génisses

Léonie Laflamme-Michaud*¹, Éric Paquet¹, Débora Santschi², Jennifer Phillion¹, Sabrina Plante¹, Jamie Dallaire¹, Elsa Vasseur³ et Édith Charbonneau¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec

2. Lactanet, Centre d'expertise en production laitière, Ste-Anne-de-Bellevue, Québec

3. Département of animal science, Université de McGill, Ste-Anne-de-Bellevue, Québec

* leonie.laflamme-michaud.1@ulaval.ca

Le code de pratiques pour le soin et la manipulation des bovins laitiers recommande de fournir une quantité de lactoreplaceur correspondant à 20% du poids vif à la naissance aux génisses laitières. Dans cette étude, nous voulons évaluer l'impact d'une consommation à volonté (AdLib) en comparaison à la consommation selon la recommandation canadienne (ReCan) sur la croissance de 187 génisses provenant de deux fermes commerciales de la région de Québec. Le programme de sevrage graduel était réparti sur 12 jours pour les ReCan et sur 24 jours pour les AdLib; les 12 derniers jours étant identiques. Le sevrage était complété à 76 jours d'âge.

Les résultats démontrent que les AdLib ont consommé en moyenne 10,9 L au pic de la consommation et les ReCan 8,0 L ($P < 0,001$). Le GMQ pré-sevrage (7-50 jours) des AdLib était supérieur (0,97 vs 0,84 kg/j; $P < 0,001$). Le GMQ des AdLib tendait à être inférieur durant le sevrage

(64-76 jours) (0,92 vs 0,98 kg/j; $P = 0,09$). Les GMQ n'étaient pas différents en post-sevrage (77-86 jours) (1,30 vs 1,26 kg/j; $P = 0,48$). Le poids des AdLib était supérieur en pré-sevrage (90,7 vs 84,7 kg; $P < 0,001$), au sevrage (116,1 vs 111,7 kg; $P < 0,001$) et en post-sevrage (130,1 vs 125,5 kg; $P < 0,001$). Pour les trois périodes, la hauteur au garrot et la hauteur aux hanches ne différaient pas entre les traitements. La largeur aux hanches des AdLib était supérieure en pré-sevrage (22,9 vs 22,3 cm; $P < 0,001$), au sevrage (25,3 vs 24,8 cm; $P < 0,001$) et en post-sevrage (26,4 vs 26,1 cm; $P = 0,02$). La courbe de croissance des AdLib était supérieure dès la première semaine. Notre étude montre que les producteurs pourraient atteindre une croissance accrue en offrant une alimentation *ad libitum* à leurs génisses en période pré-sevrage.



Impacts de l'alimentation lactée sur les performances post-sevrage des génisses

Jennifer Phillion^{*1}, Éric Paquet¹, Léonie Laflamme-Michaud¹, Débora Santschi² et Édith Charbonneau¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec

2. Lactanet, Centre d'expertise en production laitière, Ste-Anne-de-Bellevue, Québec

* jennifer.phillion.1@ulaval.ca

Les effets bénéfiques des régimes lactés ad libitum sur les performances de croissance pré-sevrage des génisses sont déjà probants. Les impacts de ce type de régime sur la période post-sevrage ont toutefois reçu moins d'attention. L'objectif de cette étude était donc d'évaluer si les effets observés sur les génisses persistent après le sevrage. Sur une ferme commerciale située au Québec (Canada), 84 génisses Holstein ont reçu des programmes d'alimentation lactée différente entre 7 et 76 jours d'âge et ont été suivis jusqu'à 11 mois. En respectant une distribution aléatoire, la moitié des génisses ont reçu du lactoreplaceur (28% PB, 16% gras, 15% MS) selon la recommandation du Code de pratique pour le soin et la manipulation des bovins laitiers (ReCan : 20% poids vif à la naissance), l'autre suivait un régime ad libitum (AdLib). Pour le sevrage, la quantité de lactoreplaceur était graduellement réduite sur une durée de 12 et

de 24 jours pour les ReCan et AdLib respectivement, où les 12 derniers jours étaient identiques. Le sevrage était complété à 76 jours. La consommation moyenne de lactoreplaceur au pic de consommation était de 7,8 l/jour pour les ReCan et de 9,9 l/jour pour les AdLib ($P < 0,001$). Les résultats ont permis d'observer un poids à 11 mois plus important pour les génisses sur AdLib en comparaison à celles sur ReCan (376,4 vs 362,8 kg; $P = 0,02$). La hauteur aux hanches des AdLib était aussi plus élevée que celle des ReCan (136,0 vs 134,0 cm ; $P = 0,01$). Pour la circonférence thoracique, la hauteur au garrot, la largeur aux hanches et le gain moyen quotidien post-sevrage, aucun effet significatif n'a été noté. Les résultats indiquent que les gains pré-sevrage peuvent persister dans le temps.



Caractérisation du pH ruminal en continu sur 12 fermes commerciales québécoises

Félix Huot¹, Audrey Bunel², Stéphanie Claveau², Débora Santschi³, Éric Paquet¹, Rachel Gervais¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec

2. Centre collégial de transfert de technologie Agrinova, Alma

3. Centre d'expertise laitière Lactanet, Ste-Anne-de-Bellevue

L'alimentation des vaches hautes productrices est un fragile équilibre entre l'apport suffisant de fibres efficaces et d'aliments riches en nutriments afin de maintenir une bonne santé ruminale, tout en comblant les besoins élevés des animaux. L'acidose ruminale subclinique apparaît lors d'épisodes de perturbation de la santé ruminale souvent associés à de fortes teneurs en amidon dans la ration. Ce désordre entraîne plusieurs conséquences telles qu'une baisse de production et d'efficacité alimentaire. Son diagnostic étant difficile, peu d'information est disponible sur l'acidose dans nos fermes québécoises. Notre projet de recherche est donc le premier pas vers la caractérisation du pH ruminal de manière continue grâce à des bolus mesurant le pH ruminal de 112 vaches sur 12 fermes québécoises.

Les objectifs du projet sont de caractériser le pH ruminal des vaches à l'étude, de détecter les événements d'acidose ruminale subclinique à partir de ces données de pH et d'en faire la corrélation avec le profil en acides gras du lait des vaches.

