

Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe



Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec

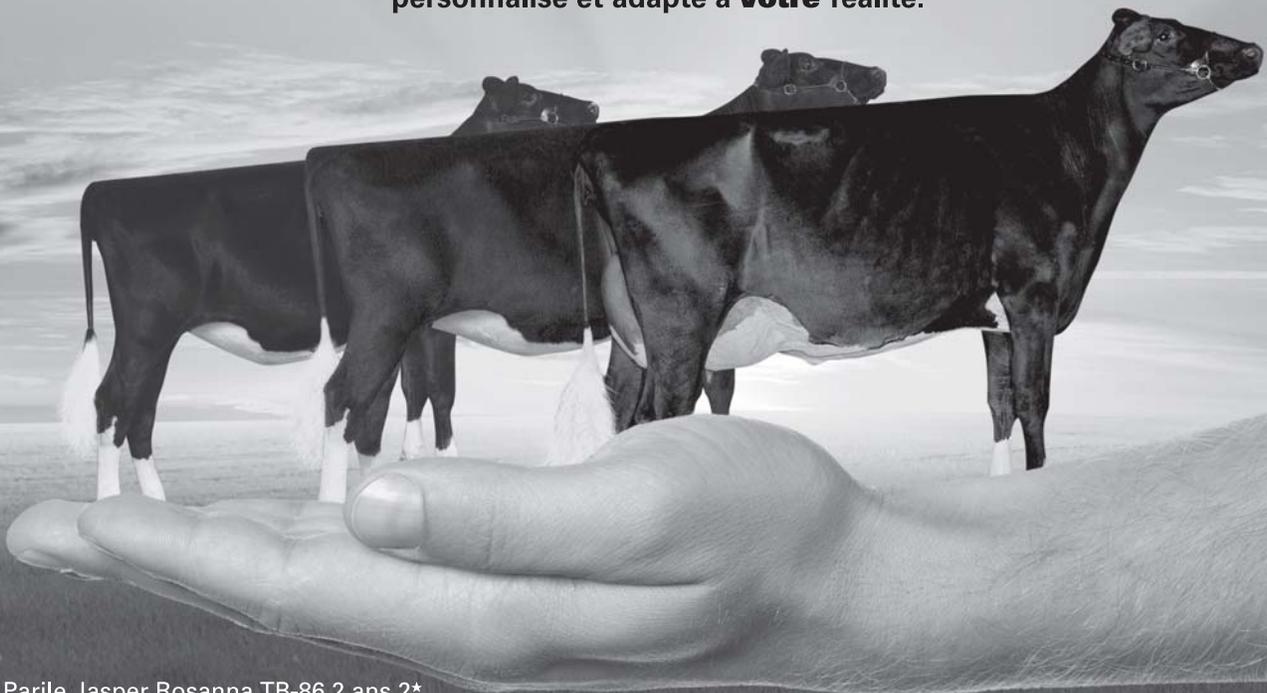


Service-conseil
Holstein Québec

**PERFECTIONNER
ÉVOLUER
RENTABILISER**

GRANDIR AVEC VOUS

Le Service-conseil Holstein Québec offre un accompagnement
personnalisé et adapté à **vos** réalité.



Parile Jasper Rosanna TB-86 2 ans 2*
Photos © Patty Jones | Élevée par Ferme Parile

Votre conseiller Holstein Québec :
la ressource pour toutes vos questions en matière d'élevage.

Renseignez-vous dès maintenant sur les différents services offerts!

450 778-9636

www.holsteinquebec.com/service-conseil

 /holsteinqc

info@holsteinquebec.com

Notre vision

Fort de son expertise et de son savoir-faire comme diffuseur privilégié du secteur agricole et agroalimentaire québécois, le CRAAQ entend innover dans la gestion numérique des contenus et dans ses moyens de diffusion afin de développer de nouveaux marchés au Québec, au Canada et à l'international.

Notre mission

En s'appuyant sur le réseautage des meilleurs experts et en tirant profit d'une approche intégrée des technologies de l'information, le CRAAQ rassemble et diffuse le savoir et développe des outils contribuant à l'avancée du secteur agricole et agroalimentaire.



Lorsque vous participez à nos évènements ou achetez nos publications, vous encouragez la diffusion des nouvelles connaissances et la mise à jour de nos outils de référence. Merci!

Avertissement

Il est interdit de reproduire, traduire ou adapter cet ouvrage, en totalité ou en partie, pour diffusion sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, incluant la photocopie et la numérisation, sans l'autorisation écrite préalable du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).

Les contenus publiés dans ce document ont été reproduits tels que soumis et n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs respectifs.

La publicité insérée dans ce document concrétise l'appui du milieu à l'évènement. Sa présence ne signifie pas que le CRAAQ en approuve le contenu ou cautionne les entreprises et organismes concernés.

Pour information et commentaires :

Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
Édifice Delta 1
2875, boulevard Laurier, 9^e étage
Québec (Québec) G1V 2M2
Téléphone : 418 523-5411
Télécopieur : 418 644-5944
Courriel : client@craaq.qc.ca

© Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec, 2014

Publication PBOV0105-PDF
ISBN 978-2-7649-0484-8 (version imprimée)
ISBN 978-2-7649-0485-5 (PDF)

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives Canada, 2014
Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014



Ce document a été imprimé sur du papier contenant 100 % de fibres recyclées postconsommation, certifié Eco-Logo et Procédé sans chlore et fabriqué à partir d'énergie biogaz.

MERCI DE FAIRE PARTIE DE NOTRE RÉSEAU

MEMBRES PARTENAIRES

Cultivons l'avenir 2

Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

Canada 

Québec 

La Coop


**La Financière
agricole**

Québec 

UPA


**L'Union des
producteurs
agricoles**


CRAAQ
CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

MERCI DE VOTRE APPUI

MEMBRES ASSOCIÉS

Association des jardiniers maraîchers du Québec (AJMQ)
Association des médecins vétérinaires praticiens du Québec (AMVPO)
Association des producteurs de fraises et framboises du Québec (APFFQ)
Association des technologues en agroalimentaire inc. (ATA)
Banque Nationale du Canada
Cain Lamarre Casgrain Wells
Centre d'études sur les coûts de production en agriculture (CECPA)
Centre d'expertise en gestion agricole (CEGA)
Centre d'insémination artificielle du Québec (CIAQ)
Centre de développement du porc du Québec (CDPQ)
CEFRIO
Citadelle, coopérative de producteurs de sirop d'érable
Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ)
Conseil québécois de l'horticulture (CQH)
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation (FSAA) de l'Université Laval
Fédération de la relève agricole du Québec (FRAQ)
Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ)
Financement agricole Canada (FAC)
Fonds d'investissement pour la relève agricole (FIRA)
Gestion agricole du Canada (GAC)
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
Les Éleveurs de porcs du Québec
Les Groupes conseils agricoles du Québec (GCAQ)
Les Producteurs de lait du Québec (PLQ)
Mouvement Desjardins
Ordre des agronomes du Québec (OAQ)
Premier Tech Biotechnologies – MYKE PRO
Syndicat des producteurs de lapins du Québec (SPLQ)
TD Canada Trust
Valacta

Mot de la présidente du comité organisateur

Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Les défis actuels et à venir sont nombreux pour les producteurs laitiers d'aujourd'hui. Les décisions prises au quotidien peuvent avoir des impacts importants à court ou moyen terme, et parfois même sur la survie de l'entreprise. Ces choix ne doivent pas être impulsifs, il vaut souvent mieux s'asseoir et bien analyser avant de décider.

Cette année, les conférences présentées ont pour objectif de vous outiller pour vous aider à faire les bons choix. Les sujets abordés sont tout aussi variés que le sont les défis auxquels les producteurs font face quotidiennement. La journée débute avec le déjeuner-conférence où les facteurs-clés d'un bon transfert sont présentés. Au niveau de l'alimentation, il est question d'améliorer la formulation des rations pour mieux rencontrer les besoins des vaches tout en limitant les rejets azotés. En ce qui concerne les fourrages, une mise à jour des connaissances sur l'ensilage de maïs s'impose, de même qu'une simulation économique sur la pertinence ou non d'utiliser cet aliment dans nos cultures et nos rations. D'un point de vue plus social, l'utilisation d'antibiotiques en production laitière est un sujet très actuel et qui a incité plusieurs pays européens à imposer de nouvelles réglementations, alors autant s'informer dès aujourd'hui des stratégies pour en faire une utilisation judicieuse. L'aspect économique et les nouvelles constructions ne sont pas laissés de côté : Comment faire les bons choix d'investissements selon les étapes de la vie d'un producteur et de son entreprise, de même qu'un exemple concret d'une nouvelle construction pour les vaches en transition font partie des thématiques présentées. L'importance de l'épigénétique et surtout les implications de ce qui se passe en tout début de vie sur les performances des vaches, de même que les facteurs influençant la longévité de nos vaches laitières québécoises sont également à l'ordre du jour.

Dans chaque conférence, il est question de l'importance de faire des choix éclairés et planifiés pour maximiser les retombées positives et les chances de succès. Les affiches ne sont pas en reste et présentent les plus récents résultats de projets actuels en cours dans nos universités et centres de recherche.

Le comité organisateur souhaite que cette journée vous apportera de nouveaux outils pour faire les bons choix dès aujourd'hui afin d'être prêts pour les défis à venir.

Bon Symposium!

Débora Santschi, agronome
Présidente du comité organisateur

Comité organisateur

Guy Boisclair, D.M.V., médecin vétérinaire, Victoriaville

Édith Charbonneau, Ph.D., agronome, professeure, Université Laval

Chantal Fleury, agronome, conseillère en agronomie, Les Producteurs de lait, Longueuil

Alain Fournier, M.Sc., agronome, MAPAQ, Direction régionale du Centre-du-Québec, Nicolet

Elyse Gendron, productrice agricole, Ferme Val-Bisson inc., Saint-Polycarpe

Élise Gosselin, M.Sc., agronome, coordonnatrice de valorisation, Novalait inc., Québec

Pascal Hudon, président, Fédération de la relève agricole du Québec, Longueuil

Daniel Lefebvre, Ph.D., agronome, directeur général, Valacta, Sainte-Anne-de-Bellevue

Brigitte Lapierre, B.Sc., agronome, conseillère spécialisée plantes fourragères et conservation ensilage, La Coop fédérée, Le Gardeur

Daniel Ouellet, Ph.D., chercheur, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, Sherbrooke

René Roy, agronome, agroéconomiste équipe R-D, Valacta, Sainte-Anne-de-Bellevue

Guylaine Sauvé, D.M.V., enseignante, ITA, campus de Saint-Hyacinthe, Saint-Hyacinthe

Débora Santschi, Ph.D., experte en production laitière, Valacta, Sainte-Anne-de-Bellevue

Mario Séguin, agronome, responsable de l'expertise-conseil en génétique, CIAQ, Saint-Hyacinthe

Coordination

Eveline Fortier, M.Sc., agronome, chargée de projets, CRAAQ

Appui du CRAAQ

Karine Beaupré, responsable de la logistique

Guillaume Breton, responsable marketing et ventes

Dany Dion, responsable à l'administration

Danielle Jacques, chargée de projets à l'édition

Suzanne Couture, agente de secrétariat aux événements

Karine Morin, coordonnatrice des projets et des opérations

Nathalie Nadeau, technicienne en infographie

Catherine Prévost, adjointe de la coordonnatrice

Agathe Turgeon, agente à l'administration

Juillet 2014

12 Journée champêtre en apiculture
Des conseils qui piquent votre curiosité!
CRSAD, Deschambault

17 Journée phytoprotection
CÉROM
Saint-Mathieu-de-Beloil

Octobre 2014

10 Congrès Bœuf
Produisez-vous le veau recherché?
CEGEP de Victoriaville
Victoriaville

Novembre 2014

5 Symposium Bovins laitiers
Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

6 Colloque Gestion
Saisir les opportunités!
Best Western Plus Hôtel Universel
Drummondville

14 Colloque sur la pomme de terre
Concilier performance, environnement et marchés
Centre de congrès et d'expositions de Lévis

20 Journée d'information scientifique Innovagrains-CRAAQ
Hôtel Mortagne, Boucherville

25 Colloque Fertilisation, agriculture de précision et agrométéorologie
Outils intégrés pour l'agriculture d'aujourd'hui et de demain
Hôtel Le Victorin, Victoriaville

Juillet 2015

du 12 au 17 Congrès international de la gestion agricole
Université Laval, Québec

Printemps 2015

Forum en agroalimentaire
Date et endroit à confirmer

Avril 2015

21 Les Perspectives
Best Western Plus Hôtel Universel Drummondville

Mars 2015

18 Colloque sur l'établissement et le retrait en agriculture
Hôtel et Suites Le Dauphin
Drummondville

Journée de formation sur les outils de caractérisation
Hôtel et Suites Le Dauphin
Drummondville

Février 2015

9 Symposium vigne et vin
Hôtel et Suites Le Dauphin
Drummondville

25 Journée d'information scientifique sur les bovins laitiers et les plantes fourragères
Hôtel et Suites Le Dauphin
Drummondville



craaq.qc.ca • 1 888 535-2537

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC



LES ANTIBIOTIQUES

EN FAIRE BON USAGE,

C'EST SAGE!



QU'ADVIENDRA-T-IL SI LES BACTÉRIES QUI RENDENT VOS ANIMAUX MALADES DEVIENNENT RÉSISTANTES AUX ANTIBIOTIQUES?

POUR QUE LES TRAITEMENTS RESTENT EFFICACES ENCORE LONGTEMPS...

Demeurez attentif à la santé de vos animaux.

Faites équipe avec votre médecin vétérinaire.

Suivez ses conseils et ses directives.



DES RÉPONSES AU
www.mapaq.gouv.qc.ca/antibiotiques

Une initiative des partenaires
DE LA STRATÉGIE QUÉBÉCOISE DE SANTÉ ET DE BIEN-ÊTRE DES ANIMAUX

Québec 



Symposium sur les bovins laitiers Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Programme

Déjeuner-conférence

7 h Accueil et déjeuner

7 h 30 - 8 h 25 **Transférer la réussite; une étape importante qui se planifie...**

Carl Marquis, Ferme Lorka



Symposium

8 h à 16 h

Café-rencontre



Dans le cadre du

LE SUPRÊME LAITIÈRE
SUPREME DAIRY SHOW
SAINT-HYACINTHE, QUÉBEC, CANADA

8 h

Inscription

Session d'affiches offerte par

Grappe de recherche laitière

Recherche laitière :
pour un monde
en santé.



..... 11

9 h

Mot de bienvenue

9 h 10

Bien utiliser les antibiotiques chez les bovins, pourquoi et comment? 23

David Francoz

9 h 40

Comment maximiser l'utilisation de l'azote des vaches laitières : répercussions environnementales et monétaires 35

Hélène Lapierre et Daniel Ouellet

10 h 10

La recherche laitière s'affiche! 55

Élise Gosselin (*présentation sans texte*)

Bloc Ensilage

10 h 20

Nouveautés sur l'ensilage de maïs, un fourrage pas comme les autres 57

Mario Boivin

10 h 50

L'ensilage de maïs : un aliment apprécié, une rentabilité à valider 83

Edith Charbonneau

11 h 30

Qu'est-ce que l'épigénétique et quels en sont les impacts en production laitière? 101

Claude Robert

12 h

Dîner



et session d'affiches

14 h

Un plan quinquennal d'investissements, pourquoi faire? 115

Benoît Turgeon

14 h 35

Pour une vache, l'âge d'or c'est la 4^e lactation! 133

Doris Pellerin

15 h 05

Flexibilité, confort, rentabilité : les avantages d'une aire paillée 149

Mathieu Lemire et Martial Lemire

15 h 30

Actualité en production laitière 155

Les Producteurs de lait du Québec (*présentation sans texte*)

15 h 45

Mot de la fin

16 h

Dégustation de fromages

Session d'affiches



CRAAQ
CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

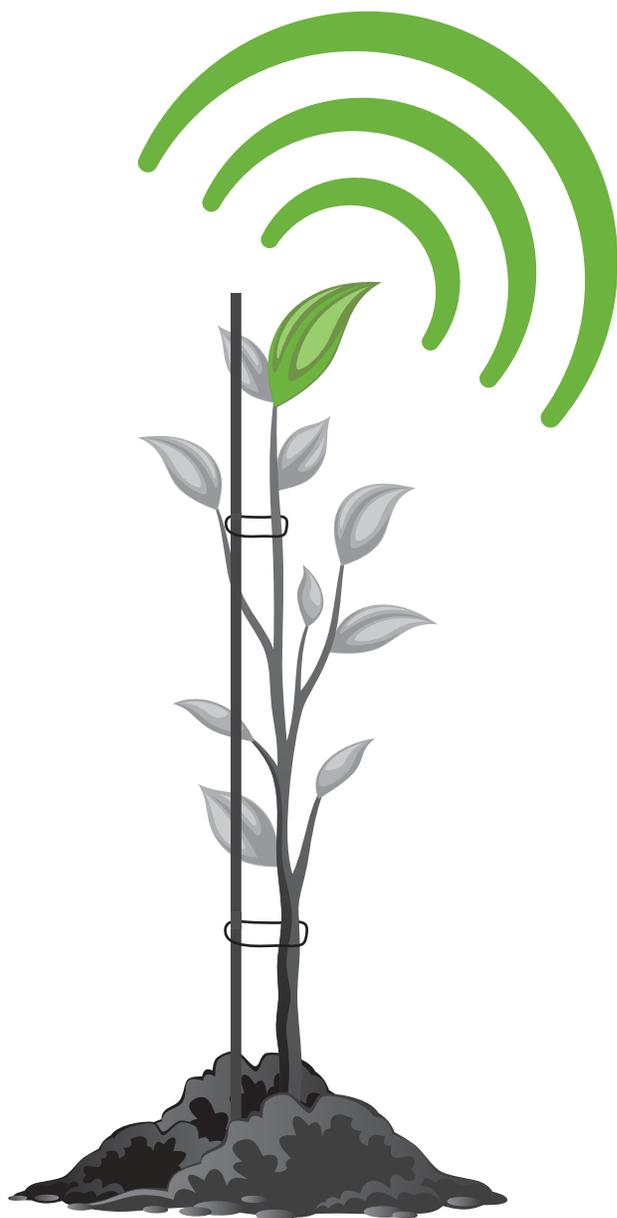
Comité bovins laitiers

Cultiver l'expertise, diffuser le savoir

Comment?

Lorsque vous voyez ce logo, pensez au respect des droits d'auteur. C'est votre contribution qui nous permet de remplir notre mission de diffusion du savoir.

Merci de nous donner les moyens de continuer à vous offrir des contenus de qualité!



Soutenez la diffusion



CRAAQ

CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR



Symposium sur les bovins laitiers
Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

***Résumés
des affiches***



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

AFFICHE

Distribution de *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* dans l'environnement des troupeaux laitiers du Québec

Auteurs : JC Arango¹, G Côté², J Paré⁴, O Labrecque³, JP Roy¹, S Buczinski¹, E Doré¹, JH Fairbrother³, N Bissonnette⁵, V Wellemans¹, S Rangel¹, G Fecteau¹

¹ Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, Québec

² Direction générale des laboratoires d'expertises Québec, Québec

³ Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Hyacinthe, Québec

⁴ Agence canadienne d'inspection des aliments, Saint-Hyacinthe, Québec

⁵ Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, Québec

Mycobacterium avium ssp. *paratuberculosis* (MAP) est l'agent causal de la paratuberculose, une maladie chronique, contagieuse et incurable des ruminants. L'importance des infections par MAP réside dans le fait qu'elle réduit la rentabilité des entreprises affectées (diminution de la longévité des vaches) et l'association avec la maladie de Crohn chez l'humain. La culture bactériologique des fèces est la méthode diagnostique de référence pour la détection de MAP. Elle peut être réalisée à partir des prélèvements individuels (CFI) ou de l'environnement (ENV). Plusieurs études supportent l'utilisation de l'ENV pour la détection de troupeaux laitiers infectés qui mérite d'être validée dans des conditions québécoises où la taille des troupeaux, le type de stabulation, la gestion du fumier et le climat rendent ce contexte particulier.

L'objectif de cette étude était de valider une technique standardisée de prélèvement de l'ENV pour identifier des troupeaux laitiers à stabulation entravée au Québec infectés par MAP. Nous avons visité 24 troupeaux laitiers à statut connu (19 infectés et 5 non infectés) en été et automne pour y prélever 9 échantillons de l'ENV et des échantillons individuels (sérum et fèces) de toutes les vaches adultes.

Parmi les 9 échantillons prélevés, les deux sites le plus souvent identifiés comme positifs, autant l'été que l'automne, étaient les bottes (15 % et 12 %) et la fosse (9 % et 10 %). MAP a aussi été isolé de l'écurieur (7 %) en été et du groupe de vaches malades (16 %) en automne. La combinaison des échantillons issus de la fosse, l'écurieur, le groupe de vaches malades et maigres a détecté tous les troupeaux infectés confirmés par l'ENV. La sensibilité de l'ENV était de 31.6 % et 43.8 % lorsqu'on considérait respectivement une ou deux séries de prélèvements. La spécificité était 100 % dans les deux situations.

Nos résultats suggèrent que l'ENV est une technique valide pour identifier des troupeaux laitiers québécois à stabulation entravée infectés par MAP, notamment ceux fortement infectés. La capacité de détection de la technique s'améliore avec la répétition des prélèvements.

En utilisant la technique standardisée et les sites de l'ENV suggérés pour évaluer le statut d'un troupeau, les médecins vétérinaires pourront bénéficier à court terme d'un outil supplémentaire, économique et non invasif dans la lutte contre cette maladie. L'optimisation de la technique de dépistage permet aux producteurs de connaître le statut de leur troupeau de façon simple et économique. Ils pourront mettre en place des mesures pour réduire la transmission de la maladie à l'intérieur du troupeau et pourront également minimiser l'impact de la maladie sur la production laitière. La contamination de l'ENV et la résistance du MAP au milieu extérieur font craindre de la contamination des eaux de surface et sous-

terrains. Le risque potentiel des lisiers contaminés et de leur utilisation dans un contexte de développement durable est à considérer. Le devenir et le risque que posent les animaux infectés à disposer est aussi une menace liée aux infections par le MAP. La diminution du risque que pourrait présenter le lait pour les consommateurs passe par l'optimisation du diagnostic de cette maladie et l'application stricte de mesures préventives pour en diminuer la prévalence. Ceci permettra à l'industrie de continuer à offrir aux consommateurs un produit salubre et de qualité.

Ce projet a été réalisé grâce aux fonds du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, aux fonds de recherche sur la nature et les technologies du Québec et à Novalait.

AFFICHE

Réduire la production de méthane et augmenter les acides gras oméga-3 du lait grâce à la graine de lin

Auteurs : Amélie Beauregard^{1,2,3}, Marie-Pierre Dallaire¹, Rachel Gervais¹, Yvan Chouinard^{1,2,3}

¹ Département des sciences animales, ² Centre de recherche en sciences et technologie du lait, ³ Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Québec, QC, Canada

La graine de lin extrudée est riche en acides gras oméga-3; plusieurs recherches ont démontré les effets désirables de ces acides gras lorsqu'ils sont ajoutés dans la ration des bovins laitiers, comme une réduction des émissions de méthane, une amélioration de la qualité nutritionnelle du lait et de la fécondité des vaches ou encore une augmentation de la production laitière. L'objectif de cette recherche était de déterminer les effets de l'ajout de lin extrudé dans la ration de troupeaux laitiers québécois sur les performances de production et les émissions de méthane par les vaches laitière. Trente fermes ont été sélectionnées et divisées en deux groupes. Le premier groupe de 15 fermes a servi de témoin; les producteurs n'ont pas apporté de changement à l'alimentation des vaches. Les 15 autres troupeaux formaient le groupe lin; les producteurs ont ajouté de 200 à 900 g/j de lin extrudé (moyenne de 700 g/vache/jour) dans l'alimentation selon le stade de lactation. La période expérimentale s'est déroulée des mois d'avril à octobre 2013. Le lin extrudé a fait augmenter la production laitière de 3 %, diminuer les émissions de méthane de 9 % et améliorer la marge sur le coût d'alimentation, de santé et de reproduction de 0,80\$ par vache par jour. Aussi, le lait des troupeaux recevant le lin extrudé contenait 38 % plus d'acides gras oméga-3. Le lin extrudé constitue donc un moyen pour réduire les émissions de méthane tout en améliorant les performances des troupeaux laitiers. La baisse de méthane pour une ferme laitière de 60 vaches représente 10 tonnes en équivalent CO₂ par année; si le tiers des entreprises adoptaient l'utilisation du lin extrudé, ce sont donc environ 20 000 tonnes d'équivalent CO₂ par année qui pourraient potentiellement être transigées sur le marché du carbone par les producteurs laitiers du Québec.

Partenaires financiers

Danone Inc. et le Ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations du Québec.

AFFICHE

Mettre la barre haute pour des stalles plus confortables?

Auteurs : V. Bouffard¹, A.M. de Passillé², J. Rushen², E. Vasseur³, C. Nash⁴, D.B. Haley⁴ et D. Pellerin¹

¹ Université Laval, Québec, QC, Canada, G1V 0A6.

² University of British Columbia, Agassiz, BC, Canada, V0M 1A0.

³ University of Guelph – Campus d'Alfred, Alfred, ON Canada, K0B 1A0.

⁴ University of Guelph, Guelph, ON, Canada, N1G 2W1.

En étable entravée, la configuration des stalles a un impact direct sur le confort des vaches. Plusieurs recommandations existent à ce sujet, mais elles ne sont pas toujours respectées. Soit par manque d'espace, forcé par la présence de vieilles installations, ou dans le but d'essayer de garder les vaches plus propres (position de la barre d'attache restrictive). Pour évaluer l'effet du non-respect des normes de configuration des stalles sur le confort des vaches, 100 troupeaux laitiers (Québec, n=60; Ontario, n=40) ont été visités. Dans chacun des troupeaux, 40 vaches Holstein en lactation ont été mesurées (hauteur et largeur aux hanches) et évaluées pour les blessures au cou, aux genoux et aux jarrets, pour la propreté du pis, du flanc et des membres postérieurs, ainsi que pour la boiterie (méthode d'évaluation à la stalle). De plus, des données sur la configuration des stalles de chacune des vaches, incluant la largeur, la longueur, la hauteur et la position de la barre d'attache, la longueur de la chaîne d'attache, ainsi que la hauteur du muret, ont été recueillies afin de les comparer avec les normes recommandées dans le Code de pratiques pour le soin et la manipulation des bovins laitiers (Annexe D p57, www.nfacc.ca/codes-de-pratiques/bovins-laitiers).

Les résultats obtenus montrent qu'un grand nombre de vaches ne sont pas logées dans une stalle suffisamment grande pour leur taille. La norme pour la largeur de la stalle est respectée pour 35,4% des vaches au Québec et 22,4% des vaches en Ontario. La chaîne d'attache est assez longue pour 7,3% des vaches au Québec et 39,3% des vaches en Ontario. Tandis que la position de la barre d'attache est adéquate (+35 cm à partir du muret de mangeoire) pour 2,3% et 54,0% des vaches au Québec et en Ontario, respectivement. Toutefois, le pourcentage de vaches sales est relativement faible (Québec : 11,8%; Ontario : 19,2%).

Chaque fois qu'on augmente de 10 cm la largeur de la stalle pour se rapprocher de la recommandation, on diminue les chances d'avoir des blessures au cou de 11,6% (P=.008) et des vaches boiteuses de 14,6% (P=.0003), mais on augmente respectivement de 35,5% (P=.0006) et 16,0% (P=.0006) les chances d'avoir le flanc et les membres postérieurs sales. L'augmentation de 10 cm de la hauteur de la barre d'attache, augmente les chances de 22,0% (P=.008) d'avoir des blessures au cou et de 10,5% (P=.08) les chances d'avoir des vaches boiteuses. Chaque fois qu'on avance la position de la barre d'attache de 10 cm, on diminue les chances d'avoir des blessures au cou de 41,8% (P<.0001) et aux genoux de 17,2% (P=.0001) ainsi que les boiteries de 24,0% (P<.0001), mais on augmente les chances d'avoir le pis sale de 20,2% (P=.03). Pour chaque augmentation de 10 cm de la longueur de la chaîne d'attache, on observe une diminution des chances d'avoir des blessures au cou de 8,3% (P=.02), aux genoux de 9,9% (P=.002) et aux jarrets de 8,3% (P=.003).

Ces résultats suggèrent que les recommandations pour la hauteur de la barre d'attache auraient peut-être besoin d'être réévaluées. De plus, avec de simples modifications aux stalles (avancer la barre d'attache et

allonger les chaînes), il serait possible de diminuer l'incidence des blessures au cou, aux genoux et aux jarrets, ainsi que la boiterie. En portant une plus grande attention à la propreté, ces modifications pourraient améliorer le confort des vaches et avoir un impact positif, à moyen-long terme, sur la longévité des vaches et la rentabilité des fermes.

L'étude sur les 60 fermes du Québec a été financée par Novalait-MAPAQ-FQRNT-AAC. L'étude sur les 40 fermes de l'Ontario a été financée par PLC-AAC dans le cadre de la grappe laitière. Nous remercions les étudiants des Universités Laval et de Guelph qui ont participé à la collecte des données, ainsi que les producteurs laitiers participants.

AFFICHE

La santé des onglons : Un pas dans la bonne direction!

Auteur : Anne-Marie Christen, M. Sc., Chargée de projets, Valacta

Chercheur principal : Filippo Miglior^{1,2}

Collaborateurs : Flavio Schenkel², David Kelton², Dan Weary³, Daniel Lefebvre⁴.

¹ Réseau laitier canadien.

² University of Guelph.

³ University of British Columbia.

⁴ Valacta.

Partenaires financiers

Grappe de recherche laitière (Les Producteurs laitiers du Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, le Réseau laitier canadien et la Commission canadienne du lait).

La santé des onglons chez les bovins laitiers est une préoccupation internationale. Les vaches laitières du monde entier souffrent de boiterie et plusieurs pays travaillent à documenter les causes. Une étude canadienne réalisée dans trois provinces en 2011-12 montre qu'entre 38 et 60 % des vaches examinées présentent une ou plusieurs lésions aux onglons. La lésion la plus commune est la dermatite digitée (DD) ou piétain d'Italie, viennent ensuite les ulcères de sole puis la maladie de la ligne blanche. La DD est plus fréquente au cours des premières lactations tandis que l'incidence des autres lésions s'accroît avec le nombre de parités. L'héritabilité des lésions des onglons est très faible variant de 0,003 pour l'ulcère de pince à 0,077 pour la DD. Cette étude a pavé la voie à un projet plus ambitieux où l'industrie laitière canadienne veut connaître et comprendre la source des boiteries. On vise à rendre permanente la collecte des données sur la santé des onglons par le biais des pareurs d'onglons. Ces données seraient transmises au Réseau laitier canadien pour qu'elles contribuent aux évaluations génétiques des bovins laitiers par le calcul d'une valeur d'élevage estimée (VÉE) pour la santé des onglons et d'un sous-indice génétique contribuant à l'Indice de Profit à Vie. Un rapport de gestion sur la santé des onglons sera aussi créé et rendu disponible par Valacta et CanWest DHI.

AFFICHE

Impact de l'endométrite post-partum sur la reproduction subséquente des vaches laitières

Auteurs : José Denis-Robichaud et Jocelyn Dubuc¹

¹ Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

Objectifs : L'objectif principal de l'étude était de mesurer l'effet de l'endométrite clinique (écoulement du pus dans le vagin) et subclinique (inflammation dans l'utérus) sur la reproduction subséquente des vaches laitières.

Résultats et applications pratiques : Un total de 1099 vaches provenant de 28 troupeaux laitiers québécois ont été enrôlées dans cette étude. La proportion globale de vaches affectées par l'endométrite clinique était de 17 % et de 26 % pour l'endométrite subclinique. Les deux formes d'endométrite étaient associées à une réduction du succès à la première insémination. En termes vulgarisés et pratiques, le succès à la première saillie était de 15 % pour les vaches atteintes d'endométrite clinique, de 16 % pour l'endométrite subclinique et de 35 % pour les vaches saines. Puisque l'endométrite (formes clinique et subclinique) est une maladie qui nuit à la reproduction des vaches laitières, il est important d'en parler avec son médecin vétérinaire pour la diagnostiquer et la traiter, au besoin. Le diagnostic de la maladie par le médecin vétérinaire ou le producteur est relativement simple à faire à la ferme en utilisant un métrichек ou un vaginoscope.

Retombées pour le secteur laitier : Ce projet a apporté les informations nécessaires pour justifier le diagnostic de l'endométrite dans les troupeaux laitiers québécois. L'utilisation d'outils diagnostiques pour cette maladie peut être mise en place facilement avec l'aide de son médecin vétérinaire. L'instauration d'une telle procédure peut être particulièrement intéressante lorsque le succès moyen d'un troupeau à la première saillie est insatisfaisant. À long terme, les informations provenant de ce projet de recherche devrait aider les producteurs laitiers à améliorer la performance en reproduction de leur troupeau.

Partenaires financiers : Le projet a été financé par Merck santé animale. José Denis-Robichaud a reçu des bourses d'étude des organismes suivants : Novalait, Fond de recherche du Québec en nature et technologie (FRQNT) et le Conseil canadien de recherche en sciences naturelles et génie (CRSNG).

AFFICHE

Différence alimentaire cations-anions et teneur en matières de grasses du lait

Auteurs : Liliana Fadul-Pacheco^{1,2,3} Doris Pellerin¹, P. Yvan Chouinard^{1,2,3} et Édith Charbonneau¹

¹ Département des sciences animales, ² Centre de recherche en sciences et technologie du lait, ³ Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Québec, QC, Canada

Avec le système de paiement du lait basé sur les composantes, les producteurs laitiers québécois se doivent de pouvoir répondre efficacement aux besoins du marché. Certains facteurs alimentaires, comme les proportions de concentrés ou de fibres dans la ration, sont déjà reconnus pour leur impact sur la teneur en gras du lait. Des recherches récentes laissent croire que la nutrition minérale pourrait également avoir un effet sur la synthèse et la sécrétion des matières grasses du lait.

L'objectif de ce projet était donc de vérifier l'impact de la composition des rations et particulièrement de la différence alimentaire cations-anions (DACA), sur la teneur en matières grasses du lait des vaches des troupeaux laitiers québécois. Pour ce faire, la banque de données de Valacta pour les années 2009 à 2011 a été utilisée.

Nos résultats montrent que la composition des rations a un impact direct sur la teneur en gras du lait. Il a ainsi été possible de développer des équations de prédiction. Ces dernières ont permis de prédire entre 38 et 66 % de la variabilité du taux de matières grasses du lait dans notre banque de données.

Cette étude confirme l'importance de la gestion de l'alimentation sur la composition du lait des fermes laitières québécoises. Elle met aussi en lumière le rôle clé de la DACA et démontre qu'une attention supplémentaire devrait être apportée à ce concept lors de la formulation des rations. Ces nouvelles connaissances permettront aux producteurs du Québec d'agir plus efficacement sur la teneur en gras du lait de leur troupeau et ainsi, améliorer le revenu associé à la vente de lait.

Partenaires financiers :

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

AFFICHE

Moduler le taux de gras du lait en changeant le profil en acides gras de la ration, c'est possible!

Auteurs : Hanen Mannai^{1,2,3}, P. Yvan Chouinard^{1,2,3}, Liliana Fadul-Pacheco^{1,2,3}, Doris Pellerin¹ et Édith Charbonneau¹

¹ Département des sciences animales, ² Centre de recherche en sciences et technologie du lait, ³ Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Québec, QC, Canada

Mieux connaître les stratégies permettant d'augmenter le taux de gras du lait est un atout important pour les producteurs laitiers dans le contexte actuel où le prix du lait est basé sur les composantes. L'objectif de cette étude était de vérifier la relation entre les acides gras présents dans les rations des vaches et la teneur en matière grasse du lait sur les fermes au Québec. À tous les stades de lactation, il a été observé que les apports en acide palmitique font augmenter la teneur en matière grasse du lait. Les acides linoléique et linoléique ont quant à eux un effet négatif sur la teneur en matière grasse du lait. Un concept a également été développé dans le passé reliant négativement la charge ruminale en acides gras insaturés à la matière grasse du lait. Nos résultats montrent que la charge ruminale en acide linoléique permet de prédire aussi efficacement la teneur en matières grasses du lait que la charge ruminale totale en acides gras insaturés. Une meilleure compréhension des relations entre les apports en acides gras de la ration et la synthèse de matières grasses du lait, dans le contexte québécois, permettra la mise en place de nouvelles stratégies nutritionnelles afin de moduler la teneur en gras du lait. Les producteurs laitiers seront mieux outillés pour répondre aux besoins changeants du marché en ce qui a trait à la composition du lait, et par le fait même, pour améliorer le revenu de leur entreprise.

Partenaires financiers :

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



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Conférences



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers



Symposium sur les bovins laitiers
Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

***Bien utiliser les antibiotiques chez les
bovins, pourquoi et comment?***

David Francoz, D.M.V, M.Sc., DES, Dipl. ACVIM, médecin vétérinaire, professeur, Faculté de
médecine vétérinaire, Université de Montréal, Montréal

Jean-Philippe Roy

Olivia Labrecque



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Bien utiliser les antibiotiques chez les bovins, pourquoi et comment?

1. Introduction et mise en contexte

Les antibiotiques sont la plus grande découverte de la médecine moderne, aussi bien en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire. Ils ont une importance fondamentale pour le traitement et le contrôle des maladies causées par les bactéries. Aucune autre découverte n'a eu autant d'impact pour augmenter l'espérance de vie de l'Homme! Mais qui de nos jours n'a pas entendu parler de la résistance des bactéries aux antibiotiques? Cet enjeu est devenu tellement crucial en médecine humaine qu'au printemps 2014, lors de son rapport global sur la surveillance de la résistance aux antibiotiques, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) tirait une fois de plus sur la sonnette d'alarme et résumait la situation en ces termes : « *Le problème [c.à.-d. la résistance aux antibiotiques] est tellement sérieux qu'il menace les réussites de la médecine moderne. Une époque postantibiotique - dans laquelle les infections communes et les blessures mineures pourront tuer – est une réelle possibilité pour le 21^e siècle.* » (WHO, 2014).

En médecine vétérinaire, l'apparition de bactéries résistantes ou multirésistantes aux antibiotiques est une problématique relativement plus récente qu'en médecine humaine (Madec, 2014). Par contre, l'utilisation des antibiotiques chez les animaux de consommation est régulièrement accusée, à tort ou à raison, comme une composante importante de la problématique du développement de résistance aux antibiotiques. Dans les médias, nous pouvons retrouver des articles sur l'utilisation inadéquate des antibiotiques chez les animaux de production ou encore sur l'augmentation de la résistance des bactéries chez les animaux.

Ces préoccupations ont amené différents pays européens à mettre en place des plans d'action concrets dont les objectifs sont une utilisation prudente et contrôlée des antibiotiques. Les objectifs principaux de ces plans sont de diminuer la contribution de l'utilisation des antibiotiques en médecine vétérinaire au développement de la résistance et de maintenir des antibiotiques efficaces pour les maladies infectieuses des animaux et des humains. À titre d'exemple, en France, en 2012, un plan national de réduction des risques d'antibiorésistance en médecine vétérinaire a été élaboré. Entre autres, dans ce plan, une réduction de 25 % de l'usage d'antibiotiques sur une période de 5 ans était visée (Écoantibio, 2012). En Belgique, en mai 2014, un plan d'action était élaboré avec l'objectif de réduire de 50 % l'utilisation des antibiotiques d'ici 2020 et de 75 % pour les antibiotiques dits critiques (AMCRA, 2014).

Dans un tel contexte, il est légitime de vouloir mieux comprendre ce que sont les antibiotiques et la résistance aux antibiotiques, et donc quels sont les enjeux d'une utilisation prudente et contrôlée des antibiotiques. Une fois cela établi, il est ensuite important de saisir ce que peut être le rôle des producteurs laitiers et intervenants pour contribuer à une meilleure utilisation des antibiotiques. Ce sont ces différents aspects qui vont être présentés ici.

2. Les antibiotiques et l'antibiorésistance : qu'est-ce que c'est?

2.1. Antibiotiques ou agents antimicrobiens

2.1.1. Définition

Par définition, les antibiotiques, ou agents antimicrobiens sont des molécules capables de détruire ou d'empêcher la croissance de microorganismes et plus particulièrement des bactéries. Le premier agent antimicrobien découvert a été la pénicilline, en 1928 par Sir Alexander Fleming. Sa commercialisation a eu lieu pour la première fois en 1940. Depuis, de nombreux antimicrobiens ont été développés et commercialisés.

Au Québec, actuellement chez les bovins laitiers, une trentaine de molécules antibiotiques sont homologuées pour le traitement ou la prévention de différentes maladies infectieuses, comme les mammites, les métrites, les pneumonies, les diarrhées, le piétin ou encore les infections de l'œil (CVP,

2014). Il faut rappeler que, comme pour tout autre médicament, au Québec, tous les antibiotiques prescrits aux bovins laitiers doivent être accompagnés d'une ordonnance écrite d'un médecin vétérinaire.

2.1.2. Les différentes modes d'utilisation des antibiotiques

Il existe 4 grandes modalités d'utilisation des antibiotiques.

- Promoteurs de croissance : pour améliorer la croissance et favoriser le gain de poids des animaux: faible dose d'antibiotiques administrée en absence de maladie. Cela ne devrait plus être une modalité d'utilisation des antibiotiques et cet usage est d'ailleurs banni dans plusieurs pays. À titre d'exemple, le monensin en tant que prémélange médicamenteux est un antibiotique qui possède encore une homologation pour aider au rendement alimentaire ou au gain de poids chez les animaux de boucherie ou les animaux au pâturage (CVP, 2014);
- Prévention de maladies : administration d'antibiotiques à des doses thérapeutiques ou subthérapeutiques à des animaux à risque de développer la maladie. Cela ne devrait être qu'une modalité d'utilisation des antibiotiques limitée à des contextes bien précis et exceptionnels, ainsi seul le traitement au tarissement pourrait encore faire partie de ce mode d'utilisation;
- Métaphylaxie : administration d'antibiotique à des doses thérapeutique à des animaux appartenant à un groupe dans lequel des animaux sont malades et qui sont donc soit en incubation de la maladie ou à fort risque de développer la maladie. Cette modalité ne devrait être mise en place que de façon exceptionnelle et dans des contextes bien précis. Le meilleur exemple de métaphylaxie est quand dans un groupe de veaux de boucherie quelques animaux sont atteints de pneumonie, alors non seulement les animaux malades seront traités (utilisation en traitement des antibiotiques), mais les autres veaux de ce groupe vont également recevoir des antibiotiques (utilisation en métaphylaxie des antibiotiques) afin de les soigner très tôt dans le processus de la maladie et ainsi empêcher la dissémination des agents infectieux et l'apparition de nouveaux malades;
- Traitement : administration des antibiotiques à des doses thérapeutiques à des animaux malades.

2.1.3. Classification des antibiotiques

2.1.3.1. Selon leur structure ou leur mécanisme d'action

Les antibiotiques sont classés dans différentes familles selon leur structure et leur mode d'action. Certains antibiotiques sont dits à large spectre, c.-à-d. qu'ils sont capables d'agir sur un large éventail de bactéries différentes, alors que d'autres sont dits à spectre étroit, c.-à-d. qu'ils agissent sur un nombre restreint et spécifique de bactéries.

2.1.3.2. Selon leur importance

Les antibiotiques sont aussi classés selon leur importance aussi bien en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire. Dans cette classification, l'importance des antibiotiques a été établie par la réponse de panels d'experts, mais aussi sur le fait que l'antibiotique est l'option de choix pour traiter des infections bactériennes graves et qu'il n'existe pas ou peu de molécules de substitution. Ainsi, Santé Canada a établi 4 catégories d'antibiotiques selon leur importance en médecine humaine (Santé Canada, 2009). Ces catégories sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Classification des antibiotiques selon leur importance en médecine humaine d'après Santé Canada (Santé Canada, 2009).

Catégories	Option préférée de traitement d'infections graves ¹ chez l'Homme	Absence ou rareté de médicaments de remplacement
I. Très haute importance	OUI	OUI
Exemples : ceftiofur, danofloxacin, enrofloxacin		
II. Haute importance	OUI	NON
Exemples : céphapirin, tulathromycine, gamithromycine, tildipirosine, pénicilline, ampicilline, triméthoprime/sulfaméthoxazole, pirlimycine, cloxacilline, tilmicosine		
III. Importance moyenne	NON	NON - OUI
Exemples : spectinomycine, florfénicol, tétracyclines		
IV. Faible importance	Sans objet	Sans objet
Exemples : monensin, lasalocide		

¹Les infections graves sont celles qui entraînent une morbidité élevée exigeant des soins d'urgence incluant une hospitalisation, ou une mortalité si elles ne sont pas traitées.

N. B. Les exemples donnés sont des exemples d'antibiotiques utilisés chez les bovins laitiers au Canada.

En médecine vétérinaire, c'est l'Office International des Épizooties (OIE) qui a établi au début de 2014 la liste des antibiotiques importants en médecine vétérinaire. Parmi les antibiotiques, certains représentent une importance critique à la fois en médecine humaine et en médecine vétérinaire, il s'agit des quinolones (enrofloxacin, danofloxacin) et des céphalosporines de 3^e et 4^e génération (ceftiofur). Selon l'OIE, une attention particulière devrait être apportée lors de l'utilisation de ces 2 familles d'antibiotiques en médecine vétérinaire en suivant les recommandations présentées dans l'encadré 1 (OIE, 2014).

Encadré 1. Recommandations de l'OIE quant à l'utilisation des céphalosporines de 3^e et 4^e génération (ceftiofur) et des quinolones (enrofloxacin, danofloxacin) (OIE, 2014).

1. Ne pas les utiliser dans le cadre d'un traitement de prévention, administré dans l'eau ou l'alimentation, en l'absence de signes de maladie chez les animaux;
2. Ne pas les utiliser comme médicament de première intention, sauf si justifié;
3. Lorsqu'ils sont utilisés en traitement de seconde intention, cela devrait s'appuyer sur des résultats de laboratoires d'analyses bactériologiques;
4. Toute utilisation hors homologation ou hors des directives de l'étiquette doit être limitée et réservée aux cas pour lesquels il n'existe pas de traitement de substitution, ceci dans le respect de la législation en vigueur dans le pays.

2.2. L'antibiorésistance

2.2.1. Définition

Par définition, l'antibiorésistance ou la résistance aux antibiotiques est la capacité d'une bactérie à résister à l'action d'un antibiotique, c.-à-d. sa capacité de croître, se multiplier malgré la présence de l'antibiotique. Cette résistance peut être naturelle (ou intrinsèque) ou acquise.

2.2.2. Résistance naturelle

La résistance naturelle est présente chez la bactérie sans jamais que celle-ci n'ait été exposée à l'antibiotique, et ceci du fait que le lieu d'action de l'antibiotique sur la bactérie est naturellement absent chez celle-ci. Toutes les bactéries de la même espèce vont avoir cette même caractéristique. À titre

d'exemple, les mycoplasmes, seules bactéries sans paroi, sont naturellement résistants aux antibiotiques qui agissent sur la paroi des bactéries comme la pénicilline ou le ceftiofur.

2.2.3. Résistance acquise

La résistance acquise est l'apparition d'une résistance chez une bactérie qui était auparavant sensible à cet antibiotique. La résistance acquise est fortement associée à une mauvaise utilisation des antibiotiques ou à une surutilisation des antibiotiques. Par mauvaise utilisation, on entend mise en place d'un traitement non adapté à la condition, c'est-à-dire un traitement dont la posologie (pas assez d'antibiotique) ou la durée (arrêté trop tôt ou encore trop long) n'étaient pas adéquates pour la condition cible. Il est également important de comprendre que le développement de résistance ne concerne pas que la bactérie ciblée par le traitement, mais aussi les bactéries naturellement présentes sur l'animal ou l'individu, principalement dans le tractus digestif, or comme montré dans la figure 1, ces bactéries jouent un rôle tout aussi voir plus important dans la transmission de la résistance (Madec, 2014).

Certaines bactéries peuvent développer des résistances à plusieurs familles d'antibiotiques, on parle alors de bactéries multirésistantes. Ces bactéries sont particulièrement problématiques puisque l'arsenal thérapeutique pour guérir les infections qu'elles peuvent entraîner est alors extrêmement limité.

En résumé

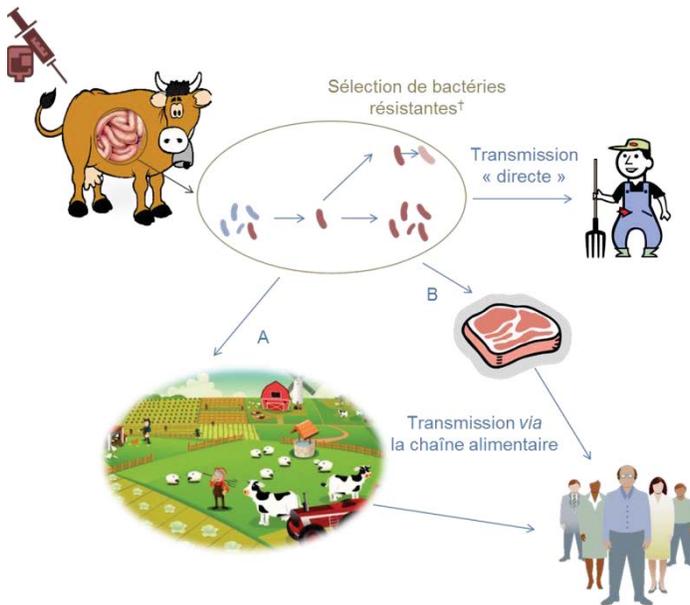
- Les antibiotiques sont essentiels pour le contrôle de maladies infectieuses;
- Les antibiotiques ne sont pas des médicaments comme les autres puisque leur efficacité peut être compromise;
- Tous les antibiotiques n'ont pas la même importance, certains étant le dernier rempart à des infections bactériennes et ne devraient donc être utilisés qu'en 2^e ligne ou dernier recours en médecine bovine;
- Toute utilisation d'antibiotique entraîne potentiellement le développement de résistance.

3. Pourquoi l'utilisation judicieuse des antibiotiques est importante et qu'elle nous concerne tous?

3.1. Utilisation des antibiotiques dans les troupeaux laitiers et résistance chez l'Homme

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'utilisation d'antibiotiques entraîne une pression de sélection sur la population bactérienne qui pourra être à l'origine de résistance. Cette résistance pourrait être transmise d'une bactérie à sa descendance, d'une bactérie à une autre ou encore d'une population (espèce) à une autre. Ces bactéries résistantes pourront par la suite se transmettre d'un animal à un autre ou d'un animal à l'Homme. La figure 1 représente les différents mécanismes de transmission possibles d'une bactérie résistante à partir d'une vache jusqu'à l'Homme. Même si l'on sait que ces mécanismes de transmission sont possibles, il n'y a que peu ou pas de données sur l'importance relative de ces mécanismes. Il y a des cas rapportés de transmission d'agent pathogène résistant de bovins à l'Homme, et vice-versa. Toutefois, actuellement il est considéré que la majorité des problèmes de résistance aux antibiotiques en médecine humaine résulte de l'utilisation de ces derniers en médecine humaine (Philipps et coll. 2004). Il ne faut cependant pas minimiser le risque de transmission de résistance entre les espèces et en particulier entre les animaux de production et l'Homme. En effet, il n'y a que très peu d'études qui se sont intéressées aux risques de transmission de résistance à partir des bactéries naturellement présentes sur les animaux, en particulier les bactéries présentes dans le système digestif ou encore dans leur environnement. Il s'agit là d'une transmission insidieuse, la partie cachée de la transmission de résistance dans les écosystèmes, qui représente un danger majeur (Madec, 2014).

Figure 1. Mécanismes de transmission de la résistance de l'animal à l'Homme (modifié de CDC, 2013).



Suite à traitement antibiotique, les bactéries résistantes présentes naturellement dans les intestins vont être sélectionnées et se multiplier (†). Elles peuvent également transmettre la résistance à d'autres bactéries d'espèce différente. Ces bactéries vont pouvoir être transmises à l'Homme soit par contact direct, soit par la chaîne alimentaire, suite à la transformation des produits (B) ou encore lors d'épandage et de récolte des céréales alimentaires qui seront par la suite consommées par l'Homme (A).

3.2. Utilisation des antibiotiques dans les troupeaux laitiers et résistance chez les bovins

Actuellement, il n'existe pas de preuve scientifique de l'augmentation de la résistance pour les pathogènes majeurs rencontrés en production laitière (Oliver, 2011). Au Canada et au Québec, il existe un programme de surveillance passive de l'antibiorésistance. Chaque année, un rapport est présenté pour faire l'état de la situation et montrer l'évolution de la résistance. À titre d'exemple, dans le rapport 2013 disponible sur demande en ligne (MAPAQ, 2013), il était montré que les niveaux de résistance pour le *Escherichia coli* provenant de cas de mammite sont restés similaires pour les différents antibiotiques testés et à des niveaux relativement bas (moins de 9 % de souches résistantes), sauf pour la tétracycline (30 % des souches d'*E. coli* résistantes, très légère augmentation de la résistance dans le temps).

Même si la résistance des principaux agents pathogènes rencontrés en production laitière semble stable dans le temps, il est important de garder en tête qu'il est également clair que l'utilisation d'antibiotiques dans les élevages laitiers contribue au développement de résistance (Oliver, 2011). De plus, le danger que représente l'exposition de la flore bactérienne normale des bovins ou encore celle de l'environnement des bovins sur le développement et la transmission de résistance reste actuellement méconnu. En conséquence, même dans ce domaine, il faut mieux prévenir que guérir, car quand l'antibiorésistance deviendra un problème en médecine bovine, il sera trop tard.

3.3. Autres considérations liées à l'utilisation des antibiotiques chez les bovins laitiers

Lorsque l'on parle d'une utilisation judicieuse des antibiotiques, d'autres considérations doivent également être prises en compte. La première est le fait que les antibiotiques doivent être bien utilisés afin d'assurer le bien-être des animaux. Si un animal souffre d'une condition nécessitant l'administration d'antibiotique, celui-ci devrait être traité adéquatement. À l'inverse, si un animal souffre d'une infection chronique ou ayant peu d'espoir de guérison, la mise en place d'un traitement antibiotique devrait être déconseillée et l'euthanasie de l'animal recommandée (ACMV, 2008; SNGTV, 2009). Enfin, l'utilisation des antibiotiques devrait se faire sans risque d'entraîner d'effets indésirables à l'animal.

