

# Alimentation et régie des vaches en période de transition pour favoriser leur santé et les performances\*

**Thomas R. Overton, Ph.D.**  
Professeur/directeur du programme PRO-DAIRY  
Département des sciences animales  
Université Cornell, Ithaca NY

*Collaboration :*

**Paula A. Ospina, DVM, Ph.D.**, Department of Animal Science  
**Daryl V. Nydam, DVM, Ph.D.**,  
Department of Population Medicine and Diagnostic Sciences  
Cornell University, Ithaca NY

\*TRADUCTION SIMULTANÉE

Une initiative conjointe du  
Comité bovins laitiers et

Fédération  
 des producteurs  
de lait du Québec

  
**CRAAQ**  
CULTIVER L'EXPERTISE  
DIFFUSER LE SAVOIR

## **Alimentation et régie des vaches en période de transition pour favoriser leur santé et les performances**

La régie des vaches en période de transition est réussie si on obtient une production laitière élevée en début de lactation associée à une faible variation entre les vaches, si l'incidence des maladies métaboliques et l'immunosuppression sont faibles, si la perte de cote d'état de chair est contrôlée et si on parvient à contrôler ou à réduire le nombre de jours avant la première ovulation et à maintenir ou à améliorer le nombre de jours entre la première ovulation et la fertilité. Bien qu'il soit généralement admis, tant au sein de l'industrie laitière qu'en recherche, qu'il faille accepter une certaine part de compromis parmi ces différents facteurs, nous avons observé suffisamment de fermes ayant réussi à réunir toutes ces conditions de régie pour conclure que ces compromis peuvent être minimes au niveau de la ferme. Bien entendu, ces pratiques de régie englobent les stratégies nutritionnelles et la gestion de nombreux autres facteurs (p. ex., la gestion des groupes et des installations) qui peuvent influencer l'efficacité de la période de transition des vaches. Bien qu'il puisse être ardu d'intégrer toutes ces pratiques de régie de manière constante au quotidien, les bénéfiques sont une combinaison optimale des résultats souhaitables décrits ci-dessus et un potentiel de rentabilité supérieur sur l'entreprise.

Les stratégies nutritionnelles et les recommandations relatives aux vaches laitières en période de pré-vêlage n'ont cessé d'évoluer au cours des dernières années; néanmoins, nous croyons que notre compréhension accrue de la régulation métabolique qui est à la base de la santé et de la performance des vaches en transition, alliée à notre expérience sur le terrain, nous permet aujourd'hui de cibler les facteurs prépondérants en matière de gestion nutritionnelle des vaches durant cette période. Bien que les résultats des essais contrôlés individuels soient inégaux, nous demeurons convaincus que l'adhésion aux concepts qui ont été avancés permet un rendement supérieur en période de transition. Il va de soi que même une gestion optimale de la nutrition ne peut compenser entièrement les lacunes d'autres aspects de la régie des vaches en transition (surpopulation, gestion déficiente du stress thermique, cotes d'état chair élevées dues à une gestion déficiente de la reproduction et à une faible production laitière pendant la période de lactation).

Le but de cette conférence est de faire un survol des changements significatifs dans le métabolisme, la fonction immunitaire et le métabolisme oxydatif des vaches en transition, puis de décrire les éléments déterminants de la gestion nutritionnelle des vaches pendant le période de pré-vêlage, notamment en accordant une attention particulière à la régie au début de la période de tarissement (du moment du tarissement jusqu'à environ trois semaines avant le vêlage) et de la période de préparation au vêlage (les trois dernières semaines avant le vêlage), de même qu'à la gestion nutritionnelle des vaches en tarissement court réunies en un seul groupe. Nous décrivons aussi les principaux facteurs à surveiller quant à la gestion des groupes et des installations pendant la période de transition, considérant qu'une transition réussie dépend de l'intégration de ces deux facteurs. Enfin, nous discuterons de l'utilisation de tests de diagnostic associés au métabolisme énergétique pour l'évaluation des programmes de transition à l'échelle des troupeaux.

### **APERÇU DU MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE, DE LA FONCTION IMMUNITAIRE ET DU MÉTABOLISME OXYDATIF CHEZ LES VACHES LAITIÈRES EN TRANSITION**

Chez la vache laitière, la période de transition est la période pendant laquelle surviennent les changements quotidiens les plus considérables et les plus dynamiques quant à la demande nutritionnelle et à la répartition de l'apport des nutriments entre les différentes fonctions

physiologiques. La demande en énergie ainsi que celle de la plupart des nutriments monte en flèche au cours des quelques jours qui précèdent et qui suivent le vêlage (Overton et Waldron, 2004). Les vaches laitières s'adaptent à ces augmentations marquées des besoins nutritionnels visant à supporter leur production laitière par des mécanismes de régulation homéorétique singuliers (Bauman et Currie, 1980; Bell, 1995).

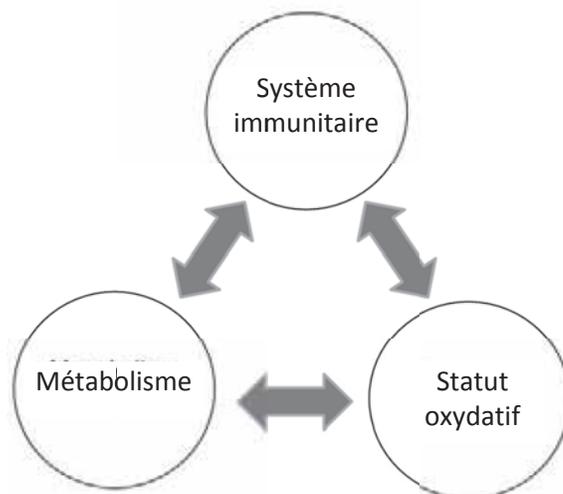
Simultanément à ces modifications des besoins nutritionnels, les vaches en transition traversent une période de capacité immunitaire réduite qui se manifeste particulièrement quelques semaines avant et après le vêlage (Goff et Horst, 1997; Overton et Waldron, 2004). Ainsi, la période pendant laquelle le potentiel de maladies infectieuses et métaboliques est le plus élevé chevauche la période pendant laquelle la production laitière connaît sa plus forte croissance (Ingvarstsen *et al.*, 2003). Par ailleurs, Sordillo et Aitkin (2009) ont décrit les changements qui surviennent dans le métabolisme oxydatif et les répercussions d'une production accrue de formes réactives de l'oxygène (FRO) pendant la période de transition.

Il est de plus en plus évident qu'il existe une influence réciproque substantielle entre le métabolisme énergétique, la fonction immune et le métabolisme oxydatif chez la vache en transition et que ces systèmes ne peuvent être considérés indépendamment les uns des autres (Figure 1). Par exemple, le stress oxydatif peut être une cause sous-jacente significative d'une réponse immunitaire dysfonctionnelle de l'hôte parce que la production de FRO est augmentée en raison des adaptations physiologiques et métaboliques exceptionnelles (Sordillo et Aitken, 2009). De plus, des antioxydants comme la vitamine E et le sélénium (Se) sont associés à la résistance à la mammite lorsqu'ils sont administrés en suppléments pendant la période de transition (Sordillo et Aitken, 2009). Ces résultats suggèrent que le statut oxydatif peut être relié à des problèmes fonctionnels du système immunitaire.

Un bilan énergétique négatif a aussi été associé à l'immunodéficience périnatale. Kimura *et al.* (1999) ont rapporté que l'activité de la myéloperoxydase des neutrophiles diminuait à l'approche du vêlage, tant chez les vaches intactes que chez celles ayant subi une mastectomie; toutefois, ils mentionnent également que l'activité de cette enzyme revient aux valeurs prépartum en une semaine après le vêlage chez les vaches mastectomisées, mais demeure basse pendant les premiers 20 jours suivant le vêlage pour les vaches intactes (Kimura *et al.*, 1999). Cette observation laisse présumer que la forte demande énergétique et le bilan énergétique négatif des vaches intactes auraient un effet modulateur sur le système immunitaire. Moyes *et al.* (2010a; 2010b) ont quant à eux rapporté qu'au cours d'une provocation intramammaire, le bilan énergétique négatif avait causé une régulation négative des gènes codant pour le complexe majeur d'histocompatibilité de classe II chez les neutrophiles et d'autres gènes favorisant le développement, la prolifération et la croissance des cellules mammaires, ce qui signifierait que le déficit énergétique pourrait être relié non seulement à l'affaiblissement des neutrophiles, mais aussi au mécanisme responsable de la sensibilité accrue aux mammites durant la période de transition. Les métabolites associés au déficit énergétique ont aussi été associés aux effets néfastes sur la fonction immune. Hoeben (1997) a démontré que l'acide  $\beta$ -hydroxybutyrique (ABHB) ajouté *in vitro* avait un effet inhibiteur sur la flambée oxydative des neutrophiles provenant du sang de vaches multipares, tandis que Hammon *et al.* (2006) rapportent que les concentrations d'acides gras non estérifiés (AGNE) durant la première semaine post-partum étaient inversement proportionnelles à l'activité de la myéloperoxydase des neutrophiles.

Ces observations montrent que le système immunitaire est associé non seulement au statut oxydatif, mais aussi au métabolisme; toutefois, des relations existent également entre le statut oxydatif et le métabolisme. Bernabucci *et al.* (2005) ont signalé que les vaches ayant de fortes concentrations plasmatiques d'ABHB et d'AGNE présentaient de plus fortes concentrations de métabolites réactifs de

l'oxygène et de substances réactives à l'acide thiobarbiturique, ainsi que des niveaux plus faibles d'antioxydants plasmatiques durant la période de transition. Castillo *et al.* (2006) ont démontré que le malondialdéhyde plasmatique était associé positivement aux AGNE sériques à la fin de la période de tarissement. Ces résultats suggèrent que les vaches soumises à un stress oxydatif élevé présenteraient un déficit énergétique marqué et une plus forte mobilisation des lipides, bien que les relations de cause à effet n'aient pas été élucidées.



**Figure 1. Trois systèmes physiologiques interreliés affectant les vaches laitières durant la période de transition**

Les trois systèmes illustrés à la figure 1 sont clairement interreliés et interdépendants. Néanmoins, nous croyons qu'il existe un concept primordial relié à l'importance de l'équilibre, à l'intérieur de ces systèmes et entre eux. Sordillo *et al.* (2009) ont décrit « l'équilibre délicat » devant être conservé dans le système immunitaire afin que l'activité soit suffisante pour éliminer l'envahisseur, tout en restreignant suffisamment la réponse pour éviter que les tissus adjacents ne soient endommagés. Le même concept s'applique aux autres systèmes; les adaptations homéorétiques du métabolisme énergétique nécessaires à l'initiation d'une production laitière abondante entraînent un déficit énergétique et une hausse des concentrations sanguines d'AGNE et d'ABHB, même chez les vaches saines (Bauman et Currie, 1980; Bell, 1995); toutefois, un trop fort déficit énergétique est inquiétant en ce qu'il compromet la santé et la productivité (Ospina *et al.*, 2010a; Ospina *et al.*, 2010b). Les formes réactives de l'oxygène sont nécessaires aux processus métaboliques normaux comme le métabolisme énergétique, la croissance et la différenciation cellulaire, et pour éliminer les pathogènes (Miller *et al.*, 1993); toutefois, la production excessive de FRO par rapport aux mécanismes de défense antioxydants conduit au stress oxydatif (Sordillo *et al.*, 2009).

### **GESTION NUTRITIONNELLE CHEZ LES VACHES EN DÉBUT DE PÉRIODE DE TARISSEMENT**

Traditionnellement, la gestion nutritionnelle des vaches laitières en début de période de tarissement recevait peu d'attention. En effet, plusieurs aspects de la gestion nutritionnelle (par ex., l'apport en minéraux au-delà des besoins nutritionnels de base) semblent beaucoup moins importants pendant cette période que pendant la période de préparation au vêlage. Toutefois, plusieurs études (Agenas *et al.*, 2003; Dann *et al.*, 2006; Douglas *et al.*, 2006; Holtenius *et al.*, 2003), y compris des travaux récents à notre laboratoire (Schoenberg et Overton, 2011) au cours desquels des vaches tariées ont été suralimentées, soit uniquement pendant le début de la période de tarissement, soit jusqu'au vêlage,

donnent à penser que la suralimentation conduit à une plus grande résistance à l'insuline pendant la période péripartum. Ce résultat entraîne habituellement une consommation réduite de matière sèche, une mobilisation accrue des réserves et donc une baisse de la cote d'état de chair, une concentration plus élevée d'AGNE dans la circulation sanguine, un risque accru de troubles métaboliques et des performances inférieures de production laitière et de reproduction. Afin d'éviter ces problèmes potentiels, nous adaptions habituellement la ration de manière à ce que l'apport énergétique atteigne de 110 à 120 % des besoins énergétiques pendant cette période. Pour la plupart des Holstein, on vise un apport d'énergie nette de lactation (ENL) de 15 à 17 Mcal/jour, tandis que les densités énergétiques au début de la période de tarissement ne devraient pas dépasser 1,30 à 1,35 Mcal/kg d'ENL. La base fourragère de cette ration est fréquemment constituée de foin mature ou d'ensilage d'herbe et de légumineuses avec peu de suppléments énergétiques provenant de sources concentrées. Étant donné que les fortes teneurs en potassium du fourrage ne constituent pas un problème au début de la période de tarissement, le choix des fourrages est donc plus grand dans ces rations. On vise aussi un apport en protéines métabolisables de l'ordre de 1 000 g/jour – calculé selon les modèles laitiers CPM/CNCPS ou du NRC 2001 –, ce qui nécessite habituellement l'ajout de suppléments protéiques dans la ration, ainsi qu'un mélange de minéraux et de vitamines. Selon la quantité d'ensilage utilisée dans cette diète, les proportions de protéines brutes (PB) totales devraient se situer entre 12 et 16 %. Les rations contenant plus d'ensilage offrent des niveaux de PB plus élevés, mais elles n'apportent habituellement que peu de protéines métabolisables si l'apport en glucides fermentescibles est limité. Des lignes directrices plus complètes pour l'élaboration de rations de début de période de tarissement sont présentées au tableau 1.

## GESTION NUTRITIONNELLE DES VACHES EN PÉRIODE DE PRÉPARATION AU VÊLAGE

À la différence du début de la période de tarissement, la gestion nutritionnelle des vaches laitières en période de préparation au vêlage comporte plusieurs facteurs d'une importance capitale : les apports de macrominéraux, d'énergie, de protéines et d'acides aminés.

**Considérations sur l'apport de macrominéraux chez les vaches en période de préparation au vêlage.** La majorité des recherches réalisées sur les apports en macrominéraux chez les vaches en préparation au vêlage visaient la prévention de la fièvre vitulaire (ou fièvre de lait) et d'autres maladies de cet ordre. L'étude épidémiologique de Curtis *et al.* (1985) faisait état d'une relation intéressante, plus précisément l'absence d'association entre la teneur en calcium (Ca) de la diète prépartum et la fréquence de la fièvre vitulaire. En effet, le NRC (2001) n'a pas tenu compte de la possibilité que des diètes suffisamment pauvres en calcium pour prévenir l'hypocalcémie puissent être administrées pendant la période prépartum. Ils ont plutôt mis l'accent sur l'approche consistant à ajuster la différence cation-anion  $[[Na^+ + K^+] - [Cl^- + S^{2-}]]$  pour prévenir l'alcalose métabolique et peut-être induire une acidose métabolique. Horst *et al.* (1997) avancent l'hypothèse que cette correction de l'alcalose métabolique pourrait prévenir les changements de conformation du récepteur de la parathormone sur les os et les reins et ainsi faciliter la mobilisation du Ca des os et la synthèse de la vitamine D. Il a été démontré à plusieurs reprises que les diètes prépartum comprenant une différence alimentaire cations-anions (DACA) négative réduisaient l'hypocalcémie subclinique et clinique chez les vaches prédisposées à la fièvre vitulaire (Block, 1984; Joyce *et al.*, 1997; Horst *et al.*, 1997).