Le pH ruminal mesuré pendant l'étude révèle une importante variabilité entre le pH ruminal des animaux au sein d'une même ferme. Également, le pH ruminal moyen varie grandement d'une ferme à l'autre. L'étude de l'influence des différents éléments de régie montre un pH ruminal moyen plus faible pour les vaches au robot de traite et plus élevé pour les vaches recevant du monensin ($P < 0,05$). La variation du pH ruminal au courant de la journée est très semblable pour les vaches d'une même ferme, suggérant un effet important de la régie de l'entreprise sur l'évolution du pH ruminal des vaches au fil de la journée.

Au terme de cette étude, nous aurons une meilleure compréhension de la variabilité du pH ruminal qui nous aidera à mieux situer l'acidose ruminale subclinique dans notre contexte québécois. La détection précoce de l'acidose ruminale subclinique pourrait représenter une hausse de la productivité et de la rentabilité des entreprises laitières tout en améliorant le bien-être des vaches.



Le rôle important de *Klebsiella pneumoniae* dans les mammites cliniques des vaches laitières logées sur litière de fumier recyclé

Annie Fréchette^{1,2}, Gilles Fecteau³, Caroline Côté⁴, Simon Dufour^{1,2}

1. Regroupement FRQ-NT Op+Lait, Saint-Hyacinthe, QC, Canada
2. Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal
3. Département de sciences cliniques, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal
4. Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement, Québec, QC, Canada

Les coûts croissants des litières traditionnelles ont poussé les producteurs laitiers à explorer des alternatives. Ainsi, on observe une popularité grandissante au Québec envers la litière de fumier recyclé (LFR). Les effets potentiellement négatifs sur la santé de cette pratique demeurent peu documentés, mais semblent importants. L'objectif de cette étude était de comparer le nombre de cas de mammite clinique dans les troupeaux utilisant la LFR versus ceux utilisant de la paille. De plus, il s'agit de la première étude, à notre connaissance, qui identifiait les agents pathogènes responsables de ces mammites cliniques.

Une étude réalisée en 2018-2019 sur 26 fermes utilisant de la LFR et 60 fermes utilisant de la litière de paille a permis de recueillir des échantillons de lait de chaque quartier présentant un cas de mammite clinique pour une durée d'un an. Les prélèvements étaient ensuite cultivés et les agents pathogènes identifiés.

Les producteurs nous ont soumis 1144 échantillons pendant la durée de l'étude. Le nombre de cas de mammite clinique n'était pas statistiquement différent selon la litière utilisée (moyenne [IC95%]; LFR : 14 [8-24]; paille : 16 [9-30] cas/100 vaches-an). Cependant, le nombre de cas de mammites causés par *Klebsiella pneumoniae* était nettement plus élevé dans les troupeaux sur LFR (ratio d'incidence [IC95%]: 7.0 [2,0-24,6]).

Les mammites causées par *Klebsiella pneumoniae* sont sérieuses et peuvent compromettre la vie de l'animal. Il s'agit donc d'une observation pertinente pour les producteurs qui ont adopté la pratique ou qui y songent. L'utilisation de LFR peut entraîner des risques pour la santé des animaux. Ce projet permet de mieux les caractériser et vise à aider les producteurs à établir au sein de leur ferme un plan de gestion de risque efficace.



Dépistage bactériologique de l'endométrite : vers une utilisation plus judicieuse des antibiotiques ?

N. Barbeau Grégoire¹, A. Boyer¹, M. Rousseau¹ and J. Dubuc¹

1. Faculté de médecine vétérinaire de l'université de Montréal

L'endométrite post-partum est une maladie qui affecte les performances en reproduction chez la vache laitière. Son diagnostic est basé sur la présence d'inflammation excessive dans l'utérus suite au vêlage. Au niveau curatif, l'utilisation d'un traitement antibiotique sous forme d'injection intra-utérine chez les cas d'endométrite c'est avéré bénéfique pour l'amélioration des performances en reproduction. Considérant les enjeux modernes concernant l'utilisation des antibiotiques en productions animales, il est justifiable de remettre en question l'utilisation d'une méthode diagnostique basée sur la présence d'inflammation afin d'administrer un traitement antibiotique. En ce sens, l'objectif principal de ce projet de recherche était de valider l'exactitude des résultats de milieux de culture bactériologique utilisé à la ferme (Tri-plate et Petrifilm) en rapport avec l'analyse bactérienne de laboratoire pour des échantillons utérins. Pour ce faire, total de 189 vaches en période post-partum ont été enrôlées afin de recueillir 2 échantillons utérins à partir de

cytobrosses. Ces échantillons étaient utilisés afin d'inoculer les milieux de cultures à la ferme, d'obtenir une analyse bactérienne d'un laboratoire de référence ainsi qu'évaluer l'inflammation de l'utérus au moment de l'examen. Les résultats obtenus supportent que le milieu Triplate utilisé à la ferme permet d'obtenir une analyse bactérienne à la ferme comparable à celle obtenue en laboratoire. La comparaison entre l'analyse bactérienne et inflammatoire montre un manque de concordance entre les deux techniques. Ces résultats montrent le potentiel de l'approche bactériologique pour le diagnostic de l'endométrite chez la vache. Bien que d'autres projets soient nécessaires afin de confirmer nos données, il semble que cette technique puisse avoir la capacité de réduire la quantité d'antibiotique utilisée et d'augmenter l'efficacité des traitements utilisés. Les performances en reproduction seraient accrues tout en s'harmonisant avec une utilisation plus judicieuse des antibiotiques qui serait bénéfique pour l'image de la production laitière.



Établissement du statut de bien-être des troupeaux laitiers québécois par l'apprentissage-machine et impact sur la performance et la rentabilité

G.M. Dallago^{1*}, D. Warner², K.M. Wade¹, R.I. Cue¹, R. Lacroix², A. Baniré Diallo³ et E.Vasseur¹

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

2. Lactanet, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, Canada.

3. Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, Canada.