Les producteurs ont également la responsabilité de fournir un produit de qualité et sain aux consommateurs. Ils doivent ainsi pouvoir garantir que le produit sera exempt de bactéries potentiellement pathogènes pour l'Homme (c.-à-d. pouvant entraîner des maladies ou pouvant transmettre de la résistance aux antibiotiques) et aussi exempt de résidus antibiotiques (concept également fort important

pour les transformateurs et les consommateurs). Les consommateurs souhaitent aussi avoir un produit dont ils savent qu'il a été produit dans le respect du bien-être animal et de l'environnement.

De plus, l'utilisation des antibiotiques chez les animaux de consommation a bien mauvaise presse, comme le montrent les articles régulièrement publiés sur le sujet. L'utilisation des antibiotiques comme promoteurs de croissance ou encore en prévention des maladies est ainsi mal perçue par le public.

Finalement, la contrainte économique est également importante à prendre en compte. Les producteurs doivent répondre à ces exigences de bien-être animal (efficacité du traitement), santé du public (qualité et sécurité du produit) et perception du consommateur, tout en s'assurant d'une efficacité économique d'un bon usage des antibiotiques.

En résumé

- L'utilisation des antibiotiques dans les troupeaux laitiers, même si elle peut entraîner des résistances pour les bactéries responsables de maladies chez l'Homme, n'est pas le plus important facteur d'apparition de résistance en médecine humaine;
- Le phénomène de résistance aux antibiotiques est relativement stable en production laitière;
- L'utilisation judicieuse des antibiotiques englobe d'autres facteurs tout aussi importants pour l'industrie laitière que le développement de la résistance aux antibiotiques.

4. Comment faire une utilisation judicieuse des antibiotiques ?

4.1. Considérations générales

Comme mentionné en introduction, certains pays ont déjà mis en place des plans d'action clairs, avec élaboration de guide de bonnes pratiques, visant à réduire l'utilisation des antibiotiques chez les animaux. Au Canada, une table de concertation et des initiatives provinciales existent et un guide sur l'utilisation judicieuse des antibiotiques élaboré par l'association canadienne de médecins vétérinaires est disponible depuis 2008 (ACMV, 2008).

Le meilleur moyen de bien utiliser des antibiotiques est de réduire le plus possible leur utilisation. Aussi, tous les guides élaborés jusqu'à présent insistent sur l'importance de la prévention des maladies et donc sur la mise en place des plans d'action sanitaire dans les élevages visant la prévention de l'introduction et la dissémination de maladies dans les élevages, l'optimisation de la santé des animaux, ainsi que la diminution de la fréquence des maladies. Ces plans vont donc inclure des programmes de biosécurité, d'immunisation, de logement et de nutrition optimisant le contrôle des maladies infectieuses. L'utilisation d'antibiotique ne doit pas être faite pour pallier à une mauvaise gestion d'élevage.

Tous les plans d'action sur une utilisation judicieuse des antibiotiques insistent également sur la nécessité de tenir un registre des prescriptions et dossier de traitement, c.-à-d. de tenir un registre qui va permettre d'identifier l'animal, la quantité, la fréquence, la modalité et les raisons d'utilisation des antibiotiques et la réponse au traitement. Pour les producteurs, ces registres sont essentiels pour s'assurer de la salubrité des produits d'élevage, mais vont également être des outils précieux pour évaluer l'efficacité des traitements qu'ils mettent en place et faire un suivi des maladies présentes dans l'élevage.

Enfin, quand on parle d'utilisation judicieuse des antibiotiques, il ne faut pas oublier que cela prend en compte également l'entreposage, l'administration et aussi l'élimination sécuritaire de ces derniers. Tout comme les autres médicaments, pour être efficaces et sécuritaires, les antibiotiques doivent être conservés selon les recommandations du fabricant. Leur utilisation doit se faire dans le respect des règles de bonne pratique d'administration des médicaments qui vont minimiser le risque d'effet adverse pour l'animal à titre d'exemple l'aiguille utilisée doit être idéalement neuve, si les aiguilles sont réutilisées celles-ci doivent être propres et tranchantes (pointe intacte) et ne devraient pas l'être plus que 10 fois. Enfin, l'élimination des restants de bouteilles d'antibiotiques ou matériel souillés par des antibiotiques devrait se faire dans des contenants prévus à cet effet afin de minimiser le relargage d'antibiotiques dans l'environnement.

Il est intéressant de remarquer que la majorité de ces considérations générales sont déjà prises en compte dans le programme de Lait canadien de qualité (LCQ, 2010).

4.2. *Savoir ce que l'on traite : importance du diagnostic*

Pour faire une utilisation judicieuse des antibiotiques, il faut savoir quel antibiotique utiliser et pour combien de temps. Pour cela, il est donc primordial de pouvoir établir un diagnostic précis de la maladie, d'identifier la bactérie en cause et si possible la sensibilité de la bactérie aux antibiotiques. Différents tests peuvent être mis en place par les vétérinaires et les producteurs pour aider au diagnostic, mais aussi à l'identification des bactéries responsables de l'infection. Par exemple, lors de mammite il existe différents tests ou procédures qui vont permettre d'identifier la vache qui fait une mammite clinique ou sous-clinique, et ensuite la bactérie, si bactérie il y a, responsable de l'infection. Ainsi, une culture du lait peut être réalisée à la ferme, dans la clinique vétérinaire ou dans un laboratoire spécialisé pour identifier l'agent bactérien. Lors de pneumonie, il est possible de réaliser des prélèvements qui vont permettre de savoir si le problème fait suite à une infection par un virus ou plutôt par une bactérie. De plus, dans les laboratoires spécialisés, des tests vont pouvoir être réalisés pour déterminer la sensibilité de la bactérie aux antibiotiques (antibiogramme) et aider au choix de ce dernier. Malheureusement, dans bien des cas, les résultats des tests d'identification des bactéries et de leur sensibilité aux antibiotiques peuvent prendre du temps à venir, il faut donc en attendant les résultats pouvoir décider 1) si l'animal nécessite immédiatement des antibiotiques ou non; 2) si oui, quel antibiotique administrer sur la base des signes cliniques observés et des suspicions de maladie.

Afin de pouvoir aider les producteurs dans cette étape d'utilisation judicieuse des antibiotiques, il est essentiel que ceux-ci mettent en place des protocoles de traitement avec l'aide de leur médecin vétérinaire (Encadré 2). Des exemples de protocoles de traitement ont déjà été réalisés pour la mammite clinique, la métrite postpartum, la diarrhée ou encore la pneumonie des veaux. Ces exemples peuvent être adaptés à la situation propre de chaque élevage. La figure 2 présente un exemple de diagramme de protocole de traitement pour la mammite clinique.

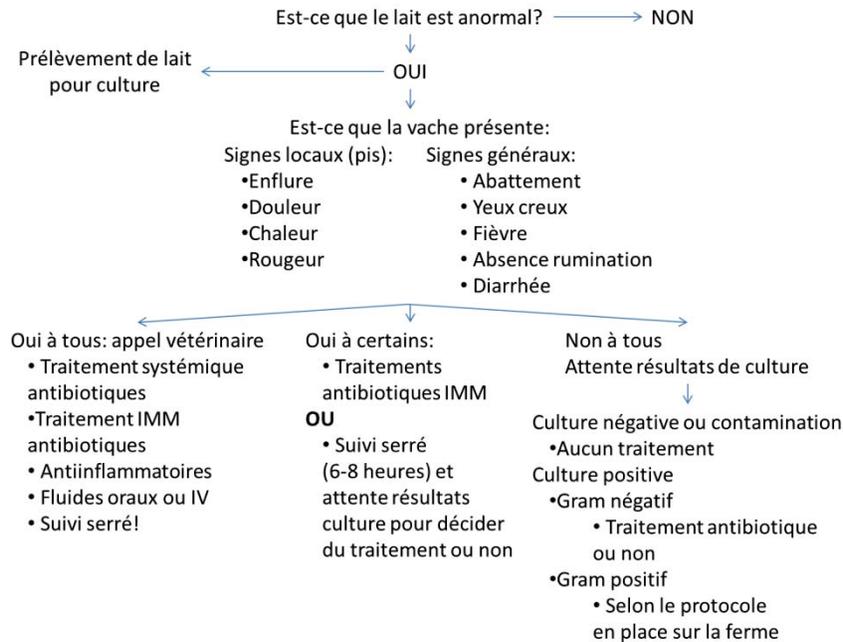
Encadré 2. Points importants à prendre en compte lors de mise en place de protocole de traitement.

Avec la mise en place de protocole de traitement, il va être facile de pouvoir savoir pourquoi on traite, avec quoi et si cela marche. De plus, grâce à leur côté structuré et simple, ils vont faciliter le travail des producteurs et employés, et limiter les erreurs de traitement. Ces protocoles doivent être **écrits** conjointement avec le médecin vétérinaire, facilement applicables et **réévalués régulièrement**.

Les points suivants devraient faire partie de tout protocole de traitement pour la mise en place d'un traitement antibiotique :

1. Identifier les signes cliniques (souvent sous forme d'un score), les examens complémentaires à réaliser et la mise en place de points critiques (« seuil ») qui vont nécessiter la mise en place d'un traitement antibiotique;
2. Déterminer la quantité, la fréquence, la voie d'administration (c.-à-d. dans les muscles, sous la peau, dans la veine ou par la bouche) et la durée du traitement antibiotique;
3. Déterminer les moments où l'animal doit être réévalué et les signes cliniques qui doivent être regardés pour déterminer si *a)* le traitement doit être modifié; *b)* si le traitement doit être arrêté; *c)* si l'animal doit être vu par un médecin vétérinaire;
4. Incorporer un système de registre pour noter les signes observés, les animaux ayant été traités, le traitement suivi (c.-à-d. le protocole) et la réponse au traitement.

Figure 2. Exemple de diagramme décisionnel pouvant servir à l'élaboration d'un protocole de traitement lors de mammite clinique (D'après Roberson 2003 et Wagner et coll. 2009).



4.3. Une fois le traitement antibiotique décidé : bien respecter les modalités de traitement

Une fois qu'il a été établi qu'un traitement avec tel antibiotique doit être mis en place, il est important de bien respecter la quantité d'antibiotiques à administrer à chaque traitement, la fréquence à laquelle doit être fait le traitement, la voie d'administration du médicament, le volume par site d'injection, la durée du traitement et le respect des temps d'attente. Toutes ces informations sont disponibles sur l'étiquette du médicament et maximisent son efficacité si la bactérie est bien sensible à l'antibiotique. La recommandation pour un usage judicieux des antibiotiques est de toujours favoriser l'utilisation d'un antibiotique homologué pour le traitement de la condition à laquelle nous sommes confrontées. Il peut arriver que les vétérinaires prescrivent des antibiotiques hors étiquette, particulièrement s'il n'existe pas d'antibiotiques homologués pour la condition qui doit être traitée ou encore pour la catégorie d'animaux devant être traités. À titre d'exemple, il n'existe pas d'antibiotiques homologués pour le traitement de la pneumonie à *Mycoplasma bovis* chez la vache en lactation. Dans ce cas, toutes les informations mentionnées précédemment seront présentes sur la prescription du médecin vétérinaire.

Dans la très grande majorité du temps, ce sont les producteurs qui vont administrer les antibiotiques aux animaux, il devient donc de leur responsabilité de suivre à la lettre toutes les recommandations présentes sur la prescription vétérinaire ou sur l'étiquette. De plus, bien souvent l'échec du traitement résulte d'un non-respect de la prescription et plus particulièrement de la durée du traitement. En effet, comme mentionné précédemment, une mauvaise administration des antibiotiques favorise grandement la résistance!

Ainsi, lors de l'implantation de protocoles de traitement, les modalités d'administration des antibiotiques devront être clairement indiquées ainsi que les moments où devra être réalisé le suivi de l'animal pour évaluer la réponse au traitement et décider de la poursuite, la modification ou l'arrêt de celui-ci. Outre le non-respect de la durée du traitement, une erreur fréquente est de changer trop tôt d'antibiotique sans avoir laissé à celui-ci le temps d'agir.

4.4. Importance de l'évaluation de la réponse au traitement et du suivi de la résistance aux antibiotiques

Après la mise en place d'un traitement, il est important de consigner la réponse au traitement. Ceci va grandement aider à la mise en place, au suivi et à l'amélioration des protocoles de traitement sur

l'utilisation des antibiotiques. Tout comme pour la décision de mise en place de traitement, le producteur et son médecin vétérinaire doivent élaborer ensemble quels seront les éléments qui vont permettre d'évaluer la réponse au traitement à la fin de celui-ci. Ces éléments peuvent être des signes cliniques ou des résultats de tests de laboratoires. Pour reprendre l'exemple de la mammite, ils pourront consister en la disparition des signes cliniques, la normalisation du comptage de cellules somatiques ou encore la disparition de la bactérie lors de la réalisation de la culture du lait. Trop souvent, on se fie à une impression de guérison ou à une impression d'absence de guérison à la suite d'un traitement sans véritablement se fier à des signes objectifs. Ces impressions nous font souvent modifier à tort nos protocoles de traitement antibiotique. Il est essentiel de pouvoir les valider de façon objective.

Dans le même ordre d'idée, il est possible de suivre l'évolution de la sensibilité aux antibiotiques des agents pathogènes dans nos élevages et ainsi décider s'il faut ou non modifier les protocoles. Par exemple pour les problèmes respiratoires chez les génisses, des protocoles ont été proposés afin d'évaluer la sensibilité des bactéries pathogènes présentes dans l'élevage (McGuirk, 2008). Ces protocoles permettent d'identifier les antibiotiques devant être utilisés en première intention et aussi de voir si une modification s'opère dans le temps et donc s'il est nécessaire de revoir les protocoles de traitement.

En résumé

- Pour une utilisation judicieuse des antibiotiques, le plus important est une bonne prévention des maladies dans l'élevage;
- Les antibiotiques, comme les autres médicaments, doivent être entreposés, administrés et éliminés dans le respect des bonnes procédures de traitement;
- L'utilisation judicieuse au quotidien passe par la mise en place de protocoles de traitement;
- Ces protocoles doivent être mis en place conjointement entre le producteur et le vétérinaire et doivent inclure les critères pour la mise en place d'un traitement antibiotique, les modalités du traitement antibiotique, le suivi et la réponse au traitement antibiotique. Ces protocoles doivent être réévalués régulièrement;
- La grande majorité des recommandations pour un usage judicieux des antibiotiques fait partie du programme LCQ.

5. Conclusion

Pour conclure, il faut retenir que les antibiotiques ne sont pas des molécules comme les autres. Ce sont des médicaments précieux dont l'efficacité peut être compromise par une mauvaise utilisation. Même si actuellement, le problème de résistance n'est pas majeur en médecine vétérinaire, il est du rôle de chacun, médecin vétérinaire et producteur, de travailler de concert pour garantir le maintien de leur efficacité et ainsi de s'assurer d'avoir un arsenal thérapeutique qui permettra le traitement des animaux en accord avec les contraintes financières liées à l'élevage. Leur bonne utilisation est aussi essentielle pour garantir au public un produit de qualité et sécuritaire. La mise en place de protocoles standardisés pour le traitement des animaux devrait grandement contribuer à une meilleure utilisation des antibiotiques et par conséquent réduire leur utilisation tout en améliorant la santé des animaux et en facilitant le travail quotidien des producteurs.

Enfin, il est important de finir en soulignant que le meilleur traitement antibiotique est celui que l'on ne donne pas parce que l'on a pu identifier que la condition ne nécessitait pas d'antibiotique, mais surtout parce que tous les efforts nécessaires ont été mis dans la prévention des maladies infectieuses dans l'élevage.

Références

1. AMCRA, Centre de connaissance concernant l'utilisation et les résistances aux antibiotiques chez les animaux (2014). AMCRA 2020. Un plan ambitieux, mais réaliste pour la politique des antibiotiques vétérinaires jusqu'en 2020. 4 pages. Disponible en ligne : http://www.amcra.be/sites/default/files/bestanden/AMCRA%202020%20finaal_FR.pdf
2. ACMV, Association Canadienne des Médecins Vétérinaires (2008). Lignes directrices de l'ACMV sur l'administration judicieuse des antimicrobiens 2008 for dairy, beef, poultry and swine. 106 pages. Disponible en ligne : <http://www.cah-icsa.ca/uploads/UserFiles/files/CVMA%20Prudent%20Use%20Guidelines%20for%20Beef,%20Dairy,%20Poultry%20and%20Swine%202009%20-%20French.pdf>
3. CDC, Centers for disease Control and Prevention (2013). Antibiotic resistance threats in the United States, 2013. Disponible en ligne: <http://www.cdc.gov/drugresistance/threat-report-2013/>
4. CVP, Compendium of Veterinary Products (2014). <http://umontreal.naccvp.com/> Dernier accès 1er juillet 2014.
5. Écoantibio (2012). Réduire l'utilisation des antibiotiques vétérinaires, Plan d'action national de réduction des risques d'antibiorésistance en médecine vétérinaire, 28 pages. Disponible en ligne : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/PlanABR-FR-2012-BD_cle8fc22e.pdf
6. LCQ, Lait canadien de qualité. Programme de salubrité des aliments à la ferme. Bonnes Pratiques, Points Critiques, Procédures Normalisées, Mesures Correctives : Manuel De Référence (2010). 170 pages. Disponible en ligne : <http://www.producteurslaitiers.ca/que-faisons-nous/programmes/programme-lait-canadien-de-qualite>
7. Madec JY. (2014). Les enjeux associés aux antibiotiques utilisés en élevage Le Nouveau Praticien Vétérinaire, élevage et santé, 7(26) : 13-17.
8. MAPAQ, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (2013). Rapport 2013. Résultats de la surveillance passive de l'antibiorésistance. Programme québécois de surveillance aux agents antimicrobiens des bactéries d'origine animale.
9. McGuirk, SM (2008). "Disease management of dairy calves and heifers." Veterinary Clinic of North America Food Animal Practice 24(1): 139-153.
10. OIE, Organisation mondiale de la santé animale (2014). Liste OIE des agents antimicrobiens importants en médecine vétérinaire. http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Our_scientific_expertise/docs/pdf/OIE_list_antimicrobials.pdf
11. Oliver SP, Murinda SE, Jayarao BM (2011). Impact of antibiotic use in adult dairy cows on antimicrobial resistance of veterinary and human pathogens: a comprehensive review. Foodborne Pathogen Disease 8(3):337-55.
12. Phillips I, Casewell M, Cox T et coll. (2004). Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. Journal of Antimicrobial Chemotherapy 53:28–52.
13. Roberson JR (2003). Establishing treatment protocols for clinical mastitis. Veterinary Clinic of North America Food Animal Practice 19(1):223-34.
14. Santé Canada (2009). Catégorisation des médicaments antimicrobiens basée sur leur importance en médecine humaine. http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/vet/antimicrob/amr_ram_hum-med-rev-fra.php. Accédé pour la dernière fois le 1^{er} juillet 2014.
15. SNGTV, Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires (2009). Guide de bonnes pratiques de l'antibiothérapie vétérinaire à l'usage des vétérinaires, avec annexes. 17 pages. Disponible en ligne <http://www.fve.org/veterinary/pdf/medicines/National%20initiatives/France/Fichier3056.pdf>
16. Wagner S and Erksine R. Antimicrobial drug use in bovine mastitis. In Antimicrobial therapy in veterinary medicine, 4th ed. Giguère S, Prescott JF, Baggot JD, Walker RD and Dowling PM eds. Blackwell Publishing, Iowa, USA. Pages 507-510.
17. WHO, World Health Organization (2014). Antimicrobial resistance Global Report on surveillance; summary. 8 pages. Disponible en ligne : http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112647/1/WHO_HSE_PED_AIP_2014.2_eng.pdf?ua=1



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Comment maximiser l'utilisation de l'azote des vaches laitières : répercussions environnementales et monétaires

Hélène Lapierre, agronome, Ph.D., Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier
et le porc, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, Québec

Daniel Ouellet, Ph.D., Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc,
Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, Québec

Alain Fournier, agronome, M.Sc., Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
du Québec, Nicolet, Québec

Doris Pellerin, agronome, Ph.D., Département des sciences animales, FSAA, Université Laval,
Québec



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Comment maximiser l'utilisation de l'azote des vaches laitières : répercussions environnementales et monétaires

Faits saillants :

Comment équilibrer les rations :

- Nous travaillons à mieux déterminer :
 - les apports, exemple : sécrétions endogènes au duodénum,
 - les besoins, exemple : pertes fécales, efficacité d'utilisation des acides aminés (AA)
- Équilibrer sur une base de protéines métabolisables (PM) plutôt que sur une base de protéines brutes (PB);
- Équilibrer pour la protéine dégradable et non-dégradable dans le rumen;
- Maximiser la protéine microbienne représentant plus de la moitié de l'apport protéique;
- Équilibrer pour les AA : même si les modèles sont en pleine effervescence, des principes de base tiennent toujours:
 - Complémentarité des sources de protéines non-dégradables,
 - Vérifier les apports en histidine quand les apports en PM sont plus faibles;
- La concentration en urée du lait est un précieux indicateur de l'équilibre protéique des rations : cette valeur est à considérer pour chaque troupeau, mais un objectif entre 8 et 14 mg d'urée-N par dL de lait est actuellement recommandé par Valacta;
- En appliquant ces principes, il est possible d'apporter suffisamment de PM et d'AA avec un % de PB de la ration autour de 16%, et ce pour des niveaux élevés de production.

Pourquoi équilibrer les rations :

- Diminuer l'excrétion d'azote dans l'environnement sans diminuer la productivité;
- Rapidement, en ajustant les rations au Québec, on pourrait réduire l'excrétion d'azote de 2 000 tonnes par année, soit 15% des déjections actuelles;
- Pour une ferme moyenne de 87 vaches, cette diminution de l'apport protéique représenterait une augmentation du bénéfice annuel entre 1700\$ et 4000\$.

Liste des abréviations :

AA: acide aminé; AC: AminoCow AC; AMTS: Agricultural Modeling Training Systems; CNCPS: Cornell Net Carbohydrate and Protein System; CPM: Cornell-Penn-Miner; Lys: lysine; Met: méthionine; MSI: matière sèche ingérée; N: azote; NRC: National Research Council; PDR: protéine dégradable dans le rumen; PMF: pertes métaboliques fécales; PB: protéine brute; PM: protéines métabolisables; RTM: ration totale mélangée; Thr: thréonine.

INTRODUCTION

Depuis plus d'une décennie, la préoccupation grandissante de l'impact environnemental des systèmes de productions animales ainsi que l'augmentation du coût des protéines alimentaires ont directement contribué à motiver producteurs, conseillers et chercheurs à trouver des façons de diminuer le taux de protéine brute (PB) des rations de vaches laitières, évidemment sans diminuer la production de lait et de protéines laitières.

Pourquoi parle-t-on d'impact environnemental important? Au Québec, l'an passé pour les 297 000 vaches inscrites chez Valacta, 26,5% de l'azote (N) ingéré était retourné dans le lait (Valacta, 2013), i.e. que 73,5% de l'N ingéré était excrété dans l'urine et dans les fèces, soit un peu plus de 12 000 tonnes de N par année. Cette importante quantité d'N excrétée est fortement liée à la teneur en PB des rations (le % de PB d'une ration étant obtenu en multipliant le % d'N par la constante 6,25 (i.e. 1/0,16) puisque les protéines contiennent 16% d'N). Pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'N dans les rations, il est essentiel d'en savoir plus sur la qualité de la protéine contenue dans la ration. Car, ultimement, ce que la vache utilisera pour fabriquer toutes ses propres protéines seront les acides aminés (AA) provenant des protéines digérées dans le petit intestin. C'est donc en fournissant une quantité et un profil adéquat d'AA que l'on pourra réduire l'N consommé tout en maintenant la productivité des vaches. Pourquoi parle-t-on de l'importance de la protéine dans le coût de l'alimentation? Selon St-Pierre (2014), la fraction protéique de la ration représente 42% du coût de la ration, et qui plus est, le coût de cette fraction a plus que doublé depuis 2008 alors que le prix de l'énergie est à peu près au même niveau qu'en 2008.

Dans cette présentation, nous aborderons dans un premier temps comment maximiser l'utilisation de l'N en mentionnant certains travaux de recherche menés à Sherbrooke permettant d'atteindre cet objectif. Puis, nous terminerons avec des exemples concrets de l'impact que peut avoir une réduction des apports en PB sur l'environnement et sur la rentabilité d'une entreprise laitière.

COMMENT MAXIMISER L'UTILISATION DE L'AZOTE

Le principe de base pour équilibrer les rations et optimiser l'utilisation de l'N consiste « simplement » à planifier une ration qui fournira exactement les nutriments nécessaires pour supporter les fonctions métaboliques de l'animal, i.e. préparer une ration qui aura un apport égal aux besoins. Ce qui peut sembler relativement simple sur papier s'avère un défi de taille en réalité chez le ruminant, car les protéines apparaissant à l'entrée de l'intestin pour être digérées sont complètement différentes, en quantité et en composition, des protéines ingérées. En effet, à cause de la dégradation et de la synthèse microbienne ayant cours dans le rumen, cet immense fermenteur de plus de 100 litres, la PB ingérée est complètement remodelée avant d'être livrée à l'intestin pour être digérée. Plus de 50% de la protéine arrivant au petit intestin provient de la biomasse microbienne produite dans le rumen (Clark et al., 1992). Les protéines sont digérées dans l'intestin et absorbées sous forme d'AA pour fournir à l'animal hôte les AA qui seront utilisés par tous les tissus, incluant la glande mammaire, pour fabriquer les protéines. Ce remodelage de la protéine alimentaire par les microorganismes est certes la principale raison expliquant les écarts actuels entre les modèles utilisés pour équilibrer les rations chez les monogastriques et les ruminants. Il faut cependant reconnaître que c'est cette même microflore qui permet aux ruminants de transformer des aliments fibreux, non-utilisables par les monogastriques, ainsi que de multiples sous-produits de l'industrie de la transformation, en un produit de haute qualité nutritionnelle, le lait.

- La protéine digérée par la vache provient à plus de 50% de la protéine fabriquée par les microorganismes du rumen, d'où le défi d'identifier les apports réels.

Unités pour exprimer les apports et les besoins

Dès lors que l'on veut équilibrer les apports avec les besoins, des unités doivent être utilisées pour exprimer chacune de ces entités. Il n'y a pas si longtemps les besoins en protéines des vaches laitières étaient exprimés en PB (NRC, 1978). Puis, le concept de dégradabilité ruminale des protéines et de l'énergie s'est développé (NRC, 1985) et est encore utilisé avec succès pour équilibrer les rations. Le système a continué à se peaufiner et le concept de protéines absorbables (NRC, 1989) puis métabolisables (PM; NRC, 2001) a été mis en place afin de mieux décrire la qualité nutritionnelle protéique d'une ration. Les PM ne sont pas mesurées directement mais représentent une estimation de la quantité totale de protéines digérées et disponibles à la vache. Les PM définissent mieux les apports

réels, car elles représentent les protéines présentes dans le système digestif, suite au rumen, qui seront digérées. Elles sont composées des protéines produite par les microbes du rumen, de la fraction protéique alimentaire non dégradée dans le rumen et des protéines endogènes (sécrétions du tractus digestif). Les PM seront digérées dans l'intestin en AA individuels et ce sont ces AA (composantes des protéines) qui seront utilisés par les différents tissus de l'animal pour la fabrication de protéines spécifiques utilisées pour la croissance, la reproduction, le système immunitaire, la lactation et autres fonctions. Ainsi, les unités de base transportées du système digestif à chacun des tissus qui seront utilisées pour fabriquer les protéines seront les AA. Dans l'organisme, 20 AA sont utilisés pour fabriquer toutes les protéines que le corps nécessite. Ces AA se divisent en deux catégories: les essentiels et les non-essentiels. Bien que les deux catégories soient « essentielles » à la fabrication de protéines, ces qualificatifs ont été attribués selon la capacité physiologique de l'animal à les fabriquer. Brièvement, l'animal est incapable de fabriquer les AA essentiels (histidine (His), isoleucine (Ile), leucine, lysine (Lys), méthionine (Met), phénylalanine, thréonine (Thr), tryptophane et valine). Ces AA doivent donc provenir de la digestion des protéines alimentaires ou bactériennes dans l'intestin. Par contre, l'animal possède les voies métaboliques de synthèse pour les AA non-essentiels (alanine, asparagine, aspartate, cystéine, glutamate, glutamine, glycine, proline, sérine et tyrosine). On a aussi ajouté le qualificatif de semi-essentiel pour les AA pouvant être synthétisés mais en quantité insuffisante pour couvrir les besoins d'animaux en forte production, comme l'arginine (Arg) ou la glutamine, dans certaines circonstances.

- Ce sont les AA qui sont utilisés par la vache pour fabriquer toute ses protéines : les AA essentiels doivent provenir de la digestion des protéines dans l'intestin tandis que la vache peut fabriquer les AA non-essentiels.

Améliorer la définition des apports

La plupart des modèles utilisés pour équilibrer les rations laitières ont développé des sous-modèles informatisés du rumen assez performants pour permettre une évaluation relativement précises des apports en protéines et en AA essentiels selon les caractéristiques des ingrédients de la ration. Dans une étude récente, nous avons comparé différents modèles nord-américains couramment utilisés. Les prédictions des flux duodénaux (à l'entrée du petit intestin) des protéines et AA essentiels obtenues avec ces modèles sont en général relativement précises, juste rétribution des efforts de recherche concentrés sur l'amélioration des sous-modèles du rumen. Dans cette étude (Pacheco et al., 2012), nous avons comparé les mesures des flux duodénaux de protéines et d'AA essentiels de 40 expériences (154 rations) avec les prédictions obtenues par les modèles suivants : AminoCow (AC), Agricultural Modeling Training Systems (AMTS), Cornell-Penn-Miner (CPM), et National Research Council (NRC, 2001). Le tableau 1 résume, de façon générale, que les modèles prédisent les flux de protéines au duodénum à l'intérieur d'une marge de 5% comparativement aux flux de protéines et d'AA essentiels effectivement mesurés. Plus de 90% de la variation observée de ce 5% était reliée à des facteurs non-contrôlés. Les modèles prédisent aussi à l'intérieur d'une marge de 5% le flux de protéines microbiennes, sauf le CPM qui présente une surestimation de +27%. Cependant, seulement le NRC prédit le flux de protéines alimentaires non-dégradées à l'intérieur de cette marge, tandis que les modèles AC and AMTS sous-prédisent cette fraction de -8 à -9% et le CPM de -24%. Pour les flux duodénaux des AA essentiels, le programme CPM prédit un flux plus élevé (>10%) pour l'Arg, l'His, l'Ile, la Met et la Lys; AMTS prédit un flux plus élevé pour l'Arg et la Met, tandis que les estimations des modèles AC et NRC sont, en moyenne, à l'intérieur d'une marge de 10%.

Un point commun à tous ces modèles (sauf le NRC) demande cependant une correction de concept importante. Dans la plupart des expériences où les flux duodénaux ont été mesurés, il est implicitement convenu que le flux de protéines alimentaires non-dégradées dans le rumen s'obtient par différence entre le flux duodéal total et le flux bactérien. Ce calcul ignore une réalité : la contribution au flux duodéal des sécrétions endogènes, i.e. des protéines qui arrivent au duodénum et qui ne proviennent pas des protéines alimentaires ou microbiennes, mais plutôt des sécrétions de l'animal lui-même dans le système digestif. Ces protéines comprennent principalement la salive, les sécrétions gastriques et pancréatiques, la bile et les cellules desquamées du système digestif, c'est-à-dire des cellules des muqueuses entraînées par l'abrasion du digesta (Tamminga et al., 1995). Leur contribution au flux duodéal n'est pas un nouvel apport à la vache puisque c'est elle-même qui a fabriqué ces protéines à partir d'AA qu'elle avait au préalable absorbés. À ce titre, cette contribution n'est pas un apport net de protéines et devrait être soustraite du flux digestif pour correctement apprécier les apports réels en protéines et en AA. Un

seul modèle, celui du NRC, reconnaît actuellement cette contribution au flux duodénal, contribution estimée selon un article de revue de Swanson (1977) à 1,9 g d'N/kg de matière sèche ingérée (MSI).

Au Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc de Agriculture et Agroalimentaire Canada à Sherbrooke, nous avons adapté chez la vache une nouvelle approche afin de réévaluer la contribution de ces sécrétions et les facteurs pouvant l'influencer (Ouellet et al., 2002, 2007 et 2010). En combinant l'utilisation de canules intestinales et d'AA marqué avec un isotope stable, nous avons développé un nouveau modèle (Figure 1). Ce modèle nous permet d'exclure des sécrétions endogènes la contribution de l'urée recyclée dans le rumen, qui ne représente pas un besoin en AA, et d'inclure les sécrétions endogènes utilisées par les bactéries pour fabriquer des protéines. Un modèle plus complet est actuellement en construction et sera incorporé dans la prochaine version du CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, version 7.0, Van Amburgh et Higgs, communication personnelle). Globalement, le flux endogène peut contribuer à hauteur de 15 à 20 % du flux duodénal total, ce qui est non négligeable. L'omettre des modèles de formulation entraîne donc une surestimation des apports nets et peut aussi amener une distorsion dans le profil d'AA disponibles car les sécrétions endogènes sont très riches en certains AA, notamment la Thr. Compte tenu de leurs compositions spécifiques en AA et de la digestibilité réelle associée à chaque source, des études sont en cours afin de mieux définir les facteurs affectant les sécrétions endogènes et les AA les plus affectés par cette prise en compte.

Ainsi, l'inclusion des protéines endogènes dans le flux non-bactérien, considéré comme la portion non-dégradé des protéines ingérées, entraînerait une surestimation de 24, 17 et 14% de celui-ci avec un apport faible, modéré ou élevé en PM, respectivement (Ouellet et al., 2007). De même, l'inclusion de protéines endogènes dans les protéines bactériennes passant au duodénum surestime l'apport net provenant de la protéine microbienne de 17, 15 et 15% avec un apport faible, modéré ou élevé en PM, respectivement (Ouellet et al., 2007). Ainsi, la prise en compte des sécrétions endogènes au duodénum et à l'iléon (fin de l'intestin) modifie substantiellement et de façon différente pour chaque AA l'estimation des AA disponibles pour l'animal (Tableau 2). Par exemple, l'apport net au duodénum est réduit de 11% ($6/55 \times 100$) pour la Met et de 26% ($27/109 \times 100$) pour la Thr.

- ***Les efforts de recherche ont été concentrés pour améliorer l'estimation des flux duodénaux en PM et en AA, et la plupart des modèles actuels sont relativement précis.***
- ***Il faut cependant soustraire de ces flux la contribution des protéines endogènes, i.e. les protéines sécrétées par la vache dans le système digestif, qui peuvent constituer de 15 à 20% du flux protéique à l'entrée de l'intestin.***

Améliorer la définition des besoins

Protéines exportées et leur composition en acides aminés

L'estimation des besoins en PM et AA repose sur 2 facettes. D'une part, dans un contexte simplifié pour une vache non gestante sans gain ni perte de poids, nous devons quantifier la protéine « exportée » en dehors de l'animal, c'est-à-dire, le lait, les pertes endogènes urinaires, les pertes métaboliques fécales (PMF) et les téguments. Pour une vache gestante ou gagnant du poids, l'accumulation de protéines corporelles et de celles du fœtus doit aussi être considérée. D'autre part, l'efficacité avec laquelle la protéine digérée (ou les AA absorbés) est utilisée pour remplir ces fonctions doit aussi être déterminée. On peut définir les besoins en termes plus globaux de PM ou en termes d'AA individuels, auquel cas, il faudra attribuer une composition en AA à chaque type de protéine exportée.

Pour les protéines « exportées », l'exportation principale est facilement mesurable par la quantité de protéines laitières sécrétées par jour. Par ailleurs, il serait probablement plus approprié de ne pas amalgamer ensemble sous la terminologie « entretien » les besoins pour les téguments, les sécrétions endogènes urinaires et les PMF. Il est à noter qu'actuellement les PMF sont calculées à partir de la MSI selon Swanson (1977), sans tenir en compte d'un facteur d'efficacité, tel que recommandé par l'auteur lui-même. Les pertes pour les sécrétions endogènes urinaires et pour les téguments sont relativement faibles comparativement aux besoins liés aux PMF et au lait (Tableau 3). Nous avons donc concentré nos efforts sur ces 2 derniers points. En continuant à utiliser le modèle développé par Ouellet et al. (2002), nous avons estimé les besoins en PMF à 19 g PM/kg MSI, en utilisant un facteur d'efficacité de 67% (Lapierre et al., 2007). Cette estimation est légèrement plus faible que celle utilisée actuellement dans le modèle du

NRC (en g PM/jour = $[MSI \text{ (kg/jour)} \times 30] - 0,50 \times [(PM_{\text{bactérien}}/0,80) - PM_{\text{bactérien}}]$) et beaucoup plus faible que l'estimation du CNCPS (en g PM/jour $\approx MSI \text{ (kg/jour)} \times 30$; Tableau 3). Cette estimation plus faible des besoins coïncide avec la réduction de l'apport net en PM en excluant les sécrétions endogènes du flux duodénal.

L'estimation exacte des besoins en AA est encore dans la section « travaux en cours », mais il est déjà possible de mieux équilibrer les rations pour certains AA individuels en respectant quelques grandes lignes. Actuellement, les besoins de la vache en AA sont exprimés selon deux écoles de pensée, soit selon la méthode proportionnelle en % des PM, soit selon la méthode factorielle en g/jour. Les besoins exprimés en % des PM sont estimés en établissant une relation empirique entre le % de l'AA étudié dans l'apport en PM avec soit le % de protéines ou le rendement en protéines du lait. Les 2 AA les plus étudiés sous cet aspect sont la Lys et la Met, et des études récentes soulignent qu'il faut utiliser les recommandations émanant du même modèle que celui qui a servi pour équilibrer les rations (Tableau 4). Un intérêt grandissant est aussi apporté à l'His, surtout avec des rations plus faibles en protéines. En effet, les protéines microbiennes, constituant une proportion grandissant des PM à mesure que les apports de PM diminuent, sont relativement pauvres en His. Les besoins en His seraient semblables à ceux de la Met. La 2^e approche, estimant les besoins en AA en g/jour, consiste à attribuer à chaque protéine exportée une composition en AA et ensuite une efficacité d'utilisation propre à chaque AA. Pour la composition en AA du lait, nous proposons une composition basée sur la composition moyenne des différentes fractions protéiques du lait, alors que pour la composition en AA des PMF, nous proposons une moyenne des rares valeurs obtenues chez la vache au duodénum combinée avec les valeurs iléales obtenues chez le porc (Lapierre et al., 2014; Tableau 5). L'efficacité d'utilisation sera discutée dans la section suivante.

- **Le besoin pour les pertes métaboliques fécales a été ré-évalué à 19 g PM/kg MSI en utilisant un nouveau modèle qui tient compte de la biologie.**
- **La composition en AA des PMF et du lait est ré-évaluée.**
- **Si la méthode proportionnelle est utilisée pour estimer les besoins d'un AA en % des PM, le même modèle doit être utilisé pour estimer les apports.**
- **Avec l'amélioration des connaissances, nous utiliserons de plus en plus la méthode factorielle, additionnant les besoins en AA en g/jour pour chaque fonction.**

Efficacité d'utilisation de la protéine métabolisable et des acides aminés

Les modèles nord-américains estiment les besoins en PM en utilisant une efficacité d'utilisation fixe des protéines digérées ou des AA absorbés vers les fonctions métaboliques. Pour les PM, cette efficacité est de 65 à 67 % (CNCPS : Fox et al., 2004; NRC, 2001), tandis que pour les AA, elle est fixe pour chaque AA mais varie d'un AA à l'autre (CNCPS : Fox et al., 2004; Tableau 6). Ainsi pour sécréter 1 kg/jour de protéines dans le lait, les besoins en PM seront de 1.5 kg/jour (1/0,67) et ainsi de suite pour les AA. Deux points attirent ici notre attention. Premièrement, pour certains AA, l'efficacité d'utilisation pour la lactation est de 100%, ce qui est plutôt improbable au niveau biologique. Le CNCPS a adopté ces coefficients en utilisant le ratio de la sécrétion dans les protéines du lait sur le prélèvement mammaire de chaque AA. Cependant, de par la nature et l'emplacement des enzymes responsables de l'oxydation des AA, certains AA ne sont pas oxydés au niveau mammaire, mais plutôt au niveau hépatique (Lobley et Lapierre, 2003; Lapierre et al., 2005). Ainsi, l'utilisation de ce ratio pour estimer les besoins en lactation crée une distorsion dans les besoins relatifs des AA essentiels. La prochaine révision du modèle CNCPS actuel (version 6.1; Higgs et van Amburgh, communication personnelle) changera d'ailleurs ces ratios pour ceux présentés au Tableau 7.

Le 2^e point à reconsidérer est l'utilisation d'un coefficient d'utilisation fixe, quel que soit l'apport! Il est clairement reconnu que le taux de recouvrement marginal en protéine du lait diminue à mesure que l'apport en protéine augmente (e.g. Hanigan et al., 1998; Metcalf et al., 2008). Dans un premier temps, nous avons proposé des coefficients d'efficacité de lactation variables, en fonction de l'apport (Doepel et al., 2004). Par la suite, nous avons proposé d'amalgamer les coefficients d'utilisation pour les besoins « d'entretien » et de lactation, tenant compte que la répartition anatomique des enzymes responsables de l'oxydation des AA n'est pas en lien avec les sites de synthèse et d'exportation des protéines. Ces coefficients d'utilisation demeurent toujours variables en fonction des apports digestifs (Tableau 7; Lapierre et al., 2007).

- ***Nous proposons d'amalgamer les coefficients d'utilisation des PM et des AA pour les besoins d'entretien et de lactation.***
- ***Ces coefficients d'utilisation demeurent toujours variables en fonction des apports digestifs.***

Améliorer l'efficacité d'utilisation de la protéine

Bien que les systèmes d'alimentation ne soient pas parfaits, il est quand même possible d'entreprendre des actions pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'N alimentaire et de réduire les coûts d'alimentation de son troupeau. En équilibrant pour les besoins en PM et pour les principaux AA potentiellement limitants, i.e. His, Met et Lys, il semble réaliste de viser un taux de PB de la ration des vaches en lactation à environ 16 - 16.5% pour des vaches de 40 kg et plus (Broderick, 2006), à condition d'équilibrer non pas sur une base de PB mais de PM. Une ration à 16.5% de PB et une consommation de 26 kg de MSI/jour apportera un peu plus de 2500 g de PM/jour. Le premier défi à considérer lorsque l'on veut réduire la teneur en PB de la ration à 16% est la réduction de la marge de sécurité au niveau de la protéine servie aux vaches. Il est alors important d'être très vigilant, de suivre la production laitière et les composantes du troupeau et de bien connaître la composition des ingrédients servis. Les facteurs à considérer pour maintenir la productivité des vaches lorsque l'on sert une ration contenant 16 % de PB ou moins pour des vaches de plus de 40 kg de lait par jour sont 1) l'uniformité de la ration totale mélangée (RTM) servie, un tri minimum de la RTM et la constance dans l'alimentation des vaches; 2) un suivi journalier de la variation de la qualité des fourrages et de leur teneur en humidité; 3) la mise en place d'un programme d'échantillonnage et d'analyse des fourrages et sous-produits rigoureux et régulier; 4) le réajustement de la ou des rations aux besoins en PM et énergie de la vache type à l'aide d'un programme alimentaire reconnu et éprouvé; 5) la prise en note des quantités d'aliments offerts par groupe dans un registre et la vérification des quantités d'aliments servis à chaque groupe de vaches; 6) l'analyse à chaque mois des concentrations d'urée dans le lait de chacune des vaches ou au minimum du réservoir à lait à chaque collecte de lait et l'application des correctifs au besoin.

Il a été rapporté qu'une teneur en protéine dégradable dans le rumen (PDR) à moins de 8,8% de la ration avait un effet négatif sur la MSI et sur la production de lait (Li et al. 2009). Formuler des rations avec au moins 9% de PDR semble être un seuil à viser avec ce type d'animaux afin de maintenir une bonne microflore ruminale. Car si la « santé » de la microflore n'est pas optimale, à cause d'une déficience en PDR, il y a presque toujours une diminution dans l'ingestion et de la digestibilité de la ration. Une portion de la PDR dans le rumen doit aussi être présente sous forme de peptides ou d'AA libres, i.e. que l'urée ne peut pas remplacer complètement toute la PDR. L'urée servie dans la RTM ne devrait pas dépasser plus de 0.5-0.7% de la MSI totale.

- ***En diminuant le taux de PB de la ration, la marge de sécurité (autrement dit l'excès) est réduite : un bon suivi et la vigilance sont de mise.***

Quelques exemples réussis de diminution des apports

Lors de récentes expériences, il a été possible de réduire à des niveaux très bas la teneur en PB de la ration sans affecter la production laitière, si on complémentait la ration de base avec les AA essentiels limitant potentiellement la production laitière. Ces AA doivent cependant être protégés de la dégradation du rumen. Par exemple, pour des vaches recevant une ration adéquate en PM (15.7% PB) et produisant 38.8 kg lait/jour et 1.13 kg de protéines vraies, la diminution de la PB à 13.6% a diminué les productions à 35.2 et 1.01 kg/jour respectivement. Par contre, l'ajout de Lys, Met et His protégées de la dégradation ruminale a restauré les productions à 38.5 et 1.14 kg/jour (Lee et al., 2012a).

Dans un autre essai de 8 mois réalisé dans l'état de New York de 2008 à 2009 (Higgs et al., 2012; Tableau 8), deux troupeaux de 400 et 600 vaches en lactation ont vu leur ration diminuée de 17,5 à 16,6% ou de 17,7 à 16,9% en PB sans diminuer la quantité de lait produit (moyenne 35,6 kg/j). Les teneurs en urée du lait avant le projet étaient de 14,8 et 14,5 mg/dL, pour le troupeau A et B, respectivement. L'adoption des rations plus basses en PB a permis de diminuer les teneurs en urée du lait à 12,5 et 12,0 mg/dL à la fin de l'essai. Cet exemple confirme qu'il est possible de diminuer la teneur en PB des rations actuellement servis aux vaches laitières. En tant que producteurs laitiers ou intervenants, on doit se poser la question suivante: est-ce que je peux réduire la quantité de PB, tout en maintenant ou diminuant peu l'apport en PM, que mes vaches reçoivent? Ainsi, ces exemples démontrent

clairement que plutôt que de viser un % de PB dans la ration, on doit plutôt équilibrer pour apporter suffisamment de PM et vérifier par la suite si l'apport pour certains AA, plus spécifiquement la Lys, la Met et l'His, est suffisant. Si l'apport en certains AA n'est pas suffisant, on peut inclure des ingrédients riches pour ces AA (e.g. le tourteau soya est riche en Lys mais pauvre en Met; le tourteau de canola est une bonne source de Lys et Met) ou inclure directement des AA protégés de la dégradation ruminale, en tenant compte de l'aspect économique, évidemment.

RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES

La projection de consommation de produits laitiers et de viande bovine indique une augmentation de plus de 50% d'ici l'an 2050. Bien que les ruminants consomment des produits et sous-produits que les humains ne peuvent pas valoriser, il existe tout de même une compétition importante pour les ressources disponibles. Ainsi, que ce soit de manière volontaire ou involontaire, la production de lait devra améliorer son efficacité d'utilisation des protéines. Parmi les effets négatifs associés à une efficacité de production moindre que celle des monogastriques, on retrouve une plus grande émission de l'N dans l'environnement. La majorité des pertes d'N dans l'environnement se produisent par le lessivage des nitrates, la volatilisation de l'ammoniaque et les émissions d'oxyde nitreux dans les bâtiments d'élevage, structures d'entreposage des fumiers et lors de leur application au champ. La consommation d'N en excès des besoins se retrouve rapidement excrétée dans l'urine et c'est dans cette excrétion, beaucoup plus que dans les fèces, que l'N est le plus susceptible d'être perdu par lessivage et par volatilisation. Ainsi, réduire l'N urinaire diminuera significativement les impacts négatifs sur l'environnement. Une ration contenant 14,8% de PB vs 16,7% comprenait 35% moins d'N dans l'urine et avec une application similaire en N au sol d'un mélange de fèces et d'urine, la ration faible en PB a produit 53% moins de volatilisation d'N (Figure 2; Lee et al., 2012b).

- La majorité des pertes d'N dans l'environnement se produisent par le lessivage des nitrates, la volatilisation de l'ammoniaque et les émissions d'oxyde nitreux.

Impact d'une diminution de l'apport en N sur les excréments azotés

Tel que mentionné dans l'introduction, chez la vache laitière, le transfert de la protéine alimentaire dans le lait au Québec est en moyenne légèrement supérieur à 25%, une efficacité inférieure à celle des monogastriques, se situant à près de 35% pour les porcs et 45% pour les poulets. Il faut cependant mentionner que les ruminants peuvent utiliser des sources alimentaires inutilisables pour l'humain. Selon Dijkstra et al. (2013), l'efficacité théorique maximale de l'utilisation de l'N pour une vache produisant 40 kg de lait par jour pourrait tout de même atteindre 43%. Quelques vaches ont parfois démontré des efficacités supérieures, mais ces fortes performances tendent à être associées à une mobilisation des protéines corporelles qui peut être observée durant quelques jours ou semaines particulièrement en début de lactation et sont donc transitoires. Compte tenu de ces observations, un objectif d'augmentation de l'efficacité entre 32 et 35% est probablement envisageable. Il est possible de concilier hautes productions laitières et meilleure efficacité de l'utilisation de l'N, car pour les troupeaux inscrits chez Valacta pour l'an 2013, l'efficacité d'utilisation augmente avec le niveau de production, atteignant 29.8 % pour les troupeaux produisant plus de 11 000 kg /vache par an. Nous verrons dans une section ultérieure l'impact économique d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'N en harmonisant adéquatement l'apport avec les besoins!

Dans un modèle de prédiction de l'excrétion d'N (Kebreab et al., 2009; Figure 3), on constate que la majorité de l'N éliminé l'est via l'urine. Il est important de noter que l'axe des y a une échelle deux fois plus petite pour les figures des fèces et du lait comparativement à celle des pertes urinaires et d'excréta totaux. La perte urinaire d'N augmente plus vite que la perte fécale d'N. En fait, l'excrétion urinaire d'N représente environ 56% des pertes pour une vache qui consomme 500 g d'N/jour (23 kg de matière sèche d'une ration à 14% de PB) et cette proportion augmente à plus de 64% lorsque la vache ingère 640 g d'N/jour (23 kg de matière sèche d'une ration à 17,5% PB). Par contre l'N fécal s'élève dans les fèces lorsqu'il y a plus d'amidon de la diète qui n'est pas digéré dans le rumen et l'intestin et qui atteint le cæcum, où des fermentations microbiennes augmentent la quantité d'N perdu dans les fèces (Hassanat et al., 2009). Le traitement adéquat de l'amidon des grains et des fourrages, comme l'ensilage de maïs est important pour réduire cette situation. La forte augmentation d'excrétion d'N via l'urine à mesure que les apports en protéines augmentent s'explique par le fait que la protéine alimentaire dégradée qui est

excédentaire au besoin de la flore du rumen produira dans le rumen un surplus d'ammoniaque. Cette ammoniaque sera transformée en urée dans le foie avant d'être relâchée dans le sang. De même, l'excès d'AA est catabolisé en grande partie par le foie aussi en urée. L'urée fabriquée par le foie est en partie retournée dans le rumen pour y être utilisée entre autre par les bactéries pour fabriquer d'autres protéines tandis que l'urée excédentaire dans le sang sera éliminée via l'urine par les reins (Lapierre et Lobley, 2001). Les concentrations d'urée dans le sang s'équilibrent avec les concentrations d'urée dans le lait. Ceci explique pourquoi les concentrations d'urée dans le sang et du lait soient positivement corrélées entre elles et avec la teneur en N des rations, tel que discuté dans la prochaine section.

- **Le surplus d'N alimenté aux vaches est principalement excrété sous forme d'urée dans l'urine, la forme la plus polluante, d'où l'importance de la diminuer.**
- **En ajustant adéquatement les rations au Québec, on pourrait réduire l'excrétion d'azote de 2 000 tonnes par année, soit 15% des déjections actuelles, sans compromettre la productivité.**

Un « à-côté » de l'excrétion urinaire d'urée : l'urée dans le lait, une mesure indirecte de l'efficacité

Comme les concentrations d'urée du sang et du lait soient positivement corrélées entre elles et avec la teneur en N des rations, les concentrations d'urée dans le lait peuvent être utilisées comme un outil de diagnostic de l'équilibre protéique des rations de votre troupeau. Une méta-analyse récente, avec une banque de données présentant une variation en PB de la ration entre 9,4 à 24,1% et une concentration en urée du lait variant entre 3,8 et 30,2 mg d'urée-N/dL, démontre clairement la relation entre l'excrétion urinaire d'N et la teneur en urée du lait (Figure 4) et entre le % de PB de la ration et la teneur en urée du lait (Figure 5) que ce soit pour l'Amérique du Nord ou pour la région du nord-ouest de l'Europe (Spek et al., 2013). Cette étude confirme que les facteurs urée du lait et teneur en PB de la ration sont les plus corrélés pour expliquer l'excrétion d'N urinaire total ($r^2 = 0,72$ et $0,79$, respectivement) et ainsi que l'N sous forme d'urée dans l'urine ($r^2 = 0,87$ et $0,81$, respectivement).

Au Québec, les recommandations ont été révisées à la baisse en 2010, et on recommande actuellement des concentrations variant entre 8 et 14 mg d'urée-N/dL de lait, selon l'historique du troupeau (Lefebvre et Lacroix, 2010). La concentration en urée du lait est influencée par le moment de la traite, les saisons, le poids de vaches, la race, le géniteur de la vache, et les facteurs nutritionnels tels que la protéine dégradable ou non-dégradable dans le rumen et les hydrates de carbone non-fibreux. Un exposé récent par M. Wattiaux (ADSA, 2014) suggère d'utiliser les sécrétions totales d'urée plutôt que les concentrations pour minimiser les variations diurnes. Selon des experts américains, pour un troupeau alimenté selon les besoins de l'animal en suivant méticuleusement un programme d'alimentation bien équilibrée en protéine et énergie, la recommandation de la teneur en urée du lait est de 12 mg/dL et moins (Aguilar et Hanigan, 2014). Dans cette étude effectuée dans l'état de Virginie, la relation entre le taux d'urée dans le lait et le % de PB de la ration était en moyenne de 1,15 mg/dL pour chaque unité de pourcentage de PB de la ration. Donc, si une vache à un taux d'urée du lait de 13 mg/dL, il serait possible de réduire par un peu moins que 1% (0,87%) la teneur en PB de la ration avec un taux visé de 12 mg/dl.