Actuellement, un débat existe quant à savoir si une correction suffisante de l'hypocalcémie peut être obtenue par la seule diminution du contenu en cations (Na et K) dans la diète prépartum, sans l'ajout d'anions provenant de sources minérales ou acides (HCl). La littérature actuelle est équivoque sur la possibilité qu'une réduction du potassium (K) alimentaire et une réduction de DACA modérée soient

suffisantes pour éviter la fièvre vitulaire ou que les troupeaux prédisposés à la fièvre vitulaire puissent bénéficier de diètes avec une DACA de -100 à -150 mEq/kg de matière sèche (MS). Goff et Horst (1997) ont rapporté qu'une réduction du K alimentaire à 1,1 % de la MS était suffisante pour éviter la fièvre vitulaire clinique chez des vaches Jersey multipares; néanmoins, l'incidence de l'hypocalcémie subclinique n'était pas réduite. Moore *et al.* (2000) signalent quant à eux que les vaches dont la ration avait une DACA de 0 mEq/kg de MS présentaient des indices de Ca métabolique intermédiaires comparativement à des vaches dont la ration contenait -150 ou +150 mEq/kg de MS; toutefois, une la ration avec une DACA de 0 mEq/kg n'était pas suffisante pour prévenir l'hypocalcémie liée au vêlage chez les vaches Holstein. Plusieurs troupeaux laitiers du nord-est et du Haut-Midwest américain ont un accès suffisant à des aliments pauvres en potassium, comme l'ensilage de maïs et d'autres fourrages à base de graminées, ce qui permet d'abaisser la teneur en potassium des rations de préparation au vêlage à 1,3 % de la MS ou moins.

Nous avons mené une étude pour vérifier si, dans le contexte d'une alimentation prépartum pauvre en potassium, une réduction plus poussée de la DACA améliorerait le statut minéral chez des vaches en période de transition (Ramos-Nieves *et al.*, 2009). À partir du jour 21 avant la date de vêlage anticipée, les vaches témoins ont reçu une ration dont la teneur en potassium était de 1,29 % et dont les fourrages étaient de l'ensilage de maïs et de la paille de blé. La DACA calculée était de +100 mEq/kg de MS. Les vaches assignées à recevoir une ration avec supplément anionique recevaient la même ration de base à laquelle s'ajoutaient des anions sous forme de sulfate de calcium et un supplément anionique commercial à base de chlorure. La concentration en potassium de cette ration était aussi de 1,29 %, mais l'addition de suppléments anioniques diminuait la valeur calculée de DACA à -150 mEq/kg de MS. Ces rations ont été administrées jusqu'au vêlage, après quoi toutes les vaches ont reçu la même ration de lactation.

Des échantillons de sang de chacune des vaches ont été recueillis plusieurs fois avant le vêlage, deux fois dans les 24 heures suivant le vêlage et quotidiennement au cours des cinq jours suivants, de manière à bien caractériser les effets du traitement sur le statut minéral sanguin. Les suppléments anioniques tendaient à accroître les taux de calcium sanguin au cours des premières 24 heures suivant le vêlage (8,0 mg/dl comparativement à 7,1 mg/dl), mais n'ont pas modifié la proportion de vaches déclarées en hypocalcémie clinique ou subclinique. Dans cette étude, près de 50 % des vaches ont été considérées en état d'hypocalcémie subclinique pendant les premiers jours suivant le vêlage. La signification de cette hypocalcémie subclinique n'est pas entièrement connue; toutefois, Martinez *et al.* (2012) ont observé que chez les vaches qui présentaient une hypocalcémie subclinique, les neutrophiles étaient moins fonctionnels, les concentrations d'AGNE et d'ABHB étaient plus élevées, tout comme l'incidence de maladies utérines, et le risque de devenir gestantes en début ou en milieu de lactation était plus faible. Lors de cette même étude, nous avons observé que les suppléments anioniques augmentaient les concentrations de phosphore sanguin et diminuaient la proportion de vaches considérées en hypophosphatémie clinique ou subclinique pendant les premiers jours suivant le vêlage. La plupart des études menées précédemment ne s'attardaient qu'aux effets de la DACA sur le calcium sanguin, mais de faibles taux de phosphore sanguin entraînent aussi des problèmes liés aux minéraux chez les vaches fraîches vélées.

Deux méta-analyses publiées étayaient certains concepts relatifs à l'application des principes de la DACA dans la prévention de la fièvre vitulaire et remettent en cause d'autres concepts relatifs à la consommation de macrominéraux pendant la période prépartum. Il est important de garder à l'esprit que les méta-analyses sont d'excellents outils pour intégrer plusieurs études et pour formuler des hypothèses vérifiables, mais il peut être délicat de les utiliser comme preuve de mécanismes biologiques. Charbonneau *et al.* (2006) ont déterminé que parmi les nombreuses équations avancées

au fil du temps pour calculer la DACA, celle qui inclut une sous-pondération pour le soufre  $[(Na^+ + K^+) - [Cl^- + 0,6 S^{-2}]]$  (Goff *et al.*, 2004) est la plus fortement associée à la fièvre vitulaire clinique et au pH urinaire (fait intéressant, l'équation expliquait davantage la variation du pH urinaire que l'incidence de la fièvre). De plus, les auteurs proposent une cible de pH urinaire plus modeste (7,0) que ce qui est généralement proposé (6,0 à 7,0) – cette proposition est plus cohérente avec l'approche suggérant de réduire les cations dans la diète prépartum et de compléter partiellement en anions.

Dans l'autre méta-analyse, Lean *et al.* (2006) constatent la justesse de l'équation  $[(Na^+ + K^+) - [Cl^- + S^{-2}]]$  pour ce qui est de la fièvre vitulaire, mais avancent que le fait d'accroître le calcium dans la diète prépartum jusqu'aux concentrations proposées dans cet article (0,9 à 1,0 % de la MS) risquerait d'augmenter l'incidence de la fièvre vitulaire. Qui plus est, le fait d'augmenter le Ca jusqu'à des concentrations très élevées (2,0 à 2,5 % de la MS) ferait baisser considérablement l'incidence de la fièvre vitulaire, tout comme des concentrations très faibles (anormalement faibles) de Ca. Moore *et al.* (2000) ont déterminé que l'augmentation des teneurs en Ca et la diminution simultanée de la DACA amélioreraient le statut de la DACA. Chan *et al.* (2006) ont signalé que des concentrations de Ca de 0,99 ou de 1,50 % dans la diète prépartum, associées à une supplémentation en sels anioniques, maintenaient le Ca sérique à des niveaux adéquats en période péripartum. Bien que ce sujet d'étude requière plus d'attention, nous sommes en mesure de recommander des apports de Ca dans la diète prépartum, quelle que soit la stratégie adoptée en ce qui concerne la DACA.

Lean *et al.* (2006) ont aussi associé une augmentation de la concentration du magnésium (Mg) dans la diète prépartum à des baisses prononcées du risque de fièvre vitulaire. D'autres chercheurs (Jittakhot *et al.*, 2004) ont démontré que des teneurs élevées en K alimentaire interfèrent avec l'absorption du Mg par le rumen; nous présumons donc qu'une diminution du K et la supplémentation en Mg dans la diète prépartum produiraient des résultats positifs. Lean avance qu'une hausse de la teneur en phosphore (P) de 0,3 % à 0,4 % de la MS dans la diète prépartum ferait augmenter le risque de fièvre vitulaire de 18 %. Cette hypothèse est cohérente avec les données de Peterson *et al.* (2005), qui ont déterminé que le Ca sérique était plus bas avant le vêlage et jusqu'à deux jours après celui-ci chez des vaches qui recevaient 0,44 % de P, comparativement à des vaches ayant reçu 0,21 ou 0,31 % de P en période prépartum.

**Nutrition énergétique des vaches en période de préparation au vêlage.** Comme nous l'avons vu précédemment, l'un des objectifs fondamentaux de l'alimentation des vaches en période de préparation au vêlage consiste à contrôler l'apport énergétique de manière à répondre aux besoins énergétiques sans trop les excéder. Comme il l'a été bien documenté par le passé et appuyé par des études récentes (Ospina *et al.*, 2010a; 2010b; 2010c), une alimentation qui ne satisfait pas aux besoins énergétiques en période de préparation au vêlage, tel que mis en évidence par des concentrations élevées d'AGNE, donne lieu à une incidence accrue de troubles métaboliques post-partum, ainsi qu'à une réduction de la production laitière et des performances de reproduction. Tout comme au début du tarissement, des apports énergétiques qui excèdent passablement les besoins semblent produire une résistance plus grande à l'insuline, une cascade métabolique conduisant à une consommation volontaire de matière sèche (CVMS) réduite après le vêlage, une baisse accrue de l'état de chair, un risque plus élevé de problèmes métaboliques et de moins bonnes performances de lactation et de reproduction.

Pendant la période de préparation au vêlage, nous visons habituellement un apport énergétique de l'ordre de 110 à 120 % des besoins énergétiques. Pour les vaches Holstein, cela correspond de 16 à 18 Mcal/jour d'ENL. Comme point de départ, nous recommandons une ration contenant approximativement 1,45 Mcal/kg d'ENL si le groupe est composé d'un mélange de vaches multipares et de taures et d'environ 1,38 à 1,40 Mcal/kg d'ENL si le groupe est composé de vaches qui entrent dans leur deuxième lactation ou plus et si la CVMS est élevée. Ces densités énergétiques sont ajustées en

fonction de la consommation de matière sèche réelle des vaches afin d'atteindre les cibles énergétiques décrites ci-dessus pendant la période de préparation au vêlage. Des lignes directrices plus complètes pour l'élaboration des rations de préparation au vêlage sont présentées au tableau 1.

**Apport en protéines et en acides aminés.** Nous visons un apport en protéines métabolisables (PM) basé sur les prédictions du CNCPS et du NRC 2001, soit de 1 100 à 1 200 grammes par jour pour les vaches en préparation au vêlage. Puisque les rations moins énergétiques administrées en préparation au vêlage et décrites ci-dessus contiennent habituellement des quantités limitées de glucides rapidement fermentescibles (16 à 18 % d'amidon), la synthèse microbienne de protéines est limitée et les rations doivent généralement contenir de 1 à 2 kg de sources de protéines non dégradables dans le rumen pour atteindre les recommandations ci-dessus en termes de protéines métabolisables. Ainsi, la proportion totale de PB de la ration varie habituellement entre 13 et 15 %. De plus, les recherches tendent à suggérer des concentrations de méthionine et de lysine dans les rations de préparation au vêlage similaires à ce qu'on utilise pour les vaches en lactation (2,2 à 2,3 % de la PM pour la méthionine et de 6,6 à 6,8 % de la PM pour la lysine).

## STRATÉGIES DE GESTION NUTRITIONNELLE POUR LES VACHES TARIÉS EN UN SEUL GROUPE

L'évolution vers un contrôle de l'apport énergétique pour les vaches en début de tarissement et en période de préparation au vêlage, associée avec la popularité des périodes de tarissement courtes, fait en sorte que l'adoption d'une stratégie nutritionnelle unique pour les vaches pendant toute leur période de tarissement est de plus en plus fréquente. Dans ce cas également, nous visons un apport énergétique équivalent à 110 à 120 % des besoins énergétiques, ce qui se traduit habituellement par des rations contenant de 1,35 à 1,40 Mcal/kg d'ENL. Le contenu en macrominéraux de la ration pour un seul groupe est le même que pour la ration de préparation au vêlage, soit une faible teneur en potassium et une supplémentation en calcium, en magnésium et en anions en quantité suffisante pour prévenir l'hypocalcémie. Richards *et al.* (2009) ont récemment comparé une stratégie en un groupe unique à une stratégie à deux groupes dans laquelle les vaches en préparation au vêlage recevaient une ration à fort contenu énergétique (1,61 Mcal/kg d'ENL). Les vaches nourries en un seul groupe avec une ration à énergie contrôlée (1,32 Mcal/kg) pendant la totalité de la période sèche avaient des indicateurs métaboliques (AGNE, ABHB) améliorés, comparativement aux vaches nourries selon le système à deux groupes. Nous nous attendons à ce que l'approche à un seul groupe avec apport énergétique contrôlé produise des résultats similaires à ceux d'une stratégie à deux groupes dans laquelle l'apport énergétique est ajusté pour les deux groupes entre 110 et 120 % des besoins. Le choix entre une stratégie à deux groupes et une stratégie à un seul groupe repose largement sur la facilité d'implantation de ces régimes sur chaque ferme. Certaines données laissent entrevoir qu'un régime d'alimentation en un seul groupe avec un contrôle de l'apport énergétique pourrait entraîner un déficit énergétique. Janovick et Drackley (2010) ont donné à des vaches primipares et multipares soit une ration à niveau d'énergie contrôlé (1,21 Mcal/kg d'ENL) servie à volonté, soit une ration à forte teneur énergétique (1,63 Mcal/kg d'ENL) donnée pour répondre soit à 80 % ou à 150 % des besoins énergétiques dictés par le NRC (2001). Les vaches multipares ayant reçu la ration à niveau d'énergie contrôlé ont mieux maintenu leur CVMS en période pré-vêlage, présentaient une CVMS supérieure après le vêlage ainsi que moins d'AGNE dans le sang, et ont moins perdu de condition de chair que les vaches soumises à la ration à fort apport énergétique (150 % de l'énergie absorbée), mais elles ont aussi produit moins de lait.

## GESTION DES GROUPES ET DES INSTALLATIONS POUR LES VACHES EN TRANSITION

Même la meilleure approche nutritionnelle pour les vaches taries peut être déséquilibrée par des problèmes relatifs à la gestion des groupes et des installations durant la période de transition. Généralement, ce sont des sujets d'études pour lesquels il est difficile de réaliser des recherches contrôlées en raison du besoin de répétition des parcs lorsque l'on étudie plusieurs facteurs chez des bovins élevés en groupe. En conséquence, nos connaissances se fondent sur un ensemble d'essais contrôlés, d'observations et d'expériences sur le terrain. Les principaux facteurs qui interviennent dans les différents scénarios de régie des vaches en transition sont la densité de logement, le mélange des vaches multipares et des taures, la fréquence et le nombre de déplacements et la réduction du stress thermique.

**Densité du logement.** Parmi tous les facteurs qui ont trait au groupage et aux installations et qui ont été évalués chez les vaches en transition, la densité de logement des groupes pendant la période prépartum est celui qui a reçu le plus d'attention (Cook et Nordlund, 2004; Nordlund *et al.*, 2007). Malheureusement, la plupart des recommandations actuelles (p. ex., densité optimale de logement à 80 % du cornadis ou 30 po (0,8 m) d'espace par vache; Cook et Nordlund, 2004) sont davantage fondées sur des observations que sur des essais réalisés avec échantillons aléatoires et parmi celles-ci, les avantages d'une densité réduite n'ont été observés que chez les primipares. Bien que les expériences sur le terrain corroborent les avantages d'une diminution de la densité dans plusieurs situations, ces études basées sur l'observation ne permettent pas de déterminer véritablement la densité optimale de logement, laquelle varie sans doute d'une ferme à l'autre en fonction des différentes caractéristiques de groupage et des installations.

Proudfoot *et al.* (2009) ont évalué les effets de la compétition à la mangeoire sur certains aspects du comportement des vaches en période de transition. Les vaches étaient assignées à un traitement compétitif (2 vaches par auge d'alimentation Insentec) ou non compétitif (1 vache par auge) à partir de 18 jours avant la date prévue du vêlage et jusqu'à 18 jours après le vêlage. Les vaches primipares et multipares alimentées en situation de compétition ont été déplacées des bacs d'alimentation trois fois et deux fois respectivement, aussi fréquemment que les vaches nourries sans compétition. Mis à part ces déplacements, la compétition n'a pas modifié la plupart des autres indicateurs de l'alimentation ni le comportement des vaches primipares au moment des repas. Chez les vaches multipares, l'alimentation compétitive a résulté en des visites plus fréquentes, mais des temps d'alimentation plus courts et en une tendance à réduire la CVMS dans la dernière semaine avant le vêlage, en temps d'alimentation réduits dans la première semaine post-vêlage, et en une vitesse plus élevée d'alimentation dans la 2<sup>e</sup> semaine post-vêlage. Autre fait intéressant, l'alimentation compétitive a aussi eu pour conséquence que les vaches multipares ont passé plus de temps debout et moins de temps au repos pendant la période de pré-vêlage et la première semaine post-vêlage.