* gabriel.dallago@mail.mcgill.ca

Le bien-être animal fait partie des programmes de certification de durabilité, mais les relations entre le bien-être et les performances des troupeaux et l'économie sont mal définies, même si la mise en œuvre de solutions favorisant le bien-être animal est influencée par leur impact économique. Notre objectif était de décrire l'état du bien-être de troupeaux laitiers au Québec et d'analyser sa relation avec des indicateurs de profitabilité, de durée de vie et de production. Les réponses relatives au bien-être concernant la boiterie, les lésions au jarret, au cou et au genou ainsi que les animaux présentant une note d'état corporel (BCS) ≤ 2 , recueillies entre 2016 et 2019, ont été extraites de la base de données proAction[®] à partir de 2 696 troupeaux. Lactanet a fourni les indicateurs de profitabilité (valeur laitière), de durée de vie (durée de vie productive et pourcentage d'animaux ayant un niveau de lactation supérieur ou égal à 3; Lact 3+), de productivité (lait corrigé pour l'énergie; ECM) et d'état de troupeau composite (c'est-à-dire, outil de bien-être et de surveillance à distance de la santé; HIS). Des cartes s'organisant automatiquement et des groupements hiérarchiques ont été utilisés pour

établir le profil des fermes sur la base des réponses liées au bien-être, de l'HIS, de la saison et du type d'étable. La profitabilité, la durée de vie et la productivité ont été comparées entre les cinq groupes identifiés à l'aide d'un modèle de forêt aléatoire. Le groupe 5 (N = 1 050) a obtenu le meilleur état de bien-être global, étant constitué de troupeaux moins susceptibles de comporter une grande fréquence de boiterie, de lésions au jarret, au cou et au genou et un grand nombre d'animaux ayant une BCS ≤ 2 , tout en étant plus susceptibles d'avoir une plus grande valeur d'HIS. Les fermes du groupe 5 étaient également plus de nature à obtenir des valeurs de lait, Lact 3+, et d'ECM élevées. Le groupe 2 (N = 234) était plus susceptible d'avoir une grande prédominance de BCS ≤ 2 et de lésions au genou, tandis que le groupe 1 (N = 288) présentait la plus grande fréquence de lésions au cou et que le groupe 4 (N = 473) présentait une grande fréquence de lésions au jarret et de boiterie. En résumé, nous avons divisé les troupeaux en fonction des réponses liées au bien-être. Le meilleur état de bien-être a été associé à de meilleurs indicateurs de performance et indicateurs économiques.



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

M. Bahadi¹, D. Warner², A. A. Ismail¹, D. E. Santschi², D. M. Lefebvre², R. Duggavathi¹, E. Vasseur¹

1. McGill University, Sainte Anne de Bellevue, QC, Canada

2. Lactanet, Sainte Anne de Bellevue, QC, Canada

Traditionnellement, évaluer le statut de bien-être (SBÊ) des vaches requérait des visites de ferme. Détecter le SBÊ des vaches à même les échantillons de lait déjà collectés pour le contrôle laitier représenterait une alternative pratique. Ainsi, cette étude visait à appliquer une nouvelle méthode d'analyse spectrale combinant l'analyse en composantes principales et la modélisation mixte pour isoler les empreintes spectrales représentant les effets de configurations du logement sur la composition du lait. Cette nouvelle méthode a été utilisée dans le cadre d'essais examinant l'impact de la modification d'éléments du logement, notamment 4 positions de la barre d'attache (BA) et 2 longueurs de chaîne, sur la composition du lait. Les principaux composants, extraits des moyennes des spectres collectés pendant les semaines 8-10, ont révélé un effet significatif des éléments du logement. Concernant l'évaluation du SBÊ négatif, l'analyse spectrale a révélé des niveaux plus élevés des biomarqueurs liés à la mobilisation de la graisse corporelle dans le lait

venant des vaches soumises au traitement de BA le plus restrictif, suggérant une entrave potentielle de l'accès à l'alimentation chez ces vaches. Ces résultats ont été confirmés par une plus grande prévalence chez ces vaches des blessures à deux endroits sur le cou, liées à l'accès à la mangeoire. Concernant l'évaluation du SBÊ positif, le lait des vaches attachées avec des chaînes plus longues avait des niveaux inférieurs des biomarqueurs liés aux épisodes d'acidose ruminale. Les observations comportementales ont montré que ces vaches passaient plus de temps avec la tête dans la mangeoire, supposant qu'elles auraient pu mâcher davantage; conséquemment, elles auraient produit plus de salive pour équilibrer le pH ruminal. La nouvelle méthodologie offre un nouvel outil d'évaluation du SBÊ des vaches et permet la détection à distance, sans visites à la ferme, des vaches ou des troupeaux ayant des problèmes de bien-être.



Les luzernes potentiellement plus digestibles ne le sont pas toutes sous nos conditions

Marie-Soleil Boucher¹, Gaëtan Tremblay², Philippe Séguin³, Édith Charbonneau⁴, Mireille Thériault², Jean-Philippe Laroche⁵, Annick Bertrand², Annie Claessens², Gilles Bélanger², Robert Berthiaume⁵ et Caroline Halde¹

1. Département de phytologie, Université Laval, Québec
2. Centre de recherche et de développement de Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec
3. Département de phytologie, Université McGill, Montréal
4. Département des sciences animales, Université Laval, Québec
5. Lactanet, Sainte-Anne-de-Bellevue

Contexte de la recherche

Des cultivars de luzerne plus digestibles, conventionnellement sélectionnés ou génétiquement modifiés (GM), sont utilisés au Québec. Une meilleure digestibilité a le potentiel d'améliorer la teneur énergétique et la flexibilité de récolte de la luzerne.

Approche de recherche

L'objectif était de comparer le rendement, la qualité et la survie à l'hiver des cultivars de luzerne plus digestibles sous deux intervalles de coupe au Québec. Huit cultivars ont été évalués : deux GM; quatre sélectionnés conventionnellement, soit deux à faible teneur en lignine, un riche en pectine et un à dégradabilité enzymatique améliorée des tiges; et deux témoins. Ils ont été récoltés au stade début boutons ou à moins de 10 % en fleurs.

Résultats et applications

Les cultivars ont tous survécu aux conditions hivernales. En première année de production, les cultivars ont eu un rendement saisonnier comparable à celui des témoins, sauf le cultivar sélectionné pour une dégradabilité améliorée des tiges (-13 %). Les cultivars GM avaient une NDFd de 4,7 unités de % supérieure et une teneur en NDF de 1,0 unité de % inférieure à celles des témoins. Les cultivars sélectionnés conventionnellement avaient une NDFd similaire à celles des témoins. Les cultivars GM offraient une plus grande flexibilité de récolte. Avec une coupe de moins par an lorsque récoltés au stade début floraison, les cultivars GM avaient un rendement saisonnier de 1,0 t MS/ha supérieur, une NDFd similaire, une teneur en protéines brutes inférieure (-3,1 unités de %), et des teneurs en NDF (+5,6 unités de %) et en lignine (+0,16 unité de %) supérieures à ceux des cultivars témoins récoltés au stade début boutons.