- **Au Québec, on recommande des concentrations variant entre 8 et 14 mg d'urée-N/dL de lait.**

RÉPERCUSSIONS MONÉTAIRES : IMPACT POUR LA FERME MOYENNE QUÉBÉCOISE

Quelle serait l'impact d'une meilleure évaluation des besoins en protéines et en AA pour les producteurs laitiers québécois? Pour répondre à cette question, nous avons utilisé le modèle N-CyCLES qui permet de simuler l'impact global d'un changement de gestion sur une ferme laitière. Le scénario initial représente la situation d'une ferme moyenne du Centre du Québec 87 vaches livrant 6870 hL de lait standardisé à 4,0% gras et 3,4% protéine, soit un peu plus que la moyenne québécoise, et utilisant des aliments simples pour l'alimentation du troupeau. Les vaches en lactation sont regroupées en 2 groupes d'alimentation en fonction de leur stade de lactation. Nous avons évalué de façon conservatrice qu'une meilleure connaissance des besoins en AA permettrait une baisse d'environ 1,5 point du % de PB de la ration. Ce % de PB passerait ainsi de 17,4 à 15,9 % en moyenne. En utilisant les prix moyens des concentrés pour 2009-2011, l'amélioration du bénéfice est de 1700\$ (Tableau 9). Toutefois, dans le contexte actuel (2014) où les prix des concentrés, particulièrement ceux des suppléments protéiques sont élevés, l'amélioration du bénéfice dépasse les 4000\$ ou les 0,58 \$/hL. Du même coup, une meilleure adéquation entre les apports et les besoins en protéines permettrait de diminuer le bilan azote de la ferme de plus de 1260 kg

ou 12%. Ceci permettrait donc d'améliorer, sans effort pour les producteurs, à la fois la durabilité économique et la durabilité environnementale des fermes laitières.

- Une baisse d'environ 1,5 point du % de PB de la ration, de 17,4 à 15,9 %, améliorerait le bénéfice annuel 1700\$ à 4000\$, pour une exploitation de 87 vaches, et cela sans réduire la production de lait.

CONCLUSION

Le potentiel qu'ont les vaches d'utiliser des sources d'aliments fibreux via la dégradation microbienne du rumen vient drôlement compliquer l'estimation des apports et par conséquent des besoins en PM et en AA. Néanmoins, de nombreux efforts de recherche ont permis de développer des modèles permettant de prédire les flux de protéines arrivant au duodénum pour être digérés. Le défi actuel est d'améliorer notre prédiction de l'utilisation de cette protéine et de ces AA. Plusieurs modèles utilisés pour équilibrer les rations sont à un point charnière pour mieux intégrer la biologie et on devrait observer des améliorations notables au cours des prochaines années. Cependant les connaissances et les outils actuels permettent déjà d'améliorer l'équilibre des rations au niveau de l'apport en protéines en utilisant les PM plutôt que la PB, et aussi en ajustant les apports de certains AA plus étudiés, notamment l'histidine, la lysine et la méthionine. L'utilisation de ces outils nous permet déjà d'équilibrer les rations à des niveaux de PB plus bas que ce qui était traditionnellement utilisé, et ce sans pénaliser la productivité. Il en résultera une diminution de l'empreinte environnementale des fermes laitières, d'une part, mais aussi une économie substantielle des coûts de production pour les exploitations laitières.

Tableau 1. Moyennes des flux de protéines et d'acides aminés essentiels (g/jour) observés et prédits avec différents modèles¹

Variable	Observé	Modèles			
		AC	AMTS	CPM	NRC
Protéine brute	3027	2945	3026	3148	2951
Protéine microbienne	1610	1605	1678	2050	1573
Fraction non-dégradée	1480	1368	1348	1126	1415
Arginine	122	123	152	160	116
Histidine	61	59	66	69	56
Isoleucine	119	127	126	134	120
Leucine	230	220	219	224	226
Lysine	157	161	164	178	160
Méthionine	47	48	53	59	47
Phénylalanine	129	128	134	140	126
Thréonine	123	124	120	127	120
Valine	141	145	147	155	138

¹Adapté de Pacheco et al. (2012)

²AC = AminoCow; AMTS = Agricultural Modeling and Training Systems, CPM = Cornell-Penn-Miner version of CNCPS; NRC = National Research Council (2001): voir le texte pour les détails.

Tableau 2. Disponibilité réelle des acides aminés lorsque les sécrétions endogènes sont tenues en compte dans le calcul des mesures de flux intestinal

Paramètre, g/jour	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val
Duodéal (D)	53	120	189	144	55	111	109	133
N endogène duodéal (ED)	15	19	20	30	6	19	27	25
Net duodéal (ND = D - ED)	39	101	169	114	49	92	82	108
Iléal (I)	24	38	61	37	19	42	44	55
AA apparent digestible à l'iléon (AI = D-I)	30	82	128	108	36	70	65	78
Endogène iléal (EI)	7	10	11	14	3	9	15	13
Duodéal indigestible	5	6	6	9	2	6	8	8
Petit intestin non-réabsorbé (EPI)	2	4	5	4	1	4	7	6
AA réellement digestible à l'iléon (RDI = AI + EPI)	32	86	133	112	38	73	72	84
Apport net d'AA réellement digestible à l'iléon (ANRD = ND - (I - EI))	22	73	119	91	33	60	53	66
Disponible, tenant compte des pertes endogènes, (Disp = ANRD - EI)	15	63	108	78	30	51	38	53

Tableau 3. Besoins en protéines métabolisables (g/jour) pour chacune des protéines « exportées » selon différents modèles¹

Protéines “exportées”	Modèle ²		
	NRC	AMTS	Proposition
Téguments	15	15	15
Endogène urinaire	108	108	108
Métabolique fécal	630	810	510
Endogène au duodénum	191	-	-
Lait	2015	2060	2015
TOTAL	2959	2993	2648

¹Pour une vache pesant 700 kg, consommant 27 kg/jour de matière sèche et produisant 45 kg de lait par jour à 3.0% de protéine vraie.

²AMTS = Agricultural Modeling and Training Systems (version commercial du CNCPS); NRC = National Research Council (2001): voir le texte pour les détails.

Tableau 4. Proportion optimale (%) de lysine et de méthionine dans l’apport de protéines métabolisables pour maximiser le rendement ou la concentration en protéine du lait selon différents modèles

Réponse à maximiser	Modèle ¹	Acide aminé	
		Lysine	Méthionine
Rendement en protéines	NRC	7.08	2.35
	NRC - révision ²	6.95	2.38
	AMTS ^{2,3}	6.74	2.31
	CPM ²	7.36	2.44
Concentration en protéines	NRC	7.24	2.38
	NRC - révision	6.89	2.23
	AMTS	6.84	2.40
	CPM	7.23	2.40

¹NRC = National Research Council (2001); AMTS = Agricultural Modeling and Training Systems (version commercial du CNCPS); CPM = Cornell-Penn-Miner version of CNCPS.

²Whitehouse et al., 2010 a et b.

³Whitehouse et al., 2009 pour la méthionine en utilisant le modèle de formulation AMTS.

Tableau 5. Composition proposée en acides aminés (AA) du lait et des pertes métaboliques fécales (PMF)¹

AA	Lait	PMF
	mg AA / g protéine vraie	mg AA / g protéine brute ²
Arginine	37.4	32.3
Histidine	29.0	20.0
Isoleucine	61.3	31.5
Leucine	103.6	40.1
Lysine	87.6	42.4
Méthionine	29.9	10.6
Phénylalanine	52.2	28.5
Thréonine	47.0	46.2
Tryptophane	16.2	12.0
Valine	69.3	43.9
Alanine	35.4	41.7
Asparagine (Asn)	42.7	67.6 ³
Aspartate (Asp)	37.8	-
Cystéine	9.0	19.6
Glutamine (Gln)	96.5	96.3 ³
Glutamate (Glu)	128.8	-
Glycine	20.0	122.1
Proline	103.8	68.4
Sérine	67.4	51.2
Tyrosine	58.4	25.3

¹Voir texte pour détail.

²Avec 80% de protéine vraie.

³Pour PMF, Asn est la somme de Asn+Asp et Gln est la somme de Gln+Glu.

Tableau 6. Coefficients d'efficacité d'utilisation des acides aminés (AA) pour les besoins d'entretien et de lactation actuellement utilisé par le CNCPS¹

Fonction	AA								
	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Val
Entretien	0.85	0.85	0.66	0.66	0.85	0.85	0.85	0.85	0.66
Lactation	0.35	0.96	0.66	0.72	0.82	1.00	0.98	0.78	0.62

¹Adapté de Fox et al., 2004.

Tableau 7. Coefficients d'efficacité d'utilisation combinée (entretien et lactation) des AA et de la protéine métabolisable (PM) en fonction de leur apport optimal

AA	% de l'apport optimal			
	50%	75%	100%	125%
Arginine	0.68	0.63	0.58	0.52
Histidine	0.96	0.85	0.76	0.68
Isoleucine	0.77	0.72	0.67	0.60
Leucine	0.74	0.67	0.61	0.55
Lysine	0.81	0.75	0.69	0.62
Méthionine	0.85	0.74	0.66	0.59
Phénylalanine	0.70	0.63	0.57	0.51
Thréonine	0.68	0.68	0.66	0.60
Valine	0.79	0.72	0.66	0.59
PM	0.72	0.67	0.62	0.56

¹Calculé à partir de la banque de données de Doepel et al. (2004) et adapté de Lapierre et al., 2007; estimé à partir des AA dans la protéine du lait plus les besoins de téguments, pertes endogènes urinaires et pertes métaboliques fécales, tel que proposé dans le présent article divisé par l'apport net en AA (NRC, 2001).

Tableau 8. Performances de 2 troupeaux dans l'état de Ney York qui ont réduit l'apport de protéine brute alimentaire.

Paramètres	Troupeau A		Troupeau B	
	Ration initiale	Ration finale	Ration initiale	Ration finale
Lait, kg/j	35,9	36,3	37,5	36,4
Lipides du lait, %	3,77	3,63	3,56	3,63
Protéine vraie du lait, %	3,03	3,11	2,96	3,07
N uréique du lait, mg/dL	15,7	12,3	13,5	12,0
Fourrage, % de MS de la ration	54	57	60	48
Ensilage de maïs, % du fourrage	32	40	53	60
Ration (base MS)				
Protéine brute, %	17,6	16,6	17,7	16,9
NDF, %	32,5	33,6	31,3	33,2
Lipide, %	4,3	3,8	5,4	4,2
Protéine métabolisable, g/j	2950	2769	2646	2690
N ingéré, g/j	697	641	653	632
N lait, g/j	195	199	183	189
N fécal, g/j	250	237	233	231
N urinaire, g/j	250	204	236	210
N total excrété, g/j	500	441	469	441
N lait, % N ingéré	28	31	28	30
N lait : N urinaire	0,78 : 1	0,98 : 1	0,76 : 1	0,83 : 1
Coût d'alimentation, \$/vache/j	4,07	3,35	4,33	4,12
Revenu du lait : coût d'aliments	5,32	6,31	4,79	4,98

Tableau 9. Impact prévisible d'une meilleure estimation des besoins en AA pour une ferme moyenne du Centre du Québec¹

Paramètres	Prix moyens des concentrés	Prix élevés des concentrés
Augmentation du bénéfice, \$/an	1706	4005
Diminution du bilan azote, kg/an	-1263	-1270
Diminution du bilan phosphore, kg/an	-39	-42

¹Ferme de 142 ha en culture et de 87 vaches livrant 6870 hL de lait standardisé à 4,0% gras et 3,4% protéine.

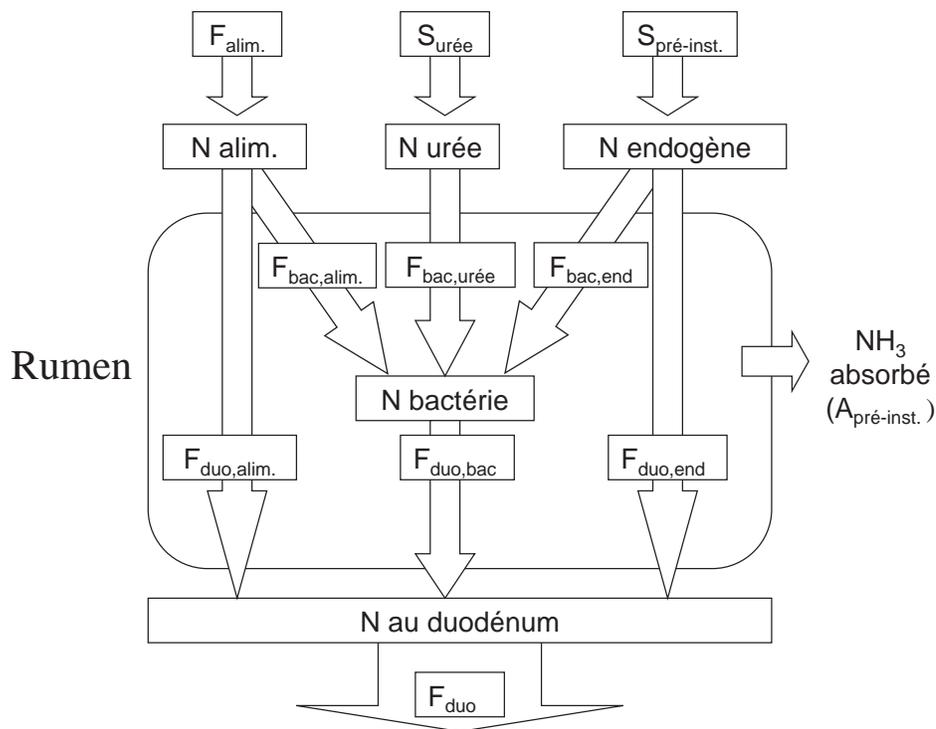


Figure 1. Schématisation des sources d'N au rumen et au duodénum. F= flux, S = sécrétion, bac = bactérie end= sécrétions endogène d'N (adapté de Ouellet et al., 2002)

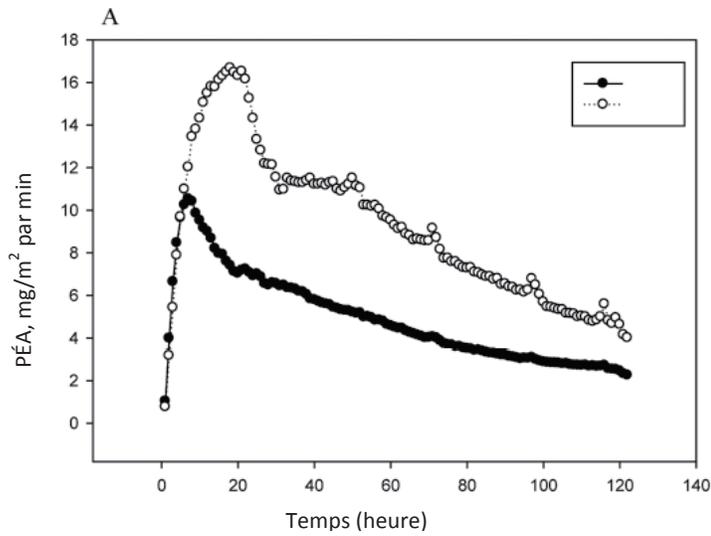


Figure 2. Effet de la concentration en protéine brute (● : 14,8% vs ○ : 16,7%) de la ration sur le potentiel d'émission d'ammoniaque (PÉA) de fèces et d'urine. Adapté de Lee et al. (2012b).

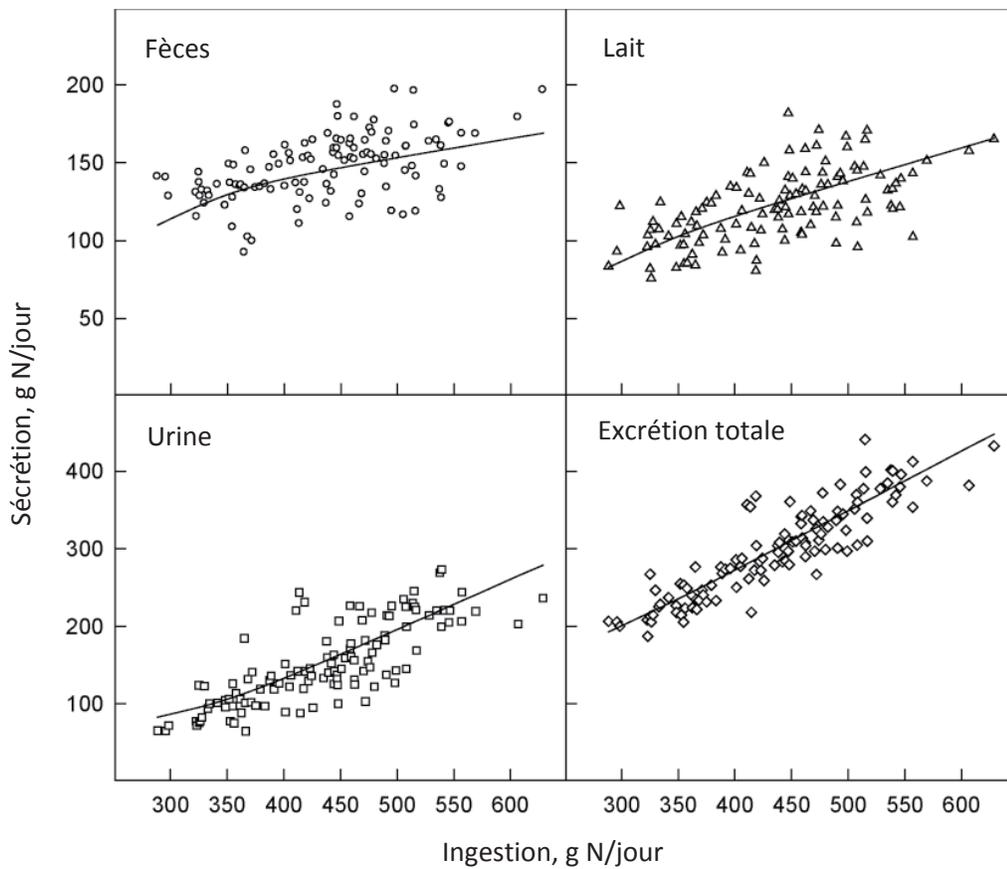


Figure 3. Relation entre l'N ingéré et la sécrétion d'N dans le lait, les fèces et l'urine. Adapté de Kebreab et al. (2009).

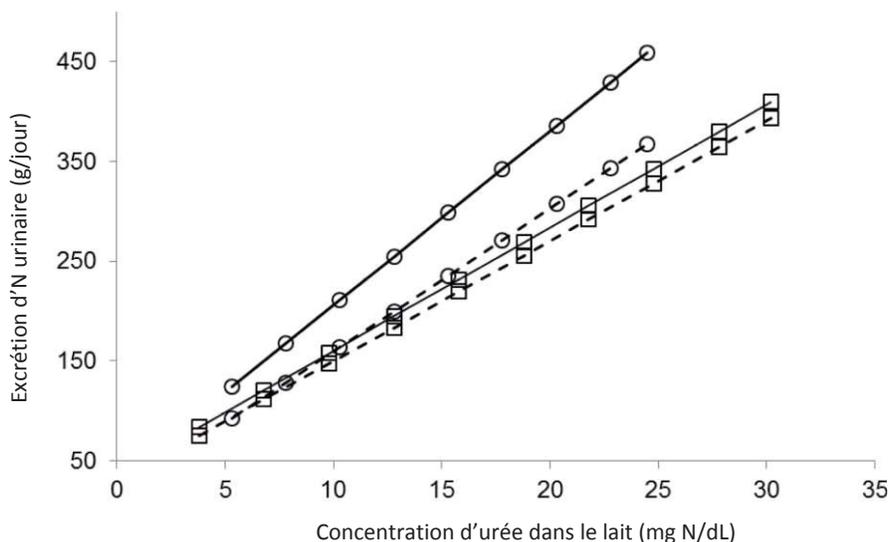


Figure 4. Relation entre la concentration d'urée dans le lait (mg N/dL) et l'excrétion d'N urinaire (g/jour). ○ : Amérique du Nord et □ : nord-ouest de l'Europe; lignes en continues : valeurs obtenues par collecte totale d'urine et lignes en pointillé : calcul entre l'ingestion moins l'N excrété via les fèces et le lait (adapté de Spek et al., 2013).

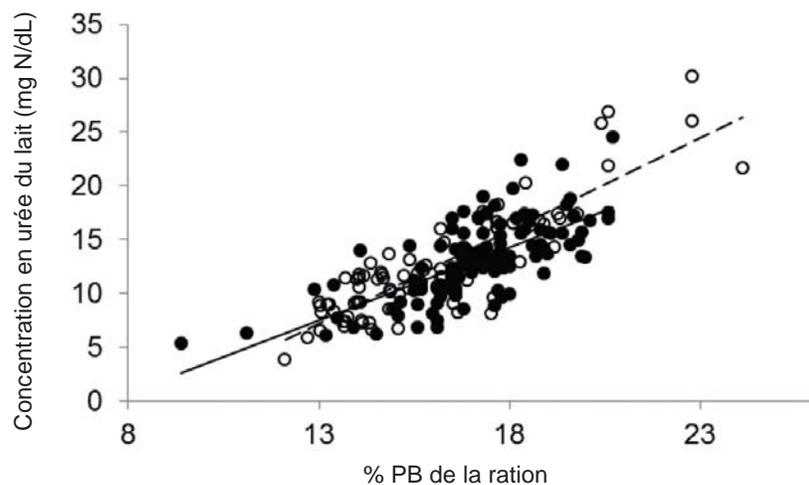


Figure 5. Relation entre la teneur en protéine de la ration (PB, % matière sèche (MS)) et la concentration en urée du lait (mg N/dL). ● : Amérique du Nord et ○ nord-ouest de l'Europe (adapté de Spek et al., 2013).

Références

- Broderick, G. 2006. Nutritional strategies to reduce crude protein in dairy diets. 21st Annual Southwest Nutrition & Management Conference Proceedings. University of Arizona. p1-14.
- Clark, J.H., T.H. Klusmeyer et M.R. Cameron. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:2304-2323.
- Dijkstra, J., C.K. Reynolds, E. Kebreab, A. Bannink, J.L. Ellis, J. France et A.M. van Vuuren. Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen loss in cattle. Pages 47-58 dans *Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production*. EAAP No. 134. Ed. J.W. Oltjen, E. Kebreab and H. Lapierre. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Doepel, L., D. Pacheco, J.J. Kennelly, M.D. Hanigan, I.F. López et H. Lapierre. 2004. Milk protein synthesis as a function of amino acid supply. *J. Dairy Sci.* 87:1279-1297.
- Fox, D.G., L.O. Tedeschi, T.P. Tylutki, J.B. Russell, M.E. Van Amburgh, L.E. Chase, A.N. Pell et T.R. Overton. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Tech.* 112:29-78.
- Higgs, R.J., Chase, L.E. et M.E. Van Amburgh. 2012. Case study: Application and evaluation of the Cornell net carbohydrate and protein system as a tool to improve nitrogen utilization in commercial dairy herds. *Professional Animal Scientist*. 28:370-378.
- Hanigan, M.D., J.P. Cant, D.C. Weakley et J.L. Beckett. 1998. An evaluation of postabsorptive protein and amino acid metabolism in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 81:3385-3401.
- Hassanat, F., H. Lapierre, D.R. Ouellet. 2009. Effect of starch infusion site on glucose rate of appearance (Ra) and digestibility of starch and nitrogen in dairy cows. *J. Anim. Sci.* Vol. 87 (E-suppl. 2) / *J. Dairy Sci.* Vol. 92 (E-suppl.1): 97.
- Kebreab, E., J. Dijkstra, A. Bannink et J. France. 2009. Recent advances in modeling nutrient utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 87:E111-122
- Lapierre, H. et G.E. Lobley. 2001. Nitrogen recycling in the ruminant: a review. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.):E223-E236.
- Lapierre, H., R. Berthiaume, G. Raggio, M.C. Thivierge, L. Doepel, D. Pacheco, P. Dubreuil et G.E. Lobley. 2005. The route of absorbed nitrogen into milk protein. *Animal Science* 80:11-22.
- Lapierre, H., G.E. Lobley, D.R. Ouellet, L. Doepel et D. Pacheco. 2007. Amino acid requirements for lactating dairy cows: reconciling predictive models and biology. *Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers Dpt. Anim. Science, Cornell University, NY*:39-59.
- Lapierre, H., L. Doepel, D. Pacheco et D.R. Ouellet. 2014. Amino acid requirement and post-absorptive metabolism in cattle: implications for ration formulation. Pages 167-178 in *Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Florida, USA*.
- Lee, C., A.N. Hristov, T.W. Cassidy, K.S. Heyler, H. Lapierre, G.A. Varga, M.J. de Veth, R.A. Patton et C. Parys. 2012a. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. *J. Dairy Sci.* 95:6042-6056.
- Lee, C., A.N. Hristov, C.J. Dell, G.W. Feyereisen, J. Kaye et D. Beegle. 2012b. Effect of dietary protein concentration on ammonia and greenhouse gas emitting potential of dairy manure. *J. Dairy Sci.* 95:1930-1941.
- Lefebvre, D. et R. Lacroix. 2010. L'urée du lait, pour optimiser la protéine de la ration. Pages 34-36. dans *Le producteur de lait québécois*. Juin 2010.
- Li, L. Cyriac, J., Knowlton, K.F., Marr, L.C., Gay, S.W., Hanigan, D.M. et J.A. Ogejo. 2009. Effects of reducing dietary nitrogen on ammonia emissions from manure on the floor of a naturally ventilated free stall dairy barn at low (0-20°C) temperatures. *J. Environ. Qual.* 38:2172-2181.
- Lobley, G.E. et H. Lapierre. 2003. Post-absorptive metabolism of amino acids. Pages 737-756 dans *Progress in research on energy and protein metabolism*. EAAP publication No.109. Ed. W.B. Souffrant and C.C. Metges.
- Metcalf, J.A., R.J. Mansbridge, J.S. Blake, J.D. Oldham et J.R. Newbold. 2008. The efficiency of conversion of metabolizable protein into milk true protein over a range of metabolizable protein intakes. *Animal* 2:1193-1202.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. . ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Ouellet, D.R., M. Demers, G. Zuur, G.E. Lobley, J.R. Seoane, J.V. Nolan et H. Lapierre. 2002. Effect of dietary fiber on endogenous nitrogen flows in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:3013-3025.

- Ouellet, D.R., D. Valkeners, G. Holtrop, G.E. Lobley et H. Lapierre. 2007. Contribution of endogenous secretions and urea recycling to nitrogen metabolism. Pages 1-24 dans Proc. Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers. Dpt. Anim. Science, Cornell University, NY.
- Ouellet, D.R., R. Berthiaume, G. Holtrop, G.E. Lobley, R. Martineau et H. Lapierre. 2010. Effect of method of conservation of timothy on endogenous nitrogen flows in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:4252-4261.
- Pacheco, D., R.A. Patton, C. Parys et H. Lapierre. 2012. Ability of commercially available dairy ration programs to predict duodenal flows of protein and essential amino acids in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:937-963.
- Spek, J.W., J. Dijkstra, G. van Duinkerken, W.H. Hendriks et A. Bannink. 2013. Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96:4310-4322.
- Tamminga, S., H. Schulze, J. Van Bruchem et J. Huisman. 1995. The nutritional significance of endogenous N-losses along the gastro-intestinal tract of farm animals. *Arch. Tierernahr.* 48:9-22.
- Valacta. 2013. L'évolution de la production laitière québécoise. Le producteur de lait québécois.
- Whitehouse, N., C. Schwab, T. Tylutki, D. Luchini et B. Sloan. 2009. Comparison of optimal lysine and methionine in metabolizable protein estimated by the NRC (2001), CPM-Dairy (v.3.0.10) and AMTS.Cattle (v.2.1.1) models. *J. Dairy Sci.* 92, E-Suppl. 1: 103.
- Whitehouse, N., C. Schwab, D. Luchini et B. Sloan. 2010a. A critique of dose-response plots that relate changes in content and yield of milk protein to predicted concentrations of lysine in metabolizable protein by the NRC (2001), CPM-Dairy (v.3.0.10) and AMTS.Cattle (v.2.1.1) models. *J. Dairy Sci.* 93, E-Suppl. 1: 447.
- Whitehouse, N., C. Schwab, D. Luchini et B. Sloan. 2010b. A critique of dose-response plots that relate changes in content and yield of milk protein to predicted concentrations of methionine in metabolizable protein by the NRC (2001), CPM-Dairy (v.3.0.10) and AMTS.Cattle (v.2.1.1) models. *J. Dairy Sci.* 93, E-Suppl. 1: 447.



Symposium sur les bovins laitiers ***Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain***

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

La recherche laitière s'affiche!

Élise Gosselin, M.Sc., agronome, coordonnatrice de valorisation, Novalait inc.

Présentation sans texte



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Nouveautés sur l'ensilage de maïs, un fourrage pas comme les autres

Mario Boivin, M.Sc., agronome, nutritionniste en production laitière, La Coop fédérée

Collaborateurs :

Yvan Chouinard, Ph.D., agronome, professeur titulaire, FSAA, Université Laval

Alain Fournier, M.Sc., agronome, conseiller en production laitière et bovine, MAPAQ, Direction
régionale du Centre-du-Québec

Germain Lefebvre, agronome, Président, Agro-Bio Contrôle Inc.



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Nouveautés sur l'ensilage de maïs, un fourrage pas comme les autres

FAITS SAILLANTS

- **Récolter l'ensilage de maïs au bon stade de maturité est le facteur le plus important pour optimiser sa digestibilité.**
- **Un bon ajustement de la longueur de coupe théorique et de l'unité de conditionnement améliore la digestibilité de l'ensilage de maïs.**
- **Les nouvelles technologies de conditionnement montrent un potentiel intéressant.**
- **L'ensilage de maïs devrait être servi après 2 à 3 mois d'entreposage, puisqu'il est alors plus stable et que la digestibilité de son amidon augmente au cours de la période de conservation.**
- **L'ensilage de maïs est un fourrage de grande valeur énergétique et ses particularités (sa teneur en amidon, son profil en acides gras et la taille de ses particules) devraient être considérées lors du calcul de la ration.**

INTRODUCTION

L'ensilage de maïs est un fourrage de choix pour l'alimentation de la vache laitière pour plusieurs raisons. D'abord, sa contribution à l'énergie de la ration est importante et est généralement plus élevée que les autres fourrages. En début de lactation, les besoins sont tels que l'énergie constitue le facteur le plus limitant. Lorsque la production de lait est élevée et/ou que la consommation de matière sèche (MS) n'est pas à son maximum, le déficit énergétique engendré peut occasionner une baisse des performances laitières et de reproduction ainsi que des désordres métaboliques.

L'ensilage de maïs offre aussi un rendement élevé en matière sèche à l'hectare, ce qui libère des superficies pour la production d'autres cultures. Il facilite également l'accroissement du troupeau sans avoir à acheter des surfaces additionnelles. Ainsi, en même temps que le nombre de fermes laitières est en diminution au Québec, la taille des troupeaux ne cesse d'augmenter (Gouin, 2012). La régie de ces troupeaux est en évolution constante. L'ensilage de maïs est d'autant plus attrayant, particulièrement pour ces troupeaux qui ont besoin d'un volume considérable de fourrage entreposé à l'année. La culture de l'ensilage de maïs a augmenté de 80 % au cours des vingt dernières années (Figure 1). Cet accroissement est principalement observé dans les régions du Bas-Saint-Laurent, de l'Estrie, de Chaudière-Appalaches et du Centre-du-Québec. On note une certaine stabilité dans le nombre d'hectares utilisés pour la culture de l'ensilage de maïs en 2006 et 2011, à l'exception des régions de Chaudière-Appalaches et du Centre-du-Québec. Par contre, une diminution des superficies cultivées en luzerne, mélanges de luzerne et autres foin de 10 % pourrait indiquer que les éleveurs se sont probablement orientés un peu plus vers la culture de l'ensilage de maïs pour combler les besoins en fourrage de leur troupeau (Statistique Canada 2011b).

L'ensilage de maïs constitue donc une option intéressante puisqu'il nécessite une moins grande superficie pour une même quantité de MS récoltée. De plus, le chantier de récolte est très efficace puisqu'un seul passage est nécessaire de la coupe à l'entreposage réduisant ainsi le risque de détérioration au champ et facilitant la récolte d'un fourrage homogène.

Pour que la vache puisse tirer le maximum d'énergie de l'ensilage de maïs, ses principaux constituants et précurseurs d'énergie que sont la fibre NDF et l'amidon doivent être digestibles. Les progrès réalisés dans plusieurs sphères reliées à la production d'ensilage de maïs permettent aujourd'hui de mieux évaluer la digestibilité de ces constituants et même de l'améliorer. Les récentes avancées en génétique et en conditionnement à la récolte, ainsi que les connaissances récentes sur les transformations durant la période d'entreposage seront abordées dans ce document. Finalement, l'incorporation de l'ensilage de maïs dans la ration a un impact positif sur la performance des vaches laitières et sur l'efficacité de l'utilisation de l'azote non protéique des fourrages de légumineuses. Selon la littérature scientifique, cet impact peut varier en fonction de plusieurs paramètres.

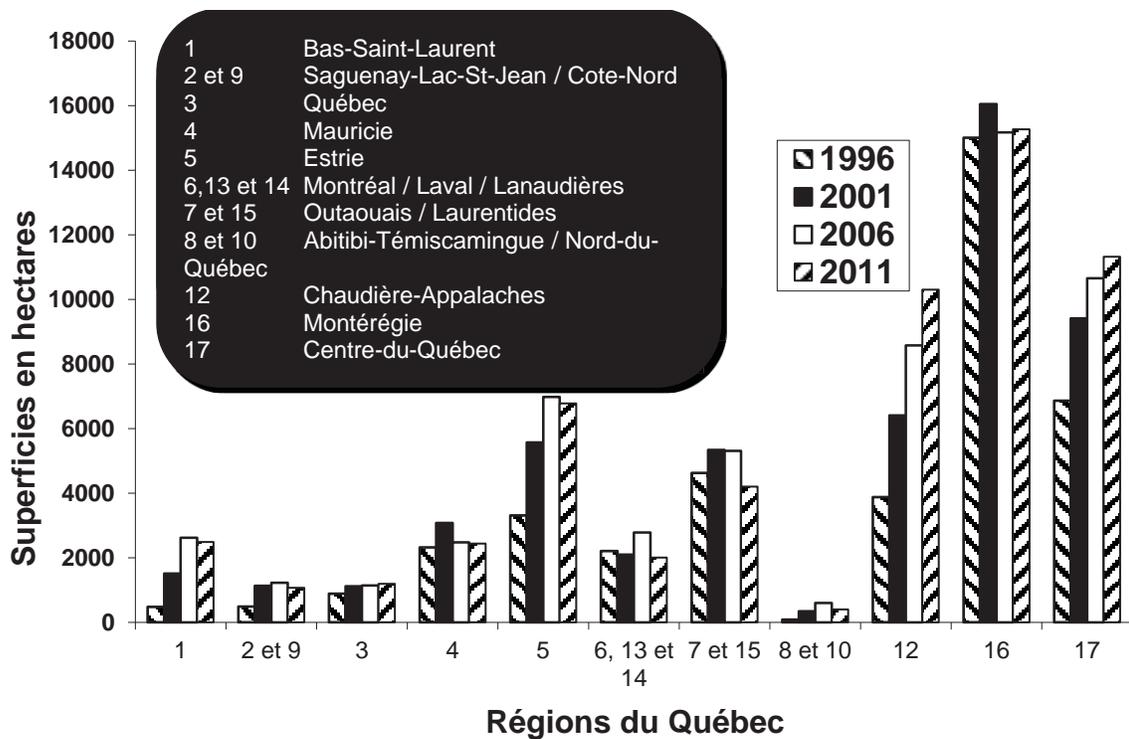


Figure 1. Superficies déclarées en ensilage de maïs par région du Québec pour les années 1996, 2001, 2006 et 2011. Source : Statistique Canada 2011b.

PARTICULARITÉS DE L'ENSILAGE DE MAÏS

L'ensilage de maïs comporte son lot de particularités qui lui sont propres telles que ses grains, sa composition en acides gras insaturés, ainsi que la taille de ses particules. Ces particularités lui confèrent des caractéristiques qui le distinguent des autres fourrages.

Les grains

Contrairement aux autres fourrages, l'ensilage de maïs est composé de deux fractions distinctes. En 1954, Huffman et Duncan avancent que l'ensilage de maïs ne devrait pas être considéré comme un fourrage, mais plutôt comme un mélange de fourrage et de grains. Plus tard, Broderick (1985) poursuit dans le même sens en mentionnant que l'ensilage de maïs présente une composition semblable à un mélange de grains de maïs et d'un fourrage de graminées. Le fait que les plants de maïs puissent être récoltés et conservés sous forme d'ensilage, comme les autres fourrages, explique probablement pourquoi l'ensilage de maïs est encore considéré aujourd'hui simplement comme un fourrage. Pour illustrer l'importance des grains, une expérience réalisée à l'Université Laval (Boivin et al., 2013) a montré que la production laitière a été plus élevée de 3,9 kg/j lorsque des vaches ont été alimentées avec une ration à base d'ensilage de maïs entier comparativement à un ensilage dont les épis avaient été retirés avant la récolte.

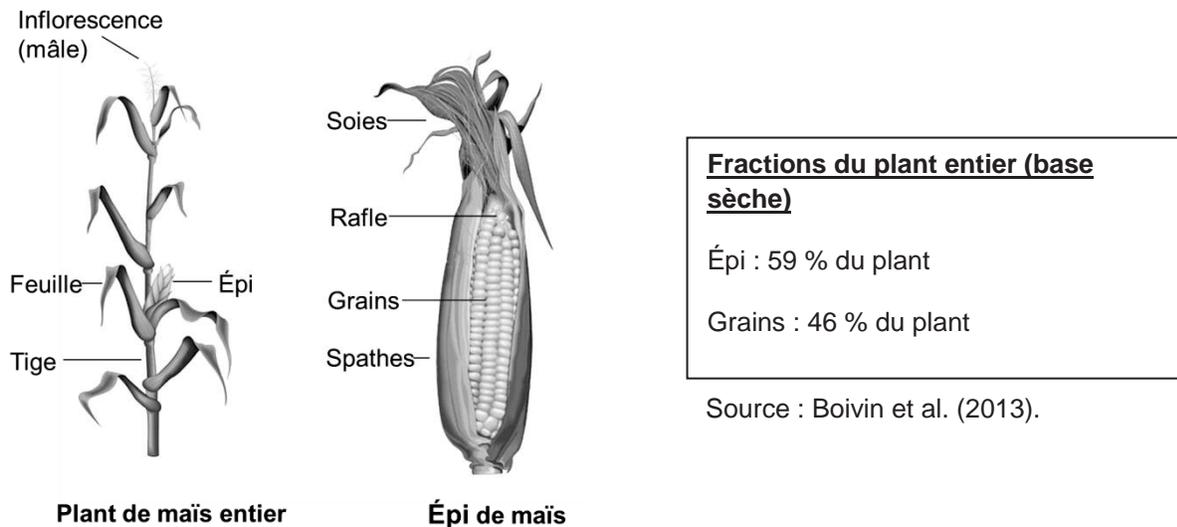


Figure 2. Parties d'un plant de maïs entier et de son épi.

L'examen d'un plant entier de maïs (Figure 2) permet de mieux distinguer les différentes parties qui le composent. On pourrait immédiatement diviser le plant de maïs en deux parties: l'épi et le reste du plant. D'abord, l'épi représente la partie qui différencie le plus un plant de maïs des autres plantes fourragères. L'épi est à son tour composé de grains, de spathes, de la rafle et des soies. Les grains ont une teneur élevée en amidon et faible en fibre NDF, et constituent la fraction « concentrés » de l'ensilage de maïs. Dans une parcelle située au Centre de Recherche en Sciences Animales de Deschambault récoltée entre 30 et 35 % de MS, Boivin et al. (2013) ont mesuré qu'en moyenne sur une base de MS, l'épi représentait 59 % et le grain 46 % du plant de maïs entier (base sèche) de type traditionnel. Des proportions similaires avaient aussi été rapportées par Shinnars et al. (2003). Ensuite, les autres parties de l'épi avec le reste du plant (la tige, les feuilles et l'inflorescence mâle) représentent la fraction « fourrage ». La proportion de chacune des parties du plant de maïs (pourcentage de la MS totale) changera selon la maturité. Par exemple, la fraction grain sera plus importante à mesure que le plant avancera en maturité, augmentant ainsi le rapport grains:fourrage (Shinnars et al., 2003).

Les acides gras insaturés

Comme tout fourrage, l'ensilage de maïs contient des lipides. Cependant, contrairement aux plantes fourragères, une bonne partie des lipides de l'ensilage de maïs est apportée par les grains. La teneur en gras d'un ensilage de maïs contenant entre 32 à 38 % de MS est de 3,2 % ($\pm 0,7$ d'écart type) sur une base matière sèche (NRC, 2001).

Comme plusieurs gras d'origine végétale, l'huile de maïs contient une bonne proportion d'acides gras insaturés (environ 75 %). La concentration relativement élevée en acide linoléique (18:2 *cis*-9, *cis*-12; 48 %), un acide gras oméga-6, et faible en acide linoléique (18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15; 8 %), un acide gras oméga-3, est une autre caractéristique de l'huile contenue dans ce fourrage. Les fourrages de plantes pérennes, comme les légumineuses et graminées cultivées au Québec contiennent beaucoup plus d'acide linoléique que l'ensilage de maïs (Boufaïed et al., 2003) L'ensilage de maïs ne représenterait donc pas un aliment de choix pour améliorer la teneur en acides gras oméga-3 du lait ou de la viande. Cependant, il est une source d'acide linoléique disponible dans le rumen.

La taille des particules

L'équipement qui sert à récolter les plants de maïs au champ est essentiellement le même que pour les plantes fourragères, mise à part la partie avant de la fourragère qui est adaptée selon le fourrage à

récolter, afin de faciliter l'alimentation de l'appareil. Aussi, il est possible d'ajuster les couteaux de la fourragère pour obtenir la longueur de particules d'ensilage désirée, ainsi qu'une unité de conditionnement pour briser les grains et augmenter leur accessibilité aux micro-organismes du rumen. Cependant, la longueur de particules obtenue devrait aussi assurer une bonne prise alimentaire et surtout éviter de perturber l'environnement ruminal.

Puisque l'ensilage de maïs contient des grains, il serait logique de supposer que la taille des particules ne soit pas semblable à celle des autres fourrages. Dans une étude visant à mesurer l'effet acidifiant des concentrés et l'impact de la taille des particules de fourrages chez la vache, Rustomo et al. (2006) ont comparé la distribution de la taille des particules de l'ensilage de maïs à celle de l'ensilage de luzerne. À l'aide d'un « Penn State Particle Separator » (PSPS) composé des tamis de 19,0, 8,0 et 1,18 mm de diamètre ainsi que du plateau, ils ont mesuré la distribution des particules des deux ensilages. Même si la taille moyenne pour l'ensilage de maïs ne différait pas beaucoup de celle de l'ensilage de luzerne (13,4 et 14,5 mm respectivement), la distribution des particules selon leur taille était différente. Les pourcentages (base MS) de particules d'ensilage de maïs retenu sur chaque tamis ont été 9,0, 67,4, 22,1 et 1,5 % respectivement, alors qu'ils ont été de 20,1, 56,3, 19,9 et 5,2 % pour l'ensilage de luzerne. Ces observations indiquent que c'est plus précisément dans la répartition des particules selon leur taille que l'ensilage de maïs diffère des autres fourrages, avec moins de particules longues. Un temps de mastication inférieur avec l'ensilage de maïs, par rapport à l'ensilage de luzerne, laisse sous-entendre qu'avec une même teneur en fibres, celles d'une ration à base d'ensilage de maïs pourraient ne pas être aussi efficaces (Clark et Armentano, 1999). Un pouvoir tampon naturel plus faible (Crawford et al., 1983) relié à sa teneur plus faible en minéraux et protéines et combiné aux effets associés à la taille des particules (discutés plus haut), confèrent à l'ensilage de maïs un statut particulier comparativement aux autres fourrages.

LES TYPES D'HYBRIDES DE MAÏS

Que ce soit à la suite d'une mutation naturelle, d'un transfert de gènes spécifiques dirigé, ou simplement de croisements, plusieurs types de maïs, en plus des hybrides de type traditionnel, sont maintenant disponibles sur le marché. Chacun de ces types de maïs a ses particularités qui les différencient du maïs traditionnel. Les principaux types de maïs qui sont utilisés pour la production d'ensilage seront décrits brièvement dans cette section.

Type Traditionnel (à deux fins)

Les hybrides de maïs de type traditionnel sont de loin les plus utilisés pour la production d'ensilage de maïs au Québec. Les termes « maïs conventionnels » ou « maïs à deux fins » sont aussi parfois employés. Le terme « Traditionnel » est utilisé ici pour désigner les hybrides qui n'ont pas fait l'objet de changements génétiques importants dans de la proportion relative des parties du plant et de leur composition chimique, ce qui ne veut pas dire que ses hybrides n'ont bénéficié d'aucune amélioration génétique. Au contraire, ceux-ci sont généralement sélectionnés pour offrir un grand potentiel de rendement en grains et en MS à l'hectare.

Habituellement composé d'une bonne proportion de grains et de fibres digestibles, le maïs de type traditionnel est aussi en mesure de produire un ensilage de qualité. Cependant, la sélection des hybrides destinés à la récolte de maïs grain ne considère pas la digestibilité de la fibre NDF alors que ce critère est en général maintenant pris en considération pour ceux destinés à la production d'ensilage. Quant aux grains, ils ont une composition relativement semblable à ceux des hybrides à grains et ont un poids spécifique élevé.

Plusieurs des hybrides traditionnels cultivés maintenant au Québec ont le gène *bt*. C'est-à-dire que par transgénèse, ces variétés sont en mesure de lutter contre certains insectes dont principalement la pyrale, la chrysomèle des racines du maïs, améliorant ainsi la tenue afin de réduire les pertes au champ et les blessures qui peuvent occasionner sa contamination par des moisissures. Certains maïs sont aussi tolérants à quelques herbicides afin de faciliter le désherbage et ainsi augmenter le rendement.

Type Feuillu (Leafy)

Comme le nom l'indique, les plants de maïs des hybrides de type feuillu contiennent plus de feuilles au-dessus de l'épi (Cox et Cherney, 2001) et par conséquent devraient avoir un rapport grains:fouillage plus faible. En effet, il est possible d'observer huit feuilles et plus dans la partie supérieure à l'épi chez les maïs de type feuillu, alors que le nombre maximal de feuilles est de sept pour les autres types de maïs.

Les premiers hybrides de type feuillu ont fait leur apparition au début des années 90 et ont d'abord été développés dans l'espoir de permettre au plant une meilleure croissance et afin d'obtenir plus de rendements au champ. Aussi, un plus grand nombre de feuilles par plant devait permettre d'améliorer la digestibilité de la fibre et ainsi améliorer les performances animales (Cox et Cherney, 2001). Toutefois les résultats sont partagés. Certaines études (Thomas et al., 2001; Clark et al., 2002) qui comparaient l'ensilage de maïs feuillu à l'ensilage de maïs traditionnel ont montré des améliorations de la production de lait, mais aucune différence sur la teneur et la quantité de matières grasses produites. Bal et al. (2000a) n'ont quant à eux obtenu aucune augmentation de la production de lait et de matières grasses, même si la teneur en matières grasses du lait avait tendance à être plus élevée. Plus récemment, Nennich et al. (2003), qui avaient pourtant mesuré une meilleure digestibilité de la fibre NDF, n'ont obtenu aucun effet sur la production de lait et de ses composants.

Type Brown midrib (bmr)

Le génotype Brown midrib (à nervure brune), communément appelé bmr, est issu d'une mutation génétique qui aurait été observée pour la première fois en 1924 sur des plants de maïs cultivés à la ferme de recherche de l'Université du Minnesota selon une revue de Barrière et Argillier (1993). Des gènes du bmr ont aussi été trouvés plus tard chez le sorgho (*bm6* et *bm12*) et le millet perlé. Jusqu'à maintenant, quatre gènes ont été trouvés pour le maïs (*bm1*, *bm2*, *bm3*, *bm4*) qui confèrent à la plante à peu près les mêmes propriétés selon cette revue. Une caractéristique spécifique permet de les identifier assez facilement au champ. Les auteurs indiquent que la couleur de la nervure centrale des feuilles et du centre de la tige est brune avec une légère teinte rouge. Les autres caractéristiques majeures ont trait à la composition chimique des tissus structuraux de la plante. Barrière and Argillier (1993) mentionnent que les gènes du bmr réduisent non-seulement la teneur en lignine de la plante, mais modifient aussi la composition de la lignine en réduisant le rapport des acides *p*-coumarique/*p*-fêrulique. Les mêmes auteurs rapportent que la réduction de la teneur en lignine peut aller jusqu'à 40 % par rapport aux plants de maïs traditionnels, et que le gène *bm3* semble être celui qui a le plus d'effet sur la lignine.

La digestibilité de la lignine est très faible, voire presque nulle chez les vaches, en plus de nuire à la digestion de la cellulose et des hémicelluloses. La fibre NDF du génotype bmr est donc plus digestible, ce qui permet d'espérer de meilleures performances zootechniques. Plusieurs études (Oba et Allen, 1999; Oba et Allen, 2000b; et Holt et al., 2013) ont confirmé l'amélioration de la digestibilité *in vitro* (30 heures) de la fibre NDF (environ +9 unités de pourcentage). Dans l'une de ces études, Oba et Allen (1999) observent aussi une meilleure digestibilité de la fibre NDF *in vivo* mais moins marquée qu'*in vitro*. Il se pourrait qu'à cause d'une plus grande ingestion, le temps de rétention dans le rumen soit plus faible, atténuant ainsi l'amélioration de la digestibilité qui est mesurée pour des temps identiques *in vitro*. Cette étude, ainsi que celle de Kung et al. (2008), montrent une meilleure production de lait, et de lait corrigé à 3,5 % de matières grasses avec de l'ensilage de maïs bmr (*bm3*). Le niveau total de fibre NDF et le type d'endosperme des grains de maïs de la ration pourraient modifier l'effet de l'ensilage de maïs bmr sur la teneur en matières grasses du lait. En effet, Oba et Allen (2000a) ont observé une réduction du taux de matières grasses lorsque le niveau de fibre NDF de la ration avec l'ensilage de maïs bmr était faible (29 vs 38 %). Dans une autre étude, les vaches alimentées avec une ration contenant de l'ensilage bmr et des grains de maïs à endosperme farineux ont eu tendance à produire du lait à teneur plus élevée en matières grasses et plus de lait corrigé à 3,5 % de matières grasses, que lorsque l'endosperme des grains était vitreux (Taylor et Allen, 2005a). Le concept d'endosperme et ses caractéristiques seront traités plus loin dans le texte.

Plus récemment, avec une ration composée de 35 % d'ensilage de maïs, 25 % de foin de luzerne et complétée par des concentrés, aucune augmentation d'ingestion de MS et de production laitière n'a été observée lorsque l'ensilage de maïs traditionnel a été remplacé par un maïs bmr pour la période de 0 à

60 jours en lactation (Holt et al., 2013). Cependant, de 60 à 180 jours en lactation, ils ont observé une augmentation significative de la consommation de MS (+1,1 kg/j) et de la production de lait (+2,2 kg/j) mais aussi une baisse importante du taux de matières grasses du lait (-0,33 unités de pourcentage) lorsque les vaches recevaient du maïs bmr. Par conséquent, la production laitière corrigée à 3,5 % n'a pas été différente durant la période de l'essai. Dans une autre étude (Stone et al., 2012), les vaches en transition pré et post-vêlage recevant une ration avec du maïs bmr au lieu du maïs traditionnel, ont augmenté leur ingestion de MS ainsi que leur production de lait après le vêlage, et ce même après le retrait du maïs bmr. Il est à noter que la digestibilité de la fibre NDF (30 heures) était beaucoup plus élevée (+17 unités de pourcentage) pour le maïs bmr que celle rapportée par la littérature.

L'utilisation de l'ensilage de maïs bmr pour l'alimentation des vaches laitières est moins répandue que celle de l'ensilage de maïs traditionnel. Pourtant, la quantité de lait produite par tonne d'ensilage de maïs (base MS) est souvent plus élevée (Kung et al., 2008). Cependant, le plus faible rendement aux champs (environ 10 %) des variétés bmr (Eastridge, 1999) atténue cet avantage, et peut même diminuer la production de lait par hectare (Kung et al., 2008). Aussi, la plus grande sensibilité aux insectes et à la verse, qui est probablement liée à la faible teneur en lignine, peut compliquer la récolte (voir même la rendre impossible) et représenter un inconvénient.

Type Cireux (Waxy)

C'est la composition unique de l'amidon du maïs de type cireux (waxy) qui distingue cet hybride des autres. L'amidon des hybrides cireux est presque entièrement composé d'amylopectine contrairement à l'amidon des autres types de maïs formé d'environ 75 % d'amylopectine et de 25 % d'amylose (Barlow et al., 2012). Les chaînes ramifiées de glucose de l'amylopectine augmentent la digestibilité de l'amidon des grains du type cireux (Mohd et Wootton, 1984). Peu d'essais ont permis d'évaluer les effets de ce type de maïs chez la vache. Des améliorations dans la production de lait, corrigé ou non pour la teneur en matières grasses, ont été observées en comparaison à un maïs traditionnel, sans pour autant affecter le taux de matières grasses (Akay et Jackson, 2001). Pourtant, Barlow et al. (2012) n'ont pas obtenu de différence de consommation volontaire de matière sèche (CVMS) et de production de lait avec une ration à base d'ensilage de maïs cireux par rapport à un hybride traditionnel.

Types Dentés ou Cornés

Les maïs de types dentés ou cornés se distinguent par la forme du grain. La composition de l'endosperme, qui est la partie du grain qui renferme l'amidon, permet également de les différencier. On retrouve dans le maïs des endospermes vitreux et farineux. Le ratio de ces deux types d'endospermes diffère entre les maïs de types dentés et cornés (Ngonyamo-Majee et al., 2008a; Ngonyamo-Majee et al., 2008b). La proportion d'endosperme vitreux est plus élevée chez les génotypes cornés que chez les génotypes dentés (Philippeau et al., 2000). La couleur jaune-orangée, l'aspect lustré et translucide ainsi que la dureté sont des caractéristiques qui permettent de distinguer facilement l'endosperme vitreux de l'endosperme farineux. De plus, le ratio peut changer selon les variétés ainsi que selon la maturité (Correa et al., 2002), car la proportion d'endosperme vitreux augmentera avec la maturité du grain. Les granules d'amidon contenus dans l'endosperme du grain sont recouverts d'une matrice de protéine qui les unit les uns aux autres, un peu comme le mortier retient les briques d'une structure. Ici, le mortier c'est la prolamine. Les granules d'amidon du type vitreux sont recouverts d'une pellicule plus épaisse de prolamine (Larson et Hoffman, 2008). Au contraire, le contenu en prolamine d'un maïs de type farineux peut représenter seulement 30 % de celui du type vitreux (Lopes et al., 2009). Une mutation génétique serait probablement responsable de l'avènement du type d'endosperme farineux. Les gènes *opaque-2* et *floury-2* sont responsables de la structure d'amidon plus lâche et blanche de l'endosperme de type farineux en réduisant la synthèse et le dépôt de prolamine. Cependant cette caractéristique est plus prononcée avec le gène *opaque-2* (Christianson et al., 1974). Le terme opaque vient du fait que ces grains laissent passer moins la lumière que ceux de type vitreux dont la structure est plus regroupée et dense. Une fertilisation plus riche en azote augmente le dépôt de protéine et de prolamine dans l'endosperme du grain (Tsai et al., 1980). Toutefois, la fertilisation ne devrait pas être orientée pour augmenter cette protéine, mais bien sur le potentiel de rendement et varier en fonction des conditions culturales et environnementales.