Dans une étude réalisée de façon similaire par la même équipe de chercheurs, Hosseinkhani *et al.* (2008) ont voulu déterminer si l'alimentation compétitive affectait le comportement de tri pendant la période prépartum, tel qu'évalué par le changement de taille des particules. La ration totale mélangée (RTM) contenait en moyenne de 49,5 % de MS et la distribution des particules de la RTM originale, estimée selon le *Penn State Particle Separator* (basé sur la MS), était la suivante : plateau supérieur 18,1 %, plateau intermédiaire 32,3 %, plateau inférieur 33,4 % et plateau du fond 16,2 %. Sans égard au traitement quant à la compétitivité, les vaches effectuaient un tri pour exclure les particules les plus longues, aussi bien 4 heures que 12 heures après le repas précédent. Bien que l'alimentation compétitive n'ait pas affecté le comportement de tri, le temps total d'alimentation par jour ni la CVMS, les vaches nourries en situation de compétition se nourrissaient plus rapidement et prenaient des repas moins fréquemment. Krawczel *et al.* (2009) ont obtenu des résultats qui sont cohérents avec ces

observations, soit que l'accroissement de la densité à l'aire d'alimentation (100, 133, 150, et 200 %) élevait la vitesse d'alimentation durant les 21 premiers jours post-partum. En l'absence de surpopulation dans la stabulation libre, ils ont déterminé que la densité à l'aire d'alimentation n'avait pas d'influence sur la CVMS totale ni sur le temps passé en station debout.

Récemment, nous (Huzzey *et al.*, 2012) avons réalisé une étude au cours de laquelle nous avons évalué les effets du surpeuplement (200 % comparativement à 100 % de densité à la mangeoire et aux stalles) sur le comportement alimentaire, sur certains aspects de la physiologie du stress et sur le métabolisme des vaches tarées. En dépit de changements importants du schéma d'alimentation, le temps moyen d'alimentation par animal est resté presque identique entre les deux groupes et la valeur moyenne de la CVMS du groupe a en fait augmenté pour celui à densité élevée (CVMS d'env. 15 vs 14 kg/j). Les vitesses d'alimentation observées, plus élevées chez le groupe à plus forte densité, ont été cohérentes avec les résultats d'autres études qui évaluaient les effets de la densité sur le comportement alimentaire. Malgré une CVMS plus élevée, les vaches du groupe surpeuplé présentaient une concentration supérieure d'AGNE et tendaient à avoir des concentrations élevées de métabolites du cortisol dans leurs fèces, un indice du rôle joué par la physiologie du stress dans la réponse au traitement. En plus des effets globaux sur le groupe, les taures qui étaient mêlées à des vaches plus âgées ont davantage réagi à la hausse de la densité du logement. Cette observation est cohérente avec celle de Cook et Nordlund (2004), qui ont postulé que les effets des conditions d'hébergement et de l'environnement ne sont pas les mêmes chez tous les animaux, mais qu'ils sont plus marqués chez les animaux fragilisés ou chez ceux qui occupent un rang moins élevé dans le groupe.

**Cohabitation des vaches primipares et multipares.** Nous sommes d'avis que le mélange des vaches primipares et multipares, une pratique qui est fréquente tant avant qu'après le vêlage, devrait être éliminé et que les fermes laitières du nord-est qui pratiquent l'élevage en stabulation libre gagneraient à séparer ces vaches. Dans une de nos recherches qui a porté sur des élevages commerciaux, un fort pourcentage (près de 50 %) des vaches primipares présentaient des concentrations élevées d'AGNE avant le vêlage, signe d'un statut énergétique défavorable (données d'Ospina *et al.*, 2010a; 2010b; 2010c). Nous n'avons pas quantifié les effets de groupage dans cette étude, mais nous pensons que la majorité des troupeaux avait des groupes séparés entre les primipares et les multipares pendant la lactation, certains troupeaux avaient probablement une gestion séparée des vaches fraîchement vêlées, alors que pratiquement aucun des élevages ne séparait les taures des vaches pendant la période de transition. Nous spéculons que la compétition entre les taures et les vaches a nui aux taures. Bien que le manque d'essais contrôlés sur la cohabitation soit encore plus flagrant que pour la densité de logement, il est pertinent de noter que les effets négatifs des fortes densités rapportés par Nordlund *et al.* (2007) ci-dessus se limitaient aux rendements en lait chez les vaches primipares. De plus, après leur introduction dans un groupe mélangé, les primipares montraient des réponses plus marquées du cortisol à la suite d'un test de provocation à la corticotrophine (ACTH), comparativement aux multipares (Gonzalez *et al.*, 2003). Il ne fait aucun doute que cet aspect de la régie des troupeaux requiert davantage d'essais réalisés avec répartition aléatoire et, si possible, que l'on s'attarde davantage aux réalités du terrain.

**Changements d'enclos.** L'un des principaux sujets d'étude de Cook et Nordlund (2004) était la question du nombre de déplacements pendant les périodes précédant et suivant le vêlage. Dans plusieurs systèmes de gestion de la transition en stabulation libre, il n'est pas rare que les vaches soient déplacées cinq ou six fois au cours des six semaines entourant le vêlage. Les auteurs proposaient d'éliminer les changements de groupe de 2 à 5 jours avant le vêlage et de raccourcir la période passée dans un groupe de surveillance des vaches fraîchement vêlées. Ces recommandations découlaient d'un ensemble d'études antérieures qui suggéraient que l'adaptation sociale à de nouveaux groupes nécessite de

48 heures à 7 jours, et que les vaches occupant un rang inférieur dans le groupe étaient plus affectées par les changements de groupe. Plus récemment, von Keyserlingk *et al.* (2008) ont rapporté que des vaches en milieu de lactation introduites dans un nouveau groupe étaient délogées significativement plus souvent (2,5 fois) de la mangeoire le jour du changement de groupe comparativement aux trois jours le précédant, et que ce nombre diminuait lentement dans les deux jours suivants. Les périodes et les heures de repos diminuaient aussi de façon similaire le jour du changement de groupe et revenaient à la normale les jours suivants. La production laitière diminuait pour sa part d'environ 3,5 kg/j le jour du changement de groupe seulement (43,4 vs 39,7 kg/j). Bien qu'il y ait trop peu de données obtenues dans le cadre d'études contrôlées portant spécifiquement sur les changements d'enclos et le moment de ces déplacements pendant la transition, la pratique générale consistant à réduire les changements de groupes pendant cette période semble avoir porté fruit pour les fermes qui l'ont adoptée, aussi bien pour la santé des vaches fraîches vèlées que pour la gestion du vêlage.

Une pratique qui a retenu l'attention sur le terrain sans toutefois avoir fait l'objet de recherches contrôlées, du moins à la connaissance de l'auteur, est le concept d'élevage en tout-plein pour les vaches en période de préparation au vêlage. Dans ce cas, le déplacement hebdomadaire habituel des vaches vers un groupe en préparation au vêlage se fait dans un enclos différent chaque semaine, et ce, en appliquant une rotation. Les vaches vèlent avec le même groupe et aucune nouvelle vache n'est jamais introduite dans ce groupe. Des preuves anecdotiques suggèrent que cette stratégie pourrait être bénéfique, mais il va de soi que les exigences en ce qui a trait aux autres facteurs de gestion du groupeage (p. ex., la densité de logement et l'hygiène) s'appliquent également à ce scénario.

**Réduction du stress thermique.** Une autre stratégie de gestion de la période de pré-vêlage qui est peu observée dans les fermes laitières du nord-est et du Canada est le refroidissement par évaporation dans les stalles de pré-vêlage. Récemment, Tao et Dahl (2013) ont présenté un résumé de neuf études qui portaient sur l'effet du refroidissement des vaches pendant toute leur période de tarissement lorsqu'il y avait un stress thermique et ils ont déterminé que, dans tous les cas, la production subséquente de lait était supérieure. La réponse était plus mitigée et non statistiquement significative lorsque seul le refroidissement par ventilateur était utilisé, et supérieure quand des techniques de refroidissement par évaporation (habituellement ventilateurs et systèmes par aspersion) étaient appliquées. De plus, ces études rapportent généralement que le poids des veaux à la naissance était inférieur en période de stress thermique. do Amaral *et al.* (2011) ont aussi rapporté que certaines données liées au statut immunitaire inné et acquis, y compris la fonction des neutrophiles et la sécrétion d'immunoglobulines après un challenge, étaient meilleures chez les vaches qui avaient bénéficié d'un refroidissement pendant la période de tarissement. Bien qu'en climat tempéré ces périodes de chaleur et d'humidité soient de courte durée, nous pensons que le stress thermique chez les vaches qui vèlent en saison estivale normale dans l'État de New York et dans d'autres climats tempérés contribue à un rendement en lait moindre à l'automne; qui plus est, ce scénario est aggravé par le surpeuplement des groupes de transition pendant les mois d'été en raison d'un piètre succès reproducteur l'été précédent.

#### **UTILISATION D'ANALYSES LIÉES AU MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE – AGNE et ABHB**

Oetzel (2004) a bien caractérisé l'usage que l'on fait généralement des analyses sanguines associés au métabolisme énergétique pour le diagnostic des troubles observés en période de transition – les acides gras non estérifiés (AGNE) durant la période prépartum pour évaluer le statut énergétique avant le vêlage, et l'acide  $\beta$ -hydroxybutyrique (ABHB) pendant la période post-partum pour évaluer l'incidence d'acétonémie subclinique (et clinique). Cette approche a en partie été appuyée par des travaux réalisés au Michigan (Cameron *et al.*, 1998) qui ont associé une hausse des concentrations d'AGNE avant le vêlage, signe d'un bilan énergétique négatif, à une incidence accrue de déplacement de la caillette.

Duffield *et al.* (1998) ont défini et caractérisé l'acétonémie subclinique dans des troupeaux ontariens pendant la période post-partum et démontré que l'administration de monensin en capsules à libération contrôlée avait pour effet de réduire l'incidence de l'acétonémie subclinique chez les vaches laitières en début de lactation.

Récemment, notre groupe a procédé à une évaluation à grande échelle des associations entre les concentrations d'AGNE prépartum et d'AGNE et d'ABHB post-partum, avec la santé post-partum, la production laitière et les performances de reproduction dans des troupeaux laitiers du nord-est des États-Unis (Ospina *et al.*, 2010a, 2010b, 2010c). Pour être inclus dans l'étude, le troupeau devait : 1) compter plus de 250 vaches en lactation, 2) être logé en stabulation libre, 3) recevoir une ration totale mélangée (RTM) et 4) être inscrit au contrôle laitier et/ou utiliser le logiciel Dairy Comp 305 (Valley Ag. Software, Tulare CA). Les fermes ont été visitées à une occasion et au cours de cette visite deux cohortes d'animaux étaient sélectionnées : vaches au stade de 14 à 2 jours avant le vêlage et vaches au stade de 3 à 14 jours après le vêlage. Dans chaque cohorte, un échantillon de 15 vaches apparemment en bonne santé a été évalué. En gros, 10 mL de sang étaient prélevés dans un tube à bouchon rouge à partir de la veine ou de l'artère coccygienne. Le sérum issu de la cohorte prépartum faisait l'objet d'un dosage des AGNE, tandis que le sérum issu des vaches qui avaient déjà vêlé faisait l'objet d'un dosage des AGNE et de l'ABHB. Pour tous les animaux inclus dans l'échantillon, on a relevé l'incidence des maladies d'intérêt [déplacement de la caillette (DC), acétonémie clinique (AC) et métrite (MET) et/ou de rétention placentaire (RP)] dans les 30 premiers jours en lait, le délai de conception dans les 70 jours suivant la période d'attente volontaire et la production de lait en équivalent mature sur 305 jours (ME305) à 120 jours en lait. Des données ont ainsi été obtenues dans 100 troupeaux comprenant en moyenne 840 vaches. Au total, 2758 vaches ont été incluses dans l'échantillon (1440 d'entre elles avant le vêlage et 1318, après le vêlage), avec une répartition approximative de 35 % de primipares (donc en première lactation) et 65 % de multipares (lactations subséquentes).

Les seuils critiques des concentrations d'AGNE prépartum et d'AGNE et d'ABHB post-partum et les rapports de risques de maladie connexes sont présentés au tableau 2. Si les animaux présentaient des concentrations sériques prépartum d'AGNE supérieures à environ 0,30 mEq/L, ils étaient deux fois plus susceptibles de développer une ou plusieurs des maladies vérifiées. Les animaux qui présentaient des concentrations sériques post-partum d'AGNE et d'ABHB supérieures à environ 0,60 mEq/L et 10 mg/dl, respectivement, étaient quatre fois plus susceptibles de développer une ou plusieurs des maladies vérifiées que les animaux qui présentaient des concentrations plus faibles de ces métabolites. Le rapport de risques pour les affections considérées individuellement variait fortement à l'intérieur de ces groupes. Ces résultats sont compatibles avec ceux de travaux antérieurs et confirment l'importance du maintien d'un apport énergétique adéquat avant le vêlage et de la surveillance de la perte d'état de chair et du statut énergétique général pendant la période post-partum, dans l'optique de la prévention de ces maladies.

Le tableau 3 décrit les relations entre les concentrations d'AGNE avant le vêlage et d'AGNE et d'ABHB après le vêlage, d'une part, et les performances de reproduction d'autre part, pendant les 70 jours suivant la période d'attente volontaire. Les vaches chez qui les concentrations prépartum d'AGNE étaient supérieures à environ 0,30 mEq/L présentaient une probabilité de conception de 20 % inférieure à celle de leurs congénères chez qui ces concentrations étaient plus faibles. Les vaches chez qui les concentrations d'AGNE étaient supérieures à environ 0,70 mEq/L (en corrigeant pour la concentration d'ABHB) et/ou chez qui les concentrations d'ABHB étaient supérieures à environ 10 mg/dl présentaient une probabilité de conception de 13 % à 16 % inférieure à celle des animaux chez qui ces concentrations étaient plus faibles. Dans tous les modèles, les vaches multipares étaient moins susceptibles d'être fécondées que les primipares au cours des premiers 70 jours suivant la période d'attente volontaire.

Le tableau 4 décrit l'association entre les analyses liés au métabolisme énergétique et la production laitière subséquente (évaluée en équivalent mature sur 305 jours (ME305) à 120 jours en lait. Quelle que soit la parité, les animaux chez qui les concentrations prépartum d'AGNE étaient supérieures à environ 0,30 mEq/L ont produit un ME305 projeté inférieur de près de 700 kg comparativement aux animaux qui présentaient des concentrations moindres. Toujours en ce qui a trait à l'association entre les analyses liées au métabolisme énergétique et la production laitière, on a noté des différences intéressantes selon la parité pendant la période post-partum. Chez les primipares (taures), les concentrations post-partum d'AGNE supérieures à environ 0,60 mEq/L et d'ABHB supérieures à environ 9 mg/dl étaient associées à une production laitière accrue. Chez les vaches multipares, les concentrations post-partum d'AGNE supérieures à environ 0,70 mEq/L et d'ABHB supérieures à environ 10 mg/dl étaient associées à une production laitière projetée plus faible.

Parmi les animaux pour lesquels les prélèvements ont été obtenus en période prépartum (de 2 à 14 jours avant le vêlage), 45 % des primipares et 26 % des multipares avaient des concentrations d'AGNE égales ou supérieures à 0,30 mEq/L. Chez les animaux de la cohorte post-partum (de 3 à 14 jours après le vêlage), 25 % des primipares et 33 % des multipares avaient des concentrations d'AGNE égales ou supérieures à 0,70 mEq/L. En outre, 15 % des primipares et 27 % des multipares présentaient des concentrations d'ABHB égales ou supérieures à 10 mg/dl. Dans la grande majorité des élevages participants, les vaches primipares et multipares étaient logées ensemble pendant la période précédant le vêlage; or, ces résultats laissent entrevoir que ce système de régie pourrait être particulièrement préjudiciable pour les taures en ce qui a trait à la satisfaction des besoins énergétiques. De plus, il semble que ces analyses associées au métabolisme de l'énergie tendent à être plus élevés chez les vaches multipares que chez les primipares pendant la période qui suit le vêlage.