Bénéfices potentiels pour les producteurs laitiers

L'utilisation de cultivars de luzerne GM pourrait permettre une meilleure flexibilité de récolte, accroître la digestibilité de la ration, et ainsi potentiellement améliorer l'efficacité alimentaire des vaches.



Nutrition protéique : peut-on faire plus avec moins ?

Jean-Philippe Laroche¹, Rachel Gervais¹, Hélène Lapierre², Daniel Ouellet², Gaëtan Tremblay³,
Caroline Halde⁴, Marie-Soleil Boucher⁴ et Édith Charbonneau¹

1. Département des sciences animales, Université Laval, Québec

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

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

4. Département de phytologie, Université Laval, Québec

Contexte de la recherche

Les recommandations actuelles concernant les besoins en protéines de la vache laitière sont exprimées en protéines métabolisables, ce qui peut entraîner une suralimentation pour certains acides aminés. Une diminution des apports en protéines métabolisables est toutefois typiquement associée à une baisse de la production laitière, probablement causée par une limitation en certains acides aminés essentiels.

Approche de recherche

Ce projet évaluait l'impact d'une variation de l'apport en énergie (94, 101 et 107% des besoins) sur les performances de vaches laitières alimentées de rations ayant un apport réduit en protéines métabolisables (86% des besoins en moyenne), mais équilibrées pour l'histidine, la lysine et la méthionine, trois acides aminés essentiels souvent limitants. La ration témoin était équilibrée pour ces acides aminés essentiels et comblait 103% des besoins en protéines métabolisables ainsi que 108% des besoins en énergie. Huit vaches Holstein en début de lactation ont reçu en alternance ces quatre diètes durant quatre périodes consécutives de 21 jours.

Résultats et applications

Par rapport à la ration témoin, une diminution de l'apport en protéines métabolisables et un maintien du même bilan énergétique a permis d'améliorer l'efficacité d'utilisation de la protéine par l'animal tout en maintenant la production de lait corrigé pour l'énergie, ainsi que la production de gras et de protéines vraies du lait. Les trois rations faibles en protéines métabolisables ont permis de diminuer l'excrétion azotée des vaches.

Bénéfices potentiels pour les producteurs laitiers

Il est possible de réduire les apports en protéines métabolisables de la ration sans avoir d'effet négatif sur la productivité de la vache laitière en début de lactation, à condition de combler ses besoins en énergie et en acides aminés essentiels. De tels changements apportés à la ration permettent de réduire les rejets azotés dans l'environnement, et ainsi de diminuer l'impact environnemental de la production laitière.



Les antimicrobiens naturels d'origine bactérienne : Arme potentielle pour lutter contre les biofilms laitiers

Laila Ben Said¹, Mérielie Gagnon¹, Denis Roy¹, Ismail Fliss¹

1. Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Québec, QC

Les bactéries lactiques produisent de nombreux composés antimicrobiens notamment les bactériocines, les acides organiques et les biosurfactants. Cette nouvelle génération d'antimicrobiens naturels représentent une alternative très prometteuse aux désinfectants chimiques dans le secteur alimentaire notamment pour la lutte contre les biofilms produits par certaines bactéries lactiques thermorésistantes (BLT) et qui ont un impact majeur sur la qualité du lait et des produits laitiers.

L'objectif général de ce projet est d'identifier des cultures bioprotectrices qui produisent des composés antimicrobiens qui sont capables d'inhiber la formation de biofilm laitiers par les BLT. Cent quinze souches de bactéries lactiques appartenant aux genres *Lactobacillus* (n=50); *Lactococcus* (n=22) et *Pediococcus* (n=24), ont été testées contre plusieurs bactéries indicatrices. L'efficacité dans la prévention ou l'inhibition de la formation de biofilm laitier des métabolites produits par les souches actives a été évaluée. Les concentrations minimales inhibitrices de la formation de biofilm laitier de trois bactériocines (nisine A, bactofencine A et pédiocine PA-1) et de deux acides organiques (lactique et citrique) ont été déterminées grâce à un test sur microplaque.

Les résultats obtenus ont montré que 28 surnageants de culture étaient actifs contre *L. ivanovii* HPB28 alors que huit étaient actifs contre *C. tyrobutiricum* ATCC 25755. En ce qui concerne l'activité anti-biofilm, la bactofencine et la nisine ont montré des effets inhibiteurs significatifs sur la formation de biofilm laitier alors qu'aucun effet n'a été observé avec la pédiocine. L'acide citrique, utilisé à la moitié de la CMI, a permis de réduire de moitié la production de biofilm. Cependant, aucune réduction n'a été observée avec l'acide lactique.

Les résultats obtenus montrent le potentiel d'utilisation des bactériocines pour le contrôle de la formation de biofilms laitiers. Elles ouvrent la porte à des applications industrielles en industrie laitière permettant une meilleure maîtrise de ce phénomène et des pertes économiques.



Persistance de souches de bactéries lactiques dans le lactoduc d'une ferme laitière

Méridie Gagnon¹, Mégane Beauséjour¹, Denis Roy¹

1. Département de sciences des aliments, INAF, Université Laval; Regroupement de recherche Op+Lait

Depuis plusieurs années, il est démontré que les pratiques de gestions à la ferme modulent le microbiote du lait cru se répercutant sur la qualité des produits laitiers. Jusqu'à présent, la route de contamination du lait, ainsi que les éléments favorisant certaines bactéries sont peu connus. L'hypothèse du projet est que la modulation du microbiote du lait passe en partie par le développement de biofilm sur la surface des équipements du système de traite. Il semble que les bactéries lactiques (LAB) abondantes dans le lait cru sont toutes désignées pour contribuer au développement de ces biofilms, notamment par la production d'exopolysaccharides composant le biofilm. L'objectif de l'étude était de détecter et de dénombrer les LAB dans le système de traite d'une ferme laitière, lors de deux visites à un intervalle d'un an. Différentes surfaces du système de traite (réservoir du lait, emplacement du filtre à lait, lactoduc et trayeuse) ont été échantillonnées. Les LAB ont été dénombrées

et isolées sur une gélose sélective. La présence de LAB aux différents endroits étaient variables entre les deux échantillonnages. Des souches de *Lactocaseibacillus casei/paracasei* et de *Pediococcus acidilactici* étaient présentes dans le lactoduc pour les deux années. Étonnamment, ces souches n'ont pas démontré la capacité de produire des biofilms dans le lait, ni la capacité à produire des exopolysaccharides. Il est possible que ces souches adhèrent à la surface par d'autres mécanismes ou que le biofilm soit produit par d'autres microorganismes. Ce travail fait la démonstration que le développement de biofilm laitier dans le système de traite comme le lactoduc est non négligeable considérant la persistance de souches de LAB sur une période d'un an. Une meilleure identification des bactéries persistantes dans le système de traite aidera à optimiser les méthodes de nettoyage utilisées à la ferme afin d'améliorer la qualité du lait.