La prolamine est une protéine hydrophobe qui constitue une barrière physique à l'hydratation de l'amidon et aux micro-organismes qui la digèrent. En plus de contenir moins de prolamine, la matrice d'amidon de l'endosperme de type farineux est moins dense, ce qui facilite le travail des micro-organismes. D'ailleurs, Lopes et al. (2009) ont mesuré une digestibilité *in vitro* et une digestibilité totale de l'amidon plus élevées avec le type farineux. De plus, Taylor et Allen (2005b) ont obtenu une amélioration de 22 unités de pourcentage de la digestibilité ruminale de l'amidon avec des vaches.

La dégradation ruminale plus rapide de l'amidon du type farineux favorise une baisse du pH ruminal plus marquée (Lopes et al., 2009) et une réduction du rapport acétate:propionate. Cependant, ceci n'a pas conduit à une amélioration de production de lait, ni à une détérioration de la teneur en matières grasses du lait.

Type Feuillu et Farineux

Ce nouveau type d'hybride est issu du croisement d'un maïs d'une lignée parentale de type feuillu avec un maïs d'une lignée ayant le gène *opaque* (Glenn, 2013). L'objectif est d'allier les avantages des deux lignées (voir plus haut). Par contre, étant donné que le gène *opaque* est récessif, ce ne sont pas tous les grains de l'épi qui sont de type farineux lors des premiers croisements. Des travaux de sélection semblent avoir permis d'augmenter la proportion de grains de type farineux afin d'obtenir des épis entièrement composés de grains de type farineux. Récemment, Ferraretto et al. (2014) ont mesuré une digestibilité de l'amidon plus élevée après des incubations *in vitro* et *in situ* (dans le rumen d'une vache) de 5 à 10 unités de pourcentage comparé à un maïs bmr récolté à la même maturité. Lors d'un essai d'alimentation subséquent, le maïs bmr, qui avait une fibre plus digestible, a favorisé une meilleure production de lait, mais une teneur plus faible en matières grasses. Comme ce type d'hybride est nouveau, des essais d'alimentation sont nécessaires pour mesurer s'il y a des effets à la suite de son incorporation dans la ration comparativement à d'autres types de maïs.

AMÉLIORER LA DIGESTIBILITÉ DE L'ENSILAGE DE MAÏS

La digestibilité de l'ensilage de maïs variera selon plusieurs facteurs. La section précédente montre bien que le génotype peut influencer la digestibilité des deux fractions qui composent le plant de maïs et qui seront précurseurs d'énergie chez la vache. En effet, la composition de la fraction fibre (NDF) et de la fraction grain (endosperme i.e. amidon) a un impact sur leur digestibilité respective. Cependant, une fois que l'hybride de maïs a été choisi et mis en terre, il est encore possible d'influencer la digestibilité de l'ensilage de maïs qui sera incorporé dans la ration. Les principaux points sur lesquels il est possible d'intervenir sont résumés dans cette section.

La maturité (le taux de MS)

Effectuer la récolte au bon stade de maturité est primordial; c'est le facteur numéro un. Ce point de régie peut définitivement améliorer la digestibilité de l'ensilage et être appliqué dans toutes les fermes du Québec sans égard à la variété de maïs, à la machinerie de récolte ou à la structure d'entreposage, et ce, sans aucun investissement supplémentaire.

Dans une étude réalisée durant plusieurs années avec différents hybrides de maïs traditionnels, Johnson et al. (2003) ont récolté l'ensilage de maïs à différents stades de maturité allant de 1/3 de la ligne de lait jusqu'au point noir. Après avoir incubé les échantillons dans le rumen de vaches porteuses de canule, ils ont observé que la disparition *in situ* (donc la digestibilité ruminale) de la MS, de la fibre NDF, de l'amidon et de la protéine brute diminuait lorsque la maturité augmentait. Une plante plus mature pourrait avoir déposée plus de lignine et ainsi expliquer une digestibilité plus faible de la fibre NDF. Par contre, il semble que ce ne soit pas le cas pour tous les types de maïs. Une étude récente montre en effet que la digestibilité *in vitro* en 30 heures de la fibre NDF est plus élevée lorsque la MS est de 32 vs 41 % pour un maïs de type bmr, mais aucune différence n'a été observée pour un maïs de type traditionnel (Der Bedrosian et al., 2012).

Dans le même essai, la digestibilité *in vitro* en 7 heures de l'amidon du maïs traditionnel a été moins élevée lorsque l'ensilage était plus mature lors de la mise en silo, alors qu'elle n'était pas différente pour le maïs de type bmr. Le remplissage du grain, c'est-à-dire le dépôt d'amidon dans l'endosperme, progresse avec la maturité. Tel que mentionné dans la section précédente, la formation de la matrice de protéine (prolamine) et la proportion d'amidon de type vitreux augmente en même temps. Par conséquent, la digestibilité de l'amidon diminue progressivement. Ali et al. (2014) explique de cette façon l'augmentation de la teneur en amidon des grains de maïs de différents génotypes avec la maturité, mais en même temps la réduction de la dégradation ruminale.

Quel est le stade de maturité idéale à viser pour maximiser la digestibilité de l'ensilage de maïs? Bien sûr, il est important de prendre en considération le type de structure dans laquelle sera entreposé les plants de maïs récoltés afin d'optimiser les conditions de fermentation pour obtenir un ensilage de qualité et limiter les pertes. Il existe plusieurs ouvrages de références sur le sujet (Fournier et al., 2009). À partir de la compilation des données de plusieurs essais, St-Pierre (2009) résume bien l'impact de la teneur en MS sur la digestibilité de l'ensilage de maïs. Dans la Figure 3, la digestibilité est exprimée en valeur relative de celle de l'ensilage de maïs dont la MS est de 32 à 34 %. Il est intéressant de voir qu'il n'est pas avantageux de récolter en bas de 28 % de MS car la digestibilité diminue (en plus du risque élevé d'écoulement du silo). La digestibilité diminue aussi lorsque la MS est supérieure à 34 %. Dans une méta-analyse récente de Ferraretto et Shaver (2012b), la perte de digestibilité totale de l'amidon observée lorsque la MS de l'ensilage de maïs était supérieure à 40 % s'est traduite par une réduction de la production de laitière de 2 kg/j (Tableau 1). La notion de digestibilité est à tenir en compte, mais la quantité d'aliments ingérée est tout aussi importante dans l'apport en énergie à la vache. La compilation de St-Pierre (2009) montre aussi que la teneur en MS de l'ensilage peut influencer la prise alimentaire. L'optimum de consommation est atteint lorsque la teneur en MS de l'ensilage se situe entre 30 et 35 % (exprimée en valeur relative de consommation d'ensilage contenant entre 32 et 34 % de MS). Même si dans cette compilation l'ensilage de maïs n'avait subi aucun conditionnement à la récolte, il n'en demeure pas moins que cela montre l'impact majeur de la teneur en MS lors de la récolte. Malheureusement, beaucoup d'ensilage de maïs est récolté à chaque année au Québec à une teneur en MS plus élevée que la plage optimum.

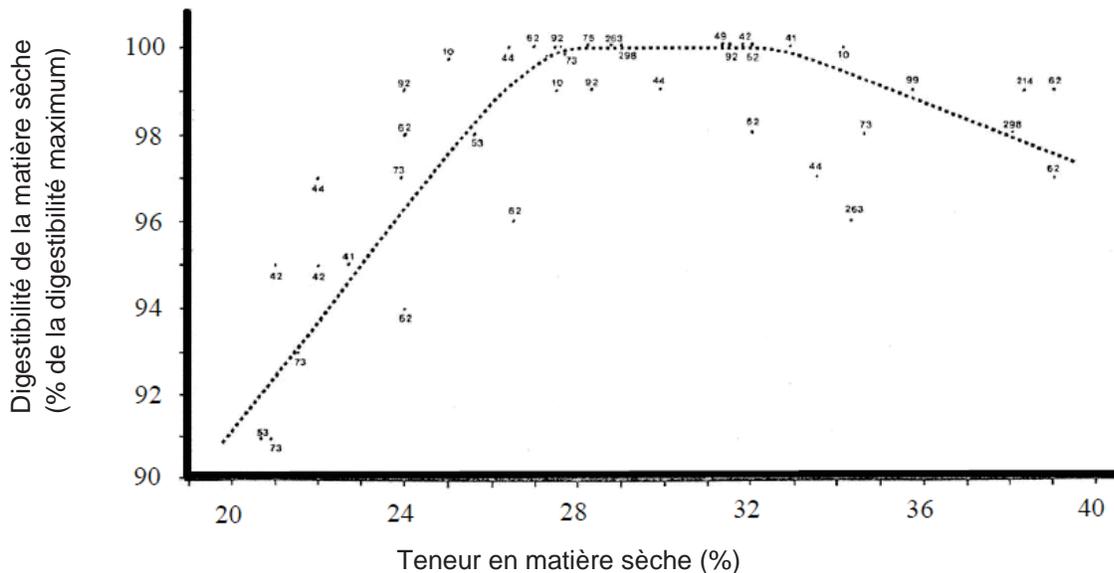


Figure 3. Digestibilité de l'ensilage de maïs en fonction de la teneur en matière sèche exprimée en valeur relative de la valeur maximale observée entre 32 et 34 % de matière sèche. Adaptée de St-Pierre, (2009).

Tableau 1. Effet de la teneur en matière sèche de l'ensilage de maïs sur la consommation de matière sèche, les digestibilités apparentes totales et les performances.

Paramètre*	Matière sèche, %					SEM
	≤ 28	28,1-32,0	32,1-36,0	36,1-40,0	>40,0	
CVMS, kg/j	24,2	23,6	24,1	23,8	24,1	0,5
NDFd, %	42,4	42,5	44,6	44,4	48,9	2,5
Amidon d, %	93,2 ^{abc}	94,0 ^{ab}	92,1 ^{bc}	93,4 ^a	91,3 ^c	1,3
Lait, kg/j	36,1 ^{ab}	37,3 ^a	36,4 ^a	36,2 ^a	34,5 ^b	0,7
Lait à 4%, kg/j	33,5 ^{abc}	34,7 ^a	33,5 ^{ab}	33,0 ^b	31,0 ^c	0,9
Gras, %	3,58	3,59	3,51	3,45	3,42	0,09
Protéine, %	3,05	3,07	3,11	3,10	3,10	0,03

^{abc} Les valeurs sur la même ligne avec des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

* CVMS: Consommation volontaire de matière sèche; NDFd: Fibre NDF digestible; Amidon d: Amidon total digestible; Lait à 4%: Lait corrigé à 4% de matières grasses. Adapté de Ferraretto et Shaver (2012b).

Comment mieux déterminer le temps de la récolte? La ligne de lait ou ligne d'amidon est souvent utilisée comme indicateur de maturité. C'est la démarcation entre les parties pâteuse et laiteuse et elle progresse à partir du haut vers le bas du grain. Même s'il est souvent recommandé de récolter entre 1/3 (plus près du haut) et 2/3 (plus près du bas du grain), la ligne de lait n'est pas d'une fiabilité absolue. La MS étant un bon indicateur de la maturité (Jensen et al., 2005), c'est en se référant à celle-ci qu'il sera possible de récolter au bon stade de maturité dans la majorité des cas. Il est possible de mesurer la MS à la ferme assez rapidement. Il suffit de prélever des plants qui sont représentatifs du champ (en évitant ceux en périphérie) et en les hachant avec la fourragère ou un hachoir stationnaire, puis en déterminer soigneusement la teneur en MS avec les méthodes appropriées. Que ce soit à l'aide d'un séchoir Koster ou d'autres types, il faut s'assurer de bien sécher, sinon la valeur obtenue pourrait laisser croire que l'ensilage est prêt à être récolté alors qu'il ne l'est pas encore. Il est recommandé de considérer 2 % d'eau résiduelle. Par exemple, un résultat de 32 % de MS devrait être corrigé à 30 % de MS. Le fabricant John Deere a mis récemment au point le HarvestLab^{mc}, un appareil qui utilise le proche infrarouge qui peut être utilisé pour déterminer la MS de l'ensilage. Il peut être utilisé en mode stationnaire ou être installé sur la chute de la fourragère avec un adaptateur spécial. Dans ce cas, il est possible d'obtenir une évaluation en continu et d'être en mesure de réagir en temps réel selon les lectures. Cet appareil est actuellement aussi en mesure d'évaluer les teneurs en protéine brute, les fibres ADF et NDF ainsi qu'en amidon de l'ensilage de maïs. Lorsque la ligne de lait atteint ¼ du grain, il est temps de commencer à mesurer la MS et de répéter périodiquement jusqu'à ce que la plage optimum soit atteinte.

Le conditionnement à la récolte

Le conditionnement consiste à faire subir un traitement mécanique au plant de maïs par l'équipement de récolte, la fourragère. L'objectif premier du conditionnement est d'améliorer la digestibilité de l'ensilage obtenu.

La longueur de coupe théorique (LCT)

La LCT réfère à la taille des morceaux de tiges et de feuilles du plant de maïs qui auront été sectionnées par l'action d'un rouleau muni de couteaux bien aiguisés passant près d'une barre de coupe. L'action des couteaux est aussi efficace sur les épis et contribue à augmenter la proportion de grains brisés.

En plus de favoriser l'accès aux micro-organismes du rumen et ainsi contribuer à améliorer la digestibilité de l'ensilage de maïs, les avantages d'une taille adéquate des particules sont multiples. Une LCT optimale permet une meilleure compaction et favorise ainsi de bonnes conditions de fermentation de l'ensilage. De plus, un bon contrôle de la taille des particules réduit le risque de triage par la vache et

optimise l'efficacité de la fibre pour favoriser la rumination. En effet, la vache pourra écarter plus facilement des morceaux trop longs pour ne pas les consommer. Au contraire, les morceaux plus petits seront ingérés, mais auront un effet stimulant moins important sur la rumination.

La LCT recherché est généralement d'environ 3/8 de pouce (9,5 mm). Lorsque la fourragère est équipée de rouleaux craqueurs, il est recommandé d'allonger la LCT à environ 3/4 de pouce (19 mm). Avec l'utilisation de rouleaux craqueurs, le fait d'allonger la LCT de 3/8 à 3/4 de pouce a permis de retrouver chez les vaches un matelas ruminal normal tel que celui obtenu lorsque l'ensilage de maïs avait une LCT de 3/8 sans rouleaux craqueurs (Bal et al., 2000b).

Lorsque la récolte est effectuée à un taux de MS plus élevé (plants plus matures) que l'optimum, il est suggéré de réduire la LCT pour permettre un meilleur tassement au silo. Ce qui veut dire de 3/8 vers 1/4 de pouce (sans rouleaux craqueurs) et de 3/4 vers 1/2 pouce environ avec rouleaux craqueurs. Il est recommandé de se référer aux manufacturiers pour apporter les modifications requises aux fourragères afin d'atteindre la LCT désirée et selon la taille des particules obtenue.

Rouleaux craqueurs

Comme leur nom l'indique, l'ajout de ces rouleaux a pour objectif de briser les grains de l'ensilage de maïs. Situés après les couteaux, les plants de maïs déjà hachés passent entre ces deux rouleaux qui n'ont pas la même vitesse de rotation afin de briser les constituants de l'épi (Figure 4). Tous les grains devraient être atteints et 100 % de la rafle devrait être réduite en petits morceaux.

Les dommages aux grains augmentent la surface de contact et favorisent la digestion de l'amidon. Sans avoir d'impact sur la digestibilité de la fibre NDF, (Ferraretto et Shaver, 2012b) ont rapporté une meilleure (94,8 vs 92,0 %) digestibilité totale de l'amidon *in vitro* lorsque l'ensilage de maïs était récolté avec des rouleaux craqueurs (espacement de 1 à 3 mm) vs sans rouleaux. L'ensilage de maïs récolté avec des rouleaux craqueurs espacés de 1 à 3 mm n'a pas eu d'effet sur la production de lait mais a eu un impact négatif sur le taux de matières grasses (-0,1 unité de pourcentage). Un espacement plus grand (4 à 8 mm) a eu tendance à réduire (-1,8 kg/j) la production de lait, dont la teneur en matières grasses se situait entre celles obtenues avec un espacement de 1 à 3 mm et sans rouleaux. Cette étude met en évidence l'importance d'une MS optimale à la récolte, car l'utilisation des rouleaux craqueurs n'a pas permis d'améliorer la digestibilité de l'amidon lorsque celle-ci était au-delà de 40 %. Également, aucun effet sur la digestibilité de l'amidon n'a été mesuré lorsque la LCT était très petite (<6,4 mm ou 1/4 de pouce) et très longue (>32 mm ou 1 1/4 pouce).

Le conditionnement provoqué par les rouleaux craqueurs se situe surtout sur les grains et l'impact sur la digestibilité de l'amidon et la production de lait est souvent positive (Bal et al., 2000b; Ferraretto et Shaver, 2012b), mais demeure variable (Johnson et al., 2003). L'espacement entre les rouleaux qui est généralement recommandé est de 1 à 3 mm, mais pourrait varier selon la forme et l'usure de la surface des rouleaux.



Figure 4. Rouleaux craqueurs conventionnels (A) et rouleaux de la technologie Shredlage^{mc} (B).
Sources A : Dion-AG Inc., B : Shredlage LLC.

Un nouveau conditionnement, le « Shredlage^{mc} »

Le terme Shredlage est une marque de commerce enregistrée au États-Unis pour désigner non seulement la technologie, mais aussi l'ensilage produit grâce à celle-ci. La technologie Shredlage^{mc} désigne en fait le système de rouleaux Loren Cut^{mc} distribué par la compagnie Shredlage LLC.

La particularité de ces rouleaux est qu'en plus des rainures présentes sur leur largeur, comme la technologie conventionnelle, on y retrouve également des rainures longitudinales (Figure 4). Ainsi, il est possible d'obtenir des bris sur la largeur et la longueur des particules d'ensilage. L'objectif des concepteurs était d'obtenir un bon conditionnement des grains et aussi de la fibre lorsque l'ensilage est haché plus long dans l'espoir d'améliorer l'efficacité de la fibre du maïs et de pouvoir retirer des sources de fibres coûteuses de la ration. Les premiers prototypes ont fait leur apparition en 2008 et étaient conçus pour des fourragères automotrices de marque Claas. Par la suite, des modifications ont été apportées afin d'en améliorer l'efficacité et aussi de l'adapter aux nouveaux modèles de fourragères de la compagnie Claas. Selon les informations disponibles actuellement, les rouleaux de la technologie Shredlage^{mc} sont aussi maintenant adaptés pour les équipements de marques John Deere (série 7000 et plus), Krone (Big X) et New Holland (série FR). Cependant, le directeur technique de Shredlage LLC mentionnait lors du 2014 Symposium (de Midwest Forage Association Wisconsin Custom Operators et Professional Nutrient Applicators Association of Wisconsin) que même après avoir modifié ces équipements pour recevoir les rouleaux Loren Cut^{mc}, il est possible que la production d'ensilage de type Shredlage^{mc} entraîne des dommages à l'unité de conditionnement. Seulement les fourragères automotrices peuvent recevoir ce type de rouleaux à cause de leur poids et dimensions.

Puisque cette technologie est très récente, il existe peu de données scientifiques sur l'impact du Shredlage^{mc} sur la digestibilité des nutriments et la performance des vaches. Toutefois, une équipe de recherche de l'Université du Wisconsin s'est intéressée à cette nouvelle technologie et a publié récemment des résultats (Ferraretto et Shaver, 2012a). Ce groupe de recherche a comparé l'ensilage de maïs récolté avec des rouleaux craqueurs conventionnels au Shredlage^{mc} sur l'aspect des ensilages, leur conservation, leur digestibilité et les performances des vaches qui les reçoivent. Il est important de noter ici qu'aucune mention n'est faite sur l'usure des rouleaux craqueurs conventionnels alors que ceux de la Technologie Shredlage^{mc} était très récents. Le même hybride de maïs (type traditionnel) a été récolté à la même maturité dans le même champ pour les deux types de conditionnement. La LCT du Shredlage^{mc} était de 30 mm comparativement à 19 mm avec les rouleaux craqueurs conventionnel, alors que l'espacement entre les rouleaux était de 2,5 mm et 3 mm respectivement. Ensuite, les deux ensilages ont été entreposés (sans inoculant) dans des silos tubes, pour une durée de six semaines avant de les servir aux vaches. La composition chimique ainsi que le profil de fermentation des deux ensilages étaient similaires. Malgré une LCT plus élevée et une répartition différente des particules, la compaction du

Shredlage^{mc} fut similaire à l'autre ensilage avec une densité d'environ 17 livres/pieds cube. En effet, la proportion de particules longues (>19 mm) était plus élevée pour le Shredlage^{mc} (31,5 % vs 5,6 %) tout en ayant aussi une plus grande proportion de grains plus petits que 4,75 mm (75,0 % vs 60,3 %). Ces résultats suggèrent un apport plus grand en fibre efficace et un meilleur conditionnement des grains.

Ces deux ensilages ont ensuite été incorporés dans des rations totales mélangées (RTM) de façon à représenter 50 % de la MS des régimes qui étaient identiques par ailleurs. La RTM avec le Shredlage^{mc} avait plus de particules longues (>19 mm) qu'avec les rouleaux craqueurs conventionnels (15,9 vs 3,5 %), sans affecter significativement le triage. Les vaches ont eu tendance à consommer plus d'aliments (+0,7 kg MS/j) et à produire plus de lait (+1 kg/j lait corrigé à 3,5 % de matières grasses) avec le Shredlage^{mc}, sans toutefois affecter les composants du lait et l'efficacité alimentaire. Cependant, la durée de la période durant laquelle les vaches ont consommé la ration a influencé la réponse aux traitements puisque l'écart de production devient de plus en plus marqué de la semaine 2 jusqu'à la fin de l'essai (Figure 5).

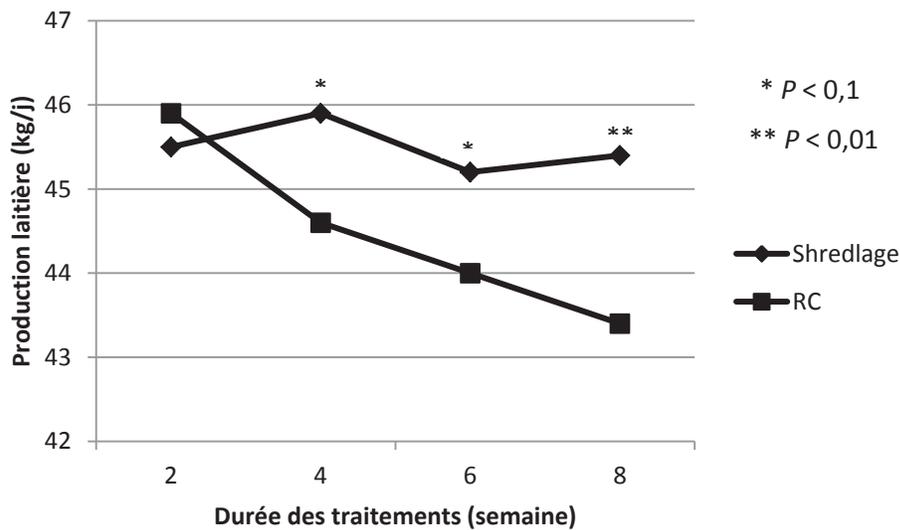


Figure 5. Production de lait corrigé à 3,5 % de matières grasses de vaches alimentées pendant 8 semaines avec une ration à base de Shredlage^{mc} ou d'ensilage de maïs conditionné avec des rouleaux conventionnels (RC). Adaptée de Ferraretto et Shaver (2012a).

La consommation plus élevée de la RTM avec Shredlage^{mc} pourrait laisser sous-entendre une meilleure digestibilité de la fibre NDF. Effectivement la digestibilité totale de la fibre NDF de la RTM avec le Shredlage^{mc} a été plus élevée (+4 unités de pourcentage), mais pas la digestibilité *in vitro* du Shredlage^{mc} seul. Toutefois, la digestibilité totale de l'amidon de la ration fut plus élevée de 1,5 unité de pourcentage lorsqu'elle contenait du Shredlage^{mc} comparé à l'autre mode de conditionnement. Ce résultat est en accord avec une mesure d'un amidon plus digestible du Shredlage^{mc} par rapport à l'autre ensilage lors d'incubations *in situ* durant 12 et 24 heures (+17 et +7 % respectivement) et peut s'expliquer par les différences observées de la proportion de particules fines entre les deux ensilages.

Dans un autre essai récent, Vanderwerff et al. (2014) ont comparé des rations à base d'ensilage de maïs bmr ayant subi un conditionnement avec des rouleaux craqueurs conventionnels ou avec la technologie Shredlage^{mc}. Dans un troisième traitement, du foin de luzerne a été ajouté à la ration à base d'ensilage conventionnel afin d'évaluer l'effet d'un apport en fibre efficace. La récolte a été effectuée avec le même espacement entre les rouleaux (2 mm). La LCT était de 19 mm pour le traitement conventionnel et de 26 mm pour le Shredlage^{mc}. Cette LCT plus longue du Shredlage^{mc} n'a pas amélioré l'efficacité de la fibre puisque le temps de rumination a été similaire, et que la teneur en matières grasses du lait a été plus

faible comparativement au traitement avec foin. Il est important de noter que la production laitière a été inférieure pour les vaches ayant reçu le foin comparativement avec le Shredlage^{mc}. Au contraire, le temps de rumination, la production de lait et sa teneur en matières grasses ont été similaires pour le traitement conventionnel sans foin et le Shredlage^{mc}.

Il est encore trop tôt pour généraliser ces conclusions basées seulement sur quelques essais. L'interprétation de ces résultats doit tenir compte du contexte de l'expérience. Le Shredlage^{mc} démontre toutefois un potentiel intéressant et mérite d'être étudié. D'autres études sont nécessaires afin de mieux déterminer l'impact de ce nouveau type de conditionnement, en particulier sur la fibre NDF (digestibilité et degré d'efficacité au rumen), sur la production de lait et aussi sur le plan technique et de l'efficacité du chantier de récolte. Hutjens (2014) de l'Université de l'Illinois mentionne que cette technologie pourrait être plus énergivore (+7,5 litres/heure de diesel) de sorte à augmenter le coût d'opération. Les premiers utilisateurs aux États-Unis ont fait mention de problèmes de vibration qui pourrait occasionner l'usure prématurée de certaines pièces de la fourragère. Toujours selon Hutjens (cité par Holin, 2013), des rouleaux craqueurs conventionnels bien ajustés peuvent aussi effectuer un bon travail sur le grain. Selon lui, il est important d'obtenir 70 % de la masse de l'ensilage de maïs dans les deux premiers plateaux du PSPS et aucun grain retenu dans ces derniers. Dans l'étude de Ferraretto et Shaver (2012a), la distribution de l'ensilage de maïs sur les plateaux (19, 8, 1,18 mm et fond) était 31,5; 41,5; 26,2; 0,8 % vs 5,6; 75,6; 18,4; 0,4 % pour les ensilages de maïs Shredlage^{mc} et rouleaux craqueurs conventionnels respectivement. Au total, 73,0 et 81,2 % de ces ensilages ont été retenus sur les deux premiers plateaux, mais plus d'ensilage a été retenue sur le premier plateau pour le Shredlage^{mc}. Il est cependant important que la taille des particules sur le premier plateau ne soit pas plus grande que 2 pouces ou 51 mm.

Rouleaux KernelStar (John Deere)

Le fabricant John Deere propose une nouvelle unité de conditionnement pour l'ensilage de maïs pour leur fourragère automotrice. La technologie KernelStar est d'origine Européenne et comprends deux rouleaux gaufrés de formes concave et convexe, dont la vitesse relative de rotation est différente (environ 50 %) pour un bon conditionnement (Figure 6). Selon le fabricant, cet arrangement augmente la surface de contact de 270 % comparativement à des rouleaux conventionnels. Il est suggéré de commencer par régler l'espacement entre les rouleaux et ensuite la LCT qui varie généralement entre ¾ et 1 pouce (19 et 25,4 mm) selon le résultat obtenu versus désiré. Avec un ajustement optimum, le KernelStar améliorerait le rendement de récolte à l'heure tout en étant moins énergivore que les rouleaux craqueurs conventionnels (selon des essais internes) pour un meilleur conditionnement des grains et une tige plus brisée. Comme cette technologie est très récente, il n'y a pas encore de données de recherche disponibles sur la digestibilité et sur la production laitière. Des essais sont en cours actuellement et plus d'information est à venir.



Figure 6. Rouleaux de la technologie KernelStar. Source : John Deere.

La durée d'entreposage (ensilages)

Dégradation de la prolamine

La fermentation de l'ensilage implique nécessairement une activité microbienne et l'utilisation de certains nutriments. En retour, des acides organiques seront produits en grandes quantités et ce sont eux qui permettront d'atteindre le pH de stabilité pour pouvoir conserver les fourrages sous forme d'ensilages. Ce processus amène donc forcément des changements de la composition et de la valeur nutritive. Newbold et al. (2006) ont observé que la dégradabilité (*in situ*) de la protéine brute et de l'amidon de l'ensilage de maïs augmente en même temps que la durée de l'entreposage entre 2 et 10 mois après la récolte. Plus récemment, des essais *in vitro* ont aussi confirmé que l'amidon devient plus digestible à mesure que le temps d'entreposage augmente (Hallada et al., 2008; Der Bedrosian et al., 2012). De plus, la concentration en protéine soluble et en azote ammoniacal augmente en même temps que l'amidon devient plus digestible, indiquant ainsi une activité protéolytique (Figure 7, Der Bedrosian et al., 2012). La dégradation d'une partie de la matrice de protéine qui lie les granules d'amidon (la prolamine) durant l'entreposage a déjà été observée dans un essai avec du maïs humide (Hoffman et al., 2011) où la concentration en azote ammoniacal et la digestibilité *in vitro* de l'amidon ont augmenté simultanément. Selon le cas, la dégradation de la prolamine pourrait aller jusqu'à 60 %. D'autre part, la digestibilité de la fibre NDF est relativement constante au long de l'entreposage.

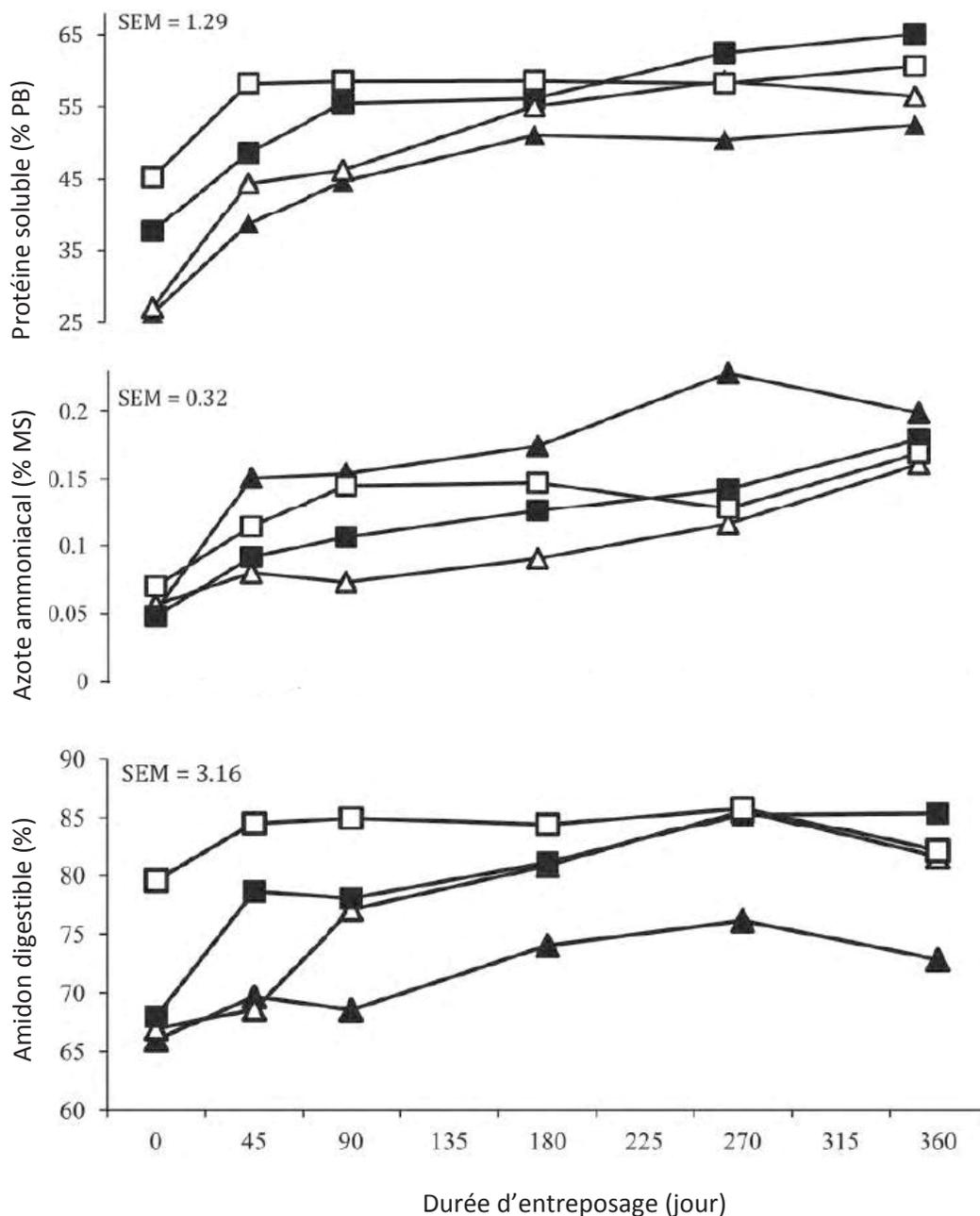


Figure 7. Teneur en protéine soluble (% de la protéine brute) et en azote ammoniacal (% MS) et digestibilité de l'amidon (% *in vitro*, 7 heures) dans l'ensilage de maïs en fonction du temps d'entreposage dans des mini-silos. □ : 32 % MS, hybride conventionnel; Δ : 32 % MS, hybride bmr; ■ : 41 % MS, hybride conventionnel; ▲ : 41 % MS, hybride bmr. Adaptée de Der Bedrosian et al. (2012).

Évaluation de la digestibilité de l'amidon

Ces changements physico-chimiques des grains de l'ensilage de maïs n'auraient donc pas seulement lieu durant la phase intense de fermentation, mais aussi durant une bonne partie de la période de conservation. Il est maintenant possible d'évaluer l'intensité de ces changements par le biais d'analyse par réflectance à l'infrarouge. Certains laboratoires sont en mesure d'évaluer la digestibilité de l'amidon

ainsi que la teneur en azote ammoniacal et en protéine soluble de l'ensilage de maïs sur une base régulière. La méthode d'analyse par infrarouge a l'avantage d'être peu coûteuse, rapide et d'une bonne fiabilité. Il est aussi possible d'estimer la digestibilité de la NDF par infrarouge depuis quelques années. À l'aide de ces informations et d'un suivi régulier des indicateurs de performance et de santé du troupeau habituels, il est possible d'apporter des ajustements judicieux à la ration dans le temps lorsque nécessaire. Toutefois il n'existe pas encore vraiment de valeurs cibles en amidon et fibre NDF digestibles dans les rations.

L'entreposage de l'ensilage de maïs améliore ainsi l'accessibilité des micro-organismes du rumen et des enzymes digestifs aux granules d'amidon au fil du temps. Auparavant, la principale raison qui motivait la recommandation de ne pas servir de l'ensilage de maïs frais aux vaches était basée sur le manque de stabilité aérobie, le chauffage et probablement une moins bonne appétence de l'ensilage. Maintenant, ces résultats indiquent que les ensilages frais, dont l'amidon est moins digestible, ont par conséquent une valeur énergétique moins élevée que lorsqu'ils sont fermentés et entreposés depuis un certain temps. La baisse de production souvent rapportée à la ferme suivant le changement d'ensilage de maïs à la récolte n'est probablement pas seulement causée par la baisse de consommation occasionnée par l'alimentation d'un aliment non-fermenté, mais aussi par la source d'amidon moins digestible. À partir de ces données et d'un point de vue nutritionnel, il est donc avantageux de pouvoir disposer de structures d'entreposages nécessaires, selon la taille du troupeau, pour commencer à inclure l'ensilage de maïs dans la ration après un minimum de deux à trois mois de conservation. À défaut de ne pas être en mesure d'attendre ce délai avant de le servir aux vaches, il faudrait tenir compte d'une plus faible digestibilité de l'amidon dans le calcul de la ration.

IMPACT DE L'ENSILAGE DE MAÏS SUR LES PERFORMANCES

Les effets de l'incorporation de l'ensilage de maïs dans la ration sur les performances sont variables (Tableau 2). En comparant des rations dont le seul fourrage était l'ensilage de maïs, comparativement à l'ensilage ou le foin de luzerne, Broderick (1985) a obtenu la meilleure production de lait avec l'ensilage de maïs. Toutefois, dans un autre essai du même type, où le fourrage représentait aussi 60 % de la matière sèche de la ration, il a obtenu la même production de lait avec l'ensilage de luzerne de bonne qualité qu'avec l'ensilage de maïs, mais avec un taux de matières grasses plus élevé. Par contre, il est très rare que l'ensilage de maïs soit utilisé comme la seule source de fourrage. Brito et Broderick (2006) concluent en faisant varier le ratio ensilage de luzerne:ensilage de maïs de la ration, que l'ensilage de maïs est complémentaire à l'ensilage de luzerne. Un ratio de 24:27 a été celui qui a offert la meilleure combinaison pour une utilisation efficace de l'azote (protéine) et la production de lait. Le taux de protéine du lait a été amélioré avec l'augmentation de la proportion d'ensilage de maïs dans la ration, alors que le taux de matière grasse a diminué. Il faut toutefois prendre en considération que le niveau de fibre NDF était plus bas que recommandé. Ces résultats sont intéressants puisque dans le contexte du Québec où la production de luzerne est très répandue, l'utilisation de l'ensilage de maïs en combinaison avec cette plante fourragère semblent favoriser l'utilisation des nutriments par la flore ruminale et les performances, lorsqu'il y a suffisamment de fibre efficace dans la ration. En 2004, Onetti et al. ont observé que la baisse du taux de matières grasses était plus prononcée pour les rations à haute teneur en ensilage de maïs suivant l'ajout de suif. Ruppert et al. (2003) rapportent qu'un supplément de suif pourrait mener à une réduction de la teneur en matières grasses du lait de façon plus prononcée avec une ration à base d'ensilage de maïs qu'avec une ration à base d'ensilage de luzerne. Toutefois, il faut noter que dans cette expérience, la teneur en fibre NDF était plus faible et la teneur en amidon plus élevée dans les rations à base d'ensilage de maïs (3,7 et 4,4 unités de pourcentage respectivement). Staples et Cullens (2005) ont aussi tenté d'établir un lien entre l'ensilage de maïs et la dépression du taux de matières grasses du lait à la suite d'une compilation de six études publiées de 1993 à 2004. Leurs résultats montrent que les effets de l'ensilage de maïs sur la teneur en matières grasses du lait ne sont pas constants, et peuvent être affectés par plusieurs variables. Cependant, dans plusieurs de ces essais, les chercheurs n'ont pas corrigé entièrement les niveaux de glucides non-fibreux ou de potassium lors de l'ajout d'ensilage de maïs dans la ration en remplacement d'autres fourrages, ce qui peut constituer un biais important.

Tableau 2. Résultats d'essais sur l'effet de l'incorporation d'ensilage de maïs dans la ration sur les performances laitières.

Essai*	Traitement	Production laitière		Matières grasses	
		kg/j	kg corrigé/j	%	kg/j
#1	0 % EM : 60 % EL	26,3 ^a	25,1 ^a	3,72 ^a	0,97 ^a
	60 % EM : 0 % EL	26,1 ^a	24,1 ^a	3,50 ^b	0,91 ^b
	79 % EM : 0 % EL	23,9 ^b	22,9 ^b	3,74 ^a	0,89 ^b
#2	0 % EM : 63 % EL	29,8 ^a	28,3 ^a	3,68	1,09 ^{ab}
	0 % EM : 60 % FL	29,4 ^{ab}	28,0 ^{ab}	3,70	1,08 ^{ab}
	60 % EM : 0 % EL	30,3 ^a	29,2 ^a	3,86	1,14 ^a
	76 % EM : 0 % EL	28,0 ^b	26,9 ^b	3,84	1,05 ^b
#3	0 % EM : 51 % EL	41,5 ^a	43,3 ^a	3,81 ^a	1,56 ^a
	13 % EM : 37 % EL	42,0 ^a	42,7 ^{ab}	3,58 ^{ab}	1,51 ^{ab}
	27 % EM : 24 % EL	41,5 ^a	40,5 ^{bc}	3,38 ^{bc}	1,40 ^{bc}
	40 % EM : 10 % EL	39,5 ^b	38,7 ^c	3,34 ^c	1,33 ^c
#4	1) 50 % EM : 0% EL	44,9	-	3,12	1,38
	2) 50 % EM : 0 % EL + 2 % Suif	44,3	-	2,68	1,17
	3) 25 % EM : 25 % FLC + 2 % Suif	44,8	-	3,17	1,39
	4) 25 % EM : 25 % FLL + 2 % Suif	44,3	-	2,96	1,31
	5) 25 % EM : 25 % EL + 2 % Suif	43,6	-	3,32	1,45
	<i>1 vs 2</i>	<i>n.s.</i>	-	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>
	<i>2 vs 3 + 4 + 5</i>	<i>n.s.</i>	-	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>
<i>3 vs 4</i>	<i>n.s.</i>	-	<i>0,03</i>	<i>0,10</i>	
<i>3 vs 5</i>	<i>n.s.</i>	-	<i>0,10</i>	<i>n.s.</i>	
#5	40 % EM : 10 % EL	32,3	30,6	3,18	1,03
	40 % EM : 10 % EL + 2 % Suif	33,2	30,0	2,89	0,97
	40 % EM : 10 % EL + 4 % Suif	33,4	29,1	2,70	0,91
	10 % EM : 40 % EL	33,3	32,7	3,39	1,12
	10 % EM : 40 % EL + 2 % Suif	33,2	32,8	3,44	1,14
	10 % EM : 40 % EL + 4 % Suif	34,2	33,7	3,41	1,17
	<i>Proportion des fourrages</i>	<i>0,31</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>
	<i>Suif</i>	<i>0,18</i>	<i>0,81</i>	<i>0,06</i>	<i>0,38</i>
<i>Fourrages x Suif</i>	<i>0,76</i>	<i>0,40</i>	<i>0,12</i>	<i>0,21</i>	
#6	23 % EME	42,8	38,3	3,41	1,43
	12,4 % EMSE + 10,6 % MGH (EMR)	39,3	37,3	3,57	1,42
	23 % EMSE	38,9	36,4	3,52	1,38
	23 % EF	40,7	37,3	3,50	1,41
	<i>EME vs EMR</i>	<i><0,01</i>	<i>0,20</i>	<i>0,18</i>	<i>0,84</i>
	<i>EME vs EMSE</i>	<i><0,01</i>	<i>0,03</i>	<i>0,36</i>	<i>0,24</i>
	<i>EMSE vs EF</i>	<i>0,07</i>	<i>0,30</i>	<i>0,82</i>	<i>0,45</i>

*Essai #1 = Broderick (1985) (expérience 1); Essai #2 = Broderick (1985) (expérience 2); EM = ensilage de maïs, EL = ensilage de luzerne, FL = foin de luzerne; ^{a,b} = $P < 0,05$.

Essai #3 = Brito et Broderick (2006); EM = ensilage de maïs, EL = ensilage de luzerne; ^{a,b,c} = $P \leq 0,05$.

Essai #4 = Onetti et al. (2004); EM = ensilage de maïs, EL = ensilage de luzerne, FLC = foin de luzerne court (haché), FLL = foin de luzerne long (non haché), Contrastes et valeurs de P en italique.

Essai #5 = Ruppert et al. (2003); EM = ensilage de maïs, EL = ensilage de luzerne; Contrastes et valeurs de P en italique.

Essai #6 = Boivin et al. (2013); EME = ensilage de maïs entier, EMSE = ensilage de maïs sans épi, MGH = maïs grain humide, EMR = ensilage de maïs reconstitué, EF = ensilage de fléole; Contrastes et valeurs de P en italique.

Selon Lechartier et Peyraud (2010), la fermentescibilité ruminale des concentrés et leur contenu en amidon devraient être pris en considération lors du calcul de ration pour pouvoir prévenir l'acidose ruminale subaigüe. Cette recommandation est particulièrement importante si la ration contient une grande proportion d'ensilage de maïs. De plus, sachant que l'amidon devient plus digestible au cours de la période de conservation de l'ensilage, la quantité d'amidon qui sera fermentée par les micro-organismes du rumen sera plus élevée. Par conséquent, ceci devrait entraîner une production supérieure d'acides gras volatiles qui devront être tamponnés et pris en charge par le rumen lui-même et l'organisme. Ceci pourrait en partie expliquer qu'occasionnellement au printemps (après plusieurs mois d'entreposage de l'ensilage) certains troupeaux voient leur taux de matières grasses du lait fléchir légèrement. Un autre exemple de ce phénomène est illustré dans l'expérience de Boivin et al. (2013) qui ont montré qu'une ration avec de l'ensilage de maïs sans épis supplémentée avec du maïs grain humide diminuait la teneur en acides gras volatils dans le rumen et la production laitière comparativement à un ensilage de maïs entier. Ces différences pourraient s'expliquer par le fait que le maïs grain humide était plus sec, et donc moins digestible que les grains de maïs de l'ensilage entier.

Pour illustrer l'importance des changements provoqués par le processus de fermentation des grains de maïs durant l'entreposage, nous avons effectué des calculs théoriques en se basant sur des teneurs généralement observées d'amidon digestible en 7 heures (amidon-d7). Le Tableau 3 montre les résultats pour des rations contenant différentes proportions de maïs grain humide et d'ensilage de maïs avec des valeurs d'amidon-d7 observés sur le matériel frais (70 %) ou fermenté (85 %). Dans cet exemple théorique, seulement la digestibilité de l'amidon différencie les aliments frais de ceux qui ont été fermentés. Nous avons considéré que le maïs grain humide (MGH) qui complète l'apport en amidon, est aussi frais ou fermenté avec les mêmes valeurs d'amidon-d7. Le niveau de fibre NDF a été maintenu constant à 32 % dans les quatre rations, ce qui a alloué une concentration en amidon de 25 et 27 % pour les rations avec 15 et 30 kg d'ensilage de maïs, respectivement. Notre exemple montre que l'évolution de la digestibilité de l'amidon durant l'entreposage peut faire augmenter d'environ 1 kg la quantité d'amidon qui sera digéré dans le rumen.

Cependant, il n'existe pas de valeur de référence pour la teneur en amidon d'une ration selon son degré de disponibilité dans le rumen, un domaine de recherche encore à explorer. La dynamique de la fermentation ruminale est complexe et est influencée par une foule de facteurs nutritionnels, environnementaux et physiologiques. Les apports en sucres, fibres solubles, fibres digestibles et fibres efficaces, ainsi que la répartition de la taille des particules de la ration, la consommation de MS, le niveau de production et la température ambiante en sont quelques-uns. Il est important de noter que même si la plus grande partie de l'amidon est digérée au rumen, l'amidon y ayant échappé pourra être digéré dans le petit intestin par la sécrétion d'amylase et les fractions restantes seront finalement fermentées dans le gros intestin. L'ensemble du système digestif est relativement efficace pour digérer l'amidon, mais seule la partie qui est fermentée au rumen pourra contribuer à la production de protéines microbiennes métabolisables. Par contre, cette fraction de l'amidon a le potentiel d'affecter les conditions ruminales.

Tableau 3. Charge quotidienne théorique totale en amidon-d7 pour une vache recevant une ration à base d'ensilage de maïs (EM) et de maïs grain humide (MGH) frais comparé aux mêmes aliments fermentés.

Paramètre	15 kg d'ensilage de maïs 8,7 kg de maïs grain humide		30 kg d'ensilage de maïs 7,2 kg de maïs grain humide	
	Frais	Fermentés	Frais	Fermentés
Amidon EM, kg	1,5	1,5	3,0	3,0
Amidon MGH, kg	4,3	4,3	3,5	3,5
Amidon-d7 EM, kg	1,1	1,3	2,1	2,6
Amidon-d7 MGH, kg	3,0	3,7	2,5	3,0
Amidon total, kg	5,8	5,8	6,5	6,5
Charge totale d'amidon-d7, kg	4,1	5,0	4,6	5,6
Charge additionnelle, kg		+0,9		+1,0

L'ensilage de maïs est aussi une source de gras (environ 3,2 %) dont les acides gras sont majoritairement insaturés, comme les autres fourrages. Il contribue donc à augmenter l'apport en acides gras au rumen, surtout dans les rations à forte teneur en ensilage de maïs. Jenkins et al. (2009) rapporte que la charge en acides gras insaturés dans le rumen peut nuire au cours normal de la fermentation. Auparavant, (Bauman et Griinari, 2001) proposent que, sous des conditions ruminales altérées par certaines rations qui apportent aussi des acides gras insaturés, des isomères spécifiques issus de la biohydrogénation (processus de saturation des acides gras au rumen) seraient alors produits et inhiberaient directement la synthèse des matières grasses dans la glande mammaire. Cependant, la contribution en acides gras insaturés n'apparaît pas plus importante par l'ensilage de maïs que bien d'autres fourrages. Par contre, la répartition différente de la taille des particules de l'ensilage de maïs pourrait avoir plus d'impact sur l'environnement ruminal, Aussi, la faible teneur en potassium diminuera la différence alimentaire cations-anions des rations à base d'ensilage de maïs, comparativement à la luzerne, et pourrait influencer le processus de biohydrogénation. Or, il a été démontré par Jenkins et al. (2014), que le niveau de potassium de la ration a un effet sur la biohydrogénation des acides gras polyinsaturés dans le rumen. C'est une des raisons pour lesquelles la recherche n'a pas encore été en mesure d'établir un niveau maximal d'apport en acides gras insaturés au rumen, il faudra encore d'autres travaux dans ce domaine.

AVANTAGES ET RISQUES LIÉS À L'ENSILAGE DE MAÏS

Puisque l'apport en énergie alimentaire est le facteur limitant en début de lactation, l'ensilage de maïs est un fourrage très intéressant de par sa composition particulière qui lui confère une valeur énergétique élevée. Cependant, même s'il y a plusieurs avantages à l'utiliser à la ferme, il y a aussi des risques à prendre en considération.

Avantages

- Présence de grains conférant une haute valeur énergétique et permettant plus facilement d'améliorer le bilan en énergie de la vache et de favoriser sa production de lait.
- Rendement élevé de MS à l'hectare, permettant de réduire la superficie nécessaire à l'alimentation du troupeau.
- Courte fenêtre de récolte permettant habituellement d'éviter les intempéries et d'entreposer rapidement la récolte pour produire un ensilage de qualité.
- Fermentation rapide et faible pH de stabilité.

Risques

- Un hybride dont les besoins en énergie thermique ne correspondent pas à la longueur de la saison de croissance pourrait empêcher la récolte d'ensilage de maïs au bon stade de maturité avec le rendement attendu. De plus, une récolte tardive après un gel peut se traduire par une moins bonne fermentation et une digestibilité plus faible en raison du dépérissement du plant avec le temps.
- Le risque d'un effet négatif sur le taux et la production de matières grasses du lait augmente avec la proportion qu'occupe l'ensilage de maïs dans la ration, la charge en acides gras insaturés au rumen, et un apport insuffisant en fibres efficaces et une différence alimentaire cations-anions plus faible.
- Un ensilage de maïs sur-conditionné combiné avec une ration ne contenant pas suffisamment de fibres efficaces augmentent le risque d'un effet négatif sur le taux de matières grasses du lait.
- Un conditionnement insuffisant de l'ensilage de maïs risque de réduire les performances des vaches qui le reçoivent.

LES 5 POINTS POUR MIEUX TIRER AVANTAGE DE L'ENSILAGE DE MAÏS

- Le choix de l'hybride de maïs devrait privilégier le rendement à l'hectare de nutriments digestibles, tout en s'assurant de pouvoir être en mesure de le récolter au bon stade de maturité selon les conditions à la ferme.
- La maturité à la récolte est le facteur numéro un. La mesure de la MS au champ effectuée régulièrement est la meilleure façon de récolter au bon moment pour optimiser la fermentation en silo, la consommation, la digestibilité et la valeur nutritive de l'ensilage de maïs pour de meilleures performances.
- L'ensilage de maïs ne devrait pas être servi rapidement après la récolte, car il pourrait entraîner une baisse de consommation et de production puisque son amidon est moins digestible, résultant en un apport plus faible en énergie pour la vache. Comme la digestibilité de l'amidon augmente durant la conservation, une période d'attente d'au moins deux à trois mois est recommandée afin d'obtenir un amidon plus digestible et une meilleure stabilité de l'ensilage.
- On ne devrait pas retrouver de grains entiers dans l'ensilage. Le conditionnement permettra de bien briser les grains en autant que l'espacement entre les rouleaux et la LCT soient appropriés. Les nouvelles technologies de rouleaux sont prometteuses afin de contribuer à améliorer la digestibilité de l'amidon (et potentiellement des fibres) l'ensilage de maïs et la performance des vaches.
- Les particularités de l'ensilage de maïs, ainsi que son apport en nutriments et leur digestibilité devraient être pris en considération avec ceux des autres aliments de la ration lors du calcul de celle-ci afin d'optimiser les performances et réduire le risque de baisse du taux de matières grasses du lait.