Ospina *et al.* (2010c) ont aussi utilisé ces données pour comparer les troupeaux qui comptaient plus de 15 % d'animaux dépassant les seuils critiques établis pour ces analyses pendant les périodes prépartum et post-partum à ceux qui comptaient moins de 15 % d'animaux dépassant les seuils critiques à chacune de ces périodes; les résultats de ces analyses sont présentés au tableau 5. Il est à noter que les données figurant à ce tableau reflètent les associations pour tous les animaux du troupeau, et non pas seulement les animaux inclus dans l'échantillonnage. Comme le laissent supposer les résultats, les troupeaux dans lesquels plus de 15 % des animaux avaient des concentrations d'AGNE prépartum et/ou d'AGNE et d'ABHB post-partum supérieures aux seuils ont présenté une incidence légèrement accrue de maladies, des performances de reproduction inférieures et une projection de production laitière (ME305) moindre, tant chez les vaches primipares que chez les multipares. Nous estimons qu'aux États-Unis, à l'échelle des troupeaux, des relations plus fortes existeraient entre ces analyses et la baisse de la production laitière et des performances de reproduction, ce qui devrait avoir des répercussions économiques plus significatives, par opposition à l'incidence des maladies métaboliques.

Quant aux applications pratiques de cette information, nous sommes d'avis que la mesure des analyses associées au métabolisme énergétique est un outil utile pour la surveillance des troupeaux, l'évaluation des possibilités d'amélioration de la régie de la période de transition et le diagnostic des problèmes de santé. En ce qui a trait à la mise en œuvre, nous recommandons de constituer des échantillons de 15 à 20 vaches par groupe dans les fenêtres d'intérêt décrites ci-dessus – dosage des AGNE dans les échantillons prépartum et dosage des AGNE et/ou de l'ABHB dans les échantillons post-partum. Les dispositifs portables qui permettent de réaliser à la ferme des dosages de l'ABHB dans le sang ou le lait sont très précis et constituent une première étape excellente en raison de leur commodité et de leur coût. D'ailleurs, le dosage de l'ABHB dans le lait (p. ex., Valacta) est maintenant offert dans les programmes d'analyses courantes. Nous y voyons une excellente possibilité d'aider les gestionnaires à obtenir régulièrement des données sur l'efficacité de leur programme de transition.

Étant donné que nos recherches ont révélé une fréquence largement supérieure de taux élevés d'AGNE post-partum, par opposition aux taux élevés d'ABHB post-partum, nous encourageons les praticiens et les consultants à prendre la peine de procéder au dosage des AGNE post-partum dans les situations où ils croient que la production laitière en début de lactation et les performances de reproduction sont compromises malgré des dosages d'ABHB ne fournissant pas d'indice en ce sens. Finalement, le dosage des concentrations d'AGNE prépartum reste utile en ce qu'il aide à repérer les situations où une trop forte proportion de vaches présente un statut énergétique défavorable pendant la période entourant le vêlage.

Le tableau 6 décrit trois résultats possibles et les interprétations potentielles après l'évaluation des concentrations d'AGNE et/ou d'ABHB dans des groupes prépartum et post-partum. Si le taux d'AGNE est élevé chez les vaches pendant la période entourant le vêlage, c'est généralement un signal que l'apport énergétique dans son ensemble est inadéquat ou qu'il y a des problèmes de régie ou de logement qui entraînent une variation significative de la CVMS entre les vaches, ceci se répercute sur la concentration d'AGNE. Indépendamment des valeurs des analyses post-partum, nous associons les taux élevés d'AGNE prépartum à des résultats problématiques en ce qui a trait aux maladies, à la reproduction et à la production à l'échelle du troupeau (Tableau 5). Le schéma d'analyse le plus probable pour un troupeau qui reçoit un surplus d'énergie alimentaire au début de la période de tarissement ou pendant la période de préparation au vêlage serait de faibles concentrations d'AGNE avant le vêlage, mais des concentrations élevées d'AGNE et/ou d'ABHB après le vêlage. Les gestionnaires et les consultants devraient toutefois garder à l'esprit que plusieurs facteurs relatifs à la gestion nutritionnelle, à la régie des installations ou au groupage peuvent aussi contribuer à la hausse des concentrations post-partum d'AGNE et/ou d'ABHB, indépendamment des valeurs prépartum. Normalement, lorsque les troupeaux sont suralimentés au début ou à la fin de la période de tarissement, on observe subséquemment une perte rapide et marquée de la cote d'état de chair chez les vaches fraîches vêlées – ce que le dosage des AGNE chez les vaches fraîches vêlées peut aider à confirmer.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le succès des programmes de transition repose sur une excellente régie de plusieurs aspects de l'élevage. La surveillance de l'apport énergétique chez les vaches en période de tarissement (à la fois en début de tarissement et pendant la période de préparation au vêlage) est un important facteur de la gestion nutritionnelle des vaches en période de transition, tout comme l'apport en macrominéraux dans les rations. Pour peu que l'on adhère aux principes énoncés quant à l'apport en énergie, en protéine et en macrominéraux, les stratégies nutritionnelles en un groupe ou en deux groupes conviennent toutes deux pour veiller à assurer une période de transition réussie. Il faut parallèlement accorder toute l'importance voulue à la gestion des facteurs relatifs au groupage et au logement (p. ex., la densité de peuplement, la pertinence de séparer les vaches primipares et multipares pendant la période de transition, la restriction du nombre de changements d'enclos et la réduction du stress thermique) pour optimiser la régie de transition dans les élevages laitiers. Finalement, les paramètres diagnostiques liés au métabolisme énergétique, tels que l'ABHB et les AGNE, sont de plus en plus accessibles et constituent des outils utiles pour la surveillance à l'échelle du troupeau des programmes de régie des vaches en période de transition.

## RÉFÉRENCES

- Agenas, S., E. Burstedt et K. Holtenius. 2003. *Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production*. J. Dairy Sci. 86:870-882.
- Bauman, D. E. et W. B. Currie. 1980. *Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis*. J. Dairy Sci. 63:1514-1529.
- Bell, A. W. 1995. *Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation*. J. Anim. Sci. 73:2804-2819.
- Bernabucci, U., B. Ronchi, N. Lacetera et A. Nardone. 2005. *Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows*. J. Dairy Sci. 88:2017-2026.
- Block, E. 1984. *Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever*. J. Dairy Sci. 67:2939-2948.
- Cameron, R. E., P. B. Dyk, T. H. Herdt, J. B. Kaneene, R. Miller, H. F. Bucholtz, J. S. Liesman, M. J. VandeHaar et R. S. Emery. 1998. *Dry cow diet, management, and energy balance as risk factors for displaced abomasums in high producing dairy herds*. J. Dairy Sci. 81:132-139.
- Castillo, C., J. Hernández, I. Valverde, V. Pereira, J. Sotillo, M. L. Alonso et J. L. Benedito. 2006. *Plasma malonaldehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows*. Res. Vet. Sci. 80:133-139.
- Chan, P. S., J. W. West et J. K. Bernard. 2006. *Effect of prepartum dietary calcium on intake and serum and urinary mineral concentrations of cows*. J. Dairy Sci. 89:704-713.
- Charbonneau, E., D. Pellerin et G. R. Oetzel. 2006. *Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating cows: A meta-analysis*. J. Dairy Sci. 89:537-548.
- Cook, N. B. et K. V. Nordlund. 2004. *Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs facility design*. Vet. Clin. Food Anim. 20:495-520.
- Curtis, C. R., H. N. Erb, C. H. Sniffen, R. D. Smith et D. S. Kronfeld. 1985. *Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows*. J. Dairy Sci. 68:2347-2360.
- Dann, H. M., N. B. Litherland, J. P. Underwood, M. Bionaz, A. D'Angelo, J. W. McFadden et J. K. Drackley. 2006. *Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows*. J. Dairy Sci. 89:3563-3577.
- do Amaral, B. C., E. E. Connor, S. Tao, M. J. Hayen, J. W. Bubolz et G. E. Dahl. 2011. *Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows*. 94:86-96.

- Douglas, G. N., T. R. Overton, H. G. Bateman II, H. M. Dann et J. K. Drackley. 2006. *Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows*. J. Dairy Sci. 89:2141-2157.
- Duffield, T. F., D. Sandals, K. E. Leslie, K. Lissemore, B. W. McBride, J. H. Lumsden, P. Dick et R. Bagg. 1998. *Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows*. J. Dairy Sci. 81:2866-2873.
- Goff, J.P. et R.L. Horst. 1997. *Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders*. J. Dairy Sci. 80:1260-1268.
- Goff, J. P., R. Ruiz et R. L. Horst. 2004. *Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever*. J. Dairy Sci. 87:1245-1255.
- Gonzalez, M., A. K. Yabuta et F. Galindo. 2003. *Behaviour and adrenal activity of first parturition and multiparous cows under a competitive situation*. Applied Anim. Behav. Sci. 83:259-266.
- Hammon, D. S., I. M. Evjen, T. R. Dhiman, J. P. Goff et J. L. Walters. 2006. *Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders*. Vet. Immunol. Immunopathol. 113:21-29.
- Hoeben, D., R. Heyneman et C. Burvenich. 1997. *Elevated levels of  $\beta$ -hydroxybutyric acid in periparturient cows and in vitro effect on respiratory burst activity of bovine neutrophils*. Vet. Immunol. Immunopathol. 58:165-170.
- Holtenius, K., S. Agenas, C. Delavaud et Y. Chilliard. 2003. *Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses*. J. Dairy Sci. 86:883-891.
- Horst, R. L., J. P. Goff, T. A. Reinhardt et D. R. Buxton. 1997. *Strategies for preventing milk fever in dairy cattle*. J. Dairy Sci. 80:1269-1280.
- Hosseinkhani, A., T. J. DeVries, K. L. Proudfoot, R. Valizadeh, D. M. Veira et M.A.G. von Keyserlingk. 2008. *The effects of feedbunk competition on the feed sorting behavior of close-up dry cows*. J. Dairy Sci. 91:1115-1121.
- Huzzey, J. M., D. V. Nydam, R. J. Grant et T. R. Overton. 2012. *The effects of overstocking Holstein dairy cattle during the dry period on cortisol secretion and energy metabolism*. J. Dairy Sci. 95:4421-4433.
- Ingvartsen, K. L., R. J. Dewhurst et N. C. Friggens. 2003. *On the relationship between lactational performance and health: Is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper*. Livest. Prod. Sci. 83:277-308.
- Janovick, N. A. et J. K. Drackley. 2010. *Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows*. J. Dairy Sci. 93:3086-3102.
- Jittakhot, S., J. T. Schonewille, H. Wouterse, C. Yuangklang et A. C. Beynen. 2004. *Apparent magnesium absorption in dry cows fed at 3 levels of potassium and 2 levels of magnesium intake*. J. Dairy Sci. 87:379-385.

- Joyce, P. W., W. K. Sanchez et J. P. Goff. 1997. *Effect of anionic salts in prepartum diets based on alfalfa*. J. Dairy Sci. 80:2866-2875.
- Kimura, K., J. P. Goff et M. E. Kehrli Jr. 1999. *Effects of the presence of the mammary gland on expression of neutrophil adhesion molecules and myeloperoxidase activity in periparturient dairy cows*. J. Dairy Sci. 82:2385-2392.
- Krawczel, P. D., D. M. Weary, R. J. Grant et M.A.G. von Keyserlingk. 2009. *Effect of feed bin stocking density on the feeding and standing behavior of postpartum dairy cows*. J. Dairy Sci. 92(E-Suppl. 1):141. (Abstr.)
- Lean, I. J., P. J. DeGaris, D. M. McNeil et E. Block. 2006. *Hypocalcemia in dairy cows: Meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited*. J. Dairy Sci. 89:669-684.
- Martinez, N., C. A. Risco, F. S. Lima, R. S. Bisinotto, L. F. Greco, E. S. Ribeiro, F. Maunsell, K. Galvão et J.E.P. Santos. 2012. *Evaluation of periparturient calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease*. J. Dairy Sci. 95 :7158–7172.
- Miller, J. K., E. Brzezinska-Slebodzinska et F. C. Madsen. 1993. *Oxidative stress, antioxidants, and animal function*. J. Dairy Sci. 76:2812-2823.
- Moore, S. J., M. J. Vandehaar, B. K. Sharma, T. E. Pilbeam, D. K. Beede, H. F. Bucholtz, J. S. Liesman, R. L. Horst et J. P. Goff. 2000. *Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows*. J. Dairy Sci. 83:2095-2104.
- Moyes, K. M., J. K. Drackley, D. E. Morin et J. J. Loo. 2010a. *Greater expression of TLR2, TLR4, and IL6 due to negative energy balance is associated with lower expression of HLA-DRA and HLA-A in bovine blood neutrophils after intramammary mastitis challenge with Streptococcus uberis*. Funct. Integr. Genomics. 10:53-61.
- Moyes, K. M., J. K. Drackley, D. E. Morin, S. L. Rodriguez-Zas, R. E. Everts, H. A. Lewin et J. J. Loo. 2010b. *Mammary gene expression profiles during an intramammary challenge reveal potential mechanisms linking negative energy balance with impaired immune response*. Physiol. Genomics. 41:161-170.
- National Research Council. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nordlund, K. V., N. B. Cook et G. R. Oetzel. 2007. *Commingleing dairy cows: pen moves, stocking density, and fresh cow health*. Proceedings, Eighth Fall Dairy Conference. PRO-DAIRY and Cornell University College of Veterinary Medicine. Syracuse, NY, pp. 117-126.
- Oetzel, G. R. 2004. *Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease*. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 20:651-674.
- Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol et T. R. Overton. 2010a. *Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States*. J. Dairy Sci. 93:1596-1603.

- Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol et T. R. Overton. 2010b. *Evaluation of nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases*. J. Dairy Sci. 93:546-54.
- Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol et T. R. Overton. 2010c. *Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level*. J. Dairy Sci. 93:3595-3601.
- Overton, T. R.<sup>1</sup> et M. R. Waldron. 2004. *Nutritional management of transition cows: Strategies to optimize metabolic health*. J. Dairy Sci. 87:E105-E119.
- Peterson, A. B., M. W. Orth, J. P. Goff et D. K. Beede. 2005. *Periparturient responses of multiparous Holstein cows fed different dietary phosphorus concentrations prepartum*. J. Dairy Sci. 88:3582-3594.
- Proudfoot, K. L., D. M. Veira, D. M. Weary et M.A.G. von Keyserlingk. 2009. *Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows*. J. Dairy Sci. 92:3116-3123.
- Ramos-Nieves, J. M., B. J. Thering, M. R. Waldron, P. W. Jardon et T. R. Overton. 2009. *Effects of anion supplementation to low-potassium prepartum diets on macromineral status and performance of periparturient dairy cows*. J. Dairy Sci. 92:5677-91.
- Richards, B. F., N. A. Janovick, K. M. Moyes, D. E. Beever et J. K. Drackley. 2009. *Comparison of a controlled-energy high-fiber diet fed throughout the dry period to a two-stage far-off and close-up dietary strategy*. J. Dairy Sci. 92(E. Suppl. 1):140. (Abstr.)
- Schoenberg, K. M. et T. R. Overton. 2011. *Effects of plane of nutrition and 2,4-thiazolidinedione on insulin responses and adipose tissue gene expression in dairy cattle during late gestation*. J. Dairy Sci. 94:6021-6035.
- Sordillo, L. M. et S. L. Aitken. 2009. *Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle*. Vet. Immunol. Immunopathol. 128:104-109.
- Sordillo, L. M., G. A. Contreras et S. L. Aitken. 2009. *Factors affecting the inflammatory response of periparturient dairy cows*. Anim. Health Res. Rev. 10:53-63.
- Tao, S. et G. E. Dahl. 2013. *Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves*. J. Dairy Sci. 96 :4079-4093.
- von Keyserlingk, M.A.G., D. Olenick et D. M. Weary. 2008. *Acute behavioral effects of regrouping dairy cows*. J. Dairy Sci. 91:1011-1016.