Production de biofilms laitiers sur des surfaces en acier inoxydable dans un bioréacteur et développement d'une méthode efficace de prélèvement

Nissa Niboucha¹, Coralie Goetz¹ et Julie Jean¹

1. Centre de recherche STELA, Institut sur la Nutrition et les Aliments Fonctionnels (INAF), Université Laval

L'industrie laitière peut faire face à des situations préoccupantes face à la présence de biofilms dans ses usines de transformation laitière (UTL). L'existence de ces structures microbiennes dans ces dernières réduit substantiellement l'innocuité et la qualité des produits laitiers, menant à d'importantes pertes économiques. Le nettoyage en place est le moyen actuellement utilisé dans les UTL pour lutter contre ces biofilms. Malheureusement, celui-ci ne garantit pas toujours leur totale élimination.

Dans ce contexte, l'acquisition de nouvelles connaissances sur la constitution des biofilms laitiers sur les plans chimique, structurel et microbiologique permettrait de mieux les contrôler.

Le premier volet de ce projet de recherche vise à : (1) Optimiser les conditions de développement de biofilms laitiers sur des surfaces en acier inoxydable dans un système dynamique en bioréacteur et (2) Mettre au point une technique de prélèvement adaptée à un échantillonnage en place.

Nos résultats ont démontré que la souche *Pseudomonas fluorescens* PF11A isolée du secteur laitier est capable de former des biofilms forts en conditions dynamiques, dans du milieu de culture (TSB) et dans du lait, avec des comptes bactériens de 8,42 et 7,74 log UFC/cm² respectivement. De plus, la méthode de prélèvement combinant la sonication et l'éponge synthétique permet un décrochage efficace des biofilms et une récupération similaire à celle obtenue par l'ultrasonication (ASTM E2871-19). Par sa flexibilité et sa facilité d'utilisation dans les UTL, cette méthode permettrait un prélèvement adéquat des biofilms.

En conclusion, nos travaux permettront de développer des méthodes et des outils pour mieux étudier et caractériser les biofilms laitiers et éventuellement proposer des stratégies de contrôle par la mise au point de nouvelles formules antibiofilms adaptées. De cette façon, les UTL québécoises assureront la fabrication de produits laitiers toujours sécuritaires et de grande qualité.



Suivi phagique dans une usine fromagère sur 20 ans

**Alice P. Jolicoeur^{1,2}, Marie-Laurence Lemay³, Élyse Beaubien^{1,2}, Jessy Bélanger^{1,2}, Claudia Bergeron^{1,2},
Françoise Bourque-Leblanc^{1,2}, Hélène Deveau^{1,2}, Laurie Doré^{1,2}, Marie-Ève Dupuis^{1,2}, Audrey Fleury^{1,2}, Josiane Garneau^{1,2},
Simon J. Labrie^{1,2}, Steve Labrie^{1,2}, Geneviève Lacasse^{1,2}, Alexia Lacelle-Côté^{1,2}, Marianne Lamontagne-Drolet^{1,2},
Roxanne Lessard-Hurtubise^{1,2}, Bruno Martel^{1,2}, Rym Menasria^{1,2}, Rachel Morin-Pelchat^{1,2}, Gabrielle Pageau^{1,2},
Geneviève M. Rousseau^{1,2,4}, Julie Samson^{1,2}, Manon Duquenne⁵, Maryse Lamoureux⁵ and Sylvain Moineau^{1,2,4}**

1. Département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, Canada, G1V 0A6

2. Groupe de recherche en écologie buccale, Faculté de médecine dentaire, Université Laval, Québec, Canada, G1V 0A6

3. Département de microbiologie, infectiologie et immunologie, Faculté de médecine, Université de Montréal, Montréal, Canada, H3C 3J7

4. Félix d'Hérelle Reference Center for Bacterial Viruses, Université Laval, Québec, Canada, G1V 0A6

5. Agropur Cooperative, Saint-Hubert, Canada, J3Z 1G5

Depuis les années 30, les bactériophages des bactéries lactiques sont étudiés à cause de leurs effets néfastes en transformation laitière. Ces virus bactériens infectent et tuent les ferments lactiques utilisés en industrie ce qui ralentit le processus de fermentation du lait menant à des produits fermentés de qualité inférieure. Différentes mesures anti-phages ont été mises en place par l'industrie afin d'éviter les délais lors des productions fromagères et d'assurer la production de fromages de qualité. Ces mesures incluent, entre autres, le suivi des populations phagiques au sein de l'usine, la rotation des ferments et la sélection de meilleures souches bactériennes.

En partenariat avec une usine québécoise de fromage cheddar, nous avons surveillé les populations de lactophages sur une période de 20 ans. Cette collaboration université-industrie a permis la collection de 889 isolats de bactériophages, dont 241 nouveaux phages, infectant différentes souches de *Lactococcus cremoris*. D'abord, une activité

réduite des ferments était détectée dans le lactosérum à l'usine de transformation laitière, puis les échantillons envoyés à l'Université Laval. Des phages étaient ensuite isolés et caractérisés afin de distinguer les souches virales et le genre auquel elles appartiennent. Un spectre d'hôte était par la suite réalisé sur les souches en utilisation dans l'usine.

Des 889 isolats, 97% (861) appartiennent au *Skunavirus* ce qui en fait le genre viral le plus persistant dans cette usine fromagère. Diverses régions de leurs génomes ont été séquencées, puis analysées phylogénétiquement. Les phages de ce genre viral se regroupent en fonction de l'hôte qu'ils infectent et non en fonction de leur année d'isolement. Certains phages ont aussi été isolés plusieurs fois au cours des années alors que d'autres sont rarement isolés. Également, ils sont spécifiques, n'infectant rarement plus qu'un hôte bactérien. Ces résultats supportent les pratiques de rotation des ferments présentement utilisées en industrie de transformation laitière.