BIBLIOGRAPHIE

- Akay, V. et J. A. Jackson, Jr. 2001. Effects of NutriDense and waxy Corn hybrids on the rumen fermentation, digestibility and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84(7):1698-1706.
- Ali, M., J. W. Cone, W. H. Hendriks et P. C. Struik. 2014. Starch degradation in rumen fluid as influenced by genotype, climatic conditions and maturity stage of maize, grown under controlled conditions. *Animal Feed Science and Technology* 193:58-70.
- Bal, M. A., R. D. Shaver, H. Al-Jobeile, J. G. Coors et J. G. Lauer. 2000a. Corn silage hybrid effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(12):2849-2858.
- Bal, M. A., R. D. Shaver, A. G. Jirovec, K. J. Shinnors et J. G. Coors. 2000b. Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(6):1264-1273.
- Barlow, J. S., J. K. Bernard et N. A. Mullis. 2012. Production response to corn silage produced from normal, brown midrib, or waxy corn hybrids. *J. Dairy Sci.* 95(8):4550-4555.
- Barrière, Y. et O. Argillier. 1993. Brown-midrib genes of maize: a review. *Agronomie* 13(10):865-876.
- Bauman, D. E. et J. M. Griinari. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science* 70(1-2):15-29.
- Boivin, M., R. Gervais et P. Y. Chouinard. 2013. Effect of grain and forage fractions of corn silage on milk production and composition in dairy cows. *Animal* 7(2):245-254.
- Boufaïed, H., P.Y. Chouinard, G.F. Tremblay, H.V. Petit, R. Michaud, et G. Bélanger. 2003. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Can. J. Anim. Sci.* 83:501-511.
- Brito, A. F. et G. A. Broderick. 2006. Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89(10):3924-3938.
- Broderick, G. A. 1985. Alfalfa silage or hay versus corn silage as the sole forage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68(12):3262-3271.
- Christianson, D. D., U. Khoo, H. C. Nielsen et J. S. Wall. 1974. Influence of opaque-2 and floury-2 genes on formation of proteins in particulates of corn endosperm. *Plant Physiology* 53(6):851-855.
- Clark, P. W. et L. E. Armentano. 1999. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage. *J. Dairy Sci.* 82(3):581-588.
- Clark, P. W., S. Kelm et M. I. Endres. 2002. Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85(3):607-612.
- Correa, C. E. S., R. D. Shaver, M. N. Pereira, J. G. Lauer et K. Kohn. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *J. Dairy Sci.* 85(11):3008-3012.
- Cox, W. J. et D. J. R. Cherney. 2001. Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. *Agron. J.* 93(4):790-796.
- Crawford, R. J., Jr., B. J. Shriver, G. A. Varga et W. H. Hoover. 1983. Buffer requirements for maintenance of pH during fermentation of individual feeds in continuous cultures. *J. Dairy Sci.* 66(9):1881-1890.

Der Bedrosian, M. C., K. E. Nestor, Jr. et L. Kung, Jr. 2012. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *J. Dairy Sci.* 95(9):5115-5126.

Eastridge, M. L. 1999. Brown midrib corn silage. Pages 179-190 dans proceeding. Tri-State Dairy Nutrition Conference, Ohio State University, Columbus, OH. Ohio State University, Columbus, OH.

Ferraretto, L. F., C. J. Fonseca, C. J. Sniffen, A. Formigoni et R. D. Shaver. 2014. Effect of corn silage hybrids differing in starch and NDF digestibility on lactation performance and total tract nutrient digestibility by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97(Suppl. 1):304 (Abst.).

Ferraretto, L. F. et R. D. Shaver. 2012a. Effect of corn Shredlage on lactation performance and total tract starch digestibility by dairy cows. *The Professional Animal Scientist* 28(6):639-647.

Ferraretto, L. F. et R. D. Shaver. 2012b. Meta-analysis: Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *The Professional Animal Scientist* 28(2):141-149.

Fournier, A., G. Tremblay, G. Bélanger et G. Allard. 2009. Les quatre facteurs de succès de l'ensilage de maïs. Pages 71-106 dans 33^e Symposium sur les bovins laitiers: Cap sur la pérennité, CRAAQ, Drummondville, Québec.

Glenn, F. B. 2013. Introducing leafy floury hybrids for improved silage yield and quality. Pages 49-58. dans proceeding Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers, Syracuse, NY, Cornell University, Ithaca, NY.

Gouin, D.-M. 2012. Entre le lait et le poulet, qu'est-ce qui balance? Pages 11-22 dans Le rendez-vous laitier AQINAC. AQINAC. Drummondville, Québec.

Hallada, C. M., D. A. Sapienza et D. Taysom. 2008. Effect of length of time ensiled on dry matter, starch and fiber digestibility in whole plant corn silage. *J. Dairy Sci.* 91(E-Suppl. 1):T87 (Abst.).

Hoffman, P. C., N. M. Esser, R. D. Shaver, W. K. Coblenz, M. P. Scott, A. L. Bodnar, R. J. Schmidt et R. C. Charley. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *J. Dairy Sci.* 94(5):2465-2474.

Holin, F. 2013. Shredlage vs. kernel processing. Page 10. Hay and Forage Grower. Volume 28, numéro 7.

Holt, M. S., J. S. Eun, C. R. Thacker, A. J. Young, X. Dai et K. E. Nestor, Jr. 2013. Effects of feeding brown midrib corn silage with a high dietary concentration of alfalfa hay on lactational performance of Holstein dairy cows for the first 180 days of lactation. *J. Dairy Sci.* 96(1):515-523.

Huffman, C. F. et C. W. Duncan. 1954. The nutritive value of corn silage for milking cows. *J. Dairy Sci.* 37:957-966.

Hutjens, M. 2014. Forage and Shredlage. <https://www.youtube.com/watch?v=qGJNjQDvoIE>. Page consultée le 15-06-2014.

Jenkins, T. C., C. M. Klein, et G. D. Mechor. 2009. Managing milk fat depression : interactions of ionophores, fat supplements, and other risk factors. Pages 1-11 dans Proceeding de 20th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, Florida.

Jenkins, T. C., W. C. Bridges Jr., J. H. Harrison et K. M. Young. 2014. Addition of potassium carbonate to continuous cultures of mixed ruminal bacteria shifts volatile fatty acids and daily production of biohydrogenation intermediates. *J. Dairy Sci.* 97:975-984.

Jensen, C., M. R. Weisbjerg, P. Nørgaard et T. Hvelplund. 2005. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 118(3-4):279-294.

- Johnson, L. M., J. H. Harrison, D. Davidson, C. Hunt, W. C. Mahanna et K. Shinnars. 2003. Corn Silage Management: Effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 86(10):3271-3299.
- Kung, L., Jr., B. M. Moulder, C. M. Mulrooney, R. S. Teller et R. J. Schmidt. 2008. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with brown midrib corn silage fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 91(4):1451-1457.
- Larson, J. et P. C. Hoffman. 2008. Technical Note: A method to quantify prolamin proteins in corn that are negatively related to starch digestibility in ruminants. *J. Dairy Sci.* 91(12):4834-4839.
- Lechartier, C. et J. L. Peyraud. 2010. The effects of forage proportion and rapidly degradable dry matter from concentrate on ruminal digestion in dairy cows fed corn silage-based diets with fixed neutral detergent fiber and starch contents. *J. Dairy Sci.* 93(2):666-681.
- Lopes, J. C., R. D. Shaver, P. C. Hoffman, M. S. Akins, S. J. Bertics, H. Gencoglu et J. G. Coors. 2009. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92(9):4541-4548.
- Mohd, B. M. N. et M. Wootton. 1984. In vitro digestibility of hydroxypropyl maize, waxy maize and high amylose maize starches. *Starch-Stärke* 36:273-275.
- Nennich, T. D., J. G. Linn, D. G. Johnson, M. I. Endres et H. G. Jung. 2003. Comparison of feeding corn silages from leafy or conventional corn hybrids to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86(9):2932-2939.
- Newbold, J. R., E. A. Lewis, J. Lavrijssen, H. J. Brand, H. Vedder et J. Bakker. 2006. Effect of storage time on ruminal starch degradability in corn silage. *J. Dairy Sci.* 84(Suppl. 1):T94 (Abst.).
- Ngonyamo-Majee, D., R. D. Shaver, J. G. Coors, D. Sapienza, C. E. S. Correa, J. G. Lauer et P. Berzaghi. 2008a. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm: I. Development of near-infrared reflectance spectroscopy calibrations. *Animal Feed Science and Technology* 142(3-4):247-258.
- Ngonyamo-Majee, D., R. D. Shaver, J. G. Coors, D. Sapienza et J. G. Lauer. 2008b. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm: II. Ruminal and post-ruminal degradabilities. *Animal Feed Science and Technology* 142(3-4):259-274.
- NRC, N. R. C. 2001. *Nutrient Requirements for Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci. ed., Washington, DC.
- Oba, M. et M. S. Allen. 1999. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82(1):135-142.
- Oba, M. et M. S. Allen. 2000a. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *J. Dairy Sci.* 83(6):1333-1341.
- Oba, M. et M. S. Allen. 2000b. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 3. Digestibility and microbial efficiency. *J. Dairy Sci.* 83(6):1350-1358.
- Onetti, S. G., S. M. Reynal et R. R. Grummer. 2004. Effect of alfalfa forage preservation method and particle length on performance of dairy cows fed corn silage-based diets and tallow. *J. Dairy Sci.* 87(3):652-664.

Philippeau, C., J. Landry et B. Michalet-Doreau. 2000. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(3):404-408.

Ruppert, L. D., J. K. Drackley, D. R. Bremmer et J. H. Clark. 2003. Effects of tallow in diets based on corn silage or alfalfa silage on digestion and nutrient use by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86(2):593-609.

Rustomo, B., O. AlZahal, N. E. Odongo, T. F. Duffield et B. W. McBride. 2006. Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 89(12):4758-4768.

Shinners, K. J., B. N. Binversie et P. Savoie. 2003. Harvest and storage of wet and dry corn stover as a biomass feedstock. dans *Proceeding. Annual Meeting of the American Society of Agricultural engineers.* ASAE Paper No 036088. , Las Vegas, Nevada.

St-Pierre, N. R. 2009. Economical value of corn silage. Pages 119-128 dans *proceeding Tri-State Dairy Nutrition Conference, Ohio State University, Columbus, OH.* Ohio State University, Columbus, OH.

Staples, C. R. et F. M. Cullens. 2005. Implications of fat-feeding practices for lactating dairy cows - effects on milk fat. Pages 277-295 dans *Proceeding. Advances in Dairy Technology.*

Statistique Canada. 2011a. Tableau par géographie sur les exploitations et les exploitants agricole de 2011. <http://www29.statcan.gc.ca/ceag-web/fra/transpose-var-transposer?geold=240000000&selectedVarlds=155%2C>. Page consultée le 29-09-2014.

Statistique Canada. 2011b. Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011. <http://www29.statcan.gc.ca/ceag-web/fra/community-agriculture-profile-profil-agricole?geold=240000000&selectedVarlds=167%2C>. Page consultée le 29-09-2014.

Stone, W. C., L. E. Chase, T. R. Overton et K. E. Nestor. 2012. Brown midrib corn silage fed during the peripartal period increased intake and resulted in a persistent increase in milk solids yield of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 95(11):6665-6676.

Taylor, C. C. et M. S. Allen. 2005a. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: feeding behavior and milk yield of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88(4):1425-1433.

Taylor, C. C. et M. S. Allen. 2005b. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88(4):1413-1424.

Thomas, E. D., P. Mandebvu, C. S. Ballard, C. J. Sniffen, M. P. Carter et J. Beck. 2001. Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84(10):2217-2226.

Tsai, C. Y., D. M. Huber et H. L. Warren. 1980. A proposed role of zein and glutelin as N sinks in maize. *Plant Physiology* 66(2):330-333.

Vanderwerff, L. M., L. F. Ferraretto et R. D. Shaver. 2014. Impact of brown-midrib corn Shredlage^R on lactation performance. <https://asas.confex.com/asas/jam2014/webprogram/paper10735.html>. Page consultée le 12-09-2014.



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

L'ensilage de maïs : un aliment apprécié, une rentabilité à valider

Édith Charbonneau, Ph.D., agronome, professeure, Université Laval

Collaborateurs :

Gilles Bélanger, M.Sc., chercheur, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Gaëtan Tremblay, Ph.D., chercheur, Agriculture et Agroalimentaire Canada

René Roy, agronome et agroéconomiste, Valacta

Mario Boivin, nutritionniste en production laitière, La Coop fédérée

Liliana Fadul-Pacheco, étudiante au doctorat, Université Laval

Doris Pellerin, Ph.D., agronome, professeur, Université Laval



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

L'ensilage de maïs : un aliment apprécié, une rentabilité à valider

FAITS SAILLANTS

Il est généralement rentable de produire de l'ensilage de maïs sur les fermes laitières des régions du Québec où cette culture est possible, et ce, même en considérant une variation annuelle normale dans les rendements ou la valeur nutritive de ce fourrage.

Un rendement amélioré des plantes fourragères pérennes combiné à une valeur nutritive supérieure, avec ou sans l'utilisation d'ensilage de maïs, permet d'améliorer le bénéfice net.

L'ensilage de maïs demeure une culture intéressante même en condition de fluctuation du prix des aliments ou des superficies en culture sur la ferme.

Les bilans N et P à la ferme peuvent être positivement affectés par l'utilisation de l'ensilage de maïs.

INTRODUCTION

L'ajout d'ensilage de maïs dans les rations des vaches laitières est une pratique appréciée par plusieurs gestionnaires de fermes laitières. Les avantages qu'on lui attribue sont nombreux. Il est, entre autres, possible de nommer son rendement élevé au champ, un chantier de récolte unique à l'automne ainsi que ses teneurs élevées en énergie et en fibres pour l'alimentation du troupeau. Ainsi, c'est un aliment intéressant tant aux champs qu'à l'étable.

Malgré ces nombreux avantages, il y a aussi certains inconvénients à son utilisation sur une ferme. Il y a bien sûr la pression environnementale que la culture de maïs exerce. En effet, le maïs requiert un apport important en azote (CRAAQ, 2011a). De plus, il est fortement recommandé de faire de bonnes rotations lorsqu'on cultive du maïs, pour éviter une diminution de la qualité et de l'érosion des sols. Ces rotations sont plus faciles à favoriser lorsque des plantes fourragères pérennes (luzerne, fléole des prés et autres) sont également incluses dans les rations. Un autre inconvénient est le risque associé à un seul chantier de récolte par année. En effet, si on ne parvient pas à atteindre le bon stade de maturité lors de la récolte c'est une portion importante des fourrages de l'année qui sera de moins bonne qualité. Aussi, l'accumulation d'unités thermiques maïs (UTM) limite ou rend plus risquée la production du maïs dans plusieurs régions du Québec agricole (Atlas agroclimatique du Québec, 2012).

Ainsi, malgré les nombreux avantages de cette culture, il y a encore lieu de se questionner sur la pertinence d'utiliser l'ensilage de maïs plusieurs contextes de production du Québec. Les points à surveiller en ce qui concerne l'utilisation de l'ensilage de maïs par le troupeau sont traités plus en détails dans le texte de conférence de Boivin et coll. (2014; texte de conférence précédent). Notre travail vise plutôt à évaluer l'intérêt économique de l'utilisation de l'ensilage de maïs sur une ferme du Québec en considérant les aspects suivants : 1) la région où se situe la ferme, 2) les possibilités d'augmenter le rendement et la valeur nutritive des plantes fourragères pérennes, 3) les variations dans le prix des céréales et aliments achetés pour le troupeau, et 4) les variations dans les surfaces de cultures disponibles. Notre étude permet également de faire une première approximation de l'impact de l'utilisation de l'ensilage de maïs sur les bilans de N et P, et la production de gaz à effet de serre.

L'UTILISATION D'UN MODÈLE

Comme notre objectif était d'étudier l'intérêt de l'utilisation de l'ensilage de maïs sur les fermes laitières, il fallait prendre en compte à la fois sa culture au champ et son utilisation dans l'alimentation du troupeau. Il était donc important de considérer la ferme dans son ensemble comme étant une seule unité de décision.

Ainsi, nous avons utilisé un modèle de ferme global (N-CyCLES; <http://dairynutrient.wisc.edu/N-CyCLE/page.php?id=517>) pour évaluer la répercussion de différents scénarios sur l'ensemble de l'entreprise (Figure 1). Le modèle N-CyCLES fonctionne par optimisation, ce qui permet de considérer différentes stratégies disponibles et d'identifier celle qui est la plus appropriée afin d'atteindre un objectif, soit le bénéfice maximum pour cette étude. Cette optimisation permet de tenir compte de l'impact d'un changement dans un sous-système (p. ex. utilisation du maïs ensilage dans les rations) sur la performance de l'ensemble de la ferme. Par exemple, une modification dans le stade de développement à la récolte d'une plante peut rendre une rotation qui était auparavant moins pertinente beaucoup plus intéressante pour une entreprise. Un modèle comme N-CyCLES utilisant l'optimisation modifiera alors à la fois la sélection des rotations de cultures et les rations des animaux pour obtenir le scénario le plus rentable pour la ferme. La ferme n'est donc pas considérée comme une unité de production statique. En effet, une modification dans les pratiques de gestion des cultures ou des animaux sera suggérée si elle est globalement plus rentable pour l'entreprise.

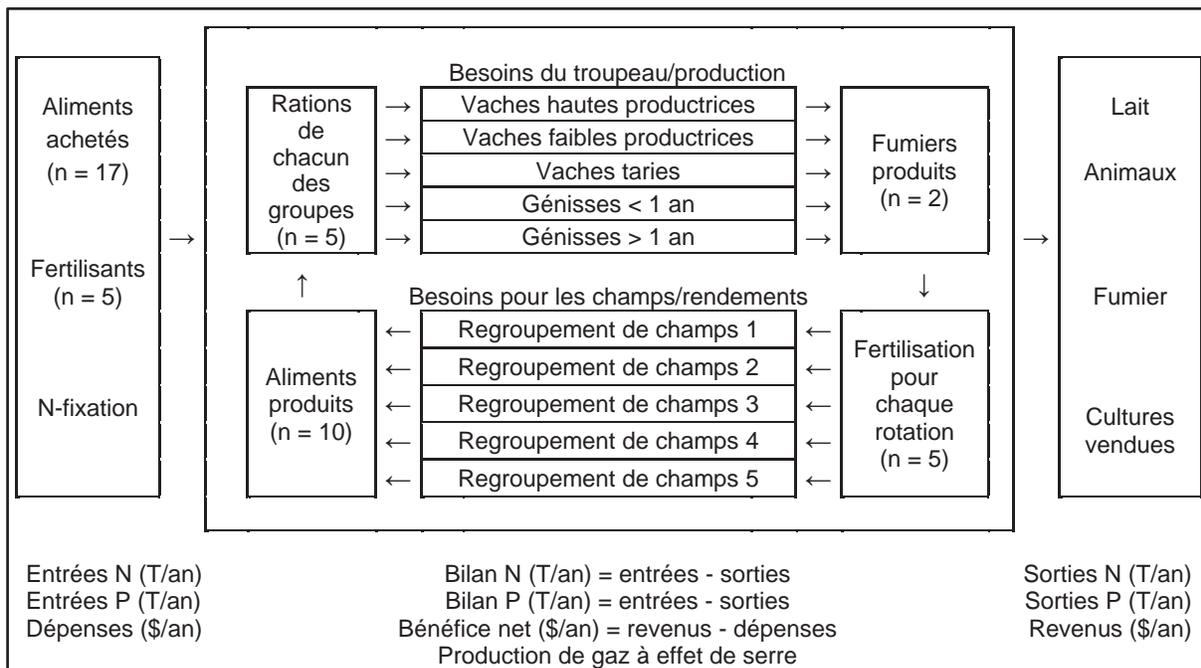


Figure 1. Représentation des interactions considérées dans le modèle N-CyCLES.

L'outil N-CyCLES est un modèle informatique de la ferme laitière québécoise et américaine qui a été développé conjointement par l'Université Laval et l'University of Wisconsin-Madison. L'utilisation de ce modèle permet de considérer les interactions importantes entre chaque composante de la ferme (Figure 1). Le lien entre les champs et le troupeau est établi de deux façons soit, en considérant l'impact des récoltes sur l'alimentation du troupeau et ses rejets ainsi qu'en considérant les fumiers produits, incluant les pertes à l'entreposage, sur la disponibilité des amendements pour la fertilisation. Le modèle N-CyCLES est donc bien adapté pour effectuer des évaluations économiques de pratiques optimales de gestion.

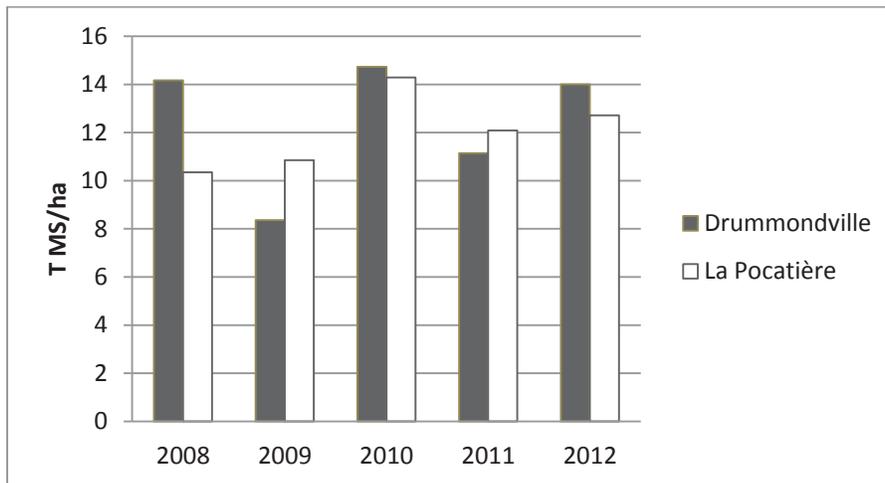
L'ENSILAGE DE MAÏS, INTÉRESSANT PEU IMPORTE LA RÉGION?

La longueur de la saison de croissance, souvent caractérisée par l'accumulation des unités thermiques maïs, est le principal facteur déterminant le potentiel de cette culture. Ainsi, si cette culture est implantée depuis plusieurs années au sud et à l'ouest de la province, ce n'est pas le cas pour toutes les régions

agricoles plus au nord et à l'est. Par contre, les avancés dans la sélection des hybrides et le réchauffement climatique (Atlas agroclimatique du Québec, 2012) rendent cette culture accessible à un plus grand nombre de producteurs. La comparaison de deux régions du Québec est donc intéressante dans le but de représenter deux réalités de production différentes en production laitière. La première région étudiée, le Centre-du-Québec, a un bassin important de producteurs laitiers et une capacité reconnue de produire de l'ensilage de maïs et du maïs grain. La seconde, le Bas-St-Laurent, a également un nombre important de producteurs laitiers et la production d'ensilage de maïs y est établie depuis moins longtemps, alors que celle du maïs-grain est pour sa part très marginale à cause du climat qui n'y est pas propice.

Comme l'ensilage de maïs a été introduit de manière plus sérieuse dans le Bas-St-Laurent depuis 2008 due à la fluctuation importante du prix des grains, notre analyse des rendements de l'ensilage de maïs dans les deux régions commence à partir de 2008. Il est difficile de faire simplement des comparaisons de moyennes pour chacune des régions dans leur totalité puisque les données disponibles la Financière agricole du Québec ne sont pas pondérées pour le nombre de producteurs par secteur (zone). Toutefois, si l'on compare deux secteurs de production dans lesquels le nombre de producteurs agricoles produisant de l'ensilage de maïs est important, on s'aperçoit que les rendements du secteur près de La Pocatière sont similaires à ceux de Drummondville (Figure 2).

Ainsi, les moyennes rapportées par la Financière agricole du Québec pour les rendements de l'ensilage de maïs dans chaque secteur ou zone pour la région du Centre-du-Québec variaient entre de 6,6 et 16,5 tonnes de matière sèche par hectare (T MS/ha) entre 2008 et 2012, alors que ceux du Bas-St-Laurent variaient entre 5,3 et 14,7 T MS/ha. Les écarts précédents entre les moins bons et les meilleurs rendements peuvent partiellement être expliqués par le fait que pour les secteurs où il y a peu de production d'ensilage de maïs, une mauvaise récolte sur une ferme a un impact majeur sur la moyenne mathématique obtenue par la région. Aussi, l'année 2009 a été particulièrement difficile pour la production de maïs dans les régions plus au sud de la province. Nous avons donc considéré un rendement moyen de 13,5 T MS/ha (rendement raisonnablement attendu; moyenne entre 2010 et 2012) au Centre-du-Québec et de 12,5 T MS/ha au Bas-St-Laurent (rendement raisonnablement attendu; moyenne entre 2010 et 2012 pour les secteurs à plus haut potentiel pour l'ensilage de maïs).



(Source : Financière agricole du Québec, 2008-2012)

Figure 2. Comparaison des rendements moyens en ensilage de maïs dans un secteur du Centre-du-Québec (incluant une partie de Drummondville) et un secteur du Bas-St-Laurent (incluant La Pocatière).

Le rendement est l'une des composantes principales à considérer dans notre analyse. Toutefois, la valeur nutritive de l'ensilage de maïs a aussi un effet sur les résultats économiques. En utilisant l'information de la banque de données de Valacta entre 2009 et 2011, nous avons pu obtenir une valeur nutritive moyenne des ensilages de maïs pour la province ainsi que pour chacune des deux régions étudiées (Tableau 1). La maturité du maïs à la récolte a un impact direct sur la valeur nutritive de l'ensilage. Il est donc important de viser la sélection d'hybrides de maïs recommandés pour les UTM de la région de manière à s'assurer que la plante puisse atteindre un stade de maturité et de teneur en matière sèche adéquat. Aussi, la valeur nutritive de l'ensilage de maïs trop mature n'est pas présentée dans le tableau. Il est connu que l'analyse sur papier d'un tel ensilage semble en général bonne, mais il a été démontré que la digestibilité de l'amidon et les performances des animaux sont moindres avec un ensilage de plus de 40 % de MS (Ferraretto et Shaver, 2012). Ainsi, malgré de bonnes analyses, les résultats à l'étable peuvent être décevants avec de l'ensilage de maïs trop mature. Selon la banque de données de Valacta, au Québec c'est près de 17 % des analyses d'ensilage de maïs qui sont dans la catégorie mature (plus de 40 % de MS).

Tableau 1. Valeur nutritive moyenne de l'ensilage de maïs en fonction de la maturité à la récolte selon la banque de données de Valacta de 2009 à 2011.

	Province		Centre-du-Québec		Bas-St-Laurent	
	Immature	Normal	Immature	Normal	Immature	Normal
Nombre d'analyse	534	5206	45	895	49	257
Matière sèche, %	26,1	34,1	26,5	34,5	25,7	34,0
ENL _{3x} ^a , MCal/kg MS	1,55	1,60	1,56	1,61	1,49	1,58
NDF, % MS	48,9	44,1	48,5	43,5	53,6	47,0
ADF, % MS	28,9	25,9	28,3	25,4	31,5	27,3
Lignine, % MS	3,2	3,0	3,0	2,8	3,7	3,2
GNF ^b , % MS	36,5	41,7	37,2	42,5	31,0	38,1
Protéine brute, % MS	8,9	8,3	8,6	8,2	9,7	9,0
Gras, % MS	2,9	3,1	3,0	3,1	2,8	3,1

^aCalculé avec les formules du NRC (2001).

^bGNF = Glucides non fibreux = 100 - (NDF - NDF_PB) - PB - Gras - Cendres, où NDF_PB représente la protéine liée à la fibre NDF.

À partir des données précédentes et de l'information en provenance de différentes sources du Québec (Références économique du CRAAQ, Financière agricole du Québec, Valacta), deux scénarios de fermes moyennes, un pour chacune des régions, ont été bâtis (Tableau 2).

Tableau 2. Principales caractéristiques retenues pour la ferme moyenne du Centre-du-Québec et du Bas-St-Laurent.

	Centre-du-Québec	Bas-St-Laurent
Superficie (hectares)	142	139
Nombre de vaches	75	62
Production laitière moyenne (kg/vache/lactation)	10 364	9 544
Production laitière totale (hL corrigé ¹ /ferme/an)	6 870	5 235

¹hL corrigé = hL corrigé pour la teneur en gras (4 %) et en protéine (3,3 %) du lait.

Puis, différentes rotations typiques de ces deux régions ont été développées (Tableau 3) pour permettre au modèle de sélectionner les cultures appropriées à chaque situation de la ferme. L'approche par rotation permet de mieux considérer l'impact de la séquence des cultures sur les besoins des plantes.

Tableau 3. Choix des rotations des cultures^a rendus disponibles au modèle.

	Avec ensilage de maïs	Sans ensilage de maïs
Centre-du-Québec		
Rotation 1	O-L/L/M/M/G	O-L/L/M/M/G
Rotation 2	MG/EM/L/L/M/M/G	O-L/L/M/M
Rotation 3	O-L/L/M/M	MG/MG/S
Rotation 4	MG/MG/S	MG/MG/O-L/L/M/M
Rotation 5	EM/EM/S	MG/MG/O-L/L/M/M/G
Bas-St-Laurent		
Rotation 1	O-L/L/M/M	O-L/L/M/M
Rotation 2	B/O/C/O	B/O/C/O
Rotation 3	EM/O-L/L/M/M	O/O-L/L/M/M
Rotation 4	EM/O-L/L/M/M/G	O/O-L/L/M/M/G
Rotation 5	EM/EM/C	O-L/L/M/M/G

^aO-L = orge + ensilage de légumineuses; O = orge; L = ensilage de légumineuses; M= ensilage d'un mélange de légumineuses et graminées; G = foin de graminées; MG = maïs grain; EM= ensilage de maïs; S = soya; B = blé; C = canola.

En utilisant cette information, il a été possible d'établir l'intérêt économique d'utiliser de l'ensilage de maïs sur la ferme moyenne de chacune des régions. Trois scénarios ont d'abord été réalisés, soit un scénario initial donnant la possibilité au modèle de sélectionner des rotations avec de l'ensilage de maïs, un scénario représentant une moins bonne année pour la production de l'ensilage de maïs et un scénario sans la possibilité de produire de l'ensilage de maïs. Les résultats pour la comparaison entre les deux derniers scénarios et la situation initiale sont présentés au tableau 4. L'optimisation sur le bénéfice net permet de sélectionner ce qui est le plus rentable pour la ferme tant au niveau des champs qu'à l'étable, et ce, en considérant également la possibilité de vendre certaines récoltes. Les résultats ainsi obtenus permettent d'établir le meilleur scénario en considérant les différentes options disponibles sur la ferme.

Comme il est possible de le constater à la figure 2, le rendement en ensilage de maïs peut être inférieur à celui projeté lors d'une moins bonne année. Cette situation est difficile à prévoir à l'avance et affecte beaucoup les stocks de fourrages avec des répercussions néfastes sur le coût des rations. Il était donc essentiel de considérer également cette possibilité et son impact sur le résultat économique de la ferme. C'est l'objectif du scénario représentant une moins bonne année pour la production de l'ensilage de maïs (Tableau 4). Pour ce faire, nous avons forcé le choix des mêmes proportions de chacune des cultures dans le modèle que pour la situation initiale, mais en considérant un rendement de 10,5 plutôt que 13,5 T MS/ha pour l'ensilage de maïs de la ferme moyenne du Centre-du-Québec et de 9,5 plutôt que de 12,5 T MS/ha pour la ferme moyenne du Bas-St-Laurent. Comme il est également possible pour la ferme du Centre-du-Québec de produire du maïs-grain, les rendements de ce dernier ont également été réduits lors de mauvaises années d'ensilage de maïs (3,8 vs 5,8 T MS/ha). Dans cette région, nous avons considéré que le maïs-grain pouvait être semé à deux fins. Nous avons donc ajouté l'option de récolter ce dernier pour le grain ou pour l'ensilage. Aussi, lors des moins bonnes années, il est souvent plus difficile de rendre à maturité son ensilage de maïs donc, en plus du rendement moindre, la valeur nutritive du fourrage est aussi amoindrie. Dans ce cas, nous avons utilisé une analyse nutritionnelle qui correspond à celle d'un ensilage immature plutôt que normal (Tableau 1).

Tableau 4. Différences entre les résultats d'une ferme moyenne selon des simulations effectuées pour une moins bonne année d'ensilage de maïs (rendement et valeur nutritive moindre) ou sans ensilage de maïs par rapport aux résultats avec des rendements moyens d'ensilage de maïs (situation initiale).

	Centre-du-Québec		Bas-St-Laurent	
	Avec ens. de maïs rend. faible	Ferme moyenne sans ens. de maïs	Avec ens. de maïs rend. faible	Ferme moyenne sans ens. de maïs
Rendement du maïs	Faible	Aucun	Faible	Aucun
Ensilage de maïs (T MS/ha)	-3,0	-	-3,0	-
	-----Variation ¹ \$/hL lait corrigé ² -----			
Bénéfice net	-1,72	-1,39	-2,16	-2,26
<i>Principaux revenus</i>				
Vente de lait	=	=	=	=
Vente de récoltes	=	-1,85	-0,17	-0,92
<i>Principaux frais variables</i>				
Achat d'aliments	1,64	1,91	1,98	3,02
Coûts des cultures	=	-1,93	=	-0,17
Achat de fertilisants	=	-0,45	=	-1,50
<i>Choix des rotations</i> ³	----- % de la superficie totale cultivée (± variation ¹) -----			
Rotation 1				40
Rotation 2		64	21 (=)	5
Rotation 3	66		79 (=)	
Rotation 4	34 (-5)	36		
Rotation 5	0 (+5)			55

¹Résultats présentés = résultats du nouveau scénario - résultats du scénario moyen avec ensilage de maïs.

²hL lait corrigé = hL lait corrigé pour sa teneur en gras (4 %) et en protéine (3,3 %).

³La liste des cultures dans chacune des rotations est disponible au tableau 3.

Nos résultats confirment l'intérêt économique de l'utilisation de l'ensilage de maïs dans les deux régions du Québec. En effet, pour maximiser le bénéfice net de la ferme moyenne de chacune des régions, le modèle sélectionne les rotations (3, 4 et 5) incluant la production d'ensilage de maïs. De plus, son usage est important dans chacun des scénarios pour toutes les rations de manière à combler les besoins nutritifs des deux groupes de vaches en lait, des deux groupes de génisses ainsi que pendant la période de tarissement (entre 16 et 40 % de la ration; résultats non présentés). Nous avons établi l'inclusion maximale en ensilage de maïs à 40 % de la ration sur une base de matière sèche pour être représentatif d'une ferme québécoise.

Il est vrai que certaines années sont moins propices à la production d'ensilage de maïs. Notre compilation des rendements réels publiés par la Financière agricole du Québec confirme que les fluctuations de rendement sont assez fréquentes pour cette culture (Figure 2). Il est possible de constater l'effet néfaste de ces moins bonnes années (scénario avec ensilage de maïs - rendement faible) sur le bénéfice net des fermes (Tableau 4). En effet, la perte de revenu entre une année avec le rendement moyen et celle avec un rendement faible se chiffre à 1,72 et 2,16 \$/hL de lait pour la ferme moyenne du Centre-du-Québec et celle du Bas-St-Laurent, respectivement. Ceci représente des pertes de revenu annuel respectives de 11 793 \$ et 11 328 \$ à l'échelle des fermes moyennes que nous avons étudiées. Cette variation provient surtout d'une augmentation marquée des coûts d'alimentation.

Le scénario vérifiant l'impact de ne pas proposer d'ensilage de maïs dans les rotations et l'alimentation des fermes moyennes permet de constater un résultat négatif par rapport à l'utilisation de l'ensilage de maïs avec un rendement moyen. La réduction du bénéfice net était en effet de 1,39 et 2,26 \$/hL de lait

pour la ferme moyenne du Centre-du-Québec et celle du Bas-St-Laurent, respectivement (Tableau 4). Le scénario sans ensilage de maïs obtenait un bénéfice net légèrement supérieur à celui obtenu lors d'une mauvaise année d'ensilage de maïs dans le Centre-du-Québec, mais pas suffisamment pour compenser les revenus supérieurs lors des années normales. On peut donc en déduire que la ferme moyenne qui a la possibilité de faire de l'ensilage de maïs avec un rendement raisonnable ne peut que bénéficier économiquement de l'introduction de cette culture.

Pour contrer l'effet négatif d'un ensilage de maïs immature, il pourrait être tentant d'essayer de compenser en retardant le moment de la récolte après le premier gel. Une étude réalisée au Québec (Drapeau et coll., 2002) démontre toutefois que c'est une avenue à éviter. L'objectif de cette étude était de vérifier l'impact de retarder la récolte de 11, 21 et 31 jours suite à l'observation du premier gel sur le rendement et la valeur nutritive de l'ensilage de maïs. Les auteurs ont constaté une diminution du rendement en matière sèche de 38 kg par jour de retard, une augmentation du pourcentage de matière sèche de 0,5 unité par jour de retard, ainsi qu'une augmentation de la fibre et une diminution des sucres de la plante. Ils ont utilisé les valeurs obtenues pour leurs ensilages de maïs dans un modèle permettant l'évaluation de la production de lait théorique par hectare et ont observé une baisse moyenne de 68 kilogrammes de lait produit par hectare par jour de retard de la récolte.

En résumé, il est rentable de produire de l'ensilage de maïs lorsqu'on est en mesure d'obtenir un rendement adéquat d'un fourrage de bonne qualité. Pour ce faire, il faut s'assurer de choisir des hybrides adaptés à notre région et surveiller correctement le stade de maturité de la plante au moment de la récolte. Malgré tout, de moins bonnes années de production peuvent survenir. Elles réduisent le bénéfice net de la ferme par rapport aux bonnes années, mais elles n'enlèvent pas l'intérêt général de cette culture.

IMPACT DE MODIFICATIONS AU RENDEMENT ET À LA VALEUR NUTRITIVE DES PLANTES FOURRAGÈRES PÉRENNES

On peut aussi se questionner sur l'impact de l'amélioration du rendement ou de la valeur nutritive des plantes fourragères pérennes. Notre scénario moyen a été fait en utilisant les rendements moyens pour les plantes fourragères pérennes observés dans chacune des régions (Financière agricole du Québec, 2008-2012). Un ajustement pour la région du Bas-St-Laurent a été fait pour ne prendre que les rendements en plantes pérennes des zones dans lesquelles il est raisonnable de penser obtenir les rendements projetés en ensilage de maïs. Pour représenter l'évolution normale du rendement des plantes fourragères pérennes au cours des années qui suivent l'implantation, le scénario moyen applique une baisse de rendement en deuxième (-16 %) et troisième années (-29 %) de production par rapport à la première année de production (Tableau 5; Strulodottir et coll., 2013; Bélanger et coll., 2014). Deux scénarios ont ensuite été considérés. Le premier visait à augmenter le rendement des plantes fourragères pérennes par une modification de la gestion (chaulage, choix des espèces et mélanges, fertilisation azotée plus importante à la 4^{ème} année de production) sans toutefois augmenter le nombre de coupes. Dans ce cas, une légère diminution de la valeur nutritive des fourrages a été considérée (Tableau 6). Dans le Centre-du-Québec, un second scénario correspondant à l'effet d'une coupe additionnelle par année pendant les trois premières années de production des plantes fourragères pérennes a été évalué à partir des résultats de Bélanger et coll. (1999) et de Dhont et coll. (2004). Pour ce scénario, c'est une amélioration de la valeur nutritive des fourrages qui a été considérée étant donné que le fourrage était récolté à un stade de développement moins avancé. De plus, dans le cas du scénario avec une coupe additionnelle, les rendements considérés dans notre analyse supposent une bonne gestion des coupes en fin d'été et au cours de l'automne, effectuée de manière à minimiser les risques de mortalité hivernale. Ce scénario n'a pas été retenu dans le Bas-St-Laurent puisque les rendements de notre scénario moyen initial étaient associés à trois coupes pendant les trois premières années de production. Le climat de cette région limite la possibilité d'y pratiquer une quatrième coupe.

Tableau 5. Évolution du rendement estimé moyen (T MS/ha) des plantes fourragères pérennes au cours des années de production en fonction des régions et des scénarios simulés.

	Année d'implantation	Années de production			
		1	2	3	4
Centre-du-Québec					
Scénario moyen	2,0	8,3	7,0	5,9	4,8
Scénario modification de la gestion	2,0	9,7	8,4	7,1	5,5
Scénario coupe additionnelle	2,0	10,0	8,4	5,9	4,8
Bas-St-Laurent					
Scénario moyen	1,7	7,5	6,3	5,3	4,3
Scénario modification de la gestion	1,7	8,7	7,5	6,4	4,9

Pour chacun des scénarios, la valeur nutritive des fourrages a été établie à partir des banques de données de Valacta pour chacune des régions et elle a été validée à l'aide d'information tirée de la littérature (Tableau 6).

Tableau 6. Valeurs nutritives moyennes des ensilages de plantes fourragères pérennes utilisées dans les simulations en fonction de l'année de récolte.

	Moyenne		Modification gestion		Coupe additionnelle	
	Impl. ^a et année 1	Année 2 et 3	Impl. ^a et année 1	Année 2 et 3	Impl. ^a et année 1	Année 2 et 3
Centre-du-Québec						
ENL _{3x} ^b , MCal/kg MS	1,33	1,32	1,26	1,16	1,61	1,47
NDF, % MS	45,3	51,1	47,0	53,3	39,6	45,4
ADF, % MS	33,3	34,5	36,1	37,4	29,0	30,5
Lignine, % MS	6,8	6,1	7,9	7,4	5,3	4,7
Protéine brute, % MS	19,2	16,6	17,5	14,5	21,6	19,1
Bas-St-Laurent						
ENL _{3x} ^b , MCal/kg MS	1,38	1,37	1,30	1,27	1,58	1,53
NDF, % MS	45,8	50,3	47,4	52,2	40,5	44,4
ADF, % MS	32,7	33,7	35,5	33,6	28,9	29,6
Lignine, % MS	6,7	6,1	7,9	7,5	5,19	4,54
Protéine brute, % MS	18,9	16,5	17,2	14,6	21,2	19,0

^aAnnée d'implantation.

^bCalculé avec les formules du NRC (2001).

Nous avons refait des simulations en utilisant les rendements précédents avec les valeurs nutritives du fourrage leurs étant associées, (Tableau 7). La modification de la gestion des plantes fourragères permettant une amélioration du rendement mais avec une détérioration de la valeur nutritive apporte un gain de bénéfice net minime dans le Centre-du-Québec (0,32 \$/hL de lait ou 2 200 \$ pour notre ferme moyenne) et nul dans le Bas-St-Laurent lorsque de l'ensilage de maïs est aussi utilisé. Ce scénario ne permet certainement pas de compenser l'exclusion de l'ensilage de maïs sur une ferme comme on peut le voir au Bas-St-Laurent (scénario modification de gestion sans ensilage de maïs; -2,01 \$/hL de lait). Puisque l'augmentation de rendement est associée à une perte de valeur nutritive, les gains aux champs sont annulés par des pertes à l'étable. En contrepartie, les résultats obtenus avec une coupe additionnelle dans le Centre-du-Québec confirment l'avantage économique d'avoir de bons rendements fourragers combinés à une valeur nutritive supérieure. En effet, pour la ferme moyenne, une coupe additionnelle au

Centre-du-Québec résulte en une augmentation du bénéfice net de 1,50 \$/hL de lait, ou 10 276 \$ lorsque l'ensilage de maïs est utilisé et de 1,03 \$/hL de lait, ou 7 068 \$ si on compare un scénario avec une coupe additionnelle de plantes fourragères pérennes sans ensilage de maïs à celui moyen avec ensilage de maïs. Ici, on gagne sur les deux tableaux, soit les coûts de production aux champs et les coûts d'alimentation à l'étable. Il est à noter qu'il est possible qu'une ferme en mesure d'obtenir les rendements projetés pour les plantes fourragères pérennes avec une coupe additionnelle soit aussi parmi les très bons producteurs d'ensilage de maïs, avec des rendements supérieurs. Cette éventualité n'a toutefois pas été considérée dans notre analyse.

Tableau 7. Différences entre les scénarios d'augmentation du rendement (PF-modification de gestion) et de la valeur nutritive (PF-coupe additionnelle) des plantes fourragères pérennes avec ou sans ensilage de maïs par rapport au scénario moyen avec ensilage de maïs (situation initiale).

	Centre-du-Québec			Bas-St-Laurent	
	PF Mod. gestion avec ens. de maïs	PF Coupe add. avec ens. de maïs	PF Coupe add. sans ens. de maïs	PF Mod. gestion avec ens. de maïs	PF Mod.gestio n sans ens. de maïs
Rendement du maïs	Moyen	Moyen	Aucun	Moyen	Aucun
	-----Variation ¹ \$/hL lait corrigé ² -----				
Bénéfice net	+0,32	+1,50	+1,03	+0,01	-2,01
<i>Principaux revenus</i>					
Vente de lait	-	-	-	-	-
Vente de récoltes	+3,58	+1,14	-1,85	+0,82	+0,76
<i>Principaux frais variables</i>					
Achat d'aliments	+1,51	-0,74	-0,93	+0,75	+4,62
Coûts des cultures	+1,07	+0,59	-1,57	+0,02	-0,38
Achat de fertilisants	+0,68	-0,20	-0,38	+0,05	-1,46
<i>Choix des rotation³</i>					
	----- % de la superficie totale cultivée (± variation ¹) -----				
Rotation 1			30	29 (+29)	21
Rotation 2			21	71 (+50)	
Rotation 3	50 (-16)	67 (+0,4)		(-79)	7
Rotation 4	20 (+15)	11 (+6)	49		
Rotation 5	30 (+1)	23 (-6)			71

¹Résultats présentés = résultats du nouveau scénario - résultats du scénario moyen avec ensilage de maïs.

²hL lait corrigé = hL lait corrigé pour sa teneur en gras (4 %) et en protéine (3,3 %).

³La liste des cultures dans chacune des rotations est disponible au tableau 3.

Il est à noter que la fiabilité des données et des hypothèses de base est primordiale afin d'obtenir des résultats fiables en modélisation. Des projets de recherche sont actuellement en cours pour vérifier certaines hypothèses utilisées dans cette étude en ce qui a trait aux rendements des plantes fourragères pérennes et leurs évolutions dans un contexte de production avec des coupes additionnelles. Certains des résultats précédents mériteront d'être revisités suite à ces projets de recherche.

En résumé, il vaut toujours la peine d'améliorer le rendement et la valeur nutritive des plantes fourragères pérennes peu importe qu'on utilise ou non de l'ensilage de maïs. Pour cet objectif d'amélioration du rendement et de la valeur nutritive, nous avons évalué l'impact d'une coupe supplémentaire. Cette stratégie permet d'augmenter le bénéfice net des fermes par rapport à la

ferme ayant un rendement moyen en plantes fourragères pérennes et en maïs fourrager. En contrepartie, une augmentation du rendement des plantes fourragères pérennes qui résulte en une diminution de leur valeur nutritive ne permet pas d'obtenir de tels résultats.

IMPACT DU PRIX DES ALIMENTS CONCENTRÉS ET DE LA SUPERFICIE

Dans le cadre de la présente analyse, nous avons utilisé les prix moyens de 2009 à 2011 provenant de la banque de données de Valacta pour les céréales et les aliments concentrés. Ce sont donc des données moyennes représentant la réalité à la ferme pendant cette période. Toutefois, des fluctuations importantes du prix des aliments sont survenues dans les dernières années. Il est donc essentiel d'effectuer une analyse de sensibilité sur les prix des aliments qui sont utilisés dans le modèle pour la vente des cultures ou pour l'alimentation du troupeau. Il est ainsi possible de comprendre l'impact qu'aurait une variation du contexte de prix sur les résultats obtenus. Pour ce faire, nous avons refait les scénarios moyens avec ensilage de maïs, mais cette fois en augmentant ou en diminuant de 25 % les prix des aliments (Tableau 8). Les résultats ainsi obtenus confirment la valeur de l'ensilage de maïs puisqu'il continue à être sélectionné dans tous les scénarios de variations de prix effectués. De plus, ces résultats renforcent le principe qu'en cas de prix élevés des céréales, leurs productions pour la vente devraient être valorisées, mais cette valorisation ne compense pas nécessairement pour les coûts plus élevés de l'alimentation du troupeau. À l'inverse, un prix plus faible des aliments achetés réduit de manière importante le coût d'alimentation du troupeau, ce qui permet de compenser amplement la perte de revenu associée à la diminution de la vente des récoltes, du moins dans le cas d'une ferme spécialisée en production laitière.

Un exercice similaire a été réalisé en variant seulement le prix des aliments achetés principalement pour leur teneur en protéine. Les résultats ne sont pas présentés puisque l'ensilage de maïs conservait une place très importante dans l'alimentation des vaches. Dans ce cas, la vente de céréales était réduite de manière à valoriser les rotations fourragères (ensilage de maïs et autres plantes fourragères) pour limiter le besoin d'achat en suppléments protéiques.

Tableau 8. Analyse de sensibilité sur le prix des céréales et des aliments achetés (variation de $\pm 25\%$) pour le scénario moyen avec ensilage de maïs. Résultats exprimés en fonction de la variation par rapport au scénario moyen avec ensilage de maïs¹.

	Centre-du-Québec		Bas-St-Laurent	
	Moyen avec ens. de maïs + 25 %	Moyen avec ens. de maïs - 25 %	Moyen avec ens. de maïs + 25 %	Moyen avec ens. de maïs - 25 %
Rendement du maïs	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
	----- Variation ¹ \$/hL lait corrigé ² -----			
Bénéfice net	-1,02	+1,28	-1,02	1,20
<i>Principaux revenus</i>				
Vente de lait	=	=	=	=
Vente de récoltes	+2,68	-0,71	+0,32	-0,51
<i>Principaux frais variables</i>				
Achat d'aliments	+2,43	-1,27	+1,33	-1,30
Coûts des cultures	+0,67	-0,42	+0,01	+0,06
Achat de fertilisants	+0,60	-0,30	=	-0,47
<i>Choix des rotations</i> ³	----- % de la superficie totale cultivée (\pm variation ¹) -----			
Rotation 1				17 (+17)
Rotation 2			21 (-0,1)	18 (-4)
Rotation 3	55 (-11)	72 (+6)	79 (+0,1)	65 (-13)
Rotation 4	12 (+7)	3 (-2)		
Rotation 5	33 (+4)	25 (-4)		

¹Résultats présentés = résultats du nouveau scénario – résultats du scénario moyen avec ensilage de maïs.

²hL lait corrigé = hL lait corrigé pour sa teneur en gras (4 %) et en protéine (3,3 %).

³La liste des cultures dans chacune des rotations est disponible au tableau 3.

De manière similaire, la superficie disponible pour les cultures sur la ferme peut avoir un impact potentiellement important sur les résultats obtenus dans ce type d'analyse. Les superficies en culture considérées dans les scénarios moyens avec ensilage de maïs sont équilibrées pour des fermes laitières spécialisées selon les données d'Agritel web (CRAAQ, 2011b). On peut se questionner sur la variation de l'intérêt économique de l'ensilage de maïs si la ferme possède plus ou moins de superficie pour les cultures par rapport à un même nombre de vaches. Des scénarios dans lesquels les superficies en culture de la ferme variaient de plus ou moins 25 % par rapport au scénario moyen avec ensilage de maïs ont été alors effectués (Tableau 9). Une fois de plus, cette analyse a permis de valider nos résultats précédents puisque les superficies en ensilage de maïs sont conservées dans tous les scénarios et cet aliment demeure en quantité importante dans les rations. L'analyse des résultats du tableau 9 permet de constater qu'une augmentation des superficies résulte en une augmentation directe de la vente de récolte (+6,23 \$/hL de lait pour le Centre-du-Québec et +2,87 \$/hL de lait pour le Bas-St-Laurent) alors qu'une diminution des superficies amène une plus grande dépendance aux aliments achetés (+5,25 \$/hL de lait pour le Centre-du-Québec et +2,32 \$/hL de lait pour le Bas-St-Laurent).

Tableau 9. Analyse de sensibilité sur la superficie en culture (variation de $\pm 25\%$) pour le scénario moyen avec ensilage de maïs. Résultats exprimés en fonction de la variation par rapport au scénario moyen avec ensilage de maïs¹.

	Centre-du-Québec		Bas-St-Laurent	
	Moyen avec ens. de maïs + 25 %	Moyen avec ens. de maïs - 25 %	Moyen avec ens. de maïs + 25 %	Moyen avec ens. de maïs - 25 %
Rendement du maïs	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
	----- Variation ¹ \$/hL lait corrigé ² -----			
Bénéfice net	+1,89	-3,65	+0,75	-1,31
<i>Principaux revenus</i>				
Vente de lait	=	=	=	=
Vente de récoltes	+6,23	=	+2,87	-1,06
<i>Principaux frais variables</i>				
Achat d'aliments	-0,05	+5,25	-0,07	+2,32
Coûts des cultures	+2,52	-1,15	-0,29	-0,37
Achat de fertilisants	+1,87	-0,45	-1,91	-1,69
<i>Choix des rotations</i> ³	----- % de la superficie totale cultivée (\pm variation ¹) -----			
Rotation 1				
Rotation 2			37 (+15)	0 (-22)
Rotation 3	53 (-13)	55 (-11)	63 (-15)	98 (+20)
Rotation 4	24 (+19)	0 (-5)		
Rotation 5	23 (-6)	45 (+16)		2 (+2)

¹Résultats présentés = résultats du nouveau scénario - résultats du scénario moyen avec ensilage de maïs.

²hL lait corrigé = hL lait corrigé pour sa teneur en gras (4 %) et en protéine (3,3 %).

³La liste des cultures dans chacune des rotations est disponible au tableau 3.

En résumé, la culture de l'ensilage de maïs demeure intéressante même lors de variations dans le prix des concentrés ou dans la superficie en culture sur la ferme.

QU'EN EST-IL DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ?

Le modèle que nous avons utilisé nous permet également de connaître l'impact des différents scénarios sur les bilans N et P ainsi que sur la production de gaz à effet de serre à la ferme. Des résultats plutôt étonnants ont été obtenus. En effet, nous connaissons tous le besoin important en N du maïs. Il est donc logique de penser que ce besoin en N se traduit nécessairement par une augmentation du bilan azoté au niveau de la ferme (entrées en N - sorties en N). Selon nos simulations (Tableau 10), les bilans azotés sont supérieurs lorsqu'aucun ensilage de maïs n'est utilisé sur la ferme par rapport au scénario moyen avec ensilage de maïs (Centre-du-Québec : +612 g N/hL lait corrigé ou 42 % supérieur à notre scénario moyen avec ensilage de maïs; Bas-St-Laurent : +179 g N/hL lait corrigé ou 10 % supérieur). L'utilisation d'ensilage de maïs permettrait donc de réduire le surplus d'azote sur la ferme considérée dans son ensemble. Cette variation provient majoritairement d'une diminution des surplus d'azote dans les rations. En plus, il y a une meilleure utilisation de l'azote en provenance des autres plantes fourragères dans les rations lorsqu'elles sont conjuguées à de l'ensilage de maïs; ce qui réduit le besoin d'acheter des sources de protéine en provenance de l'extérieur pour combler les besoins des vaches. La bonne conjugaison entre l'ensilage de maïs et la luzerne a d'ailleurs été démontrée à de nombreuses reprises dans le passé (Brito et Broderick, 2006; Charbonneau et coll., 2007). Le bilan en P sont également plus élevé pour les fermes sans ensilage de maïs; principalement à cause de la diminution de vente des récoltes (sortie de P) et l'augmentation de l'importation de P par l'achat d'aliment pour les rations du troupeau. La variation aux niveaux des importations en N et P pour la fertilisation du maïs est donc amplement compensée. Ces

conclusions ne tiennent toutefois pas compte de l'augmentation possible de l'érosion causé par la diminution de la couverture du sol associée à la culture du maïs. Pour ce qui est de la production globale de gaz à effet de serre à la ferme, les résultats étaient relativement similaires entre les scénarios avec ou sans ensilage de maïs (2 % de différences dans les deux régions).