---

<sup>1</sup> Coordonnées : 272 Morrison Hall, Ithaca, NY 14853. Tél : (607) 255-2878. Télécopie : (607) 255-1335. Courriel : [tro2@cornell.edu](mailto:tro2@cornell.edu)

**Tableau 1. Recommandations nutritionnelles pour les vaches tarées et en lactation**

Auteurs : T. R. Overton et L. E. Chase, Université Cornell

Mise à jour 06-2012

Éléments	Unités	Vaches au début de la période de tarissement	Vaches en préparation au vêlage	Vaches fraîches	Vaches à production élevée
<b>Composition générale</b>					
CVMS	kg	13-14	12-13	19 +	23 +
EN <sub>L</sub>	Mcal/j	15-17	16-18		
EN <sub>L</sub>	Mcal/kg	1,30-1,39	1,38-1,45	1,72-1,76	1,69-1,76
Bilan EM	% besoins	110 à 120 %	110 à 120 %	80 à 90 %	100 à 110 %
<b>Protéines</b>					
Protéines brutes	% MS	< 16	< 15	< 18	< 18
Bilan NH <sub>3</sub> du rumen (CNCPS 6.1)	%	< 200 %	< 160 %	110-150 %	110-150 %
Protéines métabolisables (PM)	g	1000-1100	1200	s.o.	s.o.
Bilan des protéines métabolisables	% besoins	110 à 120 %	120 à 130 %	95 à 110 %	100 à 110 %
PM issues de bactéries (CNCPS 6.1)	% des PM	pas de direct.	> 50 %	> 40 %	> 40 %
Production permise PM (CNCPS 6.1)	% besoins	s.o.	s.o.	90-105 %	100-110 %
Coût de l'urée	Mcal/j	pas de direct.	< 0,5 Mcal	< 0,5 Mcal	< 0,5 Mcal
<b>Glucides</b>					
Fibre au détergent neutre des fourrages (NDF), optimale	% du p.c.	0,7-0,8	0,6-0,7	0,85-1,0	0,85-1,0
NDF efficace	% MS	30-40	28-35	24-26	23-25
Amidon, maximum	% MS	16	19	27	30
Sucres	% MS	< 3	< 3	5	5
Glucides non fibreux	% MS	26-30	30-34	38-42	38-42
<b>Gras</b>					
Gras total, optimal	% MS	3,5	3,5	4	5
Gras total, maximal	% MS	4,5	4,5	5	6
<b>Macrominéraux</b>					
Calcium (Ca)*	% MS	0,5-0,7	0,9-1,1	0,8-1,0	0,8-1,0
Phosphore (P)	% MS	0,3-0,35	0,3-0,35	0,35-0,4	0,35-0,4
Magnésium (Mg)	% MS	0,2-0,25	0,4-0,45	0,3-0,4	0,25-0,35
Potassium (K)	% MS	< 2,0	< 1,3	1,5-2,0	1,5-2,0
Sodium (Na)	% MS	< 0,10	< 0,10	0,4-0,6	0,4-0,6
Chlore (Cl)*	% MS	0,4-0,8	0,4-0,8	0,3-0,4	0,3-0,4
Soufre (S)	% MS	0,3	0,3	0,25-0,3	0,25-0,3
<b>Oligoéléments</b>					
Sélénium (Se)**	PPM	0,3	0,3	0,3	0,3
Cobalt (Co)	PPM	0,3	0,4	0,4	0,3
Iode (I)	PPM	0,8	0,8	0,8	0,8
Cuivre (Cu)	PPM	15-20	15-20	15-20	15-20
Manganèse (Mn)	PPM	60-80	60-80	60-80	60-80
Zinc (Zn)	PPM	60-80	60-80	60-80	60-80
Fer (Fe)***	PPM	60	60	60	60
<b>Vitamines</b>					
A	UI	100 000	125 000	150 000	150 000
D	UI	25 000	30 000	45 000	45 000
E	UI	1000	1800	1000	1000

**NOTES :**

\* Pour les formulations DACA dans les régimes de fin de tarissement, augmenter l'apport en Ca à 1,2 à 1,3 % et utiliser des sources de Cl pour titrer le pH urinaire.

\*\* Limite de la FDA pour l'ajout de sélénium (source organique recommandée, si possible, pour les vaches tarées et fraîches vèlées).

\*\*\* On n'ajoute généralement pas de fer à la ration.

**Tableau 2. Détermination de la courbe caractéristique de la performance (ROC) des seuils critiques d'AGNE (mEq/L) et d'ABHB (mg/dl) comme prédicteurs de maladie et des rapports de risque de maladie fondés sur ces seuils critiques (Ospina *et al.*, 2010b)**

<b>Cohorte prépartum (2 à 14 jours avant le vêlage)</b>				
<b>Maladie</b>	<b>AGNE critique<sup>1</sup></b>	<b>Rapport de risque</b>	<b>IC à 95 %<sup>2</sup></b>	<b>Valeur de P</b>
Dépl. de la caillette	0,27	2,0	1,1-3,7	0,03
Acétonémie clinique	0,26	1,8	1,2-2,5	0,001
Métrite et/ou rét. placentaire	0,37	2,2	1,6-3,0	< 0,0001
L'une des trois	0,29	1,8	1,4-2,2	< 0,0001
<b>Cohorte post-partum (3 à 14 jours après le vêlage)</b>				
<b>Maladie</b>	<b>AGNE critique<sup>1</sup></b>	<b>Rapport de risque</b>	<b>IC à 95 %<sup>2</sup></b>	<b>Valeur de P</b>
Dépl. de la caillette	0,72	9,7	4,2-22	< 0,0001
Acétonémie clinique	0,57	5,0	2,3-11	< 0,0001
Métrite	0,36	17	2,0-134	0,008
L'une des trois	0,57	4,4	2,6-7,3	< 0,0001
<b>Maladie</b>	<b>ABHB critique<sup>1</sup></b>	<b>Rapport de risque</b>	<b>IC à 95 %<sup>2</sup></b>	<b>Valeur de P</b>
Dépl. de la caillette	10	6,9	3,7-12,9	< 0,0001
Acétonémie clinique	10	4,9	3,2-7,3	< 0,0001
Métrite	7	2,3	1,1-5,1	0,037
L'une des trois	10	4,4	3,1-6,3	< 0,0001

<sup>1</sup> Combinaison la plus élevée de spécificité et de sensibilité selon l'analyse de la courbe ROC.

<sup>2</sup> Intervalle de confiance du rapport de risques.

**Tableau 3. Modèle de risques proportionnels de Cox sur l'effet des concentrations d'AGNE (mEq/L) et/ou d'ABHB (mg/dl), des covariables et des regroupements d'animaux dans chaque troupeau sur la conception après la période d'attente volontaire (Ospina *et al.*, 2010a)**

<b>Échantillon</b>	<b>Variable</b>	<b>Risque</b>	<b>Valeur de P</b>
Cohorte prépartum	AGNE ≥ 0,27	0,81	0,01
	Parité	0,73	0,001
Cohorte post-partum	AGNE ≥ 0,72	0,84	0,05
	ABHB ≥ 10	0,93	0,4
	Parité	0,81	0,01
Cohorte post-partum	ABHB ≥ 10	0,87	0,1
	Parité	0,80	0,01

**Tableau 4. Modèles mixtes pour l'effet des concentrations d'AGNE (mEq/L) et/ou d'ABHB (mg/dl), des covariables et des troupeaux à titre d'effet aléatoire sur la production laitière évaluée en tant que ME305 à 120 jours en lait (Ospina *et al.*, 2010a)**

Échantillon	Variable	Écart du rendement en lait (ER, kg)	Valeur de <i>P</i>
Prépartum	AGNE ≥ 0,33	- 683	0,001
	Parité	- 556	0,01
Post-partum -- taures	AGNE ≥ 0,57	+ 488	0,02
	ABHB ≥ 10	- 143	0,5
Post-partum -- taures	ABHB ≥ 9	+ 403	0,04
Post-partum -- vaches	AGNE ≥ 0,72	- 647	0,001
	ABHB ≥ 10	- 165	0,4
Post-partum -- vaches	ABHB ≥ 10	- 393	0,04

**Tableau 5. Répercussions à l'échelle du troupeau des concentrations élevées d'acides gras non estérifiés (AGNE) prépartum et post-partum et d'acide β-hydroxybutyrique (ABHB) post-partum dans des fermes laitières commerciales (Ospina *et al.*, 2010c)**

Concentration des métabolites	Seuil critique dans le troupeau	Répercussions à l'échelle du troupeau
AGNE prépartum (14 à 2 jours avant vêlage) > 0,3 mEq/L	> 15 %	- 1,2 % taux de gest. à 21 j + 3,6 % incidence maladies - 282 kg lait ME305
AGNE post-partum (3 à 14 j après vêlage) > 0,6 (taures) – 0,7 (vaches) mEq/L	> 15 %	- 0,9 % taux de gest. à 21 j + 1,7 % incidence maladies Taures : - 288 kg lait ME305 Vaches : - 593 kg lait ME305
ABHB post-partum (3 à 14 j après vêlage) > 10 (vaches) – 12 (taures) mg/dl	> 15 %	- 0,8 % taux de gest. à 21 j + 1,8 % incidence maladies
	> 20 %*	*Taures : - 534 kg lait ME305 Vaches : - 358 kg lait ME305

15 % de 15 animaux échantillonnés = 2 à 3 animaux au-dessus du seuil; intervalle de confiance de 90 % que l'échantillon est représentatif de la prévalence dans le troupeau.

**Tableau 6. Interprétation des métabolites liés à l'énergie [acides gras non estérifiés (AGNE) et acide β-hydroxybutyrique (ABHB)] pour évaluer les possibilités à l'échelle du troupeau**

Scénario	Cause probable et possibilités
Taux d'AGNE prépartum élevé Taux d'AGNE et/ou d'ABHB prépartum élevé	Débuté probablement par une IMS faible en fin de période sèche Énergie trop faible dans la ration de pré-vêlage, problèmes de régie/d'installation (groupage, densité, stress thermique?)
Taux d'AGNE prépartum élevé Taux d'AGNE et/ou d'ABHB prépartum faible	IMS faible chez les vaches en fin de période sèche Échantillonnage des survivants dans l'enclos des vaches fraîches? La régie du troupeau est-elle particulièrement bonne ou escamote-t-on des problèmes relatifs aux vaches fraîches?
Taux d'AGNE prépartum faible Taux d'AGNE et/ou d'ABHB prépartum élevé	Les vaches reçoivent-elles un excédent énergétique en début ou en fin de période sèche? Problèmes alimentaires ou de régie/installations touchant particulièrement les parturientes/vaches fraîches

## FEEDING AND MANAGING TRANSITION COWS FOR HEALTH AND PERFORMANCE

Thomas R. Overton, PhD<sup>1\*</sup>, Paula A. Ospina, DVM, PhD\*, and Daryl V. Nisdam, DVM, PhD†

\*Department of Animal Science

†Department of Population Medicine and Diagnostic Sciences  
Cornell University, Ithaca NY

Success in transition cow management means that we have managed to achieve high milk production during early lactation with low variation among cows, minimized incidence of metabolic disorders, minimized loss of immunocompetence, controlled loss of body condition score during early lactation, and controlled/decreased days to first ovulation and maintained/enhanced days to first ovulation and fertility. Although it is commonly perceived both within the dairy industry and the academic community that there must be “trade-off’s” among the above items, we have encountered enough dairy farms who have put the entire management package together that we believe that these trade-offs can be relatively small at the farm level. Of course, the entire management package relates both to nutritional strategies and management of the many nonnutritional factors (e.g., grouping and facility management) that can impact transition cow outcomes. While keeping the entire management package together consistently on a daily basis can be challenging, the rewards are an optimum blend of the desired outcomes described above and greater potential for profitability on the dairy.

Nutritional strategies and recommendations for dairy cows during the prepartum period have continued to evolve during the past several years; however, we believe that our enhanced understanding of the metabolic regulation underpinning successful transition cow health and performance combined with field experience enables us to focus on the key areas of importance for nutritional management of cows during the prepartum period. Although results from individual controlled experiments are inconsistent, we remain convinced that adhering to the concepts that have been advanced leads to better overall transition performance. Of course, even optimal nutritional management cannot fully compensate for limitations in other aspects of transition cow management (high stocking rates in groups, poor heat stress management, high body condition score cows caused by poor reproductive management and low milk production during lactation).

The purpose of this paper is to overview key changes in metabolism, immune function, and oxidative metabolism in transition cows, then describe the key areas of importance for nutritional management of cows during the prepartum period, with specific considerations for management during the far-off period (dry off until about three weeks before calving), close-up period (last three weeks before calving), and considerations for one-group nutritional management of dry cows. In addition, we will outline the key areas of focus for grouping and facility management during the transition period, given that overall transition success depends upon integration of the two areas. Finally, we will discuss applications of diagnostic markers related to energy metabolism for herd-level evaluation of transition cow programs.

---

<sup>1</sup> Contact at 272 Morrison Hall, Ithaca, NY 14853. Tel (607) 255-2878. FAX (607) 255-1335. Email [tro2@cornell.edu](mailto:tro2@cornell.edu)

## OVERVIEW OF ENERGY METABOLISM, IMMUNE FUNCTION, AND OXIDATIVE METABOLISM IN TRANSITION DAIRY COWS

The transition period represents the period of most dramatic and dynamic daily change in nutrient demands and partitioning to various physiological functions in the dairy cow. Demand for virtually all nutrients along with energy increases dramatically within a few days on either side of parturition (Overton and Waldron, 2004). Dairy cows adapt to these sharply increased nutritional demands to support milk production through exquisite homeorhetic control mechanisms (Bauman and Currie, 1980; Bell, 1995).

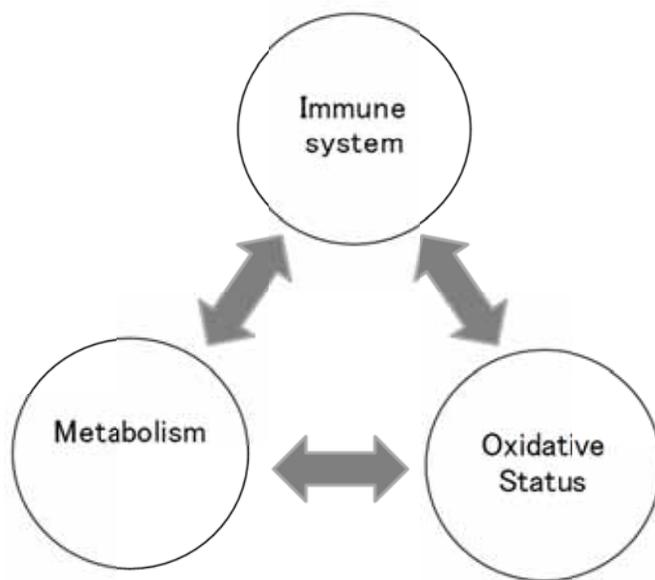
Concurrent with these changes in nutrient demand, transition dairy cows undergo a period of reduced immunological capacity that has been characterized during the last several weeks prior to parturition and the first several weeks postpartum (Goff and Horst, 1997; Overton and Waldron, 2004). Therefore, the time of greatest potential risk for infectious and metabolic diseases overlaps the time of highest acceleration of milk production (Ingvarsen et al., 2003). Furthermore, Sordillo and Aitkin (2009) described the changes in oxidative metabolism that occur and the implications of increased production of reactive oxygen species (ROS) during this transition period.

It has become increasingly clear that there is substantial interplay between energy metabolism, immune function, and oxidative metabolism in the transition cow and that these systems cannot be considered independently of one another (Figure 1). As an example, oxidative stress can be a significant underlying factor to dysfunctional host immune responses because the production of reactive oxygen species (ROS) is increased due to these dramatic metabolic and physiological adaptations (Sordillo and Aitken, 2009). Also, antioxidants such as vitamin E and Se are associated with resistance to mastitis when supplemented during the transition period (Sordillo and Aitken, 2009). These results suggest that oxidative status can be related to compromised functionality of the immune system.