Les protéines de phages lactiques : un grand mystère

Rachel Morin-Pelchat^{1,2}, Sylvain Moineau^{1,2,3}

1. Département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, QC G1V 0A6, Canada

2. Groupe de recherche en écologie buccale, Faculté de médecine dentaire, Université Laval, QC G1V 0A6, Canada

3. Félix d'Hérelle Reference Center for Bacterial Viruses, Faculté de médecine dentaire, Université Laval, QC G1V 0A6, Canada

Streptococcus thermophilus est la seconde bactérie lactique la plus utilisée en transformation laitière. Comme toutes les bactéries, elle peut être infectée par des virus appelés bactériophages ou phages. Les phages représentent un risque significatif en transformation laitière puisqu'ils sont ubiquitaires et peuvent mener à des produits fermentés de qualité inférieure. L'étude de la biologie des phages lactiques et de leurs mécanismes de répllication est nécessaire pour l'amélioration des méthodes de contrôle servant à prévenir leur prolifération dans les procédés industriels.

En général, les gènes viraux qui sont exprimés dès le début de l'infection sont les plus susceptibles d'encoder des protéines qui interagissent avec des composantes de l'hôte. Chez les phages lactiques, entre le tier et la moitié des gènes viraux précoces encodent des protéines aux fonctions inconnues. Le principal objectif de cette maîtrise était de débiter la caractérisation de certaines de ces protéines virales. Puisque le ou les

partenaires d'interaction d'une protéine est directement liée à la fonction de cette dernière, nous avons travaillé au développement de méthodes servant à investiguer les interactions protéine-protéine entre le bactériophage 2972 et sa souche hôte *S. thermophilus* DGCC7710.

Des variants du phage 2972 ont été produits à l'aide de l'outil d'édition de génome CRISPR-Cas9. Ces variants produisent des protéines d'intérêt qui sont étiquetées (SH-tag). Des cellules infectées par ces phages seront lysées pour la récupération de la protéine étiquetée et de ses partenaires par purification d'affinité pour l'étiquette. Ce protocole est toutefois toujours en cours de d'optimisation puisque l'étape de bris de cellules infectées par des phages, afin d'extraire les protéomes bactérien et viral, a représenté un défi inattendu. En effet, cette bactérie à Gram-positif s'est avérée résistante à plusieurs techniques de lyse standard. Parmi les méthodes testées, l'utilisation d'endolysines de phage purifiées s'est avérée la plus concluante pour lyser la souche DGCC7710.



Impact de la microflore native des fromages du terroir québécois sur leur texture

Karl Coulombe¹⁻², Marie-Hélène Lessard¹⁻², Sylvie L. Turgeon², Steve Labrie¹⁻²

1. Laboratoire de mycologie alimentaire (LMA)

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

La texture des fromages est l'un des critères de qualité parmi les plus faciles à distinguer par les consommateurs. Cette texture peut être modulée à la fois par des leviers technologiques et par l'activité des microorganismes présents. Lors de l'étude du microbiote naturel du fromage du terroir québécois, plusieurs bactéries, levures et moisissures ont été isolées et identifiées. Ces microorganismes sont d'intérêt pour les fromagers pour leur possible participation au développement des propriétés sensorielles typiques (goût, odeur, texture). L'objectif principal de ce projet est de vérifier l'impact encore peu connu de ce microbiote secondaire sur la texture des fromages.

Des souches bactériennes de *Lactobacillus plantarum*, *L. curvatus* et *Staphylococcus equorum*, ainsi que des levures des espèces *Cyberlindnera jadinii*, *Pichia fermentans*, *Kazachstania servazzii*, *Pichia kudriavzevii* et *Rhodotorula mucilaginosa* ont été criblées pour leurs capacités protéolytiques et lipolytiques sur milieux caséinate de calcium et tributyrine, respectivement, et incubées à 15 °C et à 25 °C pendant 21 jours.

Les activités des souches ont été évaluées par la mesure du halo généré lors de l'utilisation des composés autour des colonies. Les résultats montrent que les *Lactobacillus* sont fortement protéolytiques à 15 °C. Pour sa part, *S. equorum* semble avoir des activités protéolytiques et lipolytiques modérées à toutes les températures. Parmi les levures, seule *K. servazzii* a démontré une protéolyse à 25 °C, mais la majorité des levures avaient une activité lipolytique. Ces aptitudes technologiques servent d'indicateurs d'un potentiel changement de texture dans les fromages.

Pour la suite du projet, les souches fortement protéolytiques seront ajoutées individuellement à des fromages pour lesquels les changements physico-chimiques en cours de maturation, principalement sur la texture, seront évalués. Ces nouvelles connaissances permettront de mieux comprendre l'impact du microbiote secondaire sur la texture des fromages, et ainsi assurer un meilleur contrôle de la qualité des fromages québécois.



La teneur en lactoferrine, lactoperoxydase ou lysozyme dans le lait dans des fromages

Langlois-Deshaies R.¹, Raymond Y.¹, Lemay M.J.¹, Champagne C.P.¹ et Labrie S.²

1. AAC Centre de recherche et développement de Saint-Hyacinthe, Saint-Hyacinthe, Québec, Canada

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

Les variations dans la qualité des fromages sont expliquées par plusieurs facteurs tels que l'alimentation, la race, la saison, les pratiques manufacturières, les ferments mais aussi le microbiote bactérien du lait. Parmi les facteurs qui influencent le microbiote sont les protéines antimicrobiennes. Ce projet vise à déterminer la concentration et l'activité de la lactoferrine (LF), de la lactopéroxydase (LP) et du lysozyme (LZ) dans des fromages commerciaux. Une technique de dosage d'immunoabsorption par enzyme liée (ELISA) fut employée pour chaque protéine. De plus la LP fut mesurée par spectrométrie, la LZ par fluorescence et la LF par HPLC.