Tableau 10. Différences dans les bilans N et P ainsi que la production de gaz à effet de serre à la ferme des scénarios sélectionnés en comparaison au scénario moyen avec ensilage de maïs¹.

	Centre-du-Québec			Bas-St-Laurent		
	Avec ens. de maïs rend. faible	PF Coupe add. avec ens. de maïs	Moyen sans ens. de maïs	Avec ens. de maïs rend. faible	PF Mod. gestion avec ens. de maïs	Moyen sans ens. de maïs
Bilan N (g/hL lait corrigé ²)	+5,0	-156,9	+611,7	+181,9	+179,1	+179,4
Bilan P (g/hL lait corrigé ²)	+0,5	-21,4	+27,3	+36,9	-3,6	+1,5
Gaz à effet de serre (T éq. CO ₂ /kg lait corrigé)	+0,01	-0,01	+0,02	+0,01	+0,03	+0,01

¹Résultats présentés = résultats du nouveau scénario - résultats du scénario moyen avec ensilage de maïs.

²hL lait corrigé = hL lait corrigé pour sa teneur en gras (4 %) et en protéine (3,3 %).

Il est aussi intéressant à noter qu'une valeur nutritive supérieure des fourrages (coupe additionnelle) permet de diminuer les bilans N et P de la ferme moyenne du Centre-du-Québec alors qu'une réduction dans la valeur nutritive des fourrages (modification de gestion pour améliorer le rendement) augmente le bilan N de la ferme moyenne du Bas-St-Laurent.

En résumé, bien que l'ensilage de maïs soit une culture nécessitant des apports importants en fertilisants, les bilans N et P des fermes laitières sont globalement améliorés par son inclusion dans les rotations. Ce résultat s'explique principalement par une réduction de l'apport en ces nutriments dans les rations des vaches lorsque l'ensilage de maïs y est ajouté.

DES RÉSULTATS À MODULER SELON LA RÉALITÉ DE CHAQUE FERME

Les résultats précédents ont été obtenus avec des données moyennes de fermes. Chaque ferme ayant ses propres particularités, l'intérêt ou non de produire de l'ensilage de maïs peut varier. Bien que l'ensilage de maïs soit une culture intéressante pour les fermes moyennes de notre analyse, il peut ne pas être une option valable à certains endroits. Il est aussi important de mentionner que les comparaisons sont faites avec des fermes possédant déjà des silos, avec un type d'alimentation permettant d'ajouter facilement de l'ensilage de maïs aux rations et avec une gestion adéquate de l'ensilage de maïs. Les résultats pour une ferme qui fonctionne à moindre coût dans son système de récolte pour les plantes fourragères pérennes, qui aurait besoin de plus d'investissement pour inclure l'ensilage de maïs, ou encore pour une ferme avec une gestion moins bonne de l'ensilage de maïs pourraient être différents.

Finalement, même si d'un point de vue économique le choix d'inclure l'ensilage de maïs est très justifié, d'autres facteurs peuvent mériter une réflexion par rapport à son utilisation. Par exemple, le maïs a une composition différente en acides gras que les autres fourrages, ce qui peut modifier la composition en gras du lait.

CONCLUSION

En considérant la ferme dans son ensemble, notre étude confirme l'intérêt économique de l'utilisation de l'ensilage de maïs lorsque sa culture est possible sur une ferme laitière. Il est vrai qu'une moins bonne année de production se répercute directement sur les résultats financiers de l'entreprise mais sa culture demeure généralement rentable pour une ferme laitière. Les différents scénarios d'amélioration de la gestion des plantes fourragères pérennes, soit par des modifications à la gestion (chaulage, fertilisation, choix d'espèce et mélanges), soit par une coupe supplémentaire, ont démontré qu'il est intéressant de travailler à augmenter le rendement des plantes fourragères pérennes à la condition de ne pas réduire leur valeur nutritive. Une coupe supplémentaire permet en général une amélioration de la qualité et, lorsque de très bons rendements sont obtenus, il est possible pour une ferme sans ensilage de maïs d'obtenir des résultats similaires ou supérieurs à ceux d'une ferme moyenne utilisant de l'ensilage de maïs. L'utilisation de cette dernière culture n'enlève donc pas l'intérêt d'améliorer la valorisation des plantes fourragères pérennes. Cette analyse supporte également l'utilisation de l'ensilage de maïs autant en période de prix élevés qu'en période des prix faibles pour les céréales et les aliments achetés pour le troupeau. En effet, sa culture permet de valoriser la vente de récolte et de limiter les coûts supplémentaires d'alimentation lors de flambées de prix; alors qu'une meilleure valorisation des fourrages reste de mise même en période de coût moins élevé des aliments concentrés.

Avec les changements climatiques prévus et l'avènement de nouveaux hybrides, le nombre de producteurs de lait amenés à se questionner sur l'utilisation de l'ensilage de maïs est voué à augmenter. À moins de conditions adverses sur la ferme, ce questionnement mérite certainement d'être approfondi en considérant les particularités propres à chaque entreprise. L'ensilage de maïs doit être considéré comme une option intéressante et nous devrions travailler à trouver la meilleure synergie entre nos plantes fourragères pour tirer le maximum de profit de chacune.

RÉFÉRENCES

Atlas agroclimatique du Québec. 2012. Atlas agroclimatique du Québec Un outil d'aide à la décision et de sensibilisation. Disponible en ligne : <http://www.agrometeo.org/index.php/atlas> (consulté le 3 septembre 2014).

Bélanger, G., Y. Castonguay et J. Lajeunesse. 2014. Benefits of mixing timothy with alfalfa for forage yield, nutritive value, and weed suppression in northern environments. *Can. J. Plant Sci.* 94: 51-60.

Bélanger G., T. Kunelius, D. McKenzie, Y. Papadopoulos, B. Thomas, K. McRae, S. Fillmore et B. Christie. 1999. Fall cutting management affects yield and persistence of alfalfa in Atlantic Canada. *Can. J. Plant Sci.* 79: 57-63.

Brito, A.F. et G.A. Broderick. 2006. Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 3924-3938.

Charbonneau, E., P.Y. Chouinard, G. Allard, H. Lapierre et D. Pellerin. 2007. Milk from forage as affected by rumen degradable protein and corn grinding when feeding corn- and alfalfa silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 90: 823-832.

CRAAQ. 2011a. Guide de référence en fertilisation. 2^e édition. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Québec, QC.

CRAAQ. 2011b. Entreprise laitière-Mais fourrager. Références économiques. AGDEX 412.61/890b. Septembre 2011. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Québec, QC.

Dhont, C., Y. Castonguay, P. Nadeau, G. Bélanger, R. Drapeau et F.P. Chalifour. 2004. Untimely fall harvest affects dry matter yield and root organic reserves in field-grown alfalfa. *Crop Sci.* 44: 144-157.

Drapeau et coll., 2002. Récoltes tardives du maïs fourrager en régions à faibles unités thermiques. Can. J. Plant Sci. 82 : 319-327.

Financière agricole de Québec. 2012. Rendements de réel 2008-2012 en assurance récolte. Disponible en ligne:

http://www.fadq.gc.ca/statistiques_et_taux/statistiques/assurance_recolte/rendements_reels.html

(Consulté le 4 août 2014).

National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC.

Sturludottir, E., C. Brophy, G. Bélanger, A.M. Gustavsson, M. Jørgensen, T. Lunnan et Á. Helgadóttir. 2014. Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. Grass and Forage Science 69: 229-240.

C'EST LA DERNIÈRE FOIS QUE VOUS ME
VOYEZ AINSI...



*CE SOIR, JE CHANGE
DE LOOK!*

Lancement de la nouvelle image de marque du CIAQ, 5 novembre 2014 à 18 h 30 au Centre BMO de Saint-Hyacinthe.
Voir les membres du personnel du CIAQ pour plus d'information.



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Qu'est-ce que l'épigénétique et quels en sont les impacts en production laitière?

Claude Robert, Ph.D., professeur titulaire, Département des sciences animales, Centre de recherche en biologie de la reproduction, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval

Collaborateur :
Isabelle Gilbert, Ph.D., professionnelle de recherche, Université Laval



CRAAQ
CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Qu'est-ce que l'épigénétique et quels en sont les impacts en production laitière?

FAITS SAILLANTS

- L'environnement, au sens large, influence les performances d'un individu
- L'épigénétique permet de comprendre les interactions entre le génome et l'environnement (p. ex. la régie et l'alimentation).
- À long terme, les informations obtenues de l'épigénétique ont le potentiel d'être intégrées dans la sélection animale

Note : La définition des mots soulignés se retrouve dans le glossaire.

INTRODUCTION

Responsable des plus grandes avancées en sélection des plantes et des animaux d'élevage, la génétique quantitative étudie la transmission des caractères issus d'une mesure, telle que la production de lait, le poids et la taille. Elle a comme prémisses que la performance d'un individu pour un caractère d'intérêt est expliquée par l'expression de son bagage génétique et les conditions environnementales d'où l'équation :

Phénotype (performances) = Génotype + Environnement

$$P = G + E$$

Il est bien de mentionner que les conditions environnementales sont considérées dans le sens large du terme et incluent des facteurs variés tels que la nutrition, le logement, le climat, le stress, la présence d'agents pathogènes et les conditions d'élevage. Il est bien connu que la sélection génétique a grandement permis d'améliorer la productivité des vaches laitières. Cette sélection se base sur les performances en fonction du patrimoine génétique des parents évoluant dans un environnement particulier. Dans la formule de base : $P = G + E$; les performances représentent le phénotype duquel la portion qui a été transmise par les parents doit être extraite. Cet aspect permet d'estimer la contribution du bagage génétique que le père transmettra sous forme de performances à sa descendance. Ces estimations représentent le potentiel génétique qui a une place particulièrement importante chez les bovins laitiers étant donné l'intérêt accordé à l'insémination artificielle. Pour estimer l'impact de l'environnement, les descendants doivent être élevés dans plusieurs environnements différents (fermes). En d'autres mots, en évaluant les performances des descendants d'un même taureau (donc la même génétique) dans différents troupeaux, il est possible d'estimer l'impact des environnements et ainsi extraire la portion fixe transmissible qui provient de la génétique. C'est de cette façon que sont calculées les valeurs génétiques traditionnelles retrouvées dans les listes de taureaux.

Depuis 2009, des valeurs génomiques ont été ajoutées au système de sélection des bovins laitiers. La génomique consiste en l'étude du génome ainsi que des gènes et des séquences d'acide désoxyribonucléique (ADN) qui le compose. Dans un contexte de sélection animale, la génomique a la capacité d'évaluer le potentiel d'un individu dès sa naissance et même plus tôt, par une biopsie cellulaire de l'embryon. L'arrivée des technologies à haut débit comme les puces de génotypage de type SNPs à

50K (ces puces permettent de déterminer avec précision la nature de la base d'ADN sur environ 50 000 points du génome) et même le séquençage complet de génome (l'ensemble des 3×10^9 bases d'un génome de mammifère), a permis d'accumuler d'énormes quantités d'information génomique. En liant statistiquement la signature génomique d'un animal avec un groupe de référence représentant les taureaux éprouvés (par épreuve de progéniture) de la race, il est possible de générer une valeur génomique. Ces valeurs génomiques sont maintenant incorporées dans les évaluations des taureaux, des vaches, des jeunes taureaux et des génisses. Toutefois, la génomique ne tient pas compte de l'impact que peut avoir l'environnement sur l'expression des gènes. Cet aspect n'était pas considéré important jusqu'à tout récemment puisque les effets de l'environnement n'étaient pas perçus comme étant transmissibles à la descendance.

Une discipline prometteuse, nommée l'épigénétique, émerge présentement de la littérature scientifique et n'a pas encore été exploitée dans le domaine de la sélection animale. La définition moderne de l'épigénétique consiste en l'étude des facteurs qui influencent l'expression des gènes sans toutefois modifier la séquence de l'ADN. L'épigénétique montre que l'environnement peut avoir un impact à très long terme et même transgénérationnel sur l'expression des gènes. Plusieurs facteurs comme l'alimentation, la régie et la maladie peuvent modifier l'épigénome. Cette « mémoire environnementale » apporte un nouveau degré de complexité à la sélection génétique visant l'amélioration des performances économiques des espèces animales. Ainsi, en plus de tenir compte du potentiel de la séquence d'ADN à générer de hautes performances, il sera possible de déterminer comment ce génome a été « programmé » par l'environnement pour s'exprimer. Nous savons tous qu'il arrive parfois que des animaux ayant un potentiel génétique intéressant sur papier ne parviennent pas à générer une productivité à la hauteur de ces attentes. L'inverse est aussi observé lorsqu'un animal dont la génétique semble modeste parvient à bien performer. L'environnement a certainement un grand rôle à jouer dans l'expression des performances en sus de la génétique. Nous croyons maintenant que l'environnement peut influencer les performances immédiates, mais aussi « programmer » les performances futures. Nous voulons maintenant mesurer cet effet de « programmation » génétique et déterminer les conditions environnementales qui permettent la meilleure « programmation » possible pour maximiser le potentiel génétique de chaque animal.

PROGRAMMATION ÉPIGÉNÉTIQUE

À l'intérieur d'un même individu, toutes ses cellules, que ce soit un neurone, une cellule du cœur ou une cellule de la glande mammaire, possèdent les mêmes gènes (le même génome), mais ne possèdent pas les mêmes caractéristiques physiologiques. Au cours du développement, les cellules se divisent et se développent selon un programme spécifique qui lui confèrera ses caractéristiques propres où les cellules de la peau exprimeront des gènes différents de l'éventail de gènes exprimés dans les cellules sanguines. Les cellules utilisent la partie du génome dont elles ont besoin pour effectuer leur travail au sein du corps. Cette sélection mène soit à l'expression ou à la mise sous silence de certains gènes, parfois de manière transitoire ou de façon permanente. Puisque la séquence du génome est statique (elle ne change pas au cours de la vie), les modifications épigénétiques jouent donc un rôle primordial dans le fonctionnement du génome en orchestrant la dynamique de l'expression des gènes sous l'influence environnementale. Les effets transitoires sont aussi simples que de stimuler l'expression de certains gènes du métabolisme après une prise alimentaire. Ces gènes retrouveront un niveau d'expression de base une fois la stimulation terminée. Par contre, une multitude d'études récentes montrent que les conditions environnementales vécues durant la jeunesse peuvent influencer l'expression de gènes à l'âge adulte. Ainsi, certaines marques déposées sur l'ADN qui influencent l'expression des gènes peuvent être hérissables par leur transmission à la génération suivante. Ces marques épigénétiques de longue durée ont le potentiel de changer nos perspectives quant à la gestion de la régie des animaux et la portion des marques épigénétiques hérissables a, quant à elle, le potentiel d'être utilisée dans le schéma de sélection génétique.

Mécanismes épigénétiques

Les principaux mécanismes qui régulent les processus épigénétiques sont les modifications chimiques déposées sur certains nucléotides de l'ADN nommées **méthylation**, ou sur les protéines qui emballent l'ADN, appelés **histones**. En matière d'étymologie, la racine « épi » veut dire « autour de » et ces marques épigénétiques peuvent être conceptualisées comme étant les composantes formant une gaine recouvrant l'ADN qui en contrôle la flexibilité et l'accessibilité de certaines régions du génome pour l'expression des gènes.

EFFETS ET FONCTIONS DE L'ÉPIGÉNÉTIQUE

Les premiers soupçons de l'impact de l'épigénétique remontent au tout début de la génétique moderne vers le début du 20^e siècle alors que plusieurs généticiens se sont intéressés à la transmission des caractères dans les hybrides. Le cas le plus célèbre est celui de la mule et du bardot (Figure 1). Dans les deux cas, les animaux sont issus d'un accouplement entre un génome de cheval et un autre d'âne et sont donc composés d'une génétique similaire, mais leur apparence est clairement distinctive. La mule résulte d'un accouplement entre un âne et une jument alors que le bardot est issu d'un étalon accouplé à une ânesse. Sans en connaître les mécanismes qui influencent l'expression des gènes, les généticiens du temps ont proposé que certains caractères se souvenaient de leur origine et s'exprimaient mieux s'ils étaient transmis par le père ou pour d'autres caractères, s'ils étaient transmis par la mère. Nous savons maintenant que le fait que le gène soit transmis par le spermatozoïde ou l'ovule ne change pas la séquence d'ADN. C'est donc, les marques épigénétiques sur l'ADN qui s'établissent différemment entre les deux gamètes et qui permettent cette « mémoire » parentale.

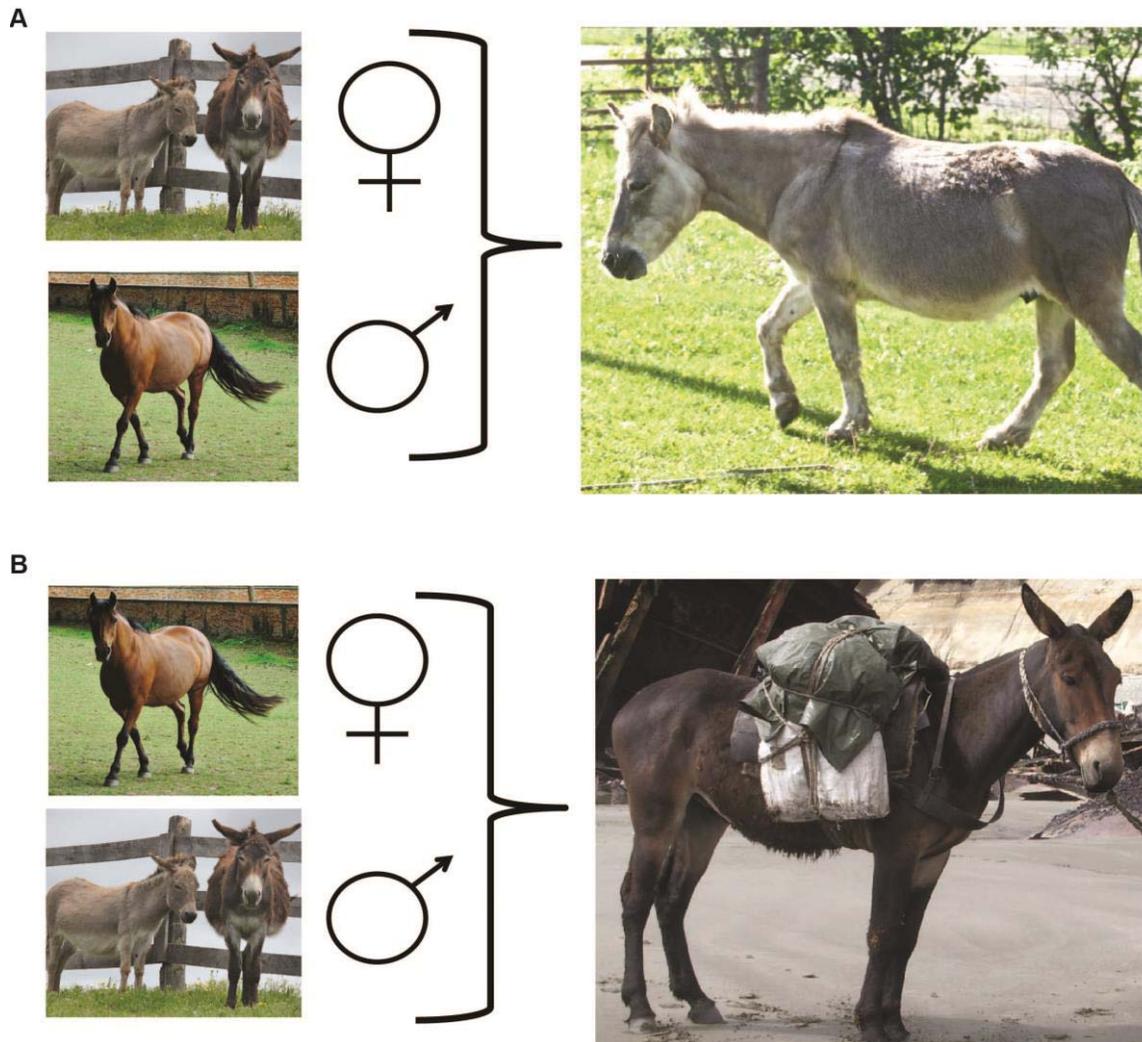


Figure 1. Exemple de phénomène épigénétique associé aux gènes soumis à une « mémoire » parentale. (A) Accouplement d'un étalon avec une ânesse produit un bardot (B) une jument croisée avec un âne donne une mule. Cet exemple illustre bien l'influence de l'origine gamétique des gènes sur les caractéristiques physiques. Crédits photos : cheval : Isamiga/flickr/CC.BY.SA 2.0; âne Ducklover Bonnie/flickr/CC.BY.2.0; mule : wikipédia/ CC. zero); bardot : Just chaos/flickr/CC.BY.SA 2.0. Les images ont été redimensionnées.

En plus de cette « mémoire » de l'origine parentale de certains gènes, il est maintenant clair que l'environnement peut influencer l'établissement des marques épigénétiques. Les copies génétiques représentent des exemples frappants.

Clones et épigénétique

Expérimentalement, pour illustrer l'impact de l'épigénétique, il faut isoler la contribution de la génétique en utilisant les performances d'individus dont la génétique est très similaire (des animaux apparentés ou des lignées très consanguines) ou idéalement utiliser des copies génétiques (clones ou jumeaux). La question qui est alors posée est la suivante : « est-ce que des animaux ayant la même séquence d'ADN résulteront aux mêmes performances ou aux mêmes valeurs génétiques ? ». À cause de l'efficacité à produire des

copies génétiques chez la souris, c'est à partir d'études faites chez cette espèce que l'impact de l'épigénétique a été le plus clairement démontré. Les clones sont des copies génétiques, ils possèdent exactement le même génome et devraient donc présenter des caractéristiques physiques identiques lorsqu'ils sont dans le même environnement, mais ce n'est pas exactement le cas. C'est lors de la production de lignées de souris clonées que certaines évidences de l'impact de l'épigénétique se sont manifestées de façon inattendue. Nous croyons présentement que le développement embryonnaire et le développement foetal représentent des fenêtres de susceptibilité à l'établissement de cette enveloppe autour de l'ADN qui pourrait influencer les performances à l'âge adulte. Les procédures de clonage créent un stress à l'embryon et il a été montré que ce processus peut introduire des désordres d'ordre épigénétique causant des variations ou des anomalies entre les animaux clonés [1]. La Figure 2 illustre un exemple de ce phénomène où des souris clonées, possédant le même transgène (un gène qui a été ajouté dans le génome de la souris) stable dans une région spécifique du génome, expriment ce transgène différemment malgré leur identité génétique. La Figure 2 montre deux copies génétiques, mais une seule des deux exprime le caractère de queue tordue. Cette différence variable d'expression du transgène est reliée à un phénomène épigénétique alors que le génome de la souris de droite a inactivé le transgène. Le stress du processus de clonage a perturbé l'établissement de l'épigénome dans l'embryon, ce qui s'est traduit par une différence physique observable à la naissance et pour toute la vie de l'animal.



Figure 2. Souris clonées (copie génétique identique) présentant des différences dans la méthylation de leur ADN se traduisant en l'inactivation du gène causant la caractéristique de queue tordue. Crédit photo: Emma Whitelaw, University of Sydney, Australia. CC-BY-2.5, via Wikimedia Commons [2].

La Figure 3 montre d'autres exemples de variations phénotypiques chez des clones, mais cette fois-ci chez le porc [3]. Sur l'image du haut (Figure 3A), le porc du haut a seulement 13 tétines au lieu de 14. La Figure 3B présente un porc avec des poils longs, clairsemés avec une tendance à piéger la saleté comparativement au porc de droite qui a les poils plus courts et plus fournis. La Figure 3C représente les variations de poids observés entre deux porcs clonés âgés de 27 semaines et qui proviennent de la même procédure de clonage ayant une copie identique du génome et nés de la même mère receveuse. Ces variations entre les porcs clonés sont également attribuées à des phénomènes épigénétiques où un ou plusieurs facteurs environnementaux ont modifié la programmation génétique des animaux [3].

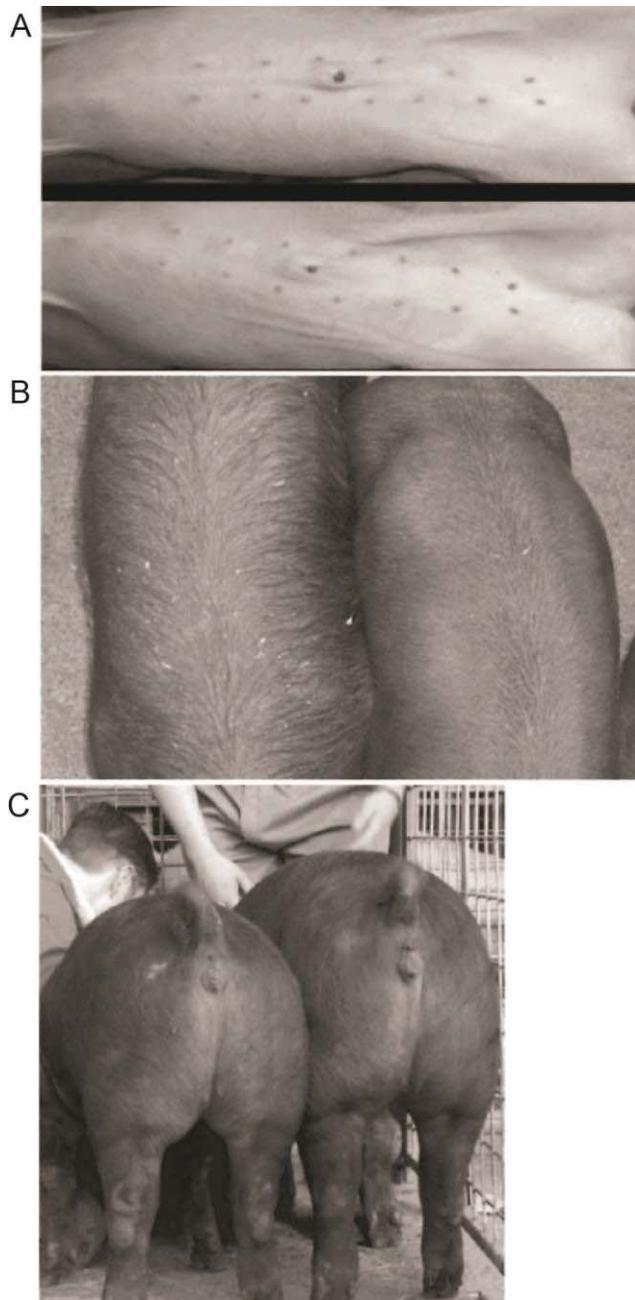


Figure 3. Variations phénotypiques parmi des copies génétiquement identiques de clones porcins. Crédit photo : [3]. Reproduit avec la permission / reprinted with permission from the Society for the Study of Reproduction.

Programmation fœtale

Les connaissances actuelles de cette « mémoire environnementale » des gènes découlent principalement des études faites chez les animaux de laboratoire et des études épidémiologiques humaines. Il existe aussi un lien entre les composantes du régime alimentaire pouvant influencer l'expression de certains gènes par les marques épigénétiques. Par exemple, il est clair que l'alimentation joue un rôle

prépondérant dans la production laitière. En outre, des évidences récentes suggèrent que la nutrition de la mère durant la gestation pourrait avoir un impact sur la future production laitière de sa fille.

L'un des exemples les mieux étudiés sur l'impact de la nutrition maternelle sur la descendance nous provient des souris agouti jaune. Le gène Agouti intervient dans la coloration du pelage qui peut varier du brun au jaune (Figure 4). La souris Agouti jaune, extensivement utilisée en recherche pour les études sur l'obésité et le diabète chez l'humain, possède le gène Agouti non méthylé. N'étant pas méthylé, le gène peut s'exprimer et le pelage sera de couleur jaune. Une alimentation riche en composés donneurs de méthyles (comme l'acide folique) chez ces souris gestantes augmente le niveau de méthylation du gène Agouti et mène à des changements dans la couleur du pelage dans la progéniture (de jaune à brun) ainsi qu'à une diminution de l'obésité et des problèmes de santé qui y sont reliés [4, 5]. Ainsi, l'alimentation de la mère n'a pas changé la séquence d'ADN des petits, mais a instauré une programmation génétique qui sera stable tout au long de la vie de la souris. En plus de cet exemple d'influence de la nutrition sur la coloration du pelage, de nouvelles études montrent que la programmation épigénétique peut influencer les caractéristiques reproductives et de santé des animaux.



Figure 4. À gauche, une souris jaune prédisposée à l'obésité et au diabète, où le gène Agouti n'est pas méthylé. À droite, une souris en bonne santé dont le gène Agouti est réprimé par l'épigénome. Crédit photo: Randy Jirtle and Dana Dolinoy CC-BY-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), via Wikimedia Commons. Image non modifiée.

Aspects transgénérationnels

Dans certaines circonstances, l'environnement peut avoir un impact sur le profil épigénétique sur au moins trois générations et par conséquent, affecter les générations futures sans que celles-ci n'aient été directement exposées. Par exemple, l'environnement dans lequel évolue une vache gestante (F0) d'un fœtus femelle peut affecter la génisse (F1) qui en découlera et même sa descendance (F2), puisque les cellules germinales auront aussi été soumises aux mêmes conditions. L'exemple le plus connu est chez l'humain. Les mères qui étaient enceintes durant "l'hiver de la faim" (1944-1945) aux Pays-Bas ont eu des enfants ainsi que des petits enfants présentant plusieurs problèmes de santé liés à la restriction alimentaire malgré que ces derniers n'aient jamais connu la famine [6, 7]. Une autre étude célèbre porte

sur une petite communauté isolée en Suède où on a relevé que la disponibilité de la nourriture avait une importance sur la future progéniture du grand-père paternel lorsque celui-ci était en période prépubère c'est-à-dire de 9-12 ans. De façon surprenante, une pénurie de nourriture a été associée à une vie prolongée pour les petits enfants. Tandis qu'une abondance de nourriture a été associée à une mort prématurée des petits enfants due au diabète et à des maladies cardiaques [8].

Jusqu'à tout récemment on croyait que l'impact épigénétique passait presque exclusivement par la mère à cause du lien existant entre la progéniture durant la gestation. Des études montrent maintenant que la nutrition, le statut métabolique et les maladies du père peuvent aussi avoir un impact sur les performances de la descendance. Par exemple, il est bien connu que la réponse à un stimulus environnemental est cruciale pour la survie d'une espèce et une étude a montré que cette réponse pouvait se transmettre à travers les générations par le père. Les auteurs de cette étude ont conditionné des souris mâles (F0), avant de les accoupler, à craindre l'odeur de l'acétophénone en l'associant avec une petite décharge électrique à la patte [9]. Ils ont ensuite mesuré la réponse comportementale à cette odeur dans les générations suivantes. La génération F1, générée à la suite de l'accouplement des mâles conditionnés avec des femelles non conditionnées, a démontré une réponse accrue de sursaut en présence d'acétophénone et a davantage de neurones spécialisés pour détecter cette odeur. Ces caractéristiques ont été aussi perçues dans la génération F2 qui a été obtenue par fécondation *in vitro* démontrant ainsi que l'effet transgénérationnel a été transmis par le spermatozoïde, car aucun des parents de cette génération n'a été soumis aux conditionnements de l'odeur. Présentement, les mécanismes impliqués dans cette programmation épigénétique paternelle ne sont pas bien connus. La portée de cette programmation paternelle sur les caractéristiques physiques de la descendance est moins claire que la programmation transmise par la mère.

L'ensemble de ces résultats, fait chez la femelle ou le mâle, montre que les expériences, l'environnement ou le stress d'un parent influencent le profil épigénétique du gamète (ovule ou spermatozoïde) avant même la conception de la progéniture, agissant sur les caractéristiques physiques et comportementales des générations futures.

L'épigénétique et les conditions de vie adulte

L'information sur la méthylation de l'ADN est complémentaire à la recherche de variance dans la séquence d'ADN expliquant le développement de maladies complexes comme le cancer, l'obésité et les troubles mentaux. Par exemple, des études d'association de génome entier (GWAS) ont trouvé environ une trentaine de variants (SNPs) qui expliquent pour moins de 10 % de la composante héréditaire du diabète de type II [10, 11]. Toutefois, en combinant cette approche, à celle sur la méthylation de l'ADN, il est possible d'améliorer grandement l'estimation du facteur de risque de développer la maladie [12]. Étant donné que la production laitière, la santé et la fertilité des animaux sont aussi des caractères complexes, il est à prévoir que l'information sur la méthylation de l'ADN complètera l'information fournie par la génomique en augmentant la précision des évaluations génétiques.

EXEMPLES D'APPLICATION POUR LA SÉLECTION DES BOVINS LAITIERS

L'environnement (E) demeure une variable difficile à exploiter dans le schéma actuel de sélection des bovins laitiers. Les avancées de la recherche en épigénétique sont prometteuses autant pour comprendre l'adaptation des animaux face à l'environnement, que pour en faire une application concrète dans le processus de sélection génétique. Il existe plusieurs évidences qui démontrent qu'en plus de son potentiel génétique, un jeune veau (mâle ou femelle) hérite aussi des marques épigénétiques de ses parents. Cet héritage aura un impact sur la santé, la fertilité et la production de cet animal.

Principales problématiques

Dans les troupeaux laitiers, les problèmes de reproduction et de santé constituent les causes majeures de réformes non souhaitées, et malgré les modifications apportées aux programmes d'évaluation génétique, peu d'améliorations ont été perçues pour ces caractères. Par exemple, il est bien connu que la baisse de fertilité influence la vitesse à laquelle la vache devient gestante et la production laitière subséquente, réduisant la rentabilité des fermes laitières. La fertilité et la santé sont des caractères complexes et hautement influencés par l'environnement. Ils présentent donc un bon potentiel pour être régulés par différents mécanismes épigénétiques.

La fertilité des jeunes taureaux

Puisque la signature épigénétique passe des parents à la progéniture, par les gamètes sensibles aux perturbations de l'environnement, ces derniers constituent ainsi des cellules intéressantes à étudier. Par exemple, il y a présentement certaines préoccupations face à l'usage des jeunes taureaux pour l'insémination. L'utilisation de mâle prépubère (environ 10 mois), nourri de façon aléatoire pourrait entraîner une mauvaise programmation épigénétique de sa semence et engendrer des descendants d'une qualité génétique non optimale. L'utilisation de l'épigénétique pour déterminer la nutrition idéale en fonction de l'âge aurait le potentiel d'améliorer la qualité de la semence.

Les vaches receveuses

La gestation est aussi perçue comme une fenêtre de susceptibilité clé pour l'établissement de la programmation épigénétique. Cet aspect est particulièrement important dans les cas de transfert embryonnaire où les embryons de haute valeur génétique sont individuellement transférés dans une vache receveuse. Depuis des années cette technique a contribué au progrès génétique, mais n'a pas toujours produit les effets escomptés. Il a été soulevé que le statut métabolique de la receveuse pourrait être une cause menant à des performances sous-optimales qui mènent à leur tour à des évaluations génétiques décevantes. À l'aide d'études des profils épigénétiques, il serait possible d'évaluer les environnements, c.-à-d. les différentes conditions utérines des receveuses dans lesquelles les embryons sont transférés, afin de déterminer lesquels ont le potentiel d'influencer positivement le futur descendant.

La production laitière et l'alimentation

Il existe aussi un lien entre les composantes du régime alimentaire pouvant influencer l'expression de certains gènes par les marques épigénétiques. Par exemple, il est clair que l'alimentation joue un rôle prépondérant dans la production laitière. En outre, des évidences récentes suggèrent que la nutrition de la mère durant la gestation pourrait avoir un impact sur la future production laitière de sa fille. De plus, une génisse élevée avec une ration trop riche ou trop faible en énergie peut aussi nuire à ses futures performances. En étudiant l'impact de la diète à diverses étapes de développement de l'animal, il sera possible de l'optimiser afin d'accroître son potentiel de production.

La période de saillie

Chez la vache laitière, la conception de l'embryon s'effectue régulièrement au cours de la lactation, une période où les besoins énergétiques sont grands. Une étude a montré que chez la vache Holstein, la concurrence existante entre les besoins énergétiques de la glande mammaire et ceux de l'embryon affecte la programmation foétale et les performances à l'âge adulte [13]. Les auteurs ont démontré que plus la production de lait est élevée pendant l'embryogenèse, plus des effets négatifs, comme un

métabolisme moins efficace, étaient observés chez la descendance. Une autre étude a aussi démontré qu'une restriction alimentaire au début de la gestation pouvait affecter la réserve ovarienne chez les filles et donc influencer leur fertilité [14]. Ces études démontrent que la période du développement de l'embryon et du fœtus représente une fenêtre critique et très sensible à la programmation épigénétique qui est influencée par les conditions métaboliques de la mère pendant la gestation, ce qui peut nuire à la santé et aux performances de la progéniture. Ceci amène plusieurs questions quant à la formulation des rations alimentaires lorsque la conception coïncide avec la production laitière et/ou à revoir les stratégies de reproduction.

CONCLUSION

Il est actuellement proposé que l'épigénétique représente une fonction adaptative du génome face à l'environnement d'un individu et que cette information est en partie héritable en affectant l'expression des gènes sans modifier la séquence des gènes. Ceci représente une interaction génétique-environnement que nous commençons tout juste à mesurer et à comprendre. Les études épigénétiques ont le potentiel de discriminer la partie génétique de celle due à l'environnement lorsqu'on mesure une performance. Le défi majeur réside en l'intégration des informations, c'est-à-dire comment il sera possible d'incorporer les données épigénétiques dans le schéma de sélection animale afin de la rendre plus efficace et flexible face aux changements environnementaux. Ultimement, la découverte de l'environnement optimale pour l'expression des performances d'intérêt permettra à l'animal d'exprimer son génome à son plein potentiel. L'épigénétique fait partie de l'équation de la performance des animaux au même titre que la génétique et la régie. L'épigénétique représente en fait le lien manquant entre l'impact de l'environnement et son influence à long terme sur l'expression de la génétique. Nous croyons qu'en mesurant l'impact de l'épigénétique sur les performances et en connaissant les conditions qui l'affectent, nous serons en position d'améliorer les performances des vaches laitières. La capacité de mesurer cette programmation génétique permet d'envisager l'inclusion de ces données dans les évaluations génétiques actuelles. De plus, la connaissance des facteurs de régie qui influencent la programmation nous donnera de nouvelles avenues de gestion pouvant améliorer les performances futures des animaux.

Enfin, à génétique égale, la connaissance du statut épigénétique permettra de donner une valeur supplémentaire à certains taureaux. En d'autres mots, face à un choix de deux taureaux ayant des valeurs génétiques comparables, le choix pourrait se préciser si un de ces taureaux lègue une programmation qui permet de mieux exprimer ce potentiel que l'autre. L'attention que les producteurs laitiers du Québec et du Canada attribuent à leurs animaux permet de prendre des mesures de l'impact environnemental de grande qualité. Cette gestion pourrait permettre aux producteurs laitiers du Québec et du Canada de tirer leur épingle du jeu face à la course génomique planétaire actuellement en cours.

GLOSSAIRE

Allèle : Une des formes que peut prendre un gène à un endroit (locus) du génome.

Épigénétique (épigénomique) : Discipline qui étudie les modifications de l'expression des gènes sans que la séquence en acides nucléiques soit changée. Par exemple, la façon dont l'ADN est enroulé.

Épigénome : État de la structure de l'ADN. L'ADN de mammifère étant très long, il doit être enroulé/compacté pour être contenu dans le noyau de la cellule. L'enroulement varie pour laisser spécifiquement certains gènes s'exprimer. Afin d'illustrer l'impact de l'épigénome, il est important de mentionner qu'à l'intérieur d'un même individu, toutes les cellules portent le même code génétique. Ce sont des modifications au niveau de l'épigénome qui fait qu'une cellule de la peau effectue une fonction différente qu'une cellule du foie.

Gène Agouti : Chez la souris, ce gène détermine la couleur jaune du pelage.

Génotype : Ensemble des allèles que possède une cellule ou un organisme. Fait aussi référence à l'ensemble des gènes d'un individu.

Phénotype : Ensemble des caractéristiques observables chez un individu.

Gamète : Cellules reproductrices mâles (spermatozoïdes) et femelles (ovules).

Génétique quantitative : Étude des caractères dont l'observation est mesurée, c'est-à-dire que la génétique quantitative estime le potentiel génétique à partir de mesures effectuées sur les animaux.

Génome : Ensemble du matériel génétique (ADN) d'un individu.

Génomique : Discipline qui étudie le génome d'un individu, c'est-à-dire l'ensemble de son patrimoine génétique (gène, ADN).

GWAS : Tiré de l'anglais "genome wide-association study". L'étude d'association de génome entier est l'analyse de nombreuses variations génétiques faites sur plusieurs individus en corrélation avec des caractéristiques phénotypiques.

Hybride : En génétique, un hybride provient d'un croisement entre individus de deux variétés, espèces, sous-espèces (chien x loup) ou sous-genres (âne x cheval) différents.

Méthylation : Processus épigénétique correspondant à l'attachement d'un groupement méthyle sur les bases spécifiques de l'ADN.

Mutation : Changement d'une ou de plusieurs bases dans une séquence d'ADN (acide désoxyribonucléique) ou d'ARN (acide ribonucléique).

Signature génomique : Réfère à une fréquence caractéristique des séquences dans le génome

Réserve ovarienne : Contrairement au mâle, les femelles naissent avec un stock prédéterminé d'ovules dans leurs ovaires qui est non renouvelable. Au fil des années, ce stock diminue et finit par s'épuiser.

Transgène : Transfert d'un gène à un nouvel individu.

RÉFÉRENCES

1. Ohgane J, Wakayama T, Kogo Y, Senda S, Hattori N, Tanaka S, Yanagimachi R, Shiota K. DNA methylation variation in cloned mice. *Genesis* 2001; 30:45-50.
2. Bradbury J. Human epigenome project--up and running. *PLoS Biol* 2003; 1:E82.
3. Archer GS, Dindot S, Friend TH, Walker S, Zaunbrecher G, Lawhorn B, Piedrahita JA. Hierarchical phenotypic and epigenetic variation in cloned swine. *Biol Reprod* 2003; 69:430-436.
4. Cooney CA, Dave AA, Wolff GL. Maternal methyl supplements in mice affect epigenetic variation and DNA methylation of offspring. *J Nutr* 2002; 132:2393S-2400S.
5. Waterland RA, Travisano M, Tahiliani KG, Rached MT, Mirza S. Methyl donor supplementation prevents transgenerational amplification of obesity. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32:1373-1379.
6. Heijmans BT, Tobi EW, Stein AD, Putter H, Blauw GJ, Susser ES, Slagboom PE, Lumey LH. Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008; 105:17046-17049.
7. Roseboom TJ, van der Meulen JH, Ravelli AC, Osmond C, Barker DJ, Bleker OP. Effects of prenatal exposure to the Dutch famine on adult disease in later life: an overview. *Mol Cell Endocrinol* 2001; 185:93-98.
8. Bygren LO, Kaati G, Edvinsson S. Longevity determined by paternal ancestors' nutrition during their slow growth period. *Acta Biotheor* 2001; 49:53-59.
9. Dias BG, Ressler KJ. Parental olfactory experience influences behavior and neural structure in subsequent generations. *Nat Neurosci* 2014; 17:89-96.
10. Dupuis J, Langenberg C, Prokopenko I, Saxena R, Soranzo N, Jackson AU, Wheeler E, Glazer NL, Bouatia-Naji N, Gloyn AL, Lindgren CM, Magi R, et al. New genetic loci implicated in fasting glucose homeostasis and their impact on type 2 diabetes risk. *Nat Genet* 2010; 42:105-116.
11. Prokopenko I, McCarthy MI, Lindgren CM. Type 2 diabetes: new genes, new understanding. *Trends Genet* 2008; 24:613-621.
12. Xu X, Su S, Barnes VA, De Miguel C, Pollock J, Ownby D, Shi H, Zhu H, Snieder H, Wang X. A genome-wide methylation study on obesity: differential variability and differential methylation. *Epigenetics* 2013; 8:522-533.
13. Gonzalez-Recio O, Ugarte E, Bach A. Trans-generational effect of maternal lactation during pregnancy: a Holstein cow model. *PLoS One* 2012; 7:e51816.
14. Ireland JJ, Smith GW, Scheetz D, Jimenez-Krassel F, Folger JK, Ireland JL, Mossa F, Lonergan P, Evans AC. Does size matter in females? An overview of the impact of the high variation in the ovarian reserve on ovarian function and fertility, utility of anti-Mullerian hormone as a diagnostic marker for fertility and causes of variation in the ovarian reserve in cattle. *Reprod Fertil Dev* 2011; 23:1-14.



Symposium sur les bovins laitiers
Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

***Un plan quinquennal d'investissements,
pourquoi faire?***

Benoît Turgeon, B.Sc. Agroéconomie, agronome, conseiller en gestion depuis 1982 au Groupe conseil Agricole de Beaurivage et agroéconomiste au CDPQ, Québec



CRAAQ
CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Un plan quinquennal d'investissements, pourquoi faire?

Introduction et mise en situation

La planification à long terme des investissements n'est sûrement pas l'activité préférée de la majorité des producteurs agricoles y compris des producteurs laitiers. Cela semble un exercice fastidieux et on en voit difficilement le bien fondé. Pourtant il est reconnu par tous les spécialistes du secteur, que pour **arriver à ses objectifs**, il faut d'abord **les planifier** de façon concrète. Il n'est pas rare dans notre travail lors d'une planification budgétaire en début d'année financière de demander à un producteur quels sont ses besoins ou intentions d'investissements pour l'année en cours. Pour un certain d'entre eux, la réponse est : « pas grand-chose cette année pour ne pas dire rien ». Quelques mois plus tard, le téléphone sonne : « J'aurais besoin d'un budget pour mon dernier achat », soit une ration totale mélangée, ou la terre du 3^e voisin, ou un nouveau tracteur ou une nouvelle machinerie de travail du sol, quand ce n'est pas une rénovation importante, ou le changement global du système de récolte de fourrage . Que s'est-il passé pendant ces 2 ou 3 mois? Bien souvent peu de choses, seulement une offre, une opportunité, une difficulté, un évènement comme le départ d'une main-d'œuvre ou un mauvais mois (beaucoup de pluie en juin)! Le manque de planification des investissements et l'arrivée imprévue d'opportunités n'est pas l'exclusivité de la classe agricole, on peut facilement l'étendre à notre société et particulièrement dans cette ère de consommation où tout est nécessaire et tout de suite.

Il ne faut pas non plus confondre. On ne parle pas ici de planification stratégique, qui vise à se définir, à se projeter dans l'avenir, on est plutôt dans la mise en place des moyens en vue de l'atteinte des objectifs. Idéalement, une planification stratégique, ou à tout le moins une période de réflexion devrait précéder son plan d'investissement.

Situation financière des entreprises laitières en 2013

Les résultats financiers et techniques des entreprises laitières parlent d'eux-mêmes. Regardons pour ce faire les résultats **2013** d'un groupe de 194 fermes laitières de Chaudière-Appalaches, que nous avons séparé en 3 sous-groupes : le groupe de fin, le groupe médian et le groupe de tête.

Les critères de classement utilisés sont : Le Revenu standard du travail par unité travail personne, le % de charges, le rendement de l'actif, le RST / kg de gras, les charges variables par kg de gras, la marge de lait standard par vache, le ratio lait par kg de concentrés et finalement l'efficacité alimentaire.

Tableau 1 : Résultats financiers des groupes de fermes laitières Chaudière-Appalaches 2013

Identification	Groupe Fin		Groupe Médian		Groupe Tête	
Année	2013		2013		2013	
Nombre de fermes	37		118		39	
	\$	%	\$	%	\$	%
Produits bruts totaux	388 000	100	552 000	100	592 000	100
- Charges (avant salaires, int. MLT, amort., taxe capital)	262 000	67	335 000	61	301 000	51
MARGE (avant sal. , int., etc.)	126 000	33	217 000	39	291 000	49
= Total salaires, retraits, impôts	62 000	16	85 000	15	109 000	18
CDR MAXIMUM	64 000	17	132 000	24	182 000	31
- Remboursement capital réel MLT	56 000	14	89 000	16	86 000	15
- Remboursement intérêt MLT	29 000	8	34 000	6	22 000	4
= Total paiements	85 000	22	123 000	22	108 000	18
SOLDE RÉSIDUEL base gestion	(21 000)	-5	9 000	2	74 000	13

Source : Analyse de groupe 2013, GCA Chaudière-Appalaches

CDR = Capacité de remboursement, MLT = Moyen et long terme

Ce qu'on y constate :

- Groupe de fin (20 % des fermes) avec un solde résiduel très déficitaire
- Groupe médian (sans tête et fin) (60 % des fermes) avec un tout petit solde résiduel
- Groupe de tête (20 % des fermes) avec un solde résiduel intéressant
- **81 fermes (42 %) ont un solde résiduel négatif (aucun autofinancement), 40 fermes (20 %) ont un solde résiduel entre 0 et 20 000 \$ annuel, donc sans grande possibilité d'autofinancer quoi que ce soit.**

On voit des différences importantes particulièrement au niveau du pourcentage de dépenses, mais à tous les niveaux. Bien sûr, on peut dire qu'il s'agit des résultats d'une région et une année précise, 2013. Dans les faits, il y a plus de 30 ans que je participe à des analyses de groupes au Québec, que ce soit provincial ou régional et la situation est sensiblement la même. De 35 à 40 % des fermes laitières tirent vraiment leurs marrons du feu au niveau financier, pour les autres la situation est moins intéressante financièrement. Pourtant le secteur présente de belles opportunités de rendement financier. Bien qu'on voit que les fermes du groupe de têtes ont un chiffre d'affaires plus élevé, on peut noter qu'il des petites fermes aussi dans le groupe de tête de même que de grandes entreprises dans le groupe de fin.

Mais en supposant qu'une ferme se promène d'un groupe à l'autre en changeant d'année, la situation n'est pas si pire me direz-vous. Malheureusement, ces résultats ne sont pas le fruit du hasard, mais bien plus **des actions et décisions** des gestionnaires. De ce fait, on retrouve souvent, les mêmes fermes d'une année à l'autre dans chacun des sous-groupes. Cela ne veut pas dire qu'on ne peut pas progresser, mais bien que pour progresser, il faut d'abord, le **vouloir**, le **décider** et **travailler** en ce sens. On entend dire aussi que pour certains « leur père était là avant eux », d'accord, mais comment expliquer

les écarts de 16 % au niveau du pourcentage de charges? Cela n'a rien à voir avec le prix d'acquisition de la ferme.

Le passé est garant de l'avenir?

Qui plus est, le contexte environnemental d'affaires dans la production laitière au Québec a radicalement changé dans les dernières années. Pendant, trois décennies, (1980-2010), il fut relativement facile de prendre de l'expansion en production laitière au Québec, grâce à la disponibilité du quota. De plus l'accès facile au crédit fut sans égal depuis 1995 environ (19 ans). Or la disponibilité du quota a radicalement changé depuis début 2010. Le quota est devenu une denrée rare et l'expansion se fait au compte-gouttes.

Pire encore, un investissement mal planifié, un mauvais investissement ou une situation économique déficitaire, par le passé, pouvait se rattraper par l'ajout de quota qu'on finançait sur une quinzaine d'année et parfois un peu plus.

En raison de la rareté du quota, cette porte de sortie n'existe plus

En parallèle à cela, les producteurs laitiers québécois sont à remodeler leur structure immobilière, afin de se rapprocher de leurs homologues canadiens ou nord-américains, pour des raisons d'amélioration de qualité de vie et de changements de génération, de compétitivité, de pérennité ou de rentabilité de certaines technologies avec la taille de l'entreprise.

Tableau 2 : nombre de vaches par ferme au Canada / province en 2013 :

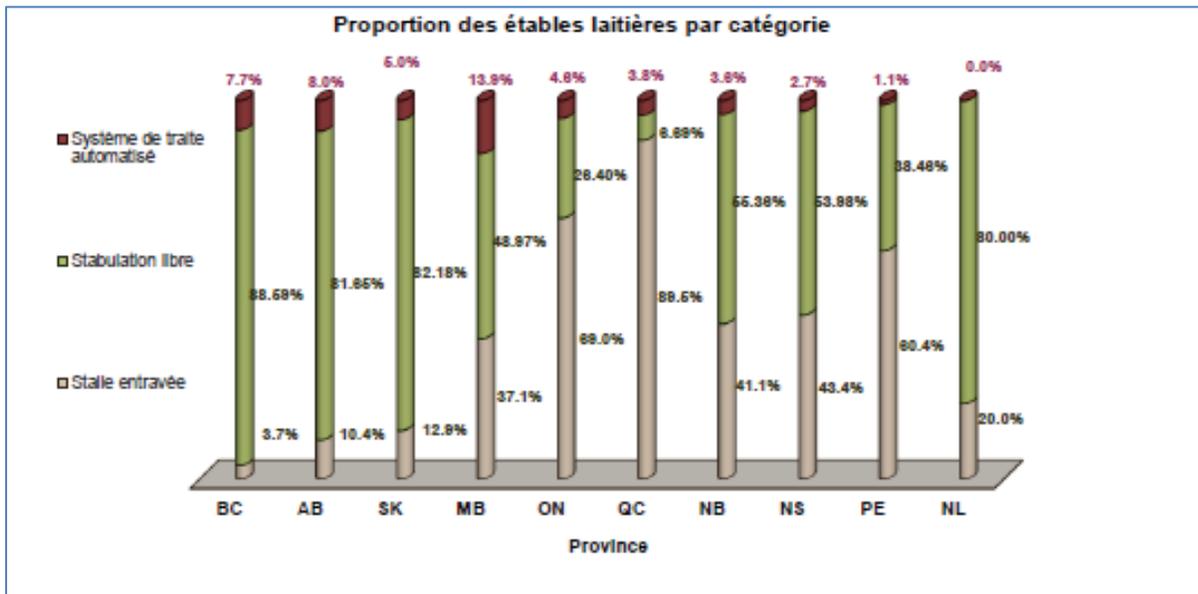
Nombre moyen de vaches par ferme au Canada selon la province

	vaches / ferme
BC	149
AB	133
SK	168
MB	140
ON	77
QC	60
NB	84
NS	82
PE	78
NL	142
CANADA	74

Source : Gouvernement du Canada, Centre canadien d'information laitière, 2013

Le but n'est pas nécessairement de rattraper les autres, mais la tendance à l'augmentation est réelle.