Negative energy balance also has been implicated in periparturient immunodysfunction. Kimura et al. (1999) reported that neutrophil myeloperoxidase activity decreased from baseline prepartum values as parturition approached in both intact and mastectomized cows; however, they also reported that myeloperoxidase activity recovered to prepartum values within one week following parturition in mastectomized cows but remained decreased in neutrophils obtained from intact cows throughout the first 20 d postpartum (Kimura et al., 1999). This suggests that the high energy demands and negative energy balance in intact cows modulated the immune system. Moyes et al. (2010a; 2010b) reported that negative energy balance during intramammary challenge downregulated genes encoding for major histocompatibility complex type II on neutrophils and other mammary genes involved in enhancing cell development, proliferation, and growth, suggesting that negative energy balance may be related not only to the impairment of neutrophils, but also to the mechanism of increased susceptibility to mastitis during the transition period. Metabolites associated with negative energy balance have been associated with negative effects on immune function. Hoeben (1997) demonstrated that  $\beta$ -hydroxybutyric acid (BHBA) added *in vitro* had inhibitory effects on the respiratory burst activity of neutrophils isolated from blood of multiparous cows and Hammon et al. (2006) reported that non-esterified

fatty acid (NEFA) concentrations during the first week after calving were correlated negatively with neutrophil myeloperoxidase activity.

As discussed above, the immune system is associated not only with oxidative status, but with metabolism; however, relationships between oxidative status and metabolism also exist. Bernabucci et al. (2005) reported that cows with higher plasma BHBA and NEFA had higher concentrations of reactive oxygen metabolites and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), and lower levels of antioxidants in plasma during the transition period. Castillo et al. (2006) showed that plasma malondialdehyde was associated positively with serum NEFA during the close-up dry period. These results suggest that cows with high oxidative stress have accentuated negative energy balance and greater lipid mobilization, although cause and effect relationships have not been elucidated.



**Figure 1.** Three interrelated physiological systems affecting dairy cows during the transition period.

Clearly, the three systems depicted in Figure 1 are interrelated and interdependent. However, we believe that a key concept relates to the importance of balance within and among these systems. Sordillo et al. (2009) described the “delicate balance” that must be maintained in the immune system such that there is sufficient activity needed to eliminate the insult, yet the response must be controlled in order to avoid damage to bystander tissues. The same concept applies to the other systems as well in that homeorhetic adaptations in energy metabolism that are important for the onset of copious milk production result in negative energy balance and increased blood NEFA and BHBA levels even in healthy cows (Bauman and Currie, 1980; Bell, 1995); however, excessive negative EB is problematic in terms of compromised health and productivity (Ospina et al., 2010a; Ospina et al., 2010b). Reactive oxygen species are necessary for normal metabolic processes such as energy metabolism, cell growth and differentiation, and killing pathogens (Miller et al., 1993); however, production of ROS in excess of antioxidant defense mechanisms results in oxidative stress (Sordillo et al., 2009).

## NUTRITIONAL MANAGEMENT OF FAR-OFF COWS

Traditionally, nutritional management of dairy cows during the far-off dry period has received little attention. Indeed, many aspects of nutritional management (e.g., mineral nutrition beyond meeting basic nutrient requirements) appear to be much less important during the far-off period compared to the close-up period. However, several studies (Agenas et al., 2003; Dann et al., 2006; Douglas et al., 2006; Holtenius et al., 2003) including recent work from our laboratory (Schoenberg and Overton, 2011) in which cows were overfed either specifically during the far-off period or beginning during the far-off period and continuing until calving suggest that overfeeding results in heightened insulin resistance during the periparturient period. This typically leads to lower dry matter intakes, increased mobilization of body condition score, increased circulating concentrations of NEFA, and increased risk for metabolic disorders and poorer productive and reproductive performance. To avoid these potential problems, we typically target diet formulation to control energy intake to meet 110 to 120% of energy requirements during this period. For most Holsteins, this translates into targeted NEL intakes of 15 to 17 Mcal/day and energy densities of the far-off diet of no more than 1.30 to 1.35 Mcal/kg of NEL. Commonly, the forage base of this diet is mature hay or grass/legume silage with little supplemental energy from concentrate sources. Given that high potassium content of forages is not a concern during the far-off period, a wider range of forage choices is acceptable for use in diets. We also target metabolizable protein supplies as calculated by CPM Dairy/CNCPS or the 2001 Dairy NRC in the range of 1,000 grams/day, which typically dictates inclusion of supplemental protein sources in the diet along with a mineral and vitamin mix. Depending upon how much hay crop silage is used in this ration, overall CP levels would range from 12 to 16%. Higher hay crop silage rations will increase the CP level of the ration, but typically do not yield much metabolizable protein in the absence of fermentable carbohydrate. More comprehensive guidelines for formulation of far-off diets are provided in Table 1.

## NUTRITIONAL MANAGEMENT OF CLOSE-UP COWS

Unlike the far-off period, there are several areas of critical importance for nutritional management of dairy cows during the close-up period. These include macromineral nutrition, energy nutrition, and protein and amino acid nutrition.

**Macromineral considerations for close-up cows.** Most of the research conducted on macromineral nutrition of close-up cows has focused on prevention of milk fever and related disorders. One of the more interesting relationships in the epidemiological study of Curtis et al. (1985) was the lack of association of Ca content of the diet fed prepartum with occurrence of milk fever. Indeed, the NRC (2001) effectively discounted the potential that diets sufficiently low in Ca to prevent hypocalcemia could be fed during the prepartum period. In turn, they focused attention on the approach of adjusting cation-anion difference  $[[Na^+ + K^+] - [Cl^- + S^{2-}]]$  to prevent metabolic alkalosis and perhaps induce a metabolic acidosis. Horst et al. (1997) hypothesized that this correction of metabolic alkalosis would prevent changes in the conformation of the receptor for parathyroid hormone on bone and kidney and facilitate mobilization of Ca from bone and vitamin D synthesis. Prepartal diets with a negative dietary cation-anion difference (DCAD) have repeatedly been shown to reduce subclinical and clinical

hypocalcemia in cows predisposed to milk fever (Block, 1984; Joyce et al., 1997; Horst et al., 1997).

Currently, debate exists regarding whether sufficient alleviation of hypocalcemia can occur by decreasing the cation (Na and K) content of the diet fed during the prepartum period alone without adding anions through mineral or acid (HCl) based sources. Existing research in the literature is equivocal about whether a reduction in dietary K and a moderate DCAD are sufficient to avert milk fever or whether herds predisposed to milk fever might benefit from diets with a DCAD of  $-100$  to  $-150$  mEq/kg of DM. Goff and Horst (1997) indicated a reduction in dietary K to 1.1% DM was sufficient to avert clinical milk fever in multiparous Jersey cows; however, the incidence of subclinical hypocalcemia was not reduced. Moore et al. (2000) reported that cows fed a diet containing a DCAD of 0 meq/100g DM resulted in intermediate indices of Ca metabolism relative to cows fed diets containing either  $-15$  or  $+15$  meq/100g DM; however, the feeding a diet with a 0 DCAD was not sufficient to prevent parturient hypocalcemia in Holstein cows. Many dairy herds in the Northeast and Upper Midwest have sufficient access to low potassium feeds such as corn silage and some other grass-based forages and thus can decrease dietary potassium concentrations in the close-up diet to 1.3% of DM or less.

We conducted a study to determine whether further reduction of the dietary DCAD in the context of low potassium prepartum diets would improve mineral status in transition cows (Ramos-Nieves et al., 2009). Beginning 21 d before expected calving, control cows were fed a diet with the forage component based on corn silage and wheat straw with dietary potassium level of 1.29% and a calculated DCAD of  $+100$  mEq/kg of DM. The cows assigned to the anionic supplement treatment were fed the same base diet with anions added as calcium sulfate and a commercially available anionic supplement based on chloride. Potassium levels in this diet also were 1.29%, but the addition of the anionic supplement decreased the calculated DCAD to  $-150$  mEq/kg of DM. These diets were fed until calving and then all cows were fed the same lactation diet.

We sampled blood from each cow several times before calving, twice during the first 24 hours postcalving, and daily for the next 5 days after calving in order to fully characterize the effects of treatment on blood mineral status. Feeding the anionic supplements tended to increase blood calcium levels during the first 24 hours postcalving (8.0 vs. 7.1 mg/dL), but did not affect the proportion of cows categorized as clinically or subclinically hypocalcemic. In this study, nearly 50% of cows were categorized as subclinically hypocalcemic during the first several days postcalving. The significance of this subclinical hypocalcemia is not entirely known; however, Martinez et al. (2012) reported that cows with calcium levels in the range of subclinical hypocalcemia had decreased neutrophil function, increased NEFA and BHBA, increased incidence of uterine disease, and tended to have lower risk of pregnancy during early- and mid-lactation.

We determined that feeding the anionic supplements increased blood phosphorus concentrations and decreased the proportion of cows categorized as clinically or subclinically hypophosphatemic during the first several days postcalving. Most previously conducted studies focused only on effects of DCAD on blood calcium, but low blood phosphorus also leads to mineral-related problems with fresh cows.

Two meta analyses have been published which support some concepts relative to application of DCAD principles regarding prevention of milk fever and challenge some other concepts relative to macromineral nutrition during the prepartum period. It is important to remember that meta analyses are excellent tools to integrate literature and derive testable hypotheses, but it can be tenuous to use them as evidence of mechanistic biology. Charbonneau et al. (2006) determined, that of the many equations proposed over time to calculate DCAD, the equation discounting sulfur  $[[Na^+ + K^+] - [Cl^- + 0.6 S^{-2}]]$  (Goff et al., 2004) was the most highly associated with clinical milk fever and urinary pH (interestingly, the equation explained more variation in urine pH than it did in milk fever occurrence). Furthermore, the authors proposed a more modest target for urine pH (7.0) than that generally proposed (6.0 to 7.0) – this would be more in line with the approach of focusing on decreasing cations and then partially supplementing anions to the prepartum diet.

In the other meta analysis, Lean et al. (2006) supported the  $[[Na^+ + K^+] - [Cl^- + S^{-2}]]$  equation for application to milk fever, but proposed that increasing prepartum dietary Ca concentration to approximately that proposed in this paper (0.9 to 1.0% of DM) would actually increase milk fever incidence. Furthermore, increasing Ca concentration to very high concentrations (2.0 to 2.5% of DM) would result in very low milk fever incidence, similar to very low (unrealistically low) Ca concentrations. Moore et al. (2000) determined that increasing Ca concentration while simultaneously decreasing DCAD resulted in improved DCAD status. Chan et al. (2006) reported that Ca concentrations of either 0.99 or 1.50% of the prepartum diet in conjunction with an anionic salt supplement maintained serum Ca at adequate levels around calving. Although this is an area that requires further study, we are comfortable with the recommendation of supplementing Ca to the prepartum diet, regardless of DCAD strategy.

Lean et al. (2006) also associated increasing Mg concentrations of the prepartum diet with sharply associated decreases in milk fever risk. Others (Jittakhot et al., 2004) have shown that high dietary K concentrations interfere with Mg absorption of the rumen, thus we would predict positive results from decreasing dietary K and supplementing Mg prepartum. Lean proposed that increasing dietary P concentrations from 0.3% to 0.4% of DM in the prepartum diet would increase risk of milk fever by 18%. This is consistent with data from Peterson et al. (2005), who determined that serum Ca was lower before calving through 2 d postpartum for cows fed 0.44% P compared to 0.21 or 0.31% P during the prepartum period.

**Energy nutrition of close-up cows.** As described above, controlling energy intake of close-up cows so that they meet, but do not dramatically exceed, their energy requirements during this period is a critical target. As has been well-documented previously and supported by recent research (Ospina et al., 2010a; 2010b; 2010c), energy intake below requirements as reflected by elevated NEFA concentrations during the close-up period is associated with increased incidence of postpartum metabolic disorders, lower milk production, and poorer reproductive performance. Similar to the far-off period, energy intake well in excess of requirements appears to result in heightened insulin resistance and the metabolic cascade leading to lower DMI postcalving, increased loss of body condition score, increased risk of metabolic disorders, and poorer productive and reproductive performance.

We typically target energy intake of cows during the close-up period at 110 to 120% of energy requirements. For Holsteins, this is in the range of 16 to 18 Mcal/day of NEL. As a starting point, our recommendations would be to formulate the close-up diet at approximately 1.45 Mcal/kg of NEL if the group is a commingled cow/heifer group and approximately 1.38 to 1.40 Mcal/kg of NEL if the group is composed of cows entering second or later lactation and DMI is high. These energy densities are adjusted based upon actual dry matter intakes of cows on farms to achieve the overall targets for energy intake during the close-up period described above. More detailed recommendations for formulation of close-up diets are provided in Table 1.

**Protein and amino acid nutrition.** We target metabolizable protein supplies based upon CNCPS and the 2001 Dairy NRC predictions at 1,100 to 1,200 grams per day for cows during the close-up period. Given that lower energy diets fed during the close-up period as described above typically contain limited amounts of rapidly fermentable carbohydrate (16 to 18% starch), microbial protein synthesis is limited and diets generally contain 1 to 2 kg of ruminally undegradable protein sources in order to meet the metabolizable protein recommendation outlined above. Total ration CP content typically will range from 13 to 15% in this scenario. Furthermore, research generally supports formulation of methionine and lysine in close-up rations at levels similar to those used for lactating cows (2.2 to 2.3% of MP for methionine and 6.6 to 6.8% of MP for lysine).

## **CONSIDERATIONS FOR ONE-GROUP NUTRITIONAL MANAGEMENT STRATEGIES FOR DRY COWS**

The evolution toward controlled energy approaches for both far-off and close-up cows combined with increased popularity of shortened dry periods has resulted in increasing adoption of one-group nutritional strategies for dry cows. Again, we target energy intake to 110 to 120% of energy requirements, which typically results in diets formulated to contain 1.35 to 1.40 Mcal/kg of NEL. Macromineral formulation of the one-group dry cow diet is the same as that for the close-up ration, favoring low potassium feeds, supplementation of calcium and magnesium, and supplementation of anions to the extent needed to prevent hypocalcemia. Richards et al. (2009) recently compared a one-group strategy to a two-group strategy in which close-up cows were fed a high energy (1.61 Mcal/kg of NEL) diet. Cows fed the controlled energy, one group ration (1.32 Mcal/kg) during the entire dry period had improved metabolic indicators (NEFA, BHBA) compared to cows fed the two-group dry cow system. My expectation is that the one-group controlled energy approach would work similar to the two group strategy in which energy is controlled in both groups to 110 to 120% of requirements. Determination of whether to pursue a two-group versus a one-group strategy is largely based upon which is most practical to implement on each farm. There is some evidence that suggest that perhaps one can drive energy too low when the controlled energy approach is pursued as a one-group dry period strategy. Janovick and Drackley (2010) fed primiparous and multiparous cows either a controlled energy (1.21 Mcal/kg of NEL) diet for ad libitum intake or a high energy (1.63 Mcal/kg of NEL) diet at either 80% or 150% of NRC (2001) energy requirements. Multiparous cows fed the controlled energy ration better maintained DMI during the prepartum period, had higher postpartum DMI, had lower NEFA, and lost less BCS than cows fed the high energy diet for 150% of energy intakes, but also yielded less milk.

## GROUPING AND FACILITY FACTORS AND TRANSITION COW MANAGEMENT

Even the best formulated nutritional approach to dry cows can become derailed by issues with grouping and facility management of transition cows. In general, these are difficult areas in which to conduct controlled research because of the need for replicated pens if studying group-housed cows for many factors. Thus, our knowledge base is a combination of controlled research, observational studies, and field experience. The major factors at play in most transition management scenarios are stocking density, commingling of cows and heifers, frequency and number of pen moves, and heat abatement.

**Stocking density.** Of all of the grouping/facility factors that have been evaluated in the context of transition cow management, stocking density of groups during the prepartum period has received by far the most attention (Cook and Nordlund, 2004; Nordlund et al., 2007). Unfortunately, most of the current recommendations (e.g., optimal stocking density at 80% of headlocks or 30 in (0.8 m) of bunk space per cow; Cook and Nordlund, 2004) are based largely on observational work rather than randomized trials in which the benefits of decreased stocking density were observed in primiparous cows only. Although field experience certainly corroborates the benefits of decreasing stocking density in many situations, these observational studies do not lend themselves to truly determine the optimal stocking density, and the optimal stocking density surely varies across farms based upon other grouping management/facility characteristics.