Le fromage camembert avait systématiquement moins de LP, LF et LZ que les 3 autres fromages. Les deux méthodologie analytiques de LP permettaient la détermination de l'activité de la LP en soi, ce qui aurait dû générer des résultats semblables. Or, il n'y avait pas de forte corrélation entre les

résultats des deux méthodes ($R = 0.46$; $p = 0.13$). Les résultats d'activité de LP sont donc fonction de la méthodologie utilisée. Quant à la LZ, la méthode spectrophotométrique donnait l'activité tandis que la méthode ÉLISA révélait teneur totale en protéine-LZ, peu importe l'activité (ELISA). Il n'y avait pas de corrélation entre la quantité totale de LZ et la quantité résiduelle ayant de l'activité. Ceci révèle que les pertes d'activité différaient selon les fromages. Les deux analyses de LF donnaient la teneur de la protéine dans les fromages. Comme pour la LP, il y avait une certaine corrélation ($R = 0.40$) mais elle n'était pas forte ($p = 0.2$).

Ces résultats démontrent que des protéines antimicrobiennes du lait se retrouvent dans le fromage, mais à des niveaux variables. Des études sur leur action dans l'évolution du microbiote lors de la maturation sont en cours.



Impact de l'ajout de caséinate de sodium sur les propriétés fromagères des concentrés d'osmose inverse de lait

Marie-Pier B.Vigneux¹, Michel Britten² et Yves Pouliot¹

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

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

L'utilisation de concentrés d'osmose inverse (OI) de lait permettrait de réduire les coûts liés au transport du lait et un gain de rendement en augmentant la quantité de protéines sériques et de lactose dans la phase aqueuse du fromage. Cependant, en raison d'une minéralisation excessive des micelles de caséine, les concentrés d'OI sont peu utilisés en production fromagère. L'ajout de caséinate de sodium (CasNa) aux concentrés d'OI permettrait de chélater le calcium ionique et de rétablir l'équilibre minéral du lait fromager. Cette étude vise à caractériser l'impact de la concentration en CasNa sur les propriétés fromagères des concentrés de lait écrémé.

Des concentrés modèles d'OI ont été préparés à partir de poudre de lait écrémé, réhydratée à deux teneurs en caséine totale (CT) (4,5 et 6%). Une partie de la caséine a été substituée par du CasNa selon quatre proportions (0; 6; 12; 18%). L'équilibre soluble-colloïdal des concentrés modèles a été caractérisé ainsi que leurs propriétés fromagères. La phase soluble a été récupérée par ultracentrifugation et la composition minérale a été déterminée par ICP-EOS. Des fromages modèles ont également été fabriqués pour évaluer les coefficients de rétention protéiques et lipidiques, l'humidité et les propriétés rhéologiques et de fonte des fromages.

L'accroissement de la proportion de CasNa déminéralise significativement ($p < 0.05$) les micelles de caséine des concentrés d'OI. L'humidité des fromages diminue et la rétention des protéines vraies s'accroît significativement ($p < 0.05$) avec l'augmentation de la proportion de CasNa. L'ajout de CasNa constitue une approche intéressante pour 1) déminéraliser la micelle de caséine; 2) bonifier les bilans fromagers; et 3) améliorer les propriétés fromagères des concentrés d'OI en permettant une meilleure contraction du caillé. En facilitant l'utilisation des concentrés d'OI en fromagerie, l'ajout de CasNa permettrait de réaliser des gains économiques et environnementaux pour les transformateurs.



Quand le babeurre est sous haute pression

Serine Touhami¹, Alain Doyen¹ et Guillaume Brisson¹

1. Département des sciences des aliments, Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA), Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6, Canada

Le babeurre (BB), co-produit de l'industrie beurrière se distingue du lait écrémé (LE) par sa richesse en phospholipides (PL) provenant de la membrane de globules de gras (MGGL). Malgré leurs nombreuses activités biologiques, les PL altèrent les propriétés techno-fonctionnelles du BB. L'utilisation des procédés baromembranaires pour le fractionnement des PL du BB afin d'obtenir un ingrédient à haute valeur nutritionnelle est de grand intérêt. Cependant, la taille similaire des fragments de MGGL et des micelles de caséines (MCN) complique leur séparation. Ce projet vise à étudier l'effet des ultra-hautes pressions d'homogénéisation (UHPH) et du pH sur ces constituants, afin d'engendrer un gradient de taille pour leur séparation subséquente. Le BB (pH 6,7) a été ajusté à pH 8,5 et 10,5, puis homogénéisé à 100, 200 et 300 MPa et comparé au LE. Les changements de taille des particules ont été suivis par diffraction laser, et les modifications structurales et la distribution des protéines par turbidité et gels d'électrophorèses. À 0 MPa, une augmentation du

diamètre moyen des particules ($D_{4,3}$) a été observée, passant de 366 nm (pH 6,7) à 747 nm (pH 10,5). Ainsi, les UHPH entraînent une réduction du $D_{4,3}$ jusqu'à 328 nm à pH 10,5. Également, la turbidité diminue drastiquement avec l'alcalinisation et davantage avec les traitements UHPH. Finalement, les gels d'électrophorèses démontrent que les UHPH favorisent la dissociation des MCN préalablement déstabilisées par l'alcalinisation. Des résultats similaires ont été observés avec le LE, suggérant que l'impact du pH et des UHPH est majoritairement sur les MCN. Cette étude démontre le potentiel de combiner les UHPH et l'alcalinisation pour moduler la taille des MCN et faciliter leur séparation des MGGL par des procédés baromembranaires. Ainsi, le fractionnement du BB permettra de générer deux fractions à haute valeur ajoutée, soit une fraction bioactive riche en PL de la MGGL et une fraction techno-fonctionnelle délipidée riche en protéines, pouvant être valorisée dans les produits laitiers.