Graphique 1 : Systèmes utilisés dans les fermes laitières canadiennes



Source : Gouvernement du Canada, Centre canadien d'information laitière, 2013

Tableau 3 : Évolution de la taille moyenne des troupeaux aux États-Unis par région, évolution 1992-2011

Table 2. How our industry changed from 1992 to 2011						
	1992			2011		
	Herds	Cows (1,000s)	Cows/ herd	Herds	Cows (1,000s)	Cows/ herd
Midwest	80,135	4,100	51	28,525	3,226	113
Northeast	29,758	1,824	61	15,175	1,439	95
Southeast	12,057	1,253	104	3,475	589	169
West	9,559	2,515	263	4,306	3,943	916
U.S.	131,509	9,692	74	51,481	9,197	179

Source : March 10, 2012, issue of Hoard's Dairyman.

Le Québec est donc la province canadienne avec le plus petit troupeau moyen, 60 vaches / troupeau, en deçà de la moyenne canadienne à 74. De plus notre mode d'exploitation à l'étable est celui où on a le plus recours au mode de stalle entravée, 89 % en 2013.

On comprend donc qu'il y a là des incitatifs aux investissements, principalement dans les bâtiments et les équipements, et aussi dans le troupeau, dans les terres pour le nourrir et évidemment dans le droit de produire.

On a donc des investissements importants à rencontrer, mais qu'on doit planifier et possiblement étaler sur plusieurs années. Sans un plan bien défini (écrit) on risque facilement de s'écarter de la route.

Plan quinquennal d'investissements

C'est quoi un plan d'investissements?

Le plan quinquennal d'investissements est au cœur du développement raisonné de l'entreprise. En fait, il n'a pas à être spécifiquement sur 5 ans, mais devrait s'étendre sur une certaine période ou encore jusqu'où les perspectives nous le permettent. Donc pour le présent texte nous parlerons maintenant du plan d'investissements. Il nous faut d'abord avoir une vision d'où on veut être dans 10-15 et même 20 ans. Le plan d'investissements, lui, nous dira si on est capable d'y arriver et comment s'y prendre pour y arriver. Il doit tenir compte des objectifs d'entreprise, mais aussi de ceux des propriétaires.

- Quels investissements doit-on retenir?
- Dans quel ordre faut-il les réaliser?
- Améliorent-ils la rentabilité de la ferme ou affaiblissent-ils ses capacités financières?
- Ont-ils tous leur place ou doit-on les modifier, les retarder, les redéfinir?

Par contre, la prévision financière, l'évolution du contexte, sur 15-20 ans sont difficiles, d'où la nécessité d'établir une planification stable et solide sur une période d'environ 5 ans. Cela paraîtra beaucoup moins abstrait et facilitera le travail.

Ce plan d'investissements devra s'accompagner d'un budget prévisionnel afin de voir si le tout tient la route financièrement et nous permettra d'atteindre des objectifs à court et moyen terme, et de bien se positionner pour les années suivantes (5-20 ans). Ce budget pourrait se doubler d'un graphique ou d'un tableau de bord qui donnera l'évolution prévisionnelle de certains critères comme, la dette moyenne, en \$/vache ou \$/hl, le pourcentage de dépenses, le solde résiduel annuel etc.

Il nous faudra donc pour préparer un plan d'investissements:

- 1 - Identifier les projets
- 2 - Estimer les coûts d'investissements
- 3 - Réaliser un phasage dans le temps
- 4 - Estimer les coûts de fonctionnement dans le temps (budget global annuel)
- 5 - Remettre à jour son plan pluriannuel d'investissements de façon régulière en y ajoutant 1 ou 2 ans, et en validant la rentabilité et l'atteinte des objectifs.

Si nécessaire, il ne faut pas hésiter à bien s'entourer pour la réalisation de son plan.

Les avantages reliés au plan d'investissements, ne se limitent pas à vous assurer de la pérennité et de la rentabilité de votre ferme laitière, mais en plus il vous évitera de vous écarter de vos objectifs dans le temps, en vous ramenant à votre référence, et aussi en aidant vos intervenants à bien vous conseiller, en vous rappelant vos grands objectifs. Des opportunités sont toujours susceptibles de surgir au fil du temps dans la vie d'une entreprise. Un bon plan d'investissement devrait permettre de pouvoir saisir ces occasions.

Il ne faut jamais oublier que **choisir un investissement c'est aussi en mettre d'autres de côté**, et voici pourquoi : il y a 4 composantes à vos sorties d'argent sur la ferme en fonction du revenu total :

Tableau 4 : Utilisation potentielle des revenus de la ferme laitière

Composantes	Moyenne fermes laitières en %	Écart en %
Les dépenses courantes	59 % (2013)	38-77%
La masse salariale	16 %	5-30 %
Le service de la dette	21 %	0 à 40 %
	Max : 100 %, idéal <94 %	
Excédent, solde résiduel, capacité d'autofinancement	Objectif : 6 % et plus	-25 à + 30 % et même plus

Source : Moyenne des résultats des analyses de groupe des GCA du Québec au fil des 25 dernières années

Vous comprendrez qu'on ne peut avoir un gros pourcentage de dépenses (64 %), se verser un salaire supérieur à la moyenne (20 %) et avoir un service sur la dette important (30 %) = total de 114 % des revenus. Le tout est une question d'équilibre.

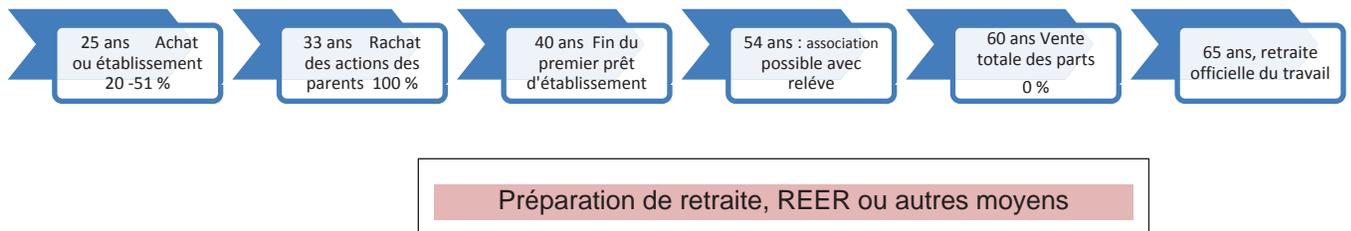
Par ferme, la tendance est à la stabilité, i-e qu'une ferme avec un gros pourcentage de dépenses une année donnée, aura à tendance à le maintenir dans le temps, et il en est de même pour la masse salariale et évidemment pour le service de la dette. L'inverse est aussi vrai, ce qu'on contrôle bien, on le fait de façon continue aussi.

Cycle de vie

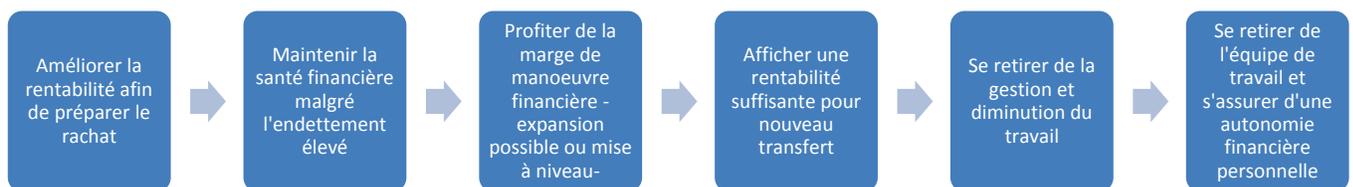
Votre plan d'investissement devrait donc tenir compte du cycle de vie du producteur (entrepreneur) et de celui de la ferme. Ceux-ci sont souvent intimement liés, particulièrement pour les fermes à un seul propriétaire. Plus il y a d'actionnaires, moins le lien sera direct entre le cycle de vie de la ferme et de celui des propriétaires.

Cycle de vie du producteur :

On pourrait l'imager de la façon suivante, avec des âges à titre d'exemple.

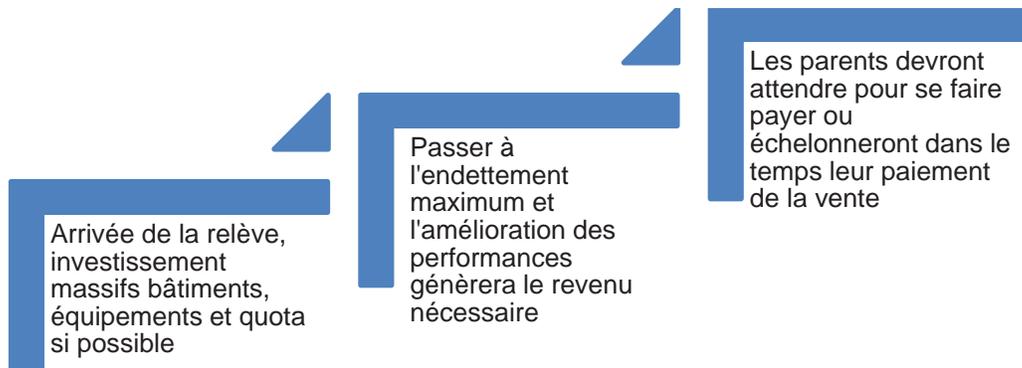


Les préoccupations de l'individu selon les étapes



Cette description s'apparente à ce qu'on pourrait appeler le modèle traditionnel. Bien qu'il soit encore en vigueur, il y a maintenant des variantes importantes, attribuables au contexte, mais aussi à la nouvelle génération, et ce particulièrement au niveau des premières étapes. En ce sens, vous comprendrez qu'il n'est jamais trop tôt pour planifier sa retraite.

Ainsi, le scénario original de l'étape 1 peut devenir ...



On comprendra que peu importe le choix du scénario, la planification des investissements et les budgets qui l'accompagneront seront nécessaires. Parce qu'il ne faut pas croire qu'à la suite d'un gros projet, les besoins d'investissements sont réduits à néant (à 0 \$) pour les années suivantes. D'ailleurs cet investissement massif à l'arrivée d'une nouvelle relève est possiblement le fait d'un manque de planification dans les années antérieures ou d'un flou organisationnel dans l'orientation de l'entreprise.

Le cycle de vie de l'entreprise

Les entreprises sont théoriquement plus pérennes que les individus, ainsi leur cycle pourrait être confronté aux étapes suivantes, mais pas nécessairement toutes.

Étapes possibles dans la vie d'une entreprise

- Situation initiale
- Amélioration continue
- Expansion mineure ou majeure
- Ajout d'une activité
- Retrait d'une activité ou spécialisation
- Changement d'un ou des propriétaires
- Période de crise, ou de ralentissement dans le secteur, régression, incertitude
- Arrêt des opérations et/ou vente

Chaque entreprise aura donc ses propres étapes selon ses propriétaires du moment.

Maintenant, comment pourrait-on écrire un plan d'investissements, à partir des orientations du producteur?

Voyons donc une mise en situation :

« Producteur âgé de 43 ans, 3 enfants, 13-11-8 ans, son père 65 ans, travaille encore sur la ferme (12 000 \$ /an) mais veut se retirer, employé saisonnier + fin de semaine (24 000 \$). »

« Ferme relativement prospère qui se rapproche du groupe de tête, quota de 55 kg jour, 63 vaches, a investi dans le système fourrager, silos tours et la fosse dans les dernières années, 113 ha cultures, (73 foin – 14 maïs-ensilage – 26 céréales), 22 ha en location. »

Tableau 5 : Bilan, Capacité de remboursement et caractéristiques de la ferme exemple.

Bilan de la ferme			
Identification	Ferme Avenir		
Année	2 013		
ACTIFS	\$	%	
Sous-total CT	152 000	\$	6
Animaux reproducteurs	192 000	\$	7
Machinerie et équipements	270 000	\$	10
Bâtiments (valeur contributive)	152 000	\$	6
Terre	456 000	\$	17
Quotas	1 348 000	\$	51
Autres actifs agricoles	51 000	\$	2
Sous-total MLT	2 469 000	\$	94
ACTIFS TOTAUX	2 621 000	\$	100
PASSIFS			
Découvert bancaire	-	\$	
Marge de crédit, plus anticipés	44 000	\$	2
Comptes fournisseurs	6 500	\$	0
Exigibilités sur emprunts	56 100	\$	2
Sous-total CT	106 600	\$	4
Emprunts moyen terme	60 000	\$	2
Emprunts long terme	383 900	\$	15
Sous-total MLT	443 900	\$	17
DETTES TOTALES	550 500	\$	21
AVOIR DES PROPRIÉTAIRES	2 070 500	\$	79
TOTAL PASSIFS & AVOIR PROPRIO.	2 621 000	\$	100

Capacité de remboursement			
Identification	Avenir		
Année	2013		
	\$	%	
Produits bruts totaux	501 000		100
- Charges (avant salaires, int. MLT, amort., taxe capital)	290 000		58
MARGE (avant sal. , int., etc.)	211 000		42
- Salaires payés	36 000		7
- Retraits personnel & prélèvements	44 000		9
- Impôts, taxe sur capital	6 500		1
= Total salaires, retraits, impôts	86 500		17
CDR MAXIMUM	124 500		25
- Remboursement capital réel MLT	56 100		11
- Remboursement intérêt MLT	14 300		3
= Total paiements	70 400		14
SOLDE RÉSIDUEL base gestion	54 100		11

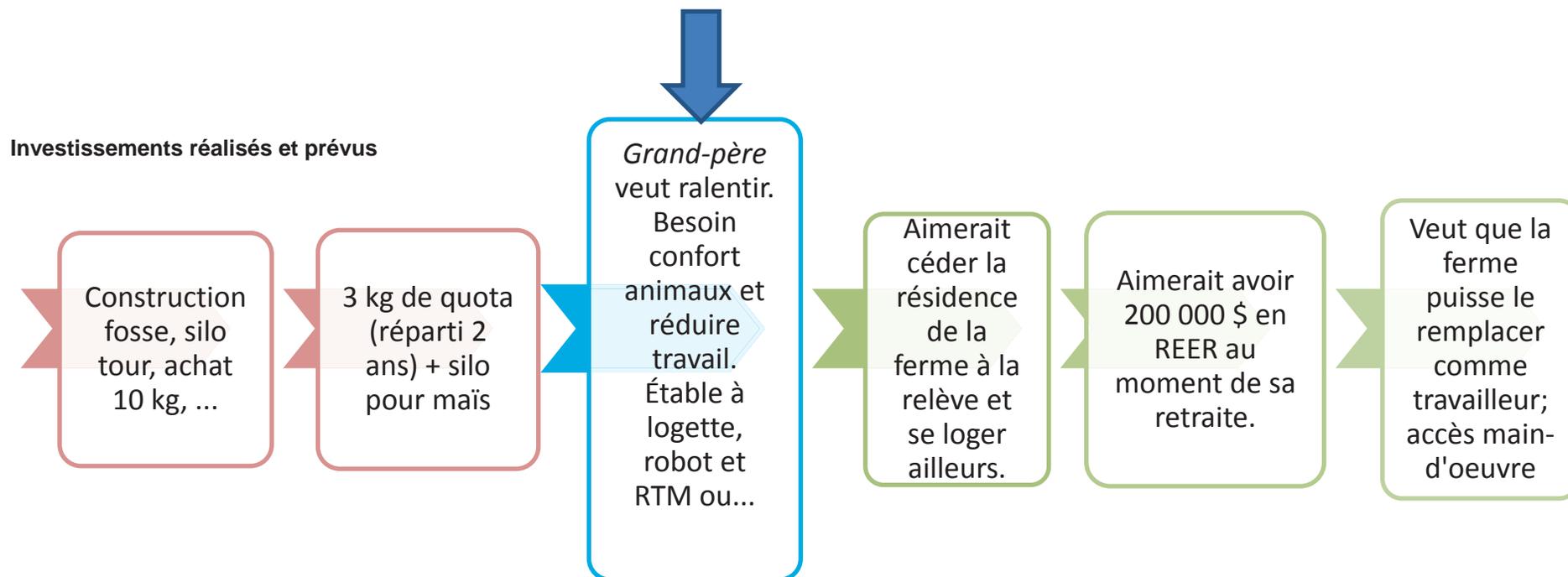
Ct = court terme

Caractéristiques de Ferme Avenir 2013					
Lait / vache	l	8 789	Lait total produit	Li	546 476
Kg mg / vache	kg	363	Rendement du foin	TMS/ha	5.3
Coût std concentrés vache	\$/hl	13.48	Rendement du maïs-ensilage	TMS/ha	9.9
Lait / kg de concentré	l	3.25	Coût des fourrages produits	\$/TMS	230
Taux d'élevage	%	35.8%	Nombre de vaches	Têtes	63.0
Âge au 1er vêlage	mois	25.5	Nombre unités animales	u.a.	87.2
Coût production total / taure	\$std	3 480	Quota détenu moy. début & fin	Kg jr	55.00
Intervalle de vêlage	Jrs	420	Dettes totales entrep./ hl quota	\$	90
Charges vétérinaire / vache	\$	241			
Charges reproduction / vache	\$	134	Taux de matière grasse	%	4.13
Âge moyen des vaches	An:mois	3:12	Taux de protéine	%	3.36

Le producteur veut aujourd'hui prendre les meilleures décisions pour :

- assurer un meilleur logement à son troupeau (confort, bien-être animal (normes?)), afin de diminuer le % de réforme et augmenter le lait de 300 l / vache.
- se faciliter la vie – efficacité du travail – souplesse de l'horaire (se retrouvera le seul à temps plein au départ de son père), veut une permanence d'employé
- continuer à aimer son travail et avoir du plaisir jusqu'à sa retraite
- éviter de se retrouver en situation financière risquée pour une longue période
- se garder des portes ouvertes pour la relève (actuellement trop jeune 8, 11 et 13 ans) :
 - présenter un environnement de travail intéressant
 - avoir un niveau d'endettement raisonnable au moment du transfert, - de 120 \$ /hl
 - avoir la capacité financière de ne pas dépendre entièrement de la vente de la ferme pour la retraite
 - que la relève puisse maintenir un solde résiduel positif intéressant après le transfert (autofinancer l'achat de 1 kg/an)
- ne pas être pris avec un éléphant blanc si les enfants ne sont pas intéressés et qu'il n'y a pas de projet viable avec un non apparenté.
- utiliser les avantages fiscaux disponibles pour l'aider à supporter ses coûts d'investissement plutôt que de donner à l'impôt.

Il est donc rendu ici dans son cheminement de développement de sa ferme



Le projet de base : construire aujourd'hui une étable neuve à logette de 108 x 120 pieds avec laiterie neuve, robot de traite et RTM automatique (utilisant des convoyeurs). Coût : 500 000 \$ bâtisse, 450 000 \$ équipement. On réaménage la vacherie actuelle pour les taures : 60 000 \$. N'aura plus besoin de son père à court terme et pourra éliminer l'employé à l'arrivée de la relève.

Ici avec l'intervention d'un conseiller ou de son propre chef, devrait intervenir la mise à jour de son plan d'investissement s'il en avait déjà un ou sinon la réalisation de son premier plan. Quelles sont les questions à se poser? Le tout en relation avec les objectifs déjà écrits plus haut.

On comprend que pour les bâtiments ceux-ci seront tous remis à neuf donc c'est Ok de ce côté.

- Une partie du projet peut-elle être retardée dans le temps (1 à 2 ans)?
 - *La remise à niveau pour l'étable à génisses pourrait se faire à l'année 2.*
- Y a-t-il dans le parc à machinerie, certains items à remplacer d'ici 5 ans?
 - *Il faudra une nouvelle faucheuse dans 3 ans, coût estimé 38000 \$ en échange*
- Y a-t-il d'autres machineries à ajouter au parc?
- Les terres en location, sont-elles indispensables à la ferme? Peuvent-elles être mises en vente dans un horizon de 7-10 ans par le propriétaire actuel?
 - *C'est possible, mais je ne veux pas les acheter. J'en louerai d'autres à la place, ou je réduirai les superficies en céréales.*
- Avez-vous comme projet d'ajouter une autre activité à la ferme (diversification)?
 - *Non, on est bon dans ce qu'on fait, on reste là.*
- Les autres bâtiments sont-ils adéquats?
 - *Le toit de la maison et les fenêtres sont à changer, année prochaine ou suivante. 28 000 \$ La maison fait partie de la ferme.*
- Avez-vous des retraits à faire sur la ferme pour des investissements hors ferme (REER ou autres placements) ou des besoins personnels (changement auto, long voyage etc.)?
 - *Changement d'auto pour la famille, 35 000 \$ dans 4 ans, le jeune va garder la vieille pour aller aux études*
 - *J'aimerais bien mettre 7000-8000 \$ de coté en REER annuellement.*
- Les terres ont elles besoin de correctifs (aménagements, aplanissement ou drainage)?
 - *J'ai une partie de la ferme où il y a encore des « tas de roches » et dont le drainage n'est pas fait correctement, 12 ha, coût estimé à 22 000 \$, lorsque possible.*
- Et plusieurs autres selon l'entreprise et les propriétaires...
 - *Quel est le solde résiduel minimum à obtenir?*
 - *Avez-vous un seuil de tolérance maximum au taux d'endettement?*
 - *Comment va la gestion de votre main-d'œuvre?*

Dans un deuxième temps, on devrait les catégoriser selon leur nature : urgent, obligatoire, nécessaire, accessoire, le plaisir.

Appliquer le projet à la lettre sans questionnement, nous conduirait à la situation suivante

Tableau 6 : Résultat de l'application du projet initial sur la CDR et la dette

	\$	%		
Produits bruts totaux	501 000	100	0	501 000
- Charges (avant salaires, int. MLT, amort., taxe capital)	290 000	58	+1.6 % = 59.6 %	298 600
MARGE (avant sal. , int., etc.)	211 000	42		202 400
- Salaires payés	36 000	7	-12000	24 000
- Retraits personnel & prélèvements	44 000	9		44 000
- Impôts, taxe sur capital	6 500	1	-6500	0
= Total salaires, retraits, impôts	86 500	17		68 000
CDR MAXIMUM	124 500	25		134 400
- Remboursement capital réel MLT	56 100	11		74 987
- Remboursement intérêt MLT	14 300	3		59 026
= Total paiements	70 400	14		134 013
SOLDE RÉSIDUEL base gestion	54 100	11		388
Dettes ML Terme/ hl quota	90 \$			255 \$
Dettes totales fin \$ ML Terme	500 000			1 435 013 \$
Investissements sur projet			Étable + laiterie 108 x 120	500 000
			Robot, RTM= convoyeurs	450 000
			Aménagement étab. Taures	60 000
			ss-total	1 010 000
			Prêt, 15 ans, 4 % consolidé	
			Pas de quota en plus	

En appliquant les effets de l'investissement envisagé et en retenant les hypothèses suivantes :

- Augmentation des dépenses de 1,6 %, peu par rapport à la réalité (étude 2014, G. Tetu)
- Diminution de la masse salariale du retrait du père
- Consolidation totale des prêts de la ferme sur 15 ans
- Pas d'ajout de quota

Les effets seront loin des bénéfiques escomptés. On obtiendra :

- Une ferme sans solde résiduel (situation inconnue du propriétaire)
- Impossibilité de mettre des sommes de côté pour la retraite hors ferme (REER ou autre)
- Niveau de risque et d'endettement élevé
- Diminution de la masse salariale
- Risque si la relève n'est pas intéressée

Sans planification des investissements, on pourra se dire, « Ça va être difficile, mais ça peut aller ».

Avec un plan d'investissement, on voit que c'est carrément irréaliste, puisque aucun des autres projets ne pourra se faire et pourtant certains seront obligatoires. Sans faire trop attention, on investira dans un projet qui ne permettra pas de répondre à nos objectifs pour bien des années.

En supposant un investissement moyen net de 35 000 \$ / année suivante (autres projets) le niveau d'endettement de la ferme et le solde de la dette évolueront de la façon suivante.

Tableau 7 : Évolution de la dette et de la dette / hl (quota) au fil des ans

Année	Initial	nouveau	remb.cap	fin	dettes /hl
1	500 000	1 010 000	74 987	1 435 013	255 \$
2	1 435 013	35 000	74 987	1 395 026	248 \$
10	1 115 117	35 000	74 987	1 075 130	191 \$
15	915 182	35 000	74 987	875 195	156 \$

Le niveau de dette par hl passerait d'environ 90 \$/hl au départ, augmenterait jusqu'à 255 \$/hl et au bout de 10 ans, se situerait à 191 \$/hl et à 15 ans à 156 \$/hl.

Cela ne correspond pas aux attentes émises par le propriétaire. C'est là qu'on voit la nécessité d'un plan d'investissements en relation avec les objectifs énoncés.

Note : Il ne faut pas comprendre ici que c'est le robot ou la nouvelle vacherie qui n'est pas rentable, mais bien l'ensemble dans le contexte précis de cette entreprise.

Mais à partir de là, que faire? Y a-t-il des alternatives? Il est clair que le producteur doit alors trouver **d'autres moyens** pour arriver à **ses objectifs**. Ainsi par exemple, il pourrait :

Alternative no 2 :

- Réaménager la vacherie en élargissant stalles + matelas (40 000 \$), modifier le lactoduc : 10-12 unités avec retraits et porteurs doubles sur rail (60 000 \$). Financer ces investissements sur 10 ans et continuer à diminuer la dette entre temps.
- Réduire l'élevage à 40 génisses en inventaire. Envisager rester comme ça jusqu'à l'arrivée de la relève...ou plus loin encore.

Cette solution donnerait un résultat tout à fait différent. En voici une extrapolation.

- Légère réduction du 1 % de charges, diminution de l'élevage
- Fin du salaire au père, mais augmentation du travail employé
- Gain sur le temps de travail, traite à 10-12 unités
- Gain sur la qualité de vie
- Possibilité de 1 fin de semaine sur 2 plus facile
- Maintien du solde résiduel habituel, environ 50 000 \$
- Maintien du niveau de dette à 95 \$ / hl
- Investissement annuel net de 35000 \$ fait à même les profits (autofinancement)
- Solde de 15 000 \$ annuellement pour placer en REER ou autre hors ferme, à 3 % de rendement, soit environ 177 000 \$ après 10 ans, sans calculer le gain fiscal. (Près de l'objectif)
- Élimination de la dette d'ici 10 ans
- Excellente position pour le transfert et le maintien d'une main-d'œuvre dans 10 ans, si la relève est intéressée

Tableau 8 : Résultat du projet alternatif sur la CDR et le niveau de dette

Capacité de remboursement					
Identification	Avenir				Année 2
Année	2013			projet	
	\$	%			\$
Produits bruts totaux	501 000	100		0	501 000
- Charges (avant salaires, int. MLT, amort., taxe capital)	290 000	58		-5100, 1%	284 900
MARGE (avant sal. , int., etc.)	211 000	42			216 100
- Salaires payés	36 000	7		-3000	33 000
- Retraits personnel & prélèvements	44 000	9			44 000
- Impôts, taxe sur capital	6 500	1		0	6 500
= Total salaires, retraits, impôts	86 500	17			83 500
CDR MAXIMUM	124 500	25			132 600
- Remboursement capital réel MLT	56 100	11		10000	66 100
- Remboursement intérêt MLT	14 300	3		2100	16 400
= Total paiements	70 400	14			82 500
SOLDE RÉSIDUEL base gestion	54 100	11			50 100
Dettes ML Terme / hl quota	89 \$				95 \$
Dettes totales fin \$ ML Terme	500 000 \$				533 900 \$
Investissements sur projet				Élargir stalles + matelas	40 000 \$
				12 un. Traités + rail doubles	60 000 \$
				diminuer élevage à 25 %	- \$
				ss-total	100 000 \$
				Prêt, 10 ans, 4 %, sans consolidation	
				Arrêt travail père, mais augmentation salarié	
				Diminuer dépenses 1%	
				Pas de quota en plus	

Voilà donc l'utilisation possible d'un plan d'investissement à la ferme. Couplé à un budget annuel ou par changement important, celui nous permet de voir si les moyens choisis nous permettront d'obtenir les objectifs souhaités.

Voilà pourquoi, la définition des objectifs au départ est aussi primordiale. Il y a plusieurs chemins (moyens) pour arriver à ses objectifs. Un bon plan jumelé à un budget, nous permettra donc de voir si on y arrive, ou si on doit changer nos façons de faire, et le tout avec un pourcentage de probabilité assez certain. Il peut arriver des situations où il nous faudra carrément refaire la réflexion sur les objectifs parce que ceux-ci sont hors d'atteinte, en fonction de notre situation de départ et des possibilités mises à notre disposition.

Toujours dans notre mise en situation initiale, d'autres méthodes auraient pu être envisagées, par exemple, le producteur aurait pu décider :

- d'améliorer le taux de charge de 8%,
- de repousser l'âge à la retraite de 5 ans.

Encore là, un budget nous permettrait de valider la résultante, mais il lui faudra aussi définir comment il va s'y prendre pour diminuer le pourcentage de charges, tout en tenant compte des autres investissements incontournables. Oui, c'est possible, mais quels moyens, quelles actions est-il prêt à mettre en œuvre pour y arriver? Il faudra aussi définir quelle est la probabilité de réussite dans ce cas. Pour l'atteinte des objectifs dans ce cas, l'âge à la retraite lui sera déplacé dans le temps.

Les alternatives à son plan d'investissements.

Comme vous le voyez, le plan d'investissement est une série d'actions mis en branle afin d'atteindre des objectifs déjà établis. Si le premier n'y arrive pas, cela ne veut pas dire qu'il faut changer ses orientations, mais plutôt voir s'il n'y a pas d'autres moyens d'y arriver. Cela illustre bien la prépondérance des objectifs sur les moyens, deux concepts qui sont souvent confondus.

Il ne faut pas non plus avoir peur d'émettre plusieurs idées et de consulter sur les alternatives possibles afin d'atteindre ses objectifs. Vous ne devez pas laisser n'importe qui remettre en doute vos objectifs, ils sont normalement fondamentaux, mais les moyens pour y arriver peuvent diverger passablement.

Le cycle de l'entreprise et le nombre de propriétaires.

Pour une entreprise à propriétaire unique, le changement de propriétaire est un changement marquant. À partir du changement de gestionnaire, vous comprendrez que les objectifs peuvent différer grandement, donc les choix pour y arriver aussi. Et lorsqu'il y a cogestion pendant un intervalle de 5 à 10 ans, il y a là aussi des objectifs qui se remettent sur la table.

Lorsque l'entreprise a plusieurs propriétaires et particulièrement si ceux-ci ne sont pas à la même étape de leur vie d'entrepreneur, les objectifs seront normalement plus stables au niveau de l'entreprise dans le temps, et ce sont les propriétaires qui sont de passage et en renouvellement constant (25-35 ans par individu). Les chocs liés au changement de propriétaires sont normalement plus limités.

Conclusion :

Vous priver d'un plan d'investissement à jour vous :

- Incitera à sauter sur différentes occasions, opportunités ou alternatives qui ne cadrent pas nécessairement avec le développement souhaité de votre entreprise
- Éloignera de vos objectifs fondamentaux (retard ou exclusion)
- Obligera à travailler dans un cadre financier difficile et serré

Et :

- Mettra en péril la pérennité de votre entreprise
- Diminuera votre crédibilité envers vos partenaires d'affaires et vos conseillers
- Augmentera le risque financier associé à votre entreprise
- Retardera votre retraite de quelques années et/ou limitera vos revenus à la retraite.

En revanche, avoir un plan d'investissements constamment à jour vous permettra :

- De garder le focus sur vos objectifs, autant techniques que financiers
- De maintenir une rentabilité continue (ou de prévoir des alternatives), de se garder une marge de manœuvre pour de vrais opportunités

- D'arriver là ou vous le désirez
- De maintenir une entreprise en santé financièrement, transférable et avec une pérennité dans le temps.

Le recours à un conseiller extérieur, vous permettra de sortir de vos paradigmes, de voir d'autres alternatives, de vous rappeler vos objectifs, de vous faire profiter de l'expérience d'autres producteurs, vous aidera à ne pas confondre objectifs et moyens et vous sécurisera sur la démarche. Il faut se rappeler que ce qui est bon pour votre voisin ne l'est pas nécessairement pour vous et vice-versa.



Symposium sur les bovins laitiers
Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

***Pour une vache, l'âge d'or
c'est la 4^e lactation!***

Doris Pellerin, Ph.D., agronome, professeur, Université Laval

Collaborateurs :

Steve Adams

François Bécotte

Roger Cue

Robert Moore

René Roy



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Pour une vache, l'âge d'or c'est la 4^e lactation!

Messages :

- Une vache commence à contribuer au bénéfice seulement à partir de sa 3^e lactation!
- Pour augmenter la longévité des vaches :
 - Il est important de bien connaître la situation de la réforme dans son troupeau;
 - Il faut réunir les conditions favorables à une diminution des risques;
 - Il faut bien connaître ses besoins pour éviter de forcer une vache à partir parce qu'une autre est prête à prendre la place!

Introduction

Selon Van Doormaal (2009) : « ... la meilleure mesure de longévité [potentielle] dans une population serait peut-être la moyenne d'âge des vaches qui meurent de causes naturelles comme la vieillesse par exemple. Avec cette mesure de longévité, la vache Holstein typique au Canada a le potentiel de vivre 9,1 années, 6,8 années de vie productive soit juste un peu moins de six lactations de production ». Malheureusement, à peine la moitié des vaches canadiennes survivent jusqu'à leur 3^e vêlage. Rushen et de Passillé (2013) ont répertorié plusieurs facteurs reliés au bien-être de ces vaches comme sources possibles de cette faible longévité. Au-delà des considérations éthiques et de bien-être animal, cela pose aussi la question de la rentabilité liée à la longévité des vaches dans les troupeaux québécois. Qu'en est-il? Peut-on faire mieux?

De quoi parle-t-on?

Avant d'aller plus loin, définissons quelques termes. Il y a, en effet, plusieurs façons d'exprimer la longévité des vaches dans un troupeau.

Au niveau d'une vache, on peut définir la longévité par sa durée de vie totale (ou son âge à la réforme) en incluant la période de croissance. C'est la variable qui représente le mieux les coûts associés à la garde de cet animal. Par contre, quand on veut plutôt considérer les revenus, il est préférable de définir la longévité d'une vache en lien avec sa « vie productive »; on exclut donc la période de croissance. On parle alors de longévité « fonctionnelle », ce qui représente le nombre de jours (ou d'années) entre le premier vêlage et la réforme ou la mort de l'animal.

Le réseau laitier canadien fournit aussi plusieurs mesures de survie des filles pour représenter les caractères reliés à longévité des vaches transmis par les taureaux. Selon Van Doormaal (2009), parmi ces mesures, les plus populaires pour les producteurs sont le taux de survie jusqu'au deuxième, troisième ou quatrième vêlage, lequel se situe en moyenne à 70, 50 et 31 %, respectivement, pour la race Holstein.

À l'échelle d'un troupeau, on peut aussi utiliser le pourcentage de vaches en troisième lactation et plus comme mesure de longévité. Cette mesure, couramment utilisée par Valacta, varie considérablement d'un troupeau à l'autre. En effet, alors que les meilleurs troupeaux obtiennent 50,8 % pour ce critère, les moins bons ne sont qu'à 28,0 % (Valacta, 2014). La vie productive moyenne des vaches peut aussi servir à évaluer la longévité moyenne d'un troupeau. Cette variable peut aussi être estimée à partir du taux de réforme par la formule suivante : Vie productive (années) = 1/ taux de réforme (De Vries, 2013).

Comme le montre l'équation précédente, la longévité est très reliée à la réforme. En effet, dans un troupeau fermé, plus on peut diminuer la réforme, plus on augmentera la longévité des vaches. Il est donc important de contrôler la réforme pour augmenter la longévité. Fetrow et al. (2006) ont passé en revue la façon d'évaluer la réforme dans un troupeau laitier. Voici leurs principales recommandations :

- Il est préférable d'utiliser le terme « taux de roulement du troupeau » (herdTurnover rate) plutôt que les termes « taux de remplacement », « taux de réforme » ou « pourcentage de vaches sorties » pour caractériser les vaches qui sortent du troupeau.

- Le taux de roulement devrait être calculé en divisant le nombre d'animaux qui quittent le troupeau sur une période de temps défini par le nombre d'animaux à risque durant cette période. Les animaux à risque constituent tous les animaux de la catégorie analysée (vaches, génisses, ...) qui ont été présents sur la ferme durant cette période.
- De la même façon, le taux de réforme égale le nombre de vaches réformées durant une période définie divisé par la population à risque d'être réformée durant la même période.
- Si des sous-groupes de vaches réformées sont considérés (reproduction, mammite,...), leurs taux d'élimination devraient être exprimés comme un sous-groupe ayant son propre taux de roulement plutôt qu'en termes de pourcentage des vaches réformées. En effet, si on mentionne que 30 % des vaches réformées le sont pour cause de reproduction, ça peut représenter des situations très différentes dans un troupeau où le taux de réforme est de 25 % et dans un autre où il est 40 %. Il est donc préférable de mentionner alors que 7,5 % de l'ensemble des vaches présentes dans le troupeau (groupe à risque) au cours de la dernière année (période définie) ont été réformées pour cause de reproduction.
- Les termes « réforme volontaire » et « réforme involontaire » devraient être évités car leur définition est incertaine. En effet, d'après les auteurs, contrairement à la vente de vaches pour fin de production à d'autres fermes qui existe réellement, il est rare qu'une vache quitte un troupeau comme faible productrice si elle est gestante et exempte de mammite ou de maladie!
- Ils proposent plutôt de regrouper les causes de réforme selon la destination : 1) les vaches qui vont vers un autre troupeau, 2) celles qui vont à l'abattoir et 3) celles qui sont mortes. Cette classification a, à tout le moins, l'avantage d'être claire et de donner une indication sur la valeur économique des animaux dans chacune des catégories...

Nous essaierons de tenir compte de ces recommandations dans la suite du document.

Quand une vache devient-elle rentable?

Pour savoir à partir de quand une vache couvre ses coûts d'élevage (ou d'achat), nous avons calculé ce que rapporte une vache en fonction du nombre de lactations passées dans le troupeau (tableau 1). Les résultats moyens obtenus de 2009 à 2011 par les fermes présentes dans la banque de données AgritelWeb ont été utilisés pour ces calculs. Passons directement aux résultats, c'est à dire le bénéfice pour une vache moyenne. Lorsqu'on garde une vache durant une seule lactation, elle a coûté 1382 \$ en moyenne. Si on l'endure deux lactations, elle a coûté 28 \$. Ce n'est qu'en troisième lactation qu'elle commence à rapporter avec une contribution de 1419 \$ au bénéfice. Et si elle dure quatre lactations, elle devient alors vraiment payante. La moyenne québécoise serait à peine supérieur à deux lactations soit juste assez pour couvrir les frais d'élevage. Plusieurs facteurs peuvent toutefois influencer ces résultats économiques: la productivité de la vache, le prix du lait, les charges par hectolitre de lait, le prix des vaches de réforme, le coût d'élevage,... Ainsi, une ferme avec des bas coûts d'élevage et des charges à l'hectolitre plus faibles pourra rentabiliser ses vaches plus rapidement. En fait, c'est la différence entre le coût d'une nouvelle vache et le prix de la réforme qui est majeur. Si on réussit à produire des génisses à faibles coûts (les meilleurs fermes sont à 2385 \$) et qu'on vend la majorité des vaches réformées pour la production à 2500 \$, il n'y a pas de problème. Ce n'est malheureusement pas la situation de la plupart des fermes.

Tableau 1. Budget d'une vache par lactation passée dans un troupeau québécois moyen.

	Lactation 1	Lactation 2	Lactation 3	Lactation 4
Lait livré moyen par lactation (litres)	8506	9550	10175	10887
Revenus				
Vente de lait (@ 75,70 \$/hL net ¹)	6439	7230	7703	8242
Valeur du veau ² (10% de mortalité)	117	117	117	117
Total	6556	7346	7819	8358
Dépenses				
-Coûts totaux ³ (sans coût élevage)	5177	5812	6193	6626
Marge pour la lactation	1379	1534	1627	1732
Marge cumulative	1379	2913	4540	6272
Coût d'une génisse jusqu'au vêlage	3207	3207	3207	3207
Vente de réforme ⁴ (5% de mortalité)	625	625	625	638
Intérêt sur le coût de la vache (5%)	180	359	539	718
Coût cumulatif d'une vache	2761	2941	3120	3287
Contribution au bénéfice	-1382	-28	1419	2985
par année dans le troupeau	-1190	-12	407	642
Différence				
par lactation additionnelle		+1355	+1447	+1566
par jour de vie additionnel		+3,19	+3,41	+3,69

¹ Prix net moyen de 764 fermes AgritelWeb pour 2009 à 2011

² Moyenne du prix des veaux de 2009 à 2011 (FPBQ)

³ 63,68 \$/hL moyenne de 764 fermes AgritelWeb pour 2009 à 2011

⁴ Moyenne du prix des vaches de réformes 2009 à 2011 (FPBQ)

Dans l'exemple du tableau 1, chaque lactation additionnelle contribue à hausser le bénéfice généré par une vache d'environ 1450 \$; ce qui représente entre 3,20 et 3,70 \$ par jour de vie productive supplémentaire. Ainsi, si les vaches durent en moyenne deux lactations, on peut s'attendre à un bénéfice net moyen de -12 \$ par année par vache, alors que si elles font trois lactations, le bénéfice généré sera de 407 \$ par vache par année en moyenne. Alors une lactation additionnelle par vache dans un troupeau moyen de 60 vaches livrant environ 5000 hL par an représente une augmentation du bénéfice annuel de plus de 25 140 \$! On a donc tout intérêt à tenter d'augmenter le pourcentage de vaches qui font trois lactations et plus.

De la même façon, Valacta estime le profit par jour de vie pour chacune des vaches dans le troupeau. L'augmentation de la longévité dans un troupeau, estimé par le pourcentage de vaches en 3^e lactation et plus, correspond à un gain de 0,36 \$ par jour de vie entre les 20 % meilleurs et les 20 % pires troupeaux pour ce critère (Blais et al., 2007). Le taux de remplacement moyen des troupeaux de ces deux mêmes groupes de longévité était de 30,0 et 38,8 % respectivement, soit une longévité supérieure d'environ 0,7 lactation en moyenne pour le groupe des 20% supérieurs. Cela représente environ 950 \$ de plus par vache dans le troupeau ou 10 500 \$ pour un troupeau de 60 vaches. La pratique rejoint ici la théorie et confirme l'intérêt économique d'augmenter le nombre de lactation par vache!

Blais et al. (2007) ont aussi démontré que l'augmentation de la longévité était rentable peu importe le niveau de production (figure 1). Bien sûr, il est profitable d'augmenter la productivité, mais il faut aussi travailler à ce que les vaches plus productives demeurent plus longtemps dans le troupeau.

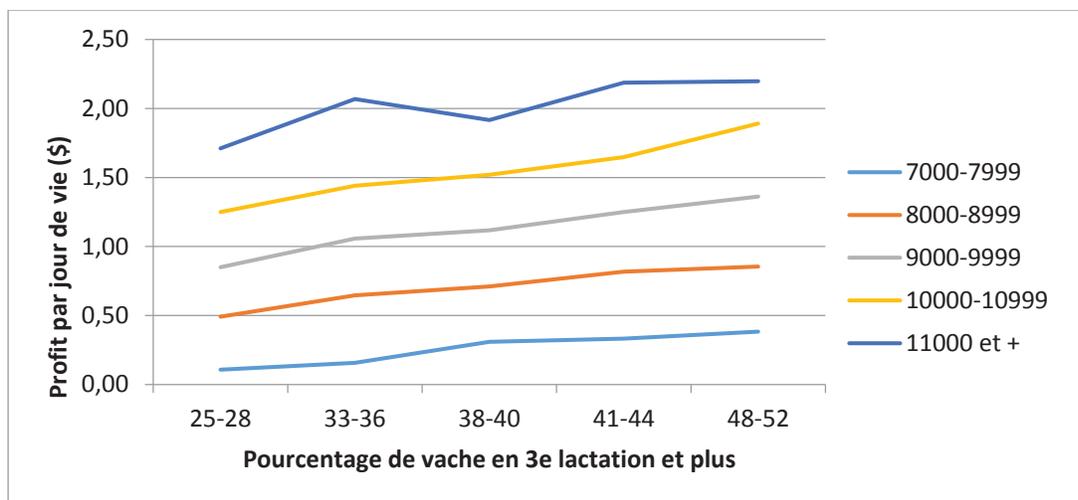


Figure 1. Évolution du profit par jour de vie en fonction de la longévité selon différentes strates de production (tirée de Blais et al., 2007).

Le tableau 2 présente, à partir des données de la figure 1, le bénéfice estimé d'une ferme livrant 5000 hL par année selon deux niveaux de production par vache et deux niveaux de longévité. On y constate, encore une fois, que l'amélioration de la longévité est aussi importante à des hauts niveaux de production.

Tableau 2. Profit annuel selon deux niveau de production (8500 vs 9500 kg/va/année) et deux niveaux de longévité dans un troupeau québécois livrant 5000 hL de lait

Production, kg/va/an	8500		9500	
Vaches en 3 ^e lactation et +	28 %	50 %	28 %	50 %
Vaches nécessaires	60,6	60,6	54,2	54,2
Taux de réforme estimé, %	38,8	30,0	38,8	30,0
Vaches réformées par an	23,5	18,2	21,0	16,3
Durée de vie estimée, j	1093	1413	1093	1413
Profit, \$/jour de vie	0,49	0,85	0,85	1,36
Profit par année, \$	12 590	21 831	19 541	31 253

Maintenant qu'on a reconfirmé l'intérêt à augmenter la longévité, voyons quelles sont les possibilités ...

Pourquoi les jeunes vaches nous quittent?

On connaît généralement les principales raisons de réforme exprimées dans les troupeaux québécois. Ces valeurs sont publiées régulièrement (Valacta, 2014; DSA, 2013). Le Tableau 3 en présente un résumé pour différentes régions au Canada pour les années 2011 à 2013.

Tableau 3. Taux de roulement du troupeau en fonction des principales raisons de réforme exprimées au Québec, en Ontario et dans les provinces Atlantiques et de l'Ouest (moyennes 2011-2013)

Raisons	DSAHR		Valacta		CanWest DHI	
	Québec	Québec	Atlantique	Ontario	Ouest	
Production (1, 2,3) ¹	2,1	4,0	5,7	7,6	5,0	
Faible production (4, 5, 20)		1,4	2,0	3,2	3,5	
Conformation, ... (25, 6, 7, 9)	3,3	1,4	2,2	2,5	3,0	
Reproduction (24)	8,4	5,9	7,2	7,6	7,1	
Mammite (8, 32)	3,9	5,7	5,2	4,2	4,6	
Pieds et membres (10)	5,3	2,9	3,1	2,2	2,9	
Maladies métaboliques (15, 16, 17, 18)	-	0,5	0,4	-	-	
Autres maladies (11, 26, 27, 28, 29,31,33)	-	1,7	2,0	2,5	2,1	
Accidents/blessures (12, 19, 30)	-	2,0	1,8	1,2	1,4	
Vieillesse (13)	1,2	0,7	0,9	0,9	1,0	
Autres (14)	5,9	3,0	0,9	-	-	
Inconnu (21)	0,5	3,3	2,1	3,5	2,1	
Total	28,3	28,4	27,7	27,9	27,6	
Mortes	3,9	4,4	3,4	5,4	6,5	
Roulement total	34,3	36,9	36,8	40,8	39,1	
Roulement sauf vente pour production	32,2	32,8	31,1	33,3	34,1	

¹les raisons ont été regroupées, chaque chiffre entre parenthèses représente une raison (voir en annexe)

Il faut faire attention dans les comparaisons entre les provinces car les données ne sont pas toutes récoltées de la même façon. En effet, le logiciel de prise de données de l'Ontario et les provinces de l'Ouest identifie un nombre restreint de raisons différentes (voir annexe 1). Il est toutefois possible de comparer les totaux des différentes catégories. Ainsi, on note que le taux de roulement du troupeau québécois est, à près de 37 %, équivalent à celui des provinces atlantiques, et plus faible que ceux de l'Ontario et des provinces de l'Ouest. Donc la vie productive estimée des troupeaux québécois, soit environ 2,7 lactations, même si elle est faible, est légèrement plus élevée que celles des troupeaux de l'Ontario et des provinces de l'Ouest du pays. Toutefois, si on exclue la vente pour la production, les taux de roulement du troupeau dans les quatre régions canadiennes sont assez similaires autour de 33 %. Le Québec est en milieu de peloton avec des résultats relativement semblables à ceux de l'Ontario, plus faibles que ceux de l'Ouest, mais plus élevé que ceux des provinces atlantiques. Il en est de même pour le taux de mortalité, où à 4,4 %, le Québec se situe entre l'Atlantique et l'Ontario et l'Ouest. La géographie est donc respectée sur ces aspects de la longévité...

Quant aux principales raisons d'élimination déclarées, comme pour les provinces atlantiques, au Québec, ce sont la reproduction, les mammites et les pieds et membres qui arrivent en premier. En Ontario et dans les provinces de l'Ouest, la faible productivité et la mauvaise conformation devancent les problèmes de pieds et membres au troisième rang, mais la reproduction et la mammite demeurent les deux raisons principales mentionnées. C'est environ 12 % du troupeau qui quitte à chaque année pour ces deux seules raisons dans les fermes laitières canadiennes. Les données compilées par DSA@HR pour les fermes du Québec montrent une importance encore plus grande de la reproduction avec 8,4 % du troupeau quittant

pour cette seule raison chaque année. Les problèmes de pieds et membres sont aussi mentionnés plus souvent et arrivent au 2^e rang comme raison de réforme dans cette banque de données.

Autre constat alarmant, au Québec, plus de 3 % des vaches sont réformées chaque année pour des raisons identifiées comme inconnues. Ce taux n'est qu'à 2 % en Atlantique qui utilise pourtant les mêmes outils. Il importe de travailler à améliorer cet aspect si on veut être en mesure de prendre les bonnes décisions pour améliorer la longévité. C'est certainement possible car avec les données publiées par DS@HR pour les troupeaux québécois, il y a 6 à 7 fois moins d'inconnus!

Si l'objectif est d'augmenter le nombre de vaches en 3^e lactation et plus, il faut plutôt s'intéresser aux raisons de départ des vaches en 1^{ère} et 2^e lactations. Le tableau 3 présente les raisons déclarées lors de réforme selon le numéro de la lactation pour le Québec et l'Ontario.

Tableau 4. Taux de roulement des troupeaux selon leur numéro de lactation en fonction des principales raisons¹ de réforme mentionnées au Québec et en Ontario (moyennes 2011-2013)

Raisons	Québec			Ontario		
	1	2	3+	1	2	3+
Production (1, 2,3) ²	5,8	4,7	3,2	11,3	7,5	6,5
Faible production (4, 5, 20)	1,5	1,4	1,6	3,0	3,2	4,6
Conformation, ... (25, 6, 7, 9)	1,5	1,4	1,8	2,4	2,2	3,6
Reproduction (24)	4,5	6,3	8,6	5,6	8,3	11,3
Mammite (8, 32)	2,7	5,0	10,7	2,1	3,9	8,1
Pieds et membres (10)	1,6	2,5	5,2	1,1	2,0	4,4
Maladies (15, 16, 17, 18, 11, 26, 27, 28, 29, 31, 33)	1,2	1,9	3,9	1,7	2,4	4,4
Accidents/blessures (12, 19, 30)	1,8	1,8	2,9	1,0	1,1	1,8
Vieillesse (13)	-	0,1	1,9	-	0,1	2,8
Autres	2,4	2,8	4,5	-	-	-
Total	17,2	23,2	41,2	16,9	23,1	40,8
Mortalité	3,9	5,3	7,5	4,1	5,3	8,8
Roulement	23,1	27,9	44,3	28,2	30,6	47,3
Roulement sauf vente production	17,3	23,2	41,1	16,9	19,3	40,8

¹Les troupeaux ayant plus 50 % de réformes pour des raisons inconnues ont été retirés. Les inconnus ont été répartis uniformément parmi les autres causes.

²Les raisons ont été regroupées, chaque chiffre entre parenthèses représente une raison (voir en annexe)

Encore là, il faut être prudent dans les comparaisons car les méthodes de collecte sont différentes. Si on exclut les ventes à des fins de production, 17,3 % des vaches en 1^{ère} lactation et 23,2 % des vaches en 2^e lactation quittent le troupeau chaque année; ce qui correspond à environ 35,1 % de réformes « autres que pour la vente en production » en lactation 1 et 2. Ces proportions sont plus élevées que ce qui est rapporté en Ontario (30,8 %) particulièrement pour la réforme en 2^e lactation qui est à 4 points de pourcentage plus élevée au Québec. Quant aux raisons exprimées pour expliquer la réforme des jeunes vaches, la reproduction et la mammite sont les principales raisons mentionnées au Québec, alors qu'en

Ontario, la faible production devance la mammite au deuxième rang comme raisons fournies lors de la réforme des vaches en 1^{ère} lactation. Si on compare ces données à la littérature, on constate que le roulement chez les jeunes vaches dans les troupeaux laitiers québécois et ontariens est plus faible que celui répertorié dans 38 états américains entre 2001 et 2006 alors que 20,8 % des vaches en 1^{ère} lactation et 28,9 % des vaches en 2^e lactation mourraient ou quittaient le troupeaux pour des raisons autres que la vente pour la production de lait (Pinedo et al., 2006). Dans un autre contexte de production, Brickell et Wathes (2011) ont aussi étudié la survie des génisses Holstein de l'âge d'un mois jusqu'à leur 3^e vêlage dans 18 fermes anglaises. Ils ont obtenu des résultats assez similaires à la situation québécoise. Ainsi, en moyenne, 11 % des génisses n'ont pas survécu jusqu'à leur 1^{er} vêlage. De celles qui ont vêlées, 19 % ont été réformées en 1^{ère} lactation et 24 % durant la 2^e lactation. Les causes principales de ces réformes étaient liées à la reproduction. Autrement dit, on n'est pas très bon, mais quand on se compare on se console!