Proudfoot et al. (2009) evaluated the effects of competition at the feedbunk on aspects of behavior in transition cows. Cows were assigned to either competitive (2 cows per Insentec feeding bin) or noncompetitive (1 cow per bin) treatments beginning 18 d prior to expected calving and continuing through 18 d postpartum. Competitively fed primiparous and multiparous cows were displaced from the feed bunk 3 and 2 times, respectively, as frequently as noncompetitively fed cows. Other than displacements, competition did not affect most other indices of feeding or meal behavior in primiparous cows. In multiparous cows, competitive feeding resulted more visits but less eating time and a trend for lower DMI in the week before calving, less feeding time in the first week postcalving, and higher feeding rate in the second week postcalving. Interestingly, competitive feeding resulted in significantly more standing time and less resting time in multiparous cows during the prepartum period and during the first week postcalving.

In a study conducted in a similar manner by the same research group, Hosseinkhani et al. (2008) sought to determine whether competitive feeding affected sorting behavior during the prepartum period as assessed by changes in particle size. The TMR averaged 49.5% DM and the Penn State Particle Separator particle size distribution of the original TMR (DM basis) was as follows (18.1% top screen, 32.3% middle screen, 33.4% third screen, and 16.2% bottom pan). Regardless of competitive feeding treatment, cows sorted against longer particles at both 4 and 12 h postfeeding. Although competitive feeding did not affect sorting behavior and did not affect overall daily feeding time or DMI, competitively fed cows had faster feeding rates and lower meal frequency. Consistent with these findings, Krawczel et al. (2009) reported that increasing stocking density at the feed bin (100, 133, 150, and 200%) increased feeding rate

during the first 21 d postpartum. In the absence of freestall overcrowding, they determined that stocking density at the feed bin did not alter overall DMI or standing behavior.

Recently, we (Huzzey et al., 2012) conducted a study in which we evaluated the effects of overstocking (200% vs 100% stocking of feedbunk and stalls) on feeding behavior, aspects of stress physiology, and metabolism of dry cows. Despite marked changes in feeding pattern, average feeding time per animal was nearly identical between the two groups and average pen DMI was actually increased in the overstocked group (~ 15 vs. 14 kg/d of DMI). Consistent with other research evaluating stocking density effects on feeding behavior, rates of feed intake were higher in the overstocked group. Despite higher DMI, the overstocked group of cows had higher NEFA and tended to have elevated concentrations of cortisol breakdown metabolites in feces, indicative of a role of stress physiology in cow responses to treatment. In addition to the overall effects on the group, the heifers that were commingled with the older cows clearly were impacted to a greater extent by the increased stocking density. This notion would be consistent with that of Cook and Nordlund (2004), who postulated that the effects of facilities and environment are not equal across all animals, rather they have greater impact on compromised animals or those of lower rank within the groups.

**Commingling primiparous and multiparous cows.** We believe that eliminating the commingling of primiparous and multiparous cows that is common during both the prepartum and postpartum periods remains a major opportunity for freestall dairy farms in the Northeast. In our commercial farm-based research described more fully below, a large percentage (nearly 50%) of primiparous cows had elevated NEFA concentrations prepartum, indicative of compromised energy status (Data from Ospina et al., 2010a; 2010b; 2010c). Virtually none of the herds would have had separate groups for heifers and cows during the close-up period – we speculate that competition between commingled cows and heifers compromised the heifers. Although controlled research on commingling is even more lacking than that for stocking density, it is worth noting that the negative effects of high stocking density reported by Nordlund et al. (2007) above were confined to milk yield responses in primiparous cows. Furthermore, primiparous cows had higher responses of cortisol to ACTH challenge than multiparous cows following their introduction to a commingled environment (Gonzalez et al., 2003). Clearly, this is an area that requires further randomized trials and potentially focus at the field level.

**Pen moves.** One of the major areas of focus by Cook and Nordlund (2004) was the issue of the number of pen moves made during cows during both the prepartum and postpartum periods. In many freestall transition management systems, it is not uncommon for cows to make five to six moves during the six-week period around calving. They advocated for elimination of group moves 2 to 5 days before calving and shortening of the period spent in a post-fresh monitoring group. Their basis for this was a collection of older studies that suggested that social adaptation to new groups ranged from 48 h to 7 d, with low rank cows more affected by the regrouping. More recently, von Keyserlingk et al. (2008) reported that midlactation cows introduced to a new group had substantially (2.5X) more displacements from the feedbunk on the day of mixing compared to the 3 d prior to regrouping and slowly declined on the two days thereafter. Lying bouts and time also were decreased in a similar manner on the day of mixing with recovery in the days thereafter. Milk yield was decreased by about 3.5 kg/d on the day of mixing only (43.4 vs. 39.7 kg/d). Although controlled evidence specifically focused on pen moves and their timing

during the transition period is largely lacking, the overall practice of streamlining grouping changes during this time appears to have yielded dividends on farms in terms of fresh cow health and calving management.

A practice that currently has received some attention in the field, but not controlled research to the authors' knowledge, is the concept of all-in grouping management for close-up cows such that the typical weekly move of cows into a close-up group would occur to a different small pen each week on a rotational basis. Cows would calve in the same group and new cows would not be introduced into this group. Anecdotal evidence suggests that this strategy may have merit, although the requirements for herds to maintain other aspects of grouping management (e.g., stocking density, hygiene) applies in this scenario as well.

**Heat stress abatement.** Another prepartum management strategy not commonly observed on dairies in the Northeast and Canada is evaporative cooling applied to prepartum pens. Recently, Tao and Dahl (2013) summarized results from 9 studies conducted that focused on the effects of cooling cows during the entire dry period in periods of heat stress and determined that, in all cases, subsequent milk yield was increased. Responses were smaller and not statistically significant when fan cooling only was applied and greater when evaporative cooling (typically fans and soakers) techniques were applied. Furthermore, they reported that studies generally reported decreased calf birth weights during heat stress. do Amaral et al. (2011) also reported that aspects of innate and acquired immune status, including neutrophil function and immunoglobulin secretion following challenge, was enhanced in cows cooled during the dry period. Although in many temperate locations these periods of heat and humidity are relatively short-lived, we believe that heat stress in cows that calve in typical summer conditions in New York and other temperate climates contributes to lower milk yield during the fall in these animals; furthermore, this scenario is compounded by overstocking in transition groups during summer months because of poor reproductive performance during the previous summer.

## **USE OF ANALYTES RELATED TO ENERGY METABOLISM – NEFA & BHBA**

Oetzel (2004) characterized well the typical use of blood analytes related to energy metabolism in transition management diagnostics – NEFA during the prepartum period to assess precalving energy status and BHBA during the postpartum period to assess incidence of subclinical (and clinical) ketosis. This approach was supported in part by work conducted in Michigan (Cameron et al., 1998) that associated increased prepartum concentrations of NEFA, reflective of negative energy balance, with a greater incidence of displaced abomasum. Duffield et al. (1998) defined and characterized subclinical ketosis in herds in Ontario during the postpartum period and demonstrated that administration of monensin in a controlled-release capsule would decrease the incidence of subclinical ketosis in dairy cows during early lactation.

Recently, our group conducted a large-scale evaluation of the associations of prepartum NEFA and postpartum NEFA and BHBA with postpartum health, milk production, and reproductive performance in dairy herds in the northeastern US (Ospina et al., 2010a, 2010b, 2010c). In order to have been included in the study a herd must have: 1) had greater than 250 milking cows, 2) housed cows in free-stalls, 3) fed a total mixed ration (TMR), and 4) participated in DHIA and/or use Dairy Comp 305 (Valley Ag. Software, Tulare CA). Farms were visited once and during the

farm visit two cohorts of animals were selected: those 14 to 2 days prepartum and those 3 to 14 days postpartum. Within each cohort, convenience samples of 15 apparently healthy animals were evaluated. Briefly, 10 mL of blood was collected from the coccygeal vein or artery into a red-top tube. The sera from the prepartum cohort were analyzed for NEFA and the sera from animals sampled after calving were analyzed for NEFA, BHBA. For all animals sampled, the incidence of the diseases of interest [displaced abomasum (DA), clinical ketosis (CK), and metritis (MET) and/or retained placenta (RP)] within 30 days in milk, time to pregnancy within 70 days post voluntary waiting period and Mature Equivalent 305 (ME 305) milk at 120 days in milk were recorded. The final dataset included 100 herds with an average herd size of 840 cows. A total of 2758 cows were sampled within these herds (1440 animals sampled prepartum and 1318 sampled postpartum) with an approximate distribution of 35% primiparous (entering first lactation) and 65% multiparous (entering second or greater lactation) cows.

Critical threshold values for prepartum NEFA and postpartum NEFA and BHBA and the associated risk ratios for disease are presented in Table 2. If animals had prepartum serum NEFA concentrations greater than about 0.30 mEq/L, they were twice as likely to develop one or more of the diseases of interest. Animals with postpartum serum NEFA and BHBA concentrations greater than about 0.60 mEq/L and 10 mg/dL, respectively, were four times as likely to develop one of more of the diseases of interest than animals with lower concentrations of these metabolites. The risk ratio for individual disorders varied widely within these groups. These results are consistent with prior work and support the importance of maintaining adequate energy intake prepartum and controlling body condition score loss and overall energy status during the postpartum period with respect to disease.

The relationships of prepartum NEFA and postpartum NEFA and BHBA with reproductive performance for the first 70 days after voluntary waiting period are described in Table 3. Animals with prepartum NEFA greater than about 0.3 mEq/L were nearly 20% less likely to become pregnant than animals with lower concentrations. Animals with greater than about 0.70 mEq/L of NEFA (while controlling for BHBA) and/or greater than 10 mg/dL of BHBA were 13 to 16% less likely to become pregnant than animals with lower concentrations. In all models, multiparous cows were less likely than primiparous cows to become pregnant in the first 70 days following the voluntary waiting period.

Associations of analytes related to energy metabolism with subsequent milk production (assessed as mature-equivalent 305-day lactational milk, predicted at approximately 120 DIM) are depicted in Table 4. Regardless of parity, animals with greater than about 0.3 mEq/L of NEFA during the prepartum period had nearly 700 kg less ME305 projected milk than animals with lower concentrations. During the postpartum period, there were interesting differences in associations of energy-related analytes with milk production depending upon parity. In primiparous cows (heifers), postpartum NEFA concentrations greater than about 0.6 mEq/L and BHBA concentrations over about 9 mg/dL were associated with increased milk yield. In multiparous cows, postpartum NEFA concentrations greater than about 0.7 mEq/L and BHBA concentrations greater than about 10 mg/dL were associated with lower predicted milk yield.

Among animals sampled during the prepartum period (2 to 14 days before calving), 45% of primiparous animals and 26% of multiparous cows had NEFA concentrations at or above 0.3

mEq/L. Among animals sampled during the postpartum period (3 to 14 days after calving), 25% of primiparous animals and 33% of multiparous cows had NEFA concentrations at or above 0.7 mEq/L. Furthermore, 15% of primiparous animals and 27% of multiparous cows had BHBA concentrations at or above 10 mg/dL. In the vast majority of participating farms, primiparous and multiparous animals would have been commingled during the period before calving— these results suggest that heifers in particular may be compromised from the standpoint of energy intake relative to requirements in these systems. Furthermore, these energy-related analytes appear more likely to be elevated in multiparous cows than primiparous cows during the period after calving.

Ospina et al. (2010c) also used this dataset to compare herds with greater than 15% of animals over the critical thresholds for the analytes during the prepartum and postpartum periods with those with less than 15% of animals over the thresholds during each period and results from this analysis are presented in Table 5. It should be noted that the numbers in this table reflect the associations among all animals in the herd, not just sampled animals in the study. As suggested by the results in the table, those herds with more than 15% of animals with prepartum NEFA and/or postpartum NEFA and BHBA over the critical thresholds had slightly greater disease incidence, poorer reproductive performance, and lower ME305 projected milk yield in both primiparous and multiparous cows. In the U.S. system, the associations of these analytes at the herd-level with decreased milk yield and poorer reproductive performance would be much more economically meaningful than those with disease incidence.

In terms of practical application of this information, we believe that measurement of energy-related analytes is a useful tool for monitoring herds, evaluation of potential opportunities for improved transition cow management, or diagnostics. In terms of the target windows, we recommend sampling 15 to 20 cows per group within the windows of interest described above – prepartum samples should be analyzed for NEFA and postpartum samples can be analyzed for NEFA and/or BHBA. The cowside blood or milk tests for BHBA described above are very accurate and represent an excellent first step or front line analysis because of convenience and cost. Furthermore, milk BHBA testing (e.g. Valacta) is now available through routine herd testing. We see this as having great potential to help herds have information regarding their success with transition cow programs at regular intervals.

Because the incidence of herds with high postpartum NEFA in our dataset was much greater than that with high postpartum BHBA, we would encourage practitioners and consultants to take the extra step and consider analysis for postpartum NEFA in situations where they believe that early lactation milk production and reproductive performance are compromised yet the BHBA data are unrevealing. Finally, prepartum NEFA continue to be useful in helping to identify situations in which larger than desired proportions of prepartum cows have compromised energy status.

Table 6 describes three possible outcomes and potential interpretations for a herd to consider after NEFA and/or BHBA evaluation in prepartum and postpartum groups. If NEFA is elevated in prepartum cows, it is generally a good signal that either energy intake as a whole is inadequate or facility/management issues exist and are causing significant cow to cow variation in DMI and hence NEFA concentration. Independent of postpartum analyte values, we associate elevated prepartum NEFA with negative disease, reproductive, and production outcomes at the herd level

(Table 5). The most likely analyte pattern for a herd that is overfeeding energy either far-off or close-up is low NEFA values prepartum but high NEFA and/or BHBA values postpartum. Herds and consultants should remember, however, that a number of factors specific to either nutritional management or facility/grouping management also can elevate postpartum concentrations of NEFA and/or BHBA independent of prepartum values. Typically, when herds are overfed either far-off or close-up, we see a subsequent rapid and marked loss of BCS among fresh cows – NEFA testing of the fresh cows can help to confirm this.

## **SUMMARY AND CONCLUSIONS**

Success in transition cow programs depends upon excellent management in a number of different areas. Controlling energy intake of cows during the prepartum period (both far-off and close-up) is an important factor in nutritional management of transition cows, as is focus on macromineral aspects of prepartum rations. If principles for energy, protein, and macromineral nutrition are adhered to, both two-group and one-group nutritional strategies can be used to help ensure successful transition cow programs on farms. At the same time, management of key grouping and facility factors on farms (e.g., stocking density, potentially separating primiparous and multiparous animals during the transition period, minimizing pen moves, and heat stress abatement) is important to fully achieve transition management potential on dairy farms. Finally, diagnostic tools related to energy metabolism such as BHBA and NEFA are becoming more widely available and are useful herd-level monitors of overall transition cow programs.

## **REFERENCES**

- Agenas, S., E. Burstedt, and K. Holtenius. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86:870-882.
- Bauman, D. E., and W. B. Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63:1514-1529.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804-2819.
- Bernabucci, U., B. Ronchi, N. Lacetera and A. Nardone. 2005. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88:2017-2026.
- Block, E. 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.* 67:2939-2948.
- Cameron, R. E., P. B. Dyk, T. H. Herdt, J. B. Kaneene, R. Miller, H. F. Bucholtz, J. S. Liesman, M. J. VandeHaar, and R. S. Emery. 1998. Dry cow diet, management, and energy balance as risk factors for displaced abomasums in high producing dairy herds. *J. Dairy Sci.* 81:132-139.

- Castillo, C., J. Hernández, I. Valverde, V. Pereira, J. Sotillo, M. L. Alonso and J. L. Benedito. 2006. Plasma malonaldehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 80:133-139.
- Chan, P. S., J. W. West, and J. K. Bernard. 2006. Effect of prepartum dietary calcium on intake and serum and urinary mineral concentrations of cows. *J. Dairy Sci.* 89:704-713.
- Charbonneau, E., D. Pellerin, and G. R. Oetzel. 2006. Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating cows: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 89:537-548.
- Cook, N. B., and K. V. Nordlund. 2004. Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs facility design. *Vet. Clin. Food Anim.* 20:495-520.
- Curtis, C. R., H. N. Erb, C. H. Sniffen, R. D. Smith, and D. S. Kronfeld. 1985. Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 68:2347-2360.
- Dann, H. M., N. B. Litherland, J. P. Underwood, M. Bionaz, A. D'Angelo, J. W. McFadden, and J. K. Drackley. 2006. Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 89:3563-3577.
- do Amaral, B. C., E. E. Connor, S. Tao, M. J. Hayen, J. W. Bubolz, and G. E. Dahl. 2011. Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows. 94:86-96.
- Douglas, G. N., T. R. Overton, H. G. Bateman II, H. M. Dann, and J. K. Drackley. 2006. Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 89:2141-2157.
- Duffield, T. F., D. Sandals, K. E. Leslie, K. Lissemore, B. W. McBride, J. H. Lumsden, P. Dick, and R. Bagg. 1998. Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:2866-2873.
- Goff, J.P., and R.L. Horst. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80:1260-1268.
- Goff, J. P., R. Ruiz, and R. L. Horst. 2004. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. *J. Dairy Sci.* 87:1245-1255.
- Gonzalez, M., A. K. Yabuta, and F. Galindo. 2003. Behaviour and adrenal activity of first parturition and multiparous cows under a competitive situation. *Applied Anim. Behav. Sci.* 83:259-266.
- Hammon, D. S., I. M. Evjen, T. R. Dhiman, J. P. Goff and J. L. Walters. 2006. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 113:21-29.

Hoeben, D., R. Heyneman and C. Burvenich. 1997. Elevated levels of  $\beta$ -hydroxybutyric acid in periparturient cows and in vitro effect on respiratory burst activity of bovine neutrophils. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 58:165-170.

Holtenius, K., S. Agenas, C. Delavaud, and Y. Chilliard. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 86:883-891.

Horst, R. L., J. P. Goff, T. A. Reinhardt, and D. R. Buxton. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80:1269-1280.

Hosseinkhani, A., T. J. DeVries, K. L. Proudfoot, R. Valizadeh, D. M. Veira, and M.A.G. von Keyserlingk. 2008. The effects of feedbunk competition on the feed sorting behavior of close-up dry cows. *J. Dairy Sci.* 91:1115-1121.

Huzzey, J. M., D. V. Nydam, R. J. Grant, and T. R. Overton. 2012. The effects of overstocking Holstein dairy cattle during the dry period on cortisol secretion and energy metabolism. *J. Dairy Sci.* 95:4421-4433.

Ingvarsen, K. L., R. J. Dewhurst and N. C. Friggens. 2003. On the relationship between lactational performance and health: Is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livest. Prod. Sci.* 83:277-308.

Janovick, N. A., and J. K. Drackley. 2010. Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:3086-3102.

Jittakhot, S., J. T. Schonewille, H. Wouterse, C. Yuangklang, and A. C. Beynen. 2004. Apparent magnesium absorption in dry cows fed at 3 levels of potassium and 2 levels of magnesium intake. *J. Dairy Sci.* 87:379-385.

Joyce, P. W., W. K. Sanchez, and J. P. Goff. 1997. Effect of anionic salts in prepartum diets based on alfalfa. *J. Dairy Sci.* 80:2866-2875.

Kimura, K., J. P. Goff and M. E. Kehrli Jr. 1999. Effects of the presence of the mammary gland on expression of neutrophil adhesion molecules and myeloperoxidase activity in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:2385-2392.

Krawczel, P. D., D. M. Weary, R. J. Grant, and M.A.G. von Keyserlingk. 2009. Effect of feed bin stocking density on the feeding and standing behavior of postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92(E-Suppl. 1):141. (Abstr.)

Lean, I. J., P. J. DeGaris, D. M. McNeil and E. Block. 2006. Hypocalcemia in dairy cows: Meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *J. Dairy Sci.* 89:669-684.

Martinez, N., C. A. Risco, F. S. Lima, R. S. Bisinotto, L. F. Greco, E. S. Ribeiro, F. Maunsell, K. Galvão, and J.E.P. Santos. 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *J. Dairy Sci.* 95 :7158–7172.

Miller, J. K., E. Brzezinska-Slebodzinska and F. C. Madsen. 1993. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *J. Dairy Sci.* 76:2812-2823.

Moore, S. J., M. J. Vandehaar, B. K. Sharma, T. E. Pilbeam, D. K. Beede, H. F. Bucholtz, J. S. Liesman, R. L. Horst, and J. P. Goff. 2000. Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. *J. Dairy Sci.* 83:2095-2104.

Moyes, K. M., J. K. Drackley, D. E. Morin and J. J. Loo. 2010a. Greater expression of TLR2, TLR4, and IL6 due to negative energy balance is associated with lower expression of HLA-DRA and HLA-A in bovine blood neutrophils after intramammary mastitis challenge with *Streptococcus uberis*. *Funct. Integr. Genomics.* 10:53-61.

Moyes, K. M., J. K. Drackley, D. E. Morin, S. L. Rodriguez-Zas, R. E. Everts, H. A. Lewin and J. J. Loo. 2010b. Mammary gene expression profiles during an intramammary challenge reveal potential mechanisms linking negative energy balance with impaired immune response. *Physiol. Genomics.* 41:161-170.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup> rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

Nordlund, K. V., N. B. Cook, and G. R. Oetzel. 2007. Commingling dairy cows: pen moves, stocking density, and fresh cow health. Proceedings, Eighth Fall Dairy Conference. PRO-DAIRY and Cornell University College of Veterinary Medicine. Syracuse, NY, pp. 117-126.

Oetzel, G. R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20:651-674.

Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010a. Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.* 93:1596-1603.

Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010b. Evaluation of nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *J. Dairy Sci.* 93:546-54.

Ospina, P. A., D. V. Nydam, T. Stokol, and T. R. Overton. 2010c. Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. *J. Dairy Sci.* 93:3595-3601.

- Overton, T. R., and M. R. Waldron. 2004. Nutritional management of transition cows: Strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.* 87:E105-E119.
- Peterson, A. B., M. W. Orth, J. P. Goff, and D. K. Beede. 2005. Periparturient responses of multiparous Holstein cows fed different dietary phosphorus concentrations prepartum. *J. Dairy Sci.* 88:3582-3594.
- Proudfoot, K. L., D. M. Veira, D. M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:3116-3123.
- Ramos-Nieves, J. M., B. J. Thering, M. R. Waldron, P. W. Jardon, and T. R. Overton. 2009. Effects of anion supplementation to low-potassium prepartum diets on macromineral status and performance of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:5677-91.
- Richards, B. F., N. A. Janovick, K. M. Moyes, D. E. Beever, and J. K. Drackley. 2009. Comparison of a controlled-energy high-fiber diet fed throughout the dry period to a two-stage far-off and close-up dietary strategy. *J. Dairy Sci.* 92(E. Suppl. 1):140. (Abstr.)
- Schoenberg, K. M., and T. R. Overton. 2011. Effects of plane of nutrition and 2,4-thiazolidinedione on insulin responses and adipose tissue gene expression in dairy cattle during late gestation. *J. Dairy Sci.* 94:6021-6035.
- Sordillo, L. M. and S. L. Aitken. 2009. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 128:104-109.
- Sordillo, L. M., G. A. Contreras, and S. L. Aitken. 2009. Factors affecting the inflammatory response of periparturient dairy cows. *Anim. Health Res. Rev.* 10:53-63.
- Tao, S., and G. E. Dahl. 2013. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci.* 96 :4079–4093.
- von Keyserlingk, M.A.G., D. Olenick, and D. M. Weary. 2008. Acute behavioral effects of regrouping dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:1011-1016.

**Table 1.** Nutrient recommendations for dry and lactating cows

Authors: T. R. Overton and L. E. Chase, Cornell University

Updated 6/2012

Item	Units	Far-off Cows	Close-up Cows	Fresh Cows	High Cows
<b>General</b>					
DMI	kg	13 - 14	12 - 13	19+	23+
NEL	Mcal/d	15 - 17	16 - 18		
NEL	Mcal/kg	1.30 - 1.39	1.38 - 1.45	1.72 - 1.76	1.69 - 1.76
ME balance	% of req.	110 to 120%	110 to 120%	80 - 90%	100 - 110%
<b>Protein</b>					
Crude protein	% DM	< 16	<15	<18	<18
Rumen NH <sub>3</sub> balance (CNCPS 6.1)	%	<200%	<160%	110 - 150%	110 - 150%
Metabolizable protein	g	1000 - 1100	1200	N/A	N/A
Metabolizable protein balance	% of req.	110 to 120%	120 to 130%	95 to 110%	100 to 110%
MP from bacteria (CNCPS 6.1)	% of MP	no guideline	>50%	> 40%	> 40%
MP allowable milk (CNCPS 6.1)	% of req.	N/A	N/A	90 - 105%	100 - 110%
Urea cost	Mcal/d	no guideline	< 0.5 Mcal	< 0.5 Mcal	< 0.5 Mcal
<b>Carbohydrate</b>					
Forage NDF, optimum	% BW	0.7 - 0.8	0.6 - 0.7	0.85 - 1.0	0.85 - 1.0
peNDF	% DM	30-40	28 - 35	24 - 26	23 - 25
Starch, maximum	% DM	16	19	27	30
Sugar	% DM	<3	<3	5	5
NFC	% DM	26 - 30	30 - 34	38 - 42	38 - 42
<b>Fat</b>					
Total fat, optimum	% DM	3.5	3.5	4	5
Total fat, maximum	% DM	4.5	4.5	5	6
<b>Macrominerals</b>					
Calcium (Ca)*	% DM	0.5 - 0.7	0.9 - 1.1	0.8 - 1.0	0.8 - 1.0
Phosphorus (P)	% DM	0.3 - 0.35	0.3 - 0.35	0.35 - 0.4	0.35 - 0.4
Magnesium (Mg)	% DM	0.2 - 0.25	0.4 - 0.45	0.3 - 0.4	0.25 - 0.35
Potassium (K)	% DM	< 2.0	< 1.3	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
Sodium (Na)	% DM	< 0.10	< 0.10	0.4 - 0.6	0.4 - 0.6

Chloride (Cl)*	% DM	0.4 - 0.8	0.4 - 0.8	0.3 - 0.4	0.3 - 0.4
Sulfur (S)	% DM	0.3	0.3	0.25 - 0.3	0.25 - 0.3

**Trace Elements**

Selenium (Se)**	PPM	0.3	0.3	0.3	0.3
Cobalt (Co)	PPM	0.3	0.4	0.4	0.3
Iodine (I)	PPM	0.8	0.8	0.8	0.8
Copper (Cu)	PPM	15 - 20	15 - 20	15 - 20	15 - 20
Manganese (Mn)	PPM	60 - 80	60 - 80	60 - 80	60 - 80
Zinc (Zn)	PPM	60 - 80	60 - 80	60 - 80	60 - 80
Iron (Fe)***	PPM	60	60	60	60

**Vitamins**

A	IU	100,000	125,000	150,000	150,000
D	IU	25,000	30,000	45,000	45,000
E	IU	1000	1800	1000	1000

**NOTES:**

\* If DCAD formulation in close-up diet, increase Ca to 1.2 to 1.3% and use Cl sources to titrate urine pH

\*\* FDA limit for added selenium (recommend organic source if available for dry and fresh cows)

\*\*\* Iron will generally not be added to the diet

**Table 2.** Receiver operator characteristic (ROC) curve determination of critical NEFA (mEq/L) and BHBA (mg/dL) thresholds as predictors of disease and risk ratios of disease based upon these critical thresholds (Ospina et al., 2010b).

<b>Prepartum cohort (2 to 14 days prepartum)</b>					
<b>Disease</b>	<b>Critical NEFA<sup>1</sup></b>	<b>prepartum</b>	<b>Risk Ratio</b>	<b>95 % CI<sup>2</sup></b>	<b>P-value</b>
DA	0.27		2.0	1.1 – 3.7	0.03
CK	0.26		1.8	1.2 – 2.5	0.001
Met and/or RP	0.37		2.2	1.6 – 3.0	< 0.0001
Any of the three	0.29		1.8	1.4 – 2.2	< 0.0001
<b>Postpartum cohort (3 to 14 days postcalving)</b>					
<b>Disease</b>	<b>Critical NEFA<sup>1</sup></b>	<b>postpartum</b>	<b>Risk Ratio</b>	<b>95 % CI<sup>2</sup></b>	<b>P-value</b>
DA	0.72		9.7	4.2 – 22	<0.0001
CK	0.57		5.0	2.3 – 11	<0.0001
Met	0.36		17	2.0 – 134	0.008
Any of the three	0.57		4.4	2.6 – 7.3	< 0.0001
<b>Disease</b>	<b>Critical BHBA<sup>1</sup></b>		<b>Risk Ratio</b>	<b>95 % CI<sup>2</sup></b>	<b>P-value</b>
DA	10		6.9	3.7 – 12.9	<0.0001
CK	10		4.9	3.2 – 7.3	<0.0001
Met	7		2.3	1.1 – 5.1	0.037
Any of the three	10		4.4	3.1 – 6.3	<0.0001

<sup>1</sup> Highest combination of specificity and sensitivity based upon ROC analysis

<sup>2</sup> Risk ratio confidence interval

**Table 3.** Cox proportional hazard model of the effect of NEFA (mEq/L) and/or BHBA (mg/dL), covariates, and animals clustered within herds on days to conception after voluntary waiting period (Ospina et al., 2010a).

<b>Sampled population</b>	<b>Variable</b>	<b>Hazard</b>	<b>P-value</b>
Prepartum cohort	NEFA $\geq$ 0.27	0.81	0.01
	Parity	0.73	0.001
Postpartum cohort	NEFA $\geq$ 0.72	0.84	0.05
	BHBA $\geq$ 10	0.93	0.4
	Parity	0.81	0.01
Postpartum cohort	BHBA $\geq$ 10	0.87	0.1
	Parity	0.80	0.01

**Table 4.** Mixed models for the effect of NEFA (mEq/L) and/or BHBA (mg/dL), covariates, and herd as a random effect on milk production assessed as ME305 milk at 120 days in milk (Ospina et al., 2010a).

Sampled Population	Variable	Difference in ME milk yield (kg)	P-value
Prepartum	NEFA $\geq$ 0.33	-683	0.001
	Parity	-556	0.01
Postpartum -- heifers	NEFA $\geq$ 0.57	+488	0.02
	BHBA $\geq$ 10	-143	0.5
Postpartum -- heifers	BHBA $\geq$ 9	+ 403	0.04
Postpartum -- cows	NEFA $\geq$ 0.72	-647	0.001
	BHBA $\geq$ 10	-165	0.4
Post-partum -- cows	BHBA $\geq$ 10	-393	0.04

**Table 5.** Herd-level impacts of elevated prepartum and postpartum nonesterified fatty acids (NEFA) and postpartum beta-hydroxybutyrate (BHBA) in commercial dairy farms (Ospina et al., 2010c)

Metabolite level	Herd alarm	Herd-level impact
Prepartum NEFA (14 to 2 d prepartum) > 0.3 mEq/L	> 15%	- 1.2% 21-d pregnancy rate + 3.6% disease incidence - 282 kg ME305 milk
Postpartum NEFA (3 to 14 d postpartum) > 0.6 (heifers) – 0.7 (cows) mEq/L	> 15%	- 0.9% 21-d pregnancy rate + 1.7% disease incidence Heifers: - 288 kg ME305 milk Cows: -593 kg ME 305 milk
Postpartum BHBA (3 to 14 d postpartum) > 10 (cows) – 12 (heifers) mg/dL	> 15%	- 0.8% 21-d pregnancy rate + 1.8% disease incidence
	> 20%*	*Heifers: -534 kg ME305 milk Cows: -358 kg ME 305 milk

15% of 15 animals sampled = 2 to 3 animals over threshold; 90% confidence interval that it sample represents herd prevalence

**Table 6.** Interpretation of energy-related metabolites [nonesterified fatty acids (NEFA) and beta-hydroxybutyrate (BHBA)] to assess herd-level opportunities.

Scenario	Likely cause and possibilities
High prepartum NEFA	Likely starting with low DMI in close-up cows
High postpartum NEFA and/or BHBA	Too low energy in prefresh diet, facility and/or management issues (grouping, stocking density, heat stress?)
High prepartum NEFA	Low DMI in close-up cows
Low postpartum NEFA and/or BHBA	Sampling the survivors in the fresh pen? Is herd outmanaging or putting band-aids on fresh cow issues?
Low prepartum NEFA	Is herd overfeeding energy either far-off or close-up?
High postpartum NEFA and/or BHBA	Diet or facility/management issues specific to maternity/fresh group