Impact d'une homogénéisation de babeurre à ultra haute pression sur la production de yogourts

L. Krebs^{1,2}, A. Bérubé¹, J. Jung¹, A. Marciniak¹, G. Brisson¹

1. Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA), Département des sciences des aliments, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, Canada

2. Faculty of Health, Medicine and Life Sciences, Université de Maastricht, Maastricht, Pays-Bas

Le babeurre est le coproduit de fabrication du beurre qui est obtenu au cours du barattage de la crème. Il est utilisé dans diverses formulations d'aliments où il peut être remplacé par du lait ou du lactosérum en poudre. Même si sa composition est semblable à celle du lait écrémé, certaines de ses caractéristiques limitent son utilisation sur le plan technologique, en particulier sa teneur plus élevée en phospholipides. Des études ont montré que les propriétés fonctionnelles du babeurre sont souvent inférieures à celles du lait écrémé, à l'exception de ses propriétés émulsifiantes. Cependant, un prétraitement du babeurre pourrait être utilisé pour améliorer ses propriétés technofonctionnelles. Ainsi, l'objectif de cette étude était d'analyser l'impact d'une homogénéisation à ultra haute pression (UHPH) sur les propriétés technofonctionnelles du babeurre dans la fabrication de yogourts. Le babeurre et le lait écrémé (témoin) ont été traités par une homogénéisation classique (15 MPa), à haute pression (150 MPa) et à ultra haute pression (300 MPa) avant la production de yogourts. On a ensuite procédé à des analyses physicochimiques et à une caractérisation de la texture sur les deux ensembles de yogourts. Les résultats ont montré que le traitement du babeurre par UHPH a entraîné la formation d'un gel plus mou, tandis qu'une fermeté plus

importante a été observée pour les yogourts au lait écrémé. En revanche, les yogourts au lait écrémé présentaient une microstructure de gel caractérisée par de grands groupes de protéines entourant du sérum, par rapport au gel homogène observé pour le babeurre. L'utilisation de babeurre et de l'UHPH a diminué la viscosité apparente dans les yogourts brassés, mais ces derniers étaient nettement moins sujets à la synérèse que les yogourts au lait écrémé. Une analyse PAGE a montré que l'UHPH entraînait une dénaturation plus importante des protéines pour le babeurre par rapport au lait écrémé, ce qui pourrait expliquer cette diminution du phénomène de synérèse.

Globalement, l'utilisation de l'UHPH sur le babeurre présente une grande potentialité pour les applications relatives aux yogourts de faible viscosité, comme les yogourts à boire et autres boissons fermentées. La valorisation du babeurre dans les produits laitiers permettra à l'industrie laitière d'augmenter ses profits en bénéficiant simultanément de la réduction des déchets alimentaires et de la production de produits riches en babeurre ayant des bienfaits pour la santé.



Un test d'affinité sociale pour bactéries lactiques

Amadou Ndiaye¹, Marie Filteau¹ et Ismail Fliss¹ (co-directeur)

1. INAF / Département des sciences des aliments de l'Université Laval

Les produits laitiers tels que le fromage râpé, le yogourt ou le lait pasteurisé sont des milieux propices au développement des microorganismes d'altération qui limitent leur durée de conservation. La rupture de la chaîne du froid ainsi qu'une contamination par nos mains ou par l'environnement accentuent l'altération et modifient les propriétés organoleptiques du produit. L'altération mène à des pertes économiques aussi bien pour l'industriel que le consommateur. Dans presque tous les environnements, les microorganismes ne vivent pas de manière isolée, ils cohabitent avec d'autres microorganismes. Cette vie en commune donne lieu à des interactions qui peuvent jouer un rôle déterminant dans l'altération des aliments. Pour autant, ces interactions microbiennes et leurs rôles dans l'altération sont méconnus.

Notre étude a pour but de caractériser à grande échelle les relations sociales entre les microorganismes de l'environnement de transformation laitière. Dans cette optique, une méthode a été développée grâce à un robot pour mesurer les interactions microbiennes entre des bactéries lactiques et des isolats issus de produits laitiers.

Nous avons pu identifier différentes personnalités sociales chez les bactéries lactiques. Certaines souches favorisent la croissance des autres bactéries lactiques au détriment des isolats laitiers, alors que d'autres souches adoptent le comportement inverse. La mesure de l'effet des interactions microbiennes dans divers contextes, nous permettra de mettre en place un outil prédictif qui tiendra compte des interactions microbiennes. À terme, les méthodes développées permettront d'identifier des combinaisons de souches au comportement désirable pour diverses applications et d'éviter les combinaisons pouvant mener à des problèmes de qualité. Par exemple, des consortiums de cultures bio-protectrices capable d'allonger de façon naturelle la durée de conservation des produits laitiers pourront être mis au point. À long terme, les retombées de cette étude pourraient contribuer à la réduction du gaspillage alimentaire.



Utilisation des bactéries arctiques pour aider à conserver les fromages

Adam Classen¹, Roger Lévesque³, Stéphane Bayen¹, Lyle Whyte², and Jennifer Ronholm¹

1. Department of Food Science and Agricultural Chemistry, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, McGill University

2. Department of Natural Resource Sciences, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, McGill University

3. Department of Microbiology-Infectiology and Immunology, Faculty of Medicine, University of Laval

La détérioration fongique du fromage entraîne une quantité importante de gaspillage alimentaire causant d'énormes pertes économiques à l'industrie fromagère. Une méthode utilisée pour lutter contre le gaspillage est l'addition de natamycine, un polyène inhibiteur de croissance fongique. La résistance des antimicrobiens envers les polyènes ainsi que la demande des consommateurs pour des produits dits *clean label* sont en constante augmentation, laissant ainsi peu d'alternatives. Ce projet se concentre sur l'identification de nouveaux antifongiques provenant de bactéries arctiques utilisables pour l'industrie fromagère. Le projet a été divisé en trois objectifs; la recherche *in silico* d'antimicrobiens, l'investigation *in vitro* des bactéries et finalement la production d'extractions antifongiques et l'identification de leurs composants. Nos recherches *in silico* pour identifier des protéines antifongiques et des métabolites secondaires en utilisant 146 séquences de génomes entiers de bactéries arctiques nous ont permises d'identifier des groupes de gènes produisant des métabolites secondaires, des chitinases et des glucanases.

L'activité antifongique de cette collection a alors été évalué *in vitro* avec des techniques de co-cultures entre les bactéries arctiques et les souches fongiques communes à l'industrie laitière. Une évaluation avec des données de séquence des isolats les plus prometteurs n'a abouti à aucun gène antifongique connu. Afin d'identifier le(s) composant(s) actif(s), des extractions organiques à l'aide d'acétate d'éthyle ont été menées pour produire des extraits bruts, qui après optimisation, ont permis l'inhibition de toutes les souches fongiques. Les extraits ont été analysés par LC-MS pour obtenir une liste d'agents bioactifs probables, mais plusieurs composés inconnus ont été trouvés. Les étapes suivantes seront d'effectuer une analyse préparative par HPLC pour purification et de déterminer le composant actif. Ultérieurement, ce projet peut mener à d'importants avancements, tel que la réduction des pertes économiques et alimentaires d'origine fongique, tout en répondant aux demandes des consommateurs pour des produits *clean label*.

Novalait
Catalyseur de recherche

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