Bécotte et al. (2014) ont analysé l'évolution des raisons de réformes selon le niveau de réforme involontaire des vaches en 1^{ère} et 2^e lactations dans 100 troupeaux en stabulation entravée au Québec et en Ontario. Dans leur étude, la réforme involontaire représentait les vaches sorties du troupeau à l'exception des animaux vendus pour la production, pour faible production (lait, gras, protéine) et pour un mauvais tempérament. Leurs résultats montrent qu'il est possible dans les troupeaux canadiens de limiter la réforme involontaire. Plusieurs troupeaux y parviennent. En effet, le groupe des meilleurs 25 % pour cette variable ne réformait que 9,4 % des jeunes vaches au Québec et 13,6 % en Ontario, alors que la moyenne se situait à 31 % et 29 % respectivement pour ces deux provinces. C'est trois fois moins! Au Québec, lorsque la réforme involontaire des jeunes vaches augmentait, la reproduction, les pieds et membres, les inconnues ainsi que la mammite sont les raisons qui ont présenté des augmentations majeures avec des hausses respectives de 24, 9,4, 8,4 et 7,1 points de pourcentage (tableau 5). L'Ontario présentait également une augmentation de 28 points de pourcentage des réformes pour cause de reproduction lorsque la réforme involontaire augmentait. La conformation (+11,8 pt) et la mammite (+6,1pt) prennent respectivement le 2^e et le 3^e rang. Toutefois, les raisons mentionnées comme inconnues étaient moins fréquentes (tableau 5).

Tableau 5. Variation dans les pourcentages de raisons de réformes exprimées entre les troupeaux à haut (rang centile 75; P75) et à bas (rang centile 25; P25) niveaux de réforme involontaire des vaches en 1^{ère} et 2^e lactations dans 100 fermes en stabulation entravée au Québec (60) et en Ontario (40)

	Québec		Ontario	
	P75-P25	Rang	P75-P25	Rang
Réforme involontaire	+49,0	-	+34,3	-
Conformation	+1,3	7	+11,8	2
Reproduction (24)	+24,0	1	+28,4	1
Mammite (7, 8, 32)	+7,1	4	+6,1	3
Pieds et membres (10)	+9,4	2	+2,8	4
Inconnu	+8,4	3	-2,3	9

En résumé, la reproduction, les pieds et membres et la mammite sont les raisons les plus importantes de l'augmentation des réformes en 1^{ère} et 2^e lactation dans les troupeaux québécois. Ces raisons peuvent toutefois cacher plusieurs causes. Tentons d'y voir plus clair.

Quand les vaches partent-elles?

Pour tenter de mieux contrôler les réformes, on peut se demander, est-ce qu'il y a des périodes de l'année où les risques de réforme augmentent? Aux États-Unis, Pinedo et al. (2010) ont montré que les risques de réforme sont plus élevés en hiver et au printemps. Sachant que la période suivant le vêlage est une période particulièrement à risque, et que les vaches vêlent plus naturellement en hiver et au printemps, on peut comprendre que la réforme augmente durant ces périodes. Au Québec, la réforme est fortement influencée par les règles de gestion du contingentement. Comme on pouvait s'y attendre, la réforme est plus importante en janvier et plus faible en juin avec l'addition de journées additionnelles de production à l'automne (figure 2a) et ce, quel que soit le numéro de lactation à la réforme. La mortalité semble aussi être légèrement plus élevée de juillet à décembre (figure 2b). On peut penser que ceci est aussi causé par le désir des gestionnaires de fermes de produire le lait d'automne et ainsi par l'augmentation du nombre de vêlages durant cette période.

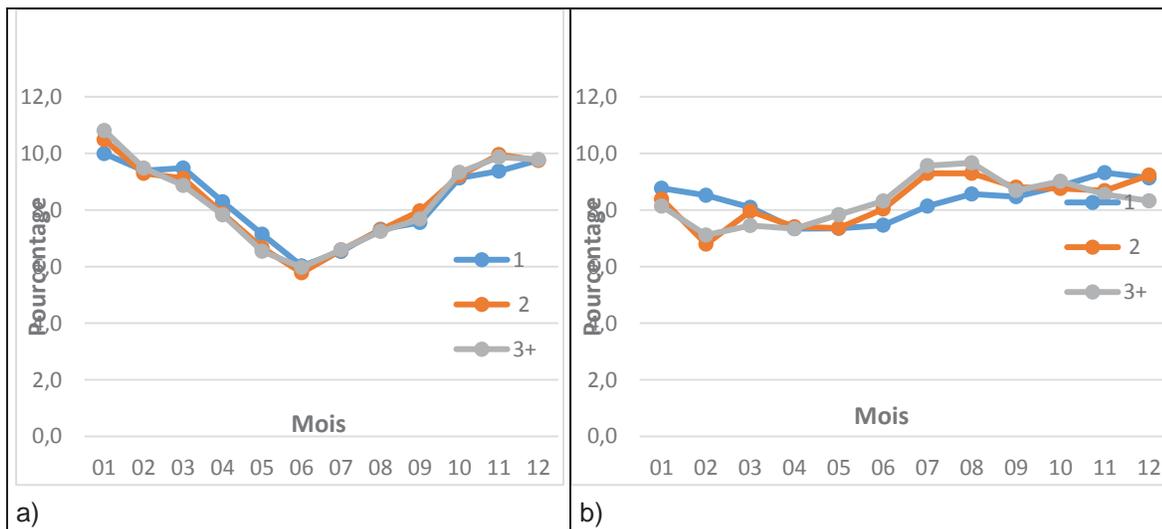


Figure 2. Pourcentage des vaches qui ont quitté le troupeau (a) ou sont mortes (b) par mois de 2011 à 2013 dans les troupeaux du Québec selon le numéro de lactation

Pour diminuer les risques de rupture?

Certains (Stewart, 2002 cité par Weigel, 2010) ont suggéré d'utiliser le stade de lactation au moment de la réforme plus que les raisons de réforme déclarées pour déterminer les principales problématiques qui limitent la longévité dans un troupeau. Il y a, en effet, deux périodes de la lactation où les risques de réforme augmentent de façon importante (De Vries, 2013). Les analyses de courbe de survie montrent qu'un nombre élevé de vaches quittent le troupeau en début de lactation à la suite de complications suite au vêlage; en effet, de 25 à 30% des réformes se produisent dans les 60 premiers jours de lactation. DeVries (2013) a évalué que chaque réforme en début de lactation coûte de 500 à 1000 \$. Des efforts doivent donc être déployés pour améliorer la santé des vaches durant cette période. La gestion de la période de transition est donc déterminante pour assurer une meilleure longévité. Le 2^e groupe à risque se situe à la fin de la lactation; la proportion des vaches réformées augmente de 5 % au milieu de lactation à 40 % en fin de lactation (De Vries, 2013). Les réformes durant cette période sont essentiellement associées à des problèmes de reproduction.

De la même façon, les courbes de survie peuvent constituer d'excellents outils pour évaluer la longévité dans un troupeau. En effet, deux troupeaux peuvent avoir des profils très différents comme il est possible de le voir à la figure 3a. On peut aussi pousser l'analyse pour mieux comprendre la réforme pour chacune des lactations (figure 3b) ou en fonction des différentes raisons de réforme 3c et 3d. Par exemple, pour la figure 3a, pour deux troupeaux nous voyons que, à 2000 jours (~ fin de la troisième lactation) la survie est approximativement la même, sauf que pour l'un des deux troupeaux, il y avait plus de réforme plus tôt

dans la vie des animaux. Les courbes de survie présentent à peu près les mêmes informations que des tableaux des proportions des animaux qui surviennent à la fin de chaque lactation, sauf qu'on peut suivre l'évolution au jour le jour. De plus, ça permet d'avoir un portrait visuel complet, surtout si l'on présente une courbe de référence par rapport à un troupeau ou à un groupe de troupeaux. C'est un des avantages majeurs de ce genre d'outils.

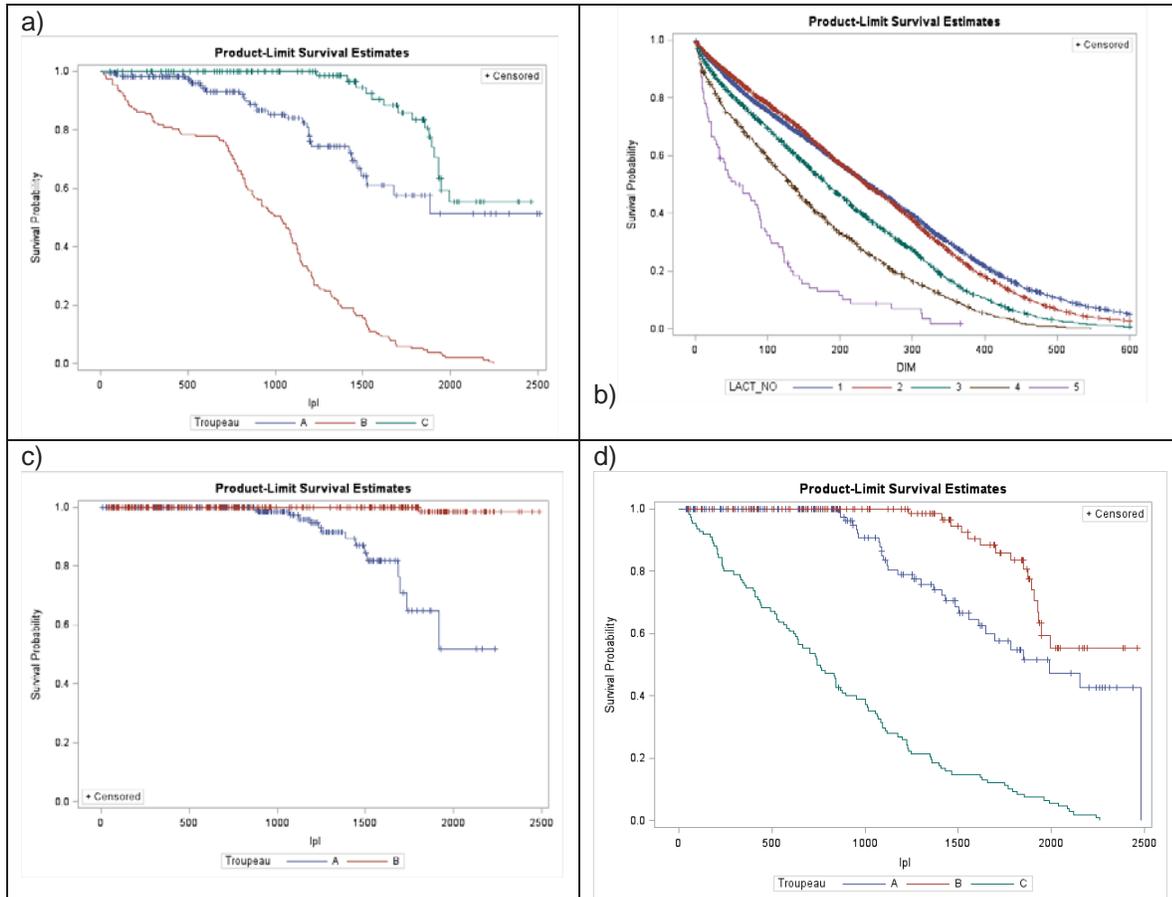


Figure 3. Exemple de courbes de survie dans des troupeaux québécois. a) survie jusqu'à 2500 jours des vaches réformées involontairement dans trois troupeaux différents, b) survie des vaches jusqu'à 600 jours en lait selon le numéro de lactation, c) survie jusqu'à 2500 jours des vaches réformées pour cause de reproduction dans deux troupeaux et d) survie jusqu'à 2500 jours des vaches réformées pour problèmes de pieds et membres dans deux troupeaux

Quelles sont les autres avenues pour augmenter la longévité?

La race

Sans être « raciste », il semble, d'après les résultats des troupeaux laitiers québécois, que la race pourrait jouer un rôle dans la longévité. En effet, le tableau 6 montre les résultats moyens obtenus pour le % de vaches en 3^e lactation et plus selon la race au Québec. À première vue, il semble y avoir une relation inverse entre la productivité de la race et leur longévité; les troupeaux de races Canadiennes et Jerseys obtenant de plus haut pourcentage de vaches en 3^e lactation et plus en moyenne. Toutefois, il y a beaucoup plus de variabilité entre les troupeaux d'une même race qu'entre les races, ce qui nous fait dire que la solution à l'augmentation de la longévité n'est pas dans le changement de race!

Tableau 6. Longévité moyenne, exprimée par le pourcentage de vaches en 3^e lactation et plus, au Québec en 2013 et aux États-Unis de 1980 à 2005

	Québec				États-Unis
	Moyenne	Rang centile 10	Rang centile 90		Moyenne
Arshire	42,6	32,2	53,1	-	41,9
Canadienne	48,1	26,5	60,2	-	-
Holstein	38,8	27,7	50,1	-	39,0
Jersey	44,5	28,4	58,8	-	45,3
Suisse Brune	39,3	28,8	50,5	-	42,8
Toutes races	39,2	28,0	50,8	-	39,3
Toutes races-bio	46,0	-	-	-	-

Sources : Valacta (2014) et Hare (2006)

Cela pose aussi la question des croisements et de leur impact sur la longévité. Citons premièrement l'étude récente de Pinedo et al. (2014) qui ont analysé les raisons de réforme des vaches Holstein (Ho), Jersey (Je) et Jersey x Holstein (JH) dans 16 gros troupeaux multi-races au Texas (400 à 8500 vaches). Le taux de réforme étaient de 35,0, 32,1 et 30,1 % pour les Ho, Je et JH respectivement. Les raisons étaient différentes selon les groupes. Toutefois, même si les risques de mortalité en début de lactation étaient les mêmes dans les trois groupes, les vaches Je et JH avait moins de risques d'être réformées vivantes (OR =0,82 et 0,72). Hare et al. (2006) ont aussi rapporté que les taux de survie jusqu'à la 6^e lactation était de 9,8 % pour les Ho et 15,6 % pour les JH dont le 1^{er} vêlage a eu lieu en 1996. Aussi, quand on a comparé la survie au prochain vêlage entre les croisés Ho et les JH, un avantage de 8,6 et de 14,4 % pour le deuxième et troisième vêlage respectivement a été observé en faveur des vaches croisées (Heins et al., 2012).

Il semble donc que certains croisements augmentent la longévité, mais est-ce que ça augmente la rentabilité d'un troupeau? Pour répondre correctement à cette question, il y a d'autres points à considérer dont l'impact sur la productivité et la valeur des sujets vendus. C'est le sujet d'une autre conférence...

La génétique

Curieusement, alors que la longévité moyenne des troupeaux laitiers diminue, il y a eu un gain apparent de plus de 6 mois au niveau du potentiel génétique pour la longévité dans les troupeaux américains au cours des 40 dernières années (Weigel, 2010). L'évolution va dans le même sens au Canada. Après avoir diminué, la tendance génétique pour la longévité aurait augmenté après l'an 2000 dans plusieurs pays, car on met plus d'importance sur ce caractère. Le Canada se distingue même en tant que premier à l'échelle mondiale au niveau des génétiques supérieures pour ce caractère (Van Doormaal, 2009)!

La génétique constitue une part importante du puzzle, mais il faut sélectionner sur les bons caractères. L'étude de Bécotte et al. (2014) sur 100 troupeaux en stabulation entravée, mentionnée plus haut, montre l'importance de certains caractères sur la réforme en 1^{ère} et en 2^e lactation. En effet, au Québec pour ces troupeaux, lorsque l'indice génétique pour les cellules somatiques augmentait de 0,1, les chances de réforme des jeunes vaches augmentaient de 41 %. En Ontario, l'augmentation des chances de réforme associée à ce même facteur était de 19,3 %.

Van Doormaal (2010) a obtenu des résultats qui allaient dans le même sens montrant que la cote de cellules somatiques était le caractère le plus corrélé avec la survie des filles, à 35,2 %. Les autres caractères d'importance corrélés à la survie des filles étaient associés à la fertilité des femelles, à la performance au vêlage et la conformation fonctionnelle.

La conformation

del P. Schneider et al. (2003) ont montré, qu'en général, une meilleure note globale pour la conformation était associée à une longévité accrue. Il en était de même pour les notes obtenues pour le système mammaire et les pieds et membres. Toutefois, la stature n'avait pas relation avec la longévité. Van Doormaal (2010) a même rapporté que les taureaux avec épreuves élevées pour la profondeur du corps ont tendance à être associé à une évaluation inférieure pour la durée de vie directe. Peut-être doit-on y voir un lien avec le confort qui peut être déficient pour les vaches de grandes tailles logées dans des stalles construites pour des vaches d'une autre génération. Il faudrait peut-être envisager de sélectionner pour des vaches de plus petite stature pour s'assurer qu'elle soit confortable dans leur stalle...

Le confort et le bien-être

Rushen et de Passillé (2013) ont revu plusieurs facteurs en lien avec le bien-être qui peuvent limiter la longévité des vaches laitières au Canada. Parmi, ceux-là mentionnons l'impact néfaste d'un logement déficient sur les boiteries et sur les blessures au cou, aux jarrets et aux genoux.

Bécotte et al. (2014) ont identifié les facteurs de risque reliés au confort qui affectent la réforme involontaires des vaches en 1^{ère} et 2^e lactations en stabulation entravée au Québec et en Ontario. Leurs résultats montrent que la hauteur du muret est un facteur de risque présent dans les deux provinces. Une augmentation de la hauteur du muret de 1 cm par rapport à la norme entraîne une augmentation des chances de réforme en 1^{ère} et 2^e lactations de 2,4 % au Québec et de 3,1 % en Ontario. Quatre autres facteurs de risque de réforme des jeunes vaches ont été identifiés au Québec. Chaque augmentation de largeur de la stalle de 10 cm, diminue les chances de réforme de 15,1 %. Aussi, une cote de condition de chair de moins de deux augmente les chances de réforme de 85,6 %. Les animaux de 1^{ère} lactation ne passant pas entre 9 et 15 h/j couchées voient leur risque d'être réformés augmenter de 67,3 %, alors que ceux présentant un nombre de levées de moins de six par jour voient leur chance de réforme augmenter de 102,3 %. En Ontario, les jeunes vaches identifiées comme boiteuses augmentent leur chance de réforme de 63,7 %. Ces données montrent l'importance d'assurer un confort adéquat pour augmenter la longévité des troupeaux laitiers.

D'autres (Weigel et al., 2003) ont aussi montré que les troupeaux avec moins de vaches par travailleur et un plus grand pourcentage de la main d'œuvre d'origine familiale tendaient à avoir des risques de réforme involontaire plus faibles. Aussi, des vaches hautes productrices logées dans des étables avec des ventilateurs, des brumisateurs, des cornadis autobloquants, et des parquets de vèlage avaient aussi de plus faibles risques de réforme que les vaches logées dans des étables n'ayant pas ces équipements (Weigel et al., 2003).

Les autres causes...

Selon De Vries (2013) le pourcentage de génisses élevées influence aussi grandement la longévité des vaches. En effet, lorsqu'une ferme élève toutes ses génisses, il n'est pas rare qu'une vache doit être réformée pour faire de la place à une génisse qui vient de vêler. Parmi les facteurs évalués par Bécotte et al. (2013), le ratio du nombre de génisses par rapport au nombre de vaches étaient justement l'un des facteurs les plus corrélés ($r_p = -0,38$) avec la longévité du troupeau. Il est donc important d'avoir une stratégie d'amélioration génétique claire et de bien connaître ses besoins en génisses de remplacement. Un outil développé par René Roy de Valacta et Rodrigue Martin du MAPAQ, et bientôt disponible en ligne, pourra vous aider à cet effet.

Selon De Vries (2013) la gestion de l'offre devrait permettre d'augmenter la longévité des vaches dans le troupeau car il serait avantageux, dans ce genre de système, de garder les vaches faibles productrices et qui tardent à concevoir plus longtemps pour améliorer le profit par unité de lait!

Quand c'est plus payant de passer à une autre?

Malgré tout ce qu'on a dit, dans certaines circonstances, il peut être rentable de réformer une vache pour la remplacer par une plus jeune. Exceptionnellement, l'augmentation de la longévité peut ne pas toujours être ce qu'il y a de plus payant pour un troupeau. Par exemple, dans le cas où il n'y a pas assez de vaches productives pour maintenir la production de lait (remplir le quota).

Certains (De Vries, 2006) ont proposé le « retention pay off » (RPO\$) pour calculer si on a intérêt à garder un vache ou la remplacer par une plus jeune. Ce concept pourrait être traduit par le seuil de rentabilité pour la réforme. Il s'agit de calculer la valeur actuelle nette des deux animaux. Le RPO\$ est le profit supplémentaire de garder la vache jusqu'à son âge optimal de réforme en considérant les risques comparée à son remplacement immédiat. Si le RPO\$ est positif, la vache devrait être gardée.

Conclusions

L'augmentation de la longévité est payante, très payante, dans les troupeaux laitiers québécois. Pour obtenir une longévité accrue, il faut dans un premier temps, faire le point sur la durée de vie productive des vaches du troupeau. Vérifier que le pourcentage de vaches en 3^e lactation et plus s'approche ou dépasse 50 % par exemple. Puis, il faut bien identifier (toutes) les raisons de réforme de façon à faciliter le diagnostic des causes d'une longévité insuffisante. La comparaison avec un groupe de référence (benchmark) pourra aussi aider à ce diagnostic. Ensuite, il faut, selon les causes identifiées, travailler à améliorer la génétique, le confort et le bien-être ou la gestion de la période de transition. Bien entendu, pour maximiser la hausse de profit associée à une meilleure longévité, il faut bien connaître ses besoins en remplacement et travailler à diminuer ses coûts d'élevage.

Bibliographie

Bécotte, F., E. Vasseur, D. Lefebvre, A. M. de Passillé, J. Rushen, D. B. Haley et D. Pellerin. 2014. À la recherche des vaches perdues. Affiche présentée au Forum Technologique of Novalait, Drummondville, Canada, mai 2014

Bécotte, F., E. Vasseur, D. Lefebvre, A. M. de Passillé J. Rushen, D. B. Haley et D. Pellerin. 2013. Effect of cow comfort on longevity in tie-stall farms in Eastern Canada. Affiche présenté à l'American Dairy Science Association Joint annual meeting, Indianapolis, Juillet 2013.

Blais, C., R. Roy et S. Lafontaine. 2007. Améliorer la longévité des vaches, est-ce vraiment payant? Le producteur de lait québécois, décembre 2007/janvier 2008, p. 16-18.

Brickell, J. S. et D. C. Wathes. 2011. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. *J. Dairy Sci.* 94 :1831–1838.

DSA@HR. 2013. Rapport annuel Banque de données. DSAHR-logiciels de gestion en santé animale. http://www.dsahr.ca/Images/Documents/Rapan2013_12.pdf (page consultée le 1er octobre 2014)

De Vries, A. 2006. Ranking Dairy Cows for Future Profitability and Culling Decisions, Pages 92-109 dans: Proceedings 3rd Florida & Georgia Dairy Road Show.

De Vries, A. 2013. Cow longevity economics: The cost benefit of keeping the cow in the herd. Pages 22-52 dans: Conference proceedings. Cow longevity conference. 27-28 août, Hamra Farm, Tumba, Suède.

Durr, J. W., R. I. Cue et H. G. Monardes. 2003. Impact of Type Traits on Functional Herd Life of Quebec Holsteins Assessed by Survival Analysis. *J. Dairy Sci.* 86:4083–4089

Fetrow, J., K. V. Nordlund et H. D. Norman. 2006. Invited Review: Culling: Nomenclature, Definitions, and Recommendations. *J. Dairy Sci.* 89:1896–1905.

Hadley, G. L., C. A. Wolf, et S. B. Harsh. 2006. Dairy Cattle Culling Patterns, Explanations, and Implications. *J. Dairy Sci.* 89:2286–2296.

- Hare, E., H. D. Norman et J. R. Wright. 2006. Survival Rates and Productive Herd Life of Dairy Cattle in the United States. *J. Dairy Sci.* 89:3713–3720.
- Heins, B. J., L. B. Hansen, A. R. Hazel, A. J. Seykora, D. G. Johnson, et J. G. Linn. 2012. Short communication: Jersey × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for body weight, body condition score, fertility, and survival during the first three lactations. *J. Dairy Sci.* 95:4130–4135.
- del P. Schneider, M., del P. Schneider, J. W. Durr, R. I. Cue, and H. G. Monardes. 2003. Impact of Type Traits on Functional Herd Life of Quebec. Holsteins Assessed by Survival Analysis. *J. Dairy Sci.* 86:4083–4089.
- Pinedo, P. J., A. De Vries , et D. W. Webb, 2010. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by Dairy Herd Improvement dairy herds. *J. Dairy Sci.* 93 :2250–2261
- Pinedo , P. J., A. Daniels , J. Shumaker et A. De Vries. 2014. Dynamics of culling for Jersey, Holstein, and Jersey × Holstein crossbred cows in large multibreed dairy herds. *J. Dairy Sci.* 97:2886–2895.
- Rushen, J. et A. M. de Passillé. 2013. The importance of improving cow longevity. Pages 3-21 dans: Conference proceedings. Cow longevity conference. 27-28 août, Hamra Farm, Tumba, Suède.
- Valacta. 2014. Évolution de la production laitière québécoise 2013. Tableau 3-2, 3,4 et 3-5. Le producteur de lait québécois mai 2014 (numéro spécial). http://www.valacta.com/FR/Nos-publications/Documents/EVOLUTION_2013_FINAL-2HR.pdf (page consultée le 1er octobre 2014).
- Van Doormaal, B. 2009. Un regard plus approfondi sur la longévité. Réseau laitier canadien. <http://www.cdn.ca/francais/document.php?id=162> (page consultée le 1^{er} octobre 2014)
- Van Doormaal, B. 2010. Une nouvelle perspective sur la Durée de vie. Réseau laitier canadien <http://www.cdn.ca/francais/document.php?id=187> (page consulté le 1^{er} octobre 2014)
- Weigel, K. A., 2010. Genetic Improvement of Dairy Cow Longevity. eXtension. <http://www.extension.org/pages/11281/genetic-improvement-of-dairy-cow-longevity/print/> (page consultée le 1^{er} octobre 2014)
- Weigel, K. A., R. W. Palmer et D. Z. Caraviello. 2003. Investigation of Factors Affecting Voluntary and Involuntary Culling in Expanding Dairy Herds in Wisconsin using Survival Analysis. *J. Dairy Sci.* 86:1482–1486

Annexe 1. Liste des raisons réformes utilisées par Valacta et CanWest DHI

Principales raisons	Raisons	Raison utilisé par	
		Valacta	CanWest DHI
Production	01 – Exportation	Oui	Oui
	02 - Production de lait	Oui	Oui
	03 - Louée à	Oui	Non
Faible Production	04 - Faible production de lait	Oui	Oui
	05 - Faible production de gras	Oui	Non
	20 - Faible production de protéine	Oui	Non
Conformation	25 – Conformation	Oui	Non
	06 - Mauvais tempérament	Oui	Oui
	07 - Lente à traire	Oui	Oui
	09 - Pis descendu	Oui	Oui
Reproduction	24 – Reproduction	Oui	Oui
Mammite	08 - Mammite / haut comptage cellulaire	Oui	Oui
	32 - Staph. Aureus	Oui	Non
Pieds et membres	10 - Problèmes de pieds et membres	Oui	Oui
Maladies métaboliques	15 - Fièvre vitulaire	Oui	Non
	16 - Déplacement de caillette	Oui	Non
	17 – Météorisation	Oui	Non
	18 – Empoisonnement	Oui	Non
Autres maladies	11 – Maladie	Oui	Oui
	26 - Vêlage difficile	Oui	Non
	27 – Leucose	Oui	Non
	28 - Péritonite	Oui	Non
	29 - Pneumonie	Oui	Non
	31 – Arthrite	Oui	Non
Accidents/blessures	33 - Paratuberculose	Oui	Non
	12 - Blessure / Accident	Oui	Oui
	19 - Électrocution	Oui	Non
	30 - Blessure au pis, aux trayons	Oui	Non
Vieillesse	13 - Vieillesse	Oui	Oui
Autres	14 - Autres raisons	Oui	Non
Inconnu	21 - Inconnu	Oui	Oui



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Flexibilité, confort, rentabilité : les avantages d'une aire paillée

Mathieu Lemire, éleveur laitier, Ferme Micheret inc., Saint-Zéphirin-de-Courval
Martial Lemire, B.Sc. Agroéconomie, éleveur laitier, Ferme Micheret inc., Saint-Zéphirin-de-Courval

Conférence préparée avec la collaboration de :
Guylaine Laroche et Valérie Gagnon, Ferme Micheret inc.
Alain Fournier, agronome, MAPAQ, Direction régionale Centre-du-Québec
Mario Gauthier, agronome, conseiller stratégique, Valacta



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

Flexibilité, confort, rentabilité : les avantages d'une aire paillée

Historique de la ferme

En 1966, Michel Lemire acquiert la ferme qui deviendra Ferme Micheret. En 1991, la dispersion complète du troupeau permet à Mathieu de devenir actionnaire majoritaire de Ferme Micheret inc. Cette même année, Guylaine Laroche, la conjointe de Mathieu, commence à s'impliquer à temps plein sur la ferme. Guylaine devient actionnaire de la ferme en 2001, tout comme Martial, le frère de Mathieu, suite à une expérience de travail dans le domaine bancaire. L'entreprise est dirigée aujourd'hui par Mathieu et Guylaine ainsi que Martial et Valérie.

Mathieu et Guylaine ont poursuivi le développement de l'entreprise par l'achat en 1997 d'un silo de 24 pieds de diamètre par 80 pieds de hauteur pour l'entreposage de l'ensilage de luzerne. En 1998, la construction d'une étable froide pour les génisses de remplacement améliore considérablement la gestion et l'alimentation des génisses tout en fournissant espace et confort aux jeunes animaux afin d'optimiser leur développement. Ils ont introduit la ration totale mélangée (RTM) en 2000. La construction d'un deuxième silo de même dimension qu'en 97, pour l'entreposage de l'ensilage de maïs, leur permet d'alimenter le troupeau avec une RTM dont la partie fourragère est basée sur les ensilages de luzerne et de maïs avec un minimum de foin.

Avec l'arrivée de Martial et Valérie, la conjointe de Martial, sur la ferme, l'entreprise poursuit son expansion avec l'achat en 2002 d'une entreprise de 42 hectares (104 acres) de terre incluant les bâtiments. Ils procèdent également à l'addition de 35 nouveaux sujets de remplacement à l'entreprise. En 2006, une autre superficie de 81 hectares (200 acres) permet à la ferme de devenir autosuffisante en grains et en fourrages. L'achat en 2009 d'une presse à grosses balles carrées sonne la fin des petites balles carrées et une efficacité considérablement accrue au niveau de cette opération.

De 1986 à aujourd'hui, l'entreprise est passée d'un quota de 37 kg mg/jour à 106 kg mg/jour. Les compétences en élevage des propriétaires de l'entreprise ont été récompensées en 2011, puisque ferme Micheret Inc. a remporté pour une troisième fois le titre de maître-éleveur (1986, 1998 et 2011).

La ferme possède aujourd'hui 208 ha (515 acres) en culture composés principalement de maïs, soya, luzerne, graminées, avoine et avoine-pois grainés. Un total de 200 têtes de bétail Holstein pur-sang est réparti sur deux sites d'élevage. Le troupeau de 85 vaches laitières de haute valeur génétique possède une production annuelle de 11 884 kg avec un taux de gras de 4,01 % et de protéine de 3,30 %. La classification du troupeau est composée de 14 vaches excellentes dont 6 multiples, 35 très bonnes et 25 bonnes plus.

Construction d'une aire paillée

La construction d'une aire paillée a été réalisée au printemps 2013. La bâtisse a une dimension de 55 pieds (16,75 m) de largeur par 100 pieds (30,5 m) de longueur. Elle est munie d'une aire paillée de 30 pieds (9,1 m) de profondeur et d'une aire de raclette de 12 pieds (3,7 m) de largeur qui est nettoyée par un système de raclettes. Par contre, il serait préférable d'accroître la largeur de l'aire de raclette à 14 pieds (4,3 m) pour permettre aux vaches de mieux circuler à l'arrière des vaches qui s'alimentent à la mangeoire. Il y a aussi une aire d'alimentation de 12 pieds qui permet la circulation d'un tracteur.

Il y a un poteau à tous les 12 pieds (3,7 m) pour faciliter la formation des groupes. L'aire est séparée en quatre ou cinq enclos, selon les besoins. Un enclos est habituellement réservé pour les génisses spéciales (exposition agricole ou haute génétique) et parfois un espace est aussi ajouté pour les vaches d'exposition. Deux grands enclos, sont utilisés pour la gestion des vaches tarées et en préparation au vêlage et la dernière section du bâtiment est utilisée pour les vaches fraîches vèlées avec un espace attaché de quatre places pour la traite. La section des vaches fraîches vèlées peut également être utilisée

pour tarir des vaches. Il est également possible de traire les vaches dans l'aire paillée pour les vaches ayant eu un vêlage difficile. Un enclos dans cette section peut aussi être utilisé afin d'isoler une vache qui nécessiterait des soins spéciaux. La surface du bâtiment nous permet d'offrir un espace de 140 pieds² (13 m²) aux vaches en préparation au vêlage et de 100 pieds² (9,3 m²) pour les vaches tarées. Lorsque Mario Gauthier (conseiller stratégique Valacta) leur a mentionné l'espace requis avant la construction du bâtiment, ils n'en revenaient pas. Cependant, avec l'usage ce type de logement, ils constatent qu'il est essentiel de réserver cette surface pour maximiser le confort et atténuer les interactions entre les vaches. Les enclos sont munis de cornadis permettant de contraindre les animaux pour leur administrer des traitements particuliers ou pour leur fournir une alimentation individuelle.

Les raisons qui les ont incités à investir dans un tel bâtiment sont multiples. Il y a plusieurs dizaines d'années, Michel Lemire, le père de Mathieu et Martial, avait aménagé une aire paillée. Celle-ci devait servir à l'origine pour les taures, mais fut plutôt utilisée pour les vaches qui avaient besoin de faire de l'exercice ou pour rattrapper celles qui étaient blessées. Mathieu et Martial connaissaient et appréciaient les avantages de ce type de bâtiment. Ainsi, le manque d'espace pour les veaux est une des premières raisons qui les ont incités à aller de l'avant avec ce projet. De plus, avant la construction, les vaches vêlaient dans la pouponnière qui comprenait trois enclos de vêlage. Ces enclos ont été récupérés pour l'usage des veaux. Deuxièmement, ils souhaitaient éviter aux vaches tarées le passage de l'étable chaude à l'étable froide des taures durant la saison hivernale, car les vaches tarées étaient logées dans ce bâtiment. L'aire paillée offre une meilleure stabilité de logement et d'alimentation et maximise le confort des vaches tarées et en préparation au vêlage. Troisièmement, Ils voulaient aussi avoir une place pour la traite des vaches en période de pointe et offrir la possibilité aux vaches fraîches vêlées de faire de l'exercice pour diminuer l'enflure au pis. Cet espace permet aussi aux vaches en lactation qui se blessent de faire de l'exercice et de récupérer plus facilement. Finalement, ils souhaitaient avoir une place pour les génisses et vaches spéciales et/ou de grande valeur génétique.

Fonctionnement de l'aire paillée

Au moment du tarissement, la vache ou la taure en préparation au vêlage est transférée dans l'aire paillée dans l'enclos prévu pour les vaches tarées. L'allée de circulation, située à l'arrière des vaches dans la stabulation entravée, est rainurée afin d'éviter les blessures lors des déplacements. Elle est balayée chaque jour pour assurer son efficacité lorsqu'une vache doit se déplacer dans l'étable. Ensuite, les vaches tarées sont déplacées dans la section de l'aire paillée réservée aux vaches en transition, trois semaines avant le vêlage afin de leur fournir une alimentation de transition. Elles vêleront dans cet enclos. Un système de caméras installées dans le bâtiment facilite le suivi des vêlages. Suite au vêlage, elles sont transférées dans la section des vaches fraîches vêlées, et elles y seront gardées aux alentours de deux à six jours pour aider à gérer l'enflure du pis avant d'être transféré dans la stabulation entravée.

Ils ajoutent à l'aire paillée trois grosses balles carrées de paille de 200 kg par semaine. La paille ne doit pas être hachée pour l'obtention d'une surface plus stable facilitant le déplacement des vaches. Les bouses dans l'aire paillée sont transférées dans l'aire des raclettes à chaque soir. Un nettoyage complet des enclos est effectué deux fois par année au tracteur. L'aire paillée est 6 pouces plus bas que l'aire des raclettes. Un muret d'une hauteur de un pied du côté de l'aire paillée facilite l'accumulation du fumier sur cette hauteur.

Coût du bâtiment

Investissements	Coûts
Bâtisse	146 000 \$
Excavation	10 000 \$
Carcans et barrières	14 000 \$
Ventilation	18 000 \$
Électricité et éclairage	15 500 \$
Raclettes	10 000 \$
Pipeline	2 000 \$
Total	223 000 \$

Le coût de revient du bâtiment est d'environ 40 \$ / pied carré. Des dépenses attribuables à l'amélioration du bâtiment existant ainsi que le raccordement des deux bâtiments sont incluses dans ce coût. La construction a été réalisée par un entrepreneur.

Conclusion

Ce type d'étable offre une grande flexibilité au niveau de la gestion des vaches en transition et des animaux de grande qualité génétique qu'ils possèdent. En plus d'offrir un confort maximal aux vaches, l'aire leur permet de faire de l'exercice et d'être plus en forme, ce qui facilite le vêlage et le début de la lactation. Ils ont noté que l'enflure du pis diminue plus rapidement en raison de l'exercice. Ce bâtiment est aussi utilisé pour remettre en condition les vaches blessées et ainsi réduire la réforme de ces vaches. Ce système est avantageux au niveau de la gestion du troupeau et du fumier, car il est possible de garder plus d'animaux sans augmenter la quantité de fumier à entreposer dans la fosse.



Les Producteurs de lait
du Québec sont HEUREUX
de participer au Symposium
sur les bovins laitiers.



Symposium sur les bovins laitiers *Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain*

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

Actualité en production laitière

Bruno Letendre, président, Les Producteurs de lait du Québec

Présentation sans texte



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers



Symposium sur les bovins laitiers
Choix d'aujourd'hui pour les défis de demain

Le mercredi 5 novembre 2014
Centre BMO, Saint-Hyacinthe

***Le comité organisateur remercie
sincèrement les collaborateurs
financiers suivants***



CRAAQ
CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Comité bovins laitiers

MERCI DE VOTRE APPUI

COLLABORATEURS MÉDIAS

le **Bulletin**
des agriculteurs

le **coopérateur**
agricole

Fondée en 1929
La Terre
DE CHEZ NOUS

L'agriculture familiale au cœur des valeurs de notre coopérative



AGROPUR
Coopérative laitière

Natrel™

Québon™

Sealtast™

OKA



Allégo

TRAFFIC FINE
B.N.C.O.
THE CHEESE

AGROPUR
Grand Cheddar
CANADIAN RESERVE

iögo™

Damafro

Entre votre gestion et leur santé
il y a votre médecin vétérinaire



 Association des
Médecins Vétérinaires
Praticiens du Québec

Partenaire du

Symposium bovins laitiers 2014



Desjardins & la relève agricole

TOUT PRÈS. TOUJOURS PRÊTS.

Vous êtes jeunes et vous avez de l'avenir. Et nous y croyons.

Plus prêts que jamais, Desjardins et ses équipes de directeurs spécialisés en agriculture et en transfert d'entreprise sont à vos côtés pour vous appuyer dans vos projets immédiats et futurs de relève.

Informez-vous sur le nouveau **Prêt Relève agricole Desjardins**, aux conditions de remboursement flexibles, adaptées à vos besoins. Donnant un accès simplifié à des liquidités durant toutes les étapes de cette importante transition, ce prêt comprend une offre intégrée à d'autres produits et services uniques à Desjardins.

Le Prêt Relève agricole Desjardins, un autre avantage membre Desjardins Entreprises.

Desjardins & Cie

C'est tout Desjardins qui appuie la relève agricole.

desjardins.com/transfertagricole



Desjardins
Entreprises

Coopérer pour créer l'avenir

La Coop fédérée www.lacoop.coop

le COOPÉRATEUR agricole

Comme si vous y étiez.



www.lacoop.coop



Que vous dit-elle ?

CowSIGNALS®

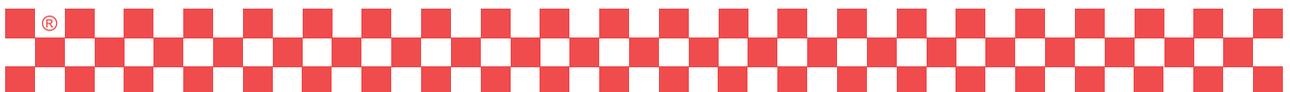
CowSignals a pour objet d'aider les vaches de votre troupeau à se développer et à vivre plus longtemps. Il s'agit de repérer dans l'étable les petits détails susceptibles d'améliorer la santé et le bien-être de vos vaches et d'améliorer leur production laitière. Purina est le chef de file dans ce domaine avec 14 formateurs certifiés et notre équipe complète formée à ce programme. Nous voulons vous aider à rendre vos «vaches heureuses», parce qu'un troupeau mieux géré sera plus productif – Et c'est simplement la meilleure chose à faire!

Purina. Les spécialistes Signes de vaches.



CowSignals®, Holland

PURINA®, CHOW® and the Checkerboard design are licensed trademarks of Nestlé Purina PetCare Company.



Déflecteur maison

Plusieurs fabricants ne proposent pas encore de déflecteurs pour diriger l'air des vacuums vers le sol et réduire ainsi la dispersion des poussières et l'exposition des abeilles aux néonicotinoïdes des traitements de semence. Qu'à cela ne tienne! Certains producteurs ont entrepris de fabriquer le leur, eux-mêmes.

Roger Naegeli est producteur d'œufs et de grandes cultures. À titre de représentant commercial pour les produits de marque Precision Planting, il tenait un kiosque à Expo-Champs, à Saint-Hyacinthe, en août dernier. C'est là que *Le Bulletin* a découvert le déflecteur sur son planteur. « C'est un prototype, dit Roger Naegeli. On va le tester au printemps. J'ai confiance qu'il fonctionnera bien. » Ce prototype est la preuve que n'importe quel producteur peut se fabriquer son propre kit de déflecteur. Il suffit d'être moindrement habile de ses mains et sensible au sort des insectes pollinisateurs.

Sur ce planteur John Deere à six rangs, il a suffi de fabriquer une boîte en métal, de la brancher d'une part sur la sortie du vacuum



et d'autre part sur un tuyau flexible de quatre pouces. Pour ralentir le débit d'air, des pièces de plastique ont été fixées à l'intérieur du tuyau. Vers le bas, le tuyau a été divisé en deux, ce qui contribue aussi à atténuer la force des jets d'air à leur sortie près du sol.

Voir à l'intérieur d'une vache...

Que se passe-t-il vraiment dans le rumen de vos vaches? Dans les centres de recherche, des chercheurs percent le côté d'une vache jusqu'au rumen et utilisent une fistule pour pouvoir prélever des échantillons d'aliments en cours de digestion. Il y a une autre façon de voir ce qui se passe dans le rumen de la vache. Les bolus sont des dispositifs qu'on fait avaler à une vache et qui demeureront dans le rumen de l'animal. Ils permettent de lire les données de pH et de température, ce qui permettra par la suite d'ajuster l'alimentation. Ces données indiquent même le moment où la vache boit.

De tels bolus ont été achetés par Agrinova, financés par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Ils serviront à la réalisation de ses projets de transferts technologiques menés par les groupes innovation en production laitière. « Si le pH est à 5,8, c'est l'idéal, explique Jean Girard, agent scientifique et d'innovation en production laitière chez Agrinova. Plus bas, la vache est en acidose et à 6,8, l'alimentation est

trop fibreuse. Ce qu'on veut, c'est avoir 5,8 à 5,9 sans tomber en acidose. »

Un projet avec ces bolus débutera en février prochain. Deux groupes de vaches seront comparés, celles dont les concentrés sont servis indépendamment de la ration partiellement mélangée, et celles dont le tiers des concentrés seront ajoutés dans la ration partiellement mélangée. Le but est d'éviter les pics de pH. Le maintien du pH optimal permet de conserver les bactéries utiles. Agrinova est la première organisation à obtenir des bolus en Amérique du Nord. Ils ont acheté 50 bolus de la compagnie Smaxtec Animal Care, distribués par iNOVOTEC Animal Care, à 650 \$ chacun.



DSA Laitier-Vétérinaire Mobile

Éditeur: DSAHR Inc.
L'application DSA Laitier-Vétérinaire Mobile fonctionne en tandem avec le logiciel DSA Laitier-Vétérinaire. Celui-ci permet au vétérinaire d'inscrire des informations critiques sans devoir traîner son ordinateur dans l'étable du producteur. Très utile dans les troupeaux en stabulation libre.

Disponible gratuitement sur l'App Store (iOS).

Tout va bien
avec le

lait



lelait.com



SI VOUS VOULEZ QU'ELLES
REEMPLISSENT LE RÉSERVOIR,
— vous devez —
REEMPLIR LE SILO-FAUSSE.

Les achats de produits de marque Pioneer® sont soumis aux conditions générales apparaissant sur l'étiquette et sur les documents reliés à l'achat.
Le logo ovale de DuPont est une marque déposée de DuPont.
Les marques de commerce et de service, ®, ™, MS sont utilisées sous autorisation par Pioneer Hi-Bred limitée. © 2014, PHL.



Pour obtenir le meilleur de votre troupeau, vous devez avoir de l'ensilage de maïs de qualité élevée, en grande quantité. Les produits d'ensilage de maïs de marque Pioneer® offrent un potentiel de rendement de premier rang, une excellente digestibilité de la fibre, et de solides caractéristiques



agronomiques. Cela signifie que vous pouvez remplir le silo d'un ensilage appétant, pendant que votre troupeau le consomme allègrement. Pour obtenir plus d'information, veuillez contacter votre représentant Pioneer ou visiter pioneer.com.



— Nos experts sont des produits locaux —

Saputo



Saputo produit, met en marché et distribue une vaste gamme de produits de la meilleure qualité, notamment du fromage, du lait nature, des produits laitiers et de la crème ayant une durée de conservation prolongée, des produits de culture bactérienne et des ingrédients laitiers.

Saputo est parmi les dix plus grands transformateurs laitiers au monde, le plus important au Canada, le troisième plus important en Argentine, le quatrième plus important en Australie et parmi les trois plus grands producteurs de fromage aux États-Unis.

Nos produits sont vendus dans plus de 40 pays sous des marques comme *Saputo*, *Alexis de Portneuf*, *Armstrong*, *Baxter*, *Dairyland*, *Dragone*, *DuVillage 1860*, *Friendship*, *Frigo Cheese Heads*, *Great Midwest*, *King's Choice*, *Kingsey*, *La Paulina*, *Lait's Go*, *Neilson*, *Nutrilait*, *Ricrem*, *Salemville*, *Stella*, *Sungold* et *Treasure Cave*.

Saputo inc. est une société publique dont les actions sont cotées à la Bourse de Toronto sous le symbole «SAP».

VIVALTO



NOUVEAU

RETOUR SUR INVESTISSEMENT

23*
POUR 1

**DÉCOUVREZ UNE INNOVATION
VIVEMENT PAYANTE !**

Les preuves
sont faites!

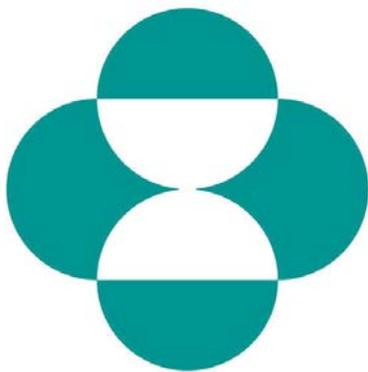
Au Québec, plus de

45 000
vaches

alimentées avec VIVALTO®

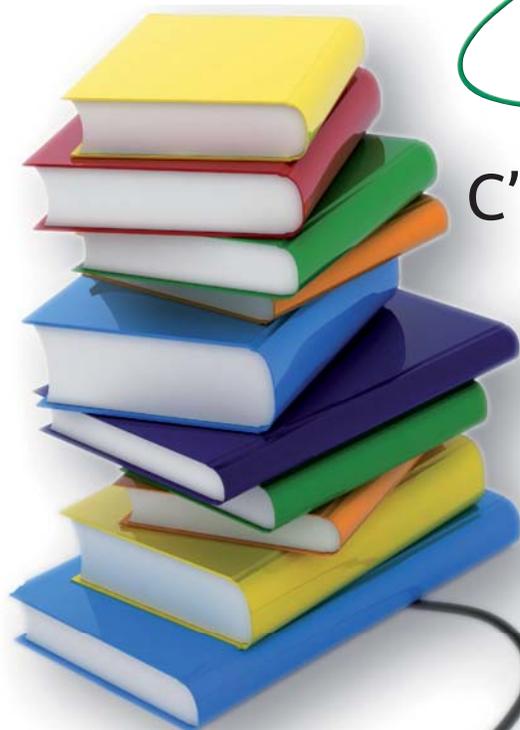
Vous aimeriez en savoir plus sur VIVALTO®?
Contactez le conseiller en nutrition laitière de votre
meunerie locale.

*Le retour sur investissement de 0 à 200 jours est basé sur le prix moyen du lait et des composantes en Ontario de septembre 2011 à août 2012 ainsi que sur le prix moyen du lait et des composantes au Québec d'août à juillet 2012. Les revenus et le retour sur investissement varieront selon le prix payé pour les matières grasses, les protéines et les SNG ainsi que le coût d'alimentation avec VIVALTO®.



MERCK

Santé animale



C'est **LA bibliothèque virtuelle**
agricole et agroalimentaire



**ABONNEZ-VOUS
C'EST GRATUIT!**

www.agrireseau.qc.ca

Ce service est offert grâce à la contribution de :

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec 

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC



CRAAQ

CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Besoin d'un coup de main?

Trouvez le professionnel qu'il vous faut!



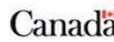
www.repertoiresducraaq.ca

Ciblez votre recherche par région, par service offert et par production parmi les différents répertoires. Que ce soit pour un appui à la commercialisation de vos produits, pour améliorer l'efficacité de votre entreprise, pour démarrer un nouveau projet ou pour résoudre une problématique, vous y trouverez la ressource dont vous avez besoin.

Cultivons l'avenir, une initiative fédérale-provinciale-territoriale

L'administration de l'axe 4 du Programme d'appui au développement des entreprises agricoles a été confiée au CEGA.

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec 

 Agriculture et
Agroalimentaire Canada Agriculture and
Agri-Food Canada
Canada 

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC


CRAAQ
CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

VENTE SUPREME SALE

80 Holstein, Ayrshire, Jersey,
Suisse Brune en vente
Pedigrees, shows, génomique
d'intérêts internationaux!



Jeudi,
6 novembre 2014, 17 h
Saint-Hyacinthe, QC Canada

Photos@Patty Jones



Sandy-Valley Planet Melody VG-87 2Yr

1-11 365 21 505 kg 3,8% 3,1% (471-473-453)
Fils en I.A.

Sa petite-fille, la #3 des filles de Distinction
IPV MPG 3298 VGD 3453 (09/14)



Comestar Lautamai Man O Man VG-87 2Yr

2-01 365 18 298 kg 4,2% 3,4% (414-473-437)
6 fils à Semex

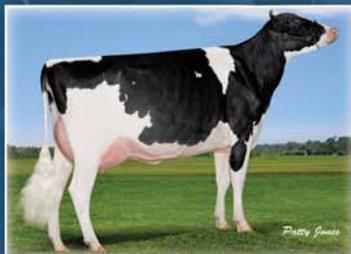
Sa fille x Jabir IPV MPG 3179 (08/14)



KHW Regiment Apple C-Red-ETN VG-89 (SM:90)

1^{er} 3 ans Sr & Grande Champ. Brant-Wentworth 2014
Soeur propre d'Apple & d'Apple3

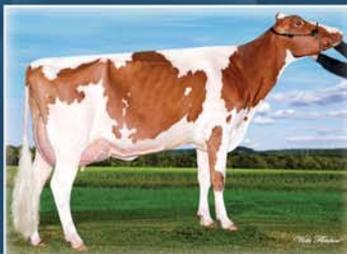
Sa fille R&W sept. 2014 x Blondin Prodigy Red



Smithden Goldwyn Breezy VG-88

Nom. All-Canadian 4H 1 an été 2011
Mère : EX-92 2E 1* · VG-87 2Yr 3* · VG-86 2*
VG-88 6* · EX 8*

4 ans dans la vente !



Skyreach DPR Durham Caramba VG-87 (SM:88)

2-01 9 402 kg 4,2% 3,4% (246-278-263)
Mères : VG-86 2Yr, Caramac-Red EX-92 2*
Grand Championne R&W Madison 2006

4 ans dans la vente !



Allyndale-I Sanchez Angelica VG-88

IPVG+2240 Conf+14

1-11 305 10 149 kg 3,4% 3,0% (263-241-252)

Mères : Shottle Aubry EX-92 2* x Atlee EX-92 7*

Filles par Goldwyn & Goldsun juin 2014 dans la vente!



Ratliff Minister Ruthie EX-91

1^{er} 2 ans Senior SIL 2012

Nom. All-Canadian 2 ans Senior 2012

Mère : Rastliff Pride Alicia EX-95,
All-American 4 ans 2008-2009-2010

Sa fille juillet 2014 x Tequila dans la vente!

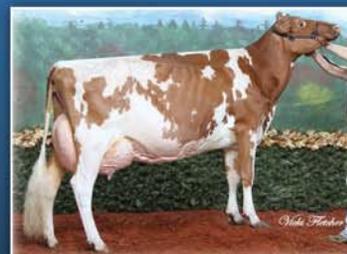


Co-Vale Fever Camila

Champ. Int. & Grande Champ. de rés. NY State Fair 2014

All-Canadian & All-American 1 an été 2012

Mères : VG-88 2Yr Carisma & 3 mères suivantes EX
Sa soeur propre sept. 2013 dans la vente!



De La Plaine Rhythm Romi EX 4E 3*

Champ. Inter. & Grande Champ. de rés. *Royal* 2007

Grande Champ. St-Agapit 2008-2009 & Victoriaville 2008

Sa fille x Prime mars 2014 dans la vente !

Gérants de la vente :

Pierre Boulet 418 234-3407
Jeff Stephens 905 317-8252
Jack Lomeo 315 778-7783

Boulet
Encans Boulet inc.

Dans le cadre



LE SUPRÊME LAITIÈR
SUPREME DAIRY SHOW
SAINT-HYACINTHE, QUÉBEC, CANADA

Catalogue en ligne sur
www.encansboulet.com

Les publications du CRAAQ en format numérique



Rendez-vous au craaq.qc.ca pour
découvrir tous les titres disponibles

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec

