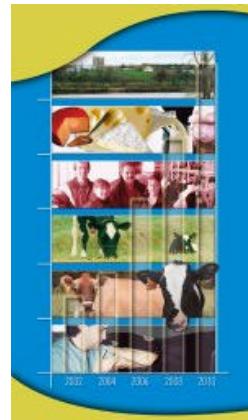


26e Symposium sur les bovins laitiers

Préparez l'avenir !

Une initiative du
Comité bovins laitiers



L'alimentation optimisée du jeune veau : une évaluation critique

James K.DRACKLEY, Ph.D., professeur

Department of Animal Sciences
University of Illinois
Urbana, États-Unis

Ce texte a été traduit à partir de la version originale anglaise intitulée :
Enhanced early nutrition for dairy calves : a critical evaluation.

24 octobre 2002
Université de Sherbrooke
Centre culturel



INTRODUCTION

Les veaux nouveau-nés en bonne santé sont essentiels à la rentabilité des entreprises laitières et des élevages de génisses laitières. Les veaux en bonne santé doivent avoir reçu un apport adéquat (de 3 à 4 litres) de colostrum de haute qualité (se reporter à Davis et Drackley, 1998). Au cours des deux ou des trois premières semaines de vie, le système digestif du veau est encore immature et ne peut digérer efficacement que des aliments à base de lait. Par conséquent, le veau, comme tous les mammifères, doit être nourri principalement de lait ou d'un aliment d'allaitement pendant les semaines qui suivent sa naissance.

Dernièrement, la question entourant la quantité et le type d'aliments liquides qu'il faut donner aux veaux est le sujet de vives discussions, alimentées surtout par l'intérêt suscité par une recherche controversée portant sur la « croissance accélérée » et dirigée par le laboratoire du Dr Mike Van Amburgh de l'Université Cornell (Diaz *et al.*, 1998, 2001). Dans le cadre de ces expériences, on a donné à des veaux d'importantes quantités d'un aliment d'allaitement à forte teneur en protéines mis au point pour les besoins de la recherche, provoquant ainsi un gain de poids de plus de 0,9 kg par jour pendant les premières semaines de vie. Il a déjà été prouvé qu'un apport plus important en ingrédients laitiers diminue la consommation de moulée début, ce qui semble aller à l'encontre des arguments des tenants du sevrage précoce. L'intérêt pour les applications sur le terrain de ces résultats préliminaires a rapidement devancé la recherche, soulevant bon nombre de questions (notamment sur la santé, les coûts et les effets sur la rentabilité à long terme) qui demeurent à ce jour sans réponses.

Étant donné l'intérêt et la controverse soulevés par la question, je désire fournir une appréciation objective de l'état actuel de la recherche sur : 1) le développement des pratiques actuelles dans l'industrie; 2) la définition de la « croissance accélérée »; 3) l'analyse des avantages et des inconvénients de ce régime alimentaire; 4) l'incidence économique à la lumière des données actuellement disponibles et 5) les conclusions fondées sur l'information disponible et le besoin éventuel de données additionnelles. Une grande partie de l'information contenue dans ce texte est fondée sur un dossier semblable publié précédemment (Drackley, 2001).

FONDEMENTS DES PRATIQUES ACTUELLES

Au moment où l'industrie laitière américaine se développait, au siècle dernier, certaines considérations économiques et sanitaires ont fait en sorte que les veaux n'étaient pas allaités par leur mère. D'un point de vue économique, il s'agissait de sevrer le veau le plus tôt possible (mais sans mettre sa santé en péril) de manière à lui retirer le lait ou l'aliment d'allaitement plus coûteux et à le faire passer à des aliments moins coûteux à base de concentré (moulée début) et au fourrage. La santé des veaux s'améliorait une fois qu'ils étaient sevrés, le sevrage étant vraisemblablement un facteur déterminant du développement du pouvoir détoxifiant du rumen,

du gonflement des aliments solides dans l'intestin et de l'amélioration du bilan énergétique. Les besoins en matière de main-d'œuvre par animal diminuaient aussi considérablement une fois que les veaux n'étaient plus nourris individuellement au moyen d'aliments liquides et pouvaient être logés en groupes.

Avant la création du premier aliment d'allaitement, en 1951, la plupart des producteurs fournissaient aux veaux un apport en lait beaucoup plus important qu'aujourd'hui, lequel pouvait aller jusqu'à 4 litres/repas (8 litres par jour). De nombreuses recherches scientifiques ont été réalisées pour comparer l'incidence de divers apports (quantité et fréquence) en aliments liquides sur la croissance des veaux, l'âge de sevrage et la santé des animaux. Par exemple, Appleman et Owen (1975) ont examiné des études antérieures à cette époque et en ont tiré la conclusion suivante :

« Pour des raisons économiques et pour amener les veaux à consommer des aliments solides à un jeune âge, l'équivalent lait entier de 8 % à 10 % a été adopté. Cette quantité suffit à assurer une croissance modeste (de 0,3 kg à 0,4 kg) jusqu'à l'âge de trois semaines... S'il est vrai qu'un apport accru en lait dans le cadre d'un régime fondé sur le sevrage précoce permet d'enregistrer de meilleurs gains de poids initiaux, cet avantage se dissipe généralement au bout de 12 à 16 semaines... »

Une précision s'impose quant à l'utilisation du terme « équivalent lait entier » par les auteurs. Le lait entier contient beaucoup plus de matières grasses et de protéines que la moulée début conventionnelle du commerce. En effet, le lait entier (sous forme de matière sèche) contient entre 29 % et 39 % de matières grasses et entre 25 % et 26 % de protéines, alors que le lait d'allaitement contient entre 15 % et 22 % de matières grasses et entre 18 % et 22 % de protéines. Par conséquent, le lait entier contient environ 17 % plus d'énergie métabolisable (EM) par kg de matière sèche que les lactoremplateurs (5,37 Mcal/kg pour le lait entier contre 4,61 Mcal/kg pour les lactoremplateurs). Selon les normes des nouvelles lignes directrices publiées par le *National Research Council* (NRC, 2001), on peut s'attendre à ce qu'un veau de 41 kg ayant été nourri d'une ration de lait entier égale à 8 % de son poids corporel (c.-à-d. 3,3 kg) enregistre un gain de poids de l'ordre de 245 g par jour. Si le même veau est nourri d'une quantité correspondante (soit 3,3 kg) de lactoremplateurs reconstitués, sa consommation énergétique lui permettrait d'engraisser au rythme de 127 g par jour seulement. Autrement dit, pour fournir aux veaux la même alimentation que procure une ration de lait entier égale à 8 % du poids corporel, il faudrait leur donner 3,8 kg de nourriture, soit 9,4 % de leur poids corporel. L'usage de plus en plus répandu des lactoremplateurs sur les fermes et l'utilisation de lignes directrices fondées sur une alimentation à base de lait entier font en sorte que les producteurs fournissent à leurs veaux une alimentation moins riche en éléments nutritifs qu'ils le croient.

Un autre facteur déterminant du développement des systèmes actuels d'élevage à base de lactoremplateurs est la piètre qualité des premiers lactoremplateurs. Par exemple, les protéines du lait étaient souvent isolées et séchées de manière inadéquate, ce qui entraînait

des dommages dus à la chaleur et un mauvais rendement des veaux (Davis et Drackley, 1998). De plus, les sources de matières grasses n'étaient pas bien émulsionnées et devenaient ainsi indigestes. On ne pouvait donc pas fournir aux veaux beaucoup plus que 0,5 kg (sous forme de poudre) par jour de ces lactoremplaceurs de première génération sans quoi les animaux développaient une diarrhée. De nos jours, les fabricants de lactoremplaceurs reconnus utilisent des ingrédients très digestibles d' excellente qualité et des procédés manufacturiers améliorés permettant de produire des aliments faciles à digérer que les veaux peuvent ingérer en plus grandes quantités.

Un apport plus important en lait ou en lactoremplaceurs diminue la consommation de moulée début (par exemple Hodgson, 1971; Huber *et al.*, 1984). Une plus faible consommation de moulée début ralentit le développement du rumen, ce qui peut entraîner une «stagnation» de la croissance des veaux au moment du sevrage. En revanche, la meilleure façon d'augmenter la consommation d'aliments secs, et ce même dans le cas de régimes fondés sur le sevrage précoce, est de retirer la portion liquide de l'alimentation fournie aux veaux (Appleman et Owen, 1975), ce qui entraîne une augmentation importante (jusqu'à 100%) de la consommation d'aliments lors de la première journée (Luchini *et al.*, 1993). Au cours des six à huit premières semaines de vie, une population mature et fonctionnelle de microorganismes, capables de fermenter à la fois les glucides fibreux et les glucides non fibreux, se développe graduellement dans le rumen (Anderson *et al.*, 1987). Quigley *et al.* (1985) ont démontré que la production de protéines microbiennes dans le rumen augmente progressivement chez les jeunes veaux. En raison de l'immaturité du rumen à ce stade, un autre élément pouvant contribuer à la « stagnation » au moment du sevrage est le fait que les veaux à qui on donne davantage d'eau ne peuvent tout simplement pas consommer et digérer suffisamment d'aliments secs pour assurer une croissance supérieure après le sevrage.

Le modèle actuel d'élevage des veaux en Amérique du Nord connaît un succès raisonnable et permet aux producteurs de sevrer leurs veaux moins de cinq semaines après la naissance, et ce, à un coût minimal. Cependant, le taux de mortalité des génisses laitières aux États-Unis dépasse encore la barre des 10 % (*National Animal Health Monitoring System*, 1996), ce qui est inacceptable. L'âge moyen du sevrage est de 8 semaines. Les gestionnaires de premier ordre enregistrent un taux de mortalité beaucoup moins élevé et arrivent à sevrer leurs veaux à un âge plus précoce

«CROISSANCE ACCÉLÉRÉE» DES VEAUX : CONSIDÉRATIONS BIOLOGIQUES ET ORGANISATIONNELLES

La tendance actuelle en fait de «croissance accélérée» des veaux prévoit un apport en lactoremplaceurs de 0,9 kg à 1,2 kg (sous forme de poudre), soit presque le double des recommandations conventionnelles (de 0,45 kg à 0,57 kg sous forme de poudre). Les lactoremplaceurs contiennent davantage de protéine brute afin de répondre aux besoins en protéines découlant de la croissance rapide des os et des muscles. Le but d'un tel régime est

de tirer parti du potentiel de croissance musculaire rapide des jeunes veaux et d'assurer une croissance musculaire plus importante sans engrangement. Les taux de croissance ciblés sont supérieurs aux taux conventionnels actuels et peuvent atteindre 0,9 kg par jour dès la fin de la deuxième semaine de vie dans le cadre d'un régime où le sevrage est prévu à l'âge de 6 ou 7 semaines. Dans les élevages traditionnels extrêmement bien gérés, les veaux peuvent atteindre une croissance similaire à la troisième ou à la quatrième semaine de vie alors qu'ils commencent à consommer de la moulée début.

Les veaux allaités par leur mère consomment généralement de 6 à 10 repas par jour et ingèrent de 16 % à 24 % de leur poids corporel en lait après l'âge de 3 à 4 semaines (Hafez et Lineweaver, 1968). Les études au cours desquelles les veaux sont nourris à la main démontrent qu'un apport *ad libitum* de lait dépasse 18 % du poids corporel. Par exemple, Khouri et Pickering (1968) ont donné du lait entier à des veaux pendant les six premières semaines de vie à des taux équivalents à 11,3 %, 13,9 %, 15,9 % et 19,4 % (*ad libitum*) du poids corporel, respectivement. Les gains de poids quotidiens de la deuxième à la sixième semaine se sont établis respectivement à 0,41 kg par jour, 0,50 kg par jour, 0,62 kg par jour et 0,94 kg par jour. L'efficience de l'alimentation (mesurée en kg de gain de poids corporel par kg de matière sèche du lait) s'est quant à elle établie à 0,63, 0,68, 0,75 et 0,81 respectivement. Cette dernière donnée se compare avantageusement aux données d'efficience obtenues pour les porcelets et les jeunes agneaux. Par conséquent, ce qu'on appelle une « croissance accélérée » chez les veaux est, en fait, une **croissance biologique normale**. Ce sont des *considérations de régie* qui motivent les producteurs à fournir aux veaux des plus petites quantités de lait ou de lactoreplaceurs deux fois par jour afin de stimuler la consommation d'aliments secs. Voilà pourquoi je préfère parler d'« alimentation précoce améliorée » plutôt que de « croissance accélérée ».

Pour bien comprendre les objectifs de l'alimentation précoce améliorée, il importe d'examiner les besoins nutritifs des veaux. C'est le taux global d'alimentation qui détermine l'apport énergétique et la croissance potentielle. Ce principe est illustré au Tableau 1, lequel contient des données portant sur les besoins en énergie métabolisable (EM) et en protéines digestibles, tel qu'ils ont été décrits par Davis et Drackley (1998) et adoptés dans les plus récentes lignes directrices (2001) du *National Research Council*. Il importe de souligner qu'à mesure que le gain de poids quotidien moyen augmente, les besoins en EM augmentent également; il faut donc donner aux veaux de plus grandes quantités de lactoreplaceurs afin de leur fournir cette énergie. Lors de nos propres études, effectuées à l'Université de l'Illinois, nous avons fourni à des veaux males Holstein un aliment d'allaitement à 26 % de protéine brute (12,5 % matière sèche) à raison de 10 %, 14 % et 18 % du poids corporel et en fonction d'apports ajustés chaque semaine pour tenir compte du gain de poids des veaux (Bartlett, 2001). Les veaux utilisés pour l'expérience étaient âgés de 3 semaines et ont poursuivi l'expérience pendant 5 semaines. Le gain de poids quotidien a augmenté de manière linéaire à mesure que les apports en lait augmentaient (0,36 kg par jour, 0,70 kg par jour et 1,02 kg par jour).

Tableau 1. Incidence du taux de gain de poids corporel avec un poids initial identique (45,4 kg) sur les besoins en protéines de veaux laitiers non sevrés (données adaptées de Davis et Drackley, 1998)

Gain de poids (kg/jour)	EM (kcal/jour)	Protéines digestibles (g/jour)	MS requise ¹ (kg/jour)	Protéine brute requise (% de MS)
0	1 748	28	0,38	8,3
0,23	2 296	82	0,50	18,1
0,45	3 008	136	0,66	22,9
0,68	3 798	189	0,83	25,3
0,90	4 643	243	1,02	26,6
1,13	5 532	297	1,21	27,2

¹ Quantité de matière sèche (MS) d'un aliment d'allaitement contenant 4575 kcal d'EM par kg et requise pour les besoins en EM.

La quantité de protéines nécessaires aux veaux dépend essentiellement du taux de croissance puisque les besoins d'entretien sont minimes et, théoriquement, peuvent être atteints avec un aliment d'allaitement contenant aussi peu que 8,3 % de protéine brute (se reporter au Tableau 1). Le *National Research Council* indique que 187,5 g de protéine brute sont nécessaires par kg de gain de poids quotidien. Par conséquent, la quantité de protéine brute requise pour un veau augmente à mesure que l'apport énergétique et le taux de gain de poids de l'animal augmentent (se reporter au Tableau 1). Il est important de remarquer que l'apport en protéine brute requis dans les lactoreplaceurs est proche du maximum de 28 % de protéine brute .

Le concept d'alimentation précoce améliorée n'est pas nouveau. Bon nombre de recherches ont déjà porté sur les incidences d'un apport accru en lait ou en lactoreplaceurs (par exemple Hodgson, 1971; Huber *et al.*, 1984; Khouri et Pickering, 1968). D'autres études ont plutôt examiné les effets d'un apport *ad libitum* d'un aliment d'allaitement acidifié (par exemple Nocek et Braund, 1986; Richard *et al.*, 1988). Règle générale, les veaux enregistraient des gains de poids plus importants lorsqu'ils étaient nourris d'aliments liquides, mais consommaient moins de moulée début. De plus les veaux avaient tendance à ne pas maintenir leur gain de poids supérieur une fois arrivés au stade de génisses en croissance. Cependant, plusieurs différences entre ces recherches antérieures et les expériences actuelles méritent d'être signalées. D'abord, les lactoreplaceurs utilisés dans les premières recherches ne contenaient pas suffisamment de protéines pour assurer une croissance musculaire supérieure. Ensuite, dans la plupart des cas, les veaux sevrés étaient nourris au moyen de moulée début ou de fourrages qui ne contenaient pas suffisamment de protéines et ne fournissaient pas un apport suffisant en énergie pour maintenir le taux de croissance élevé. Finalement, l'accent qui a été mis sur un apport en lait presque *ad libitum* dans ces premières études s'est traduit par une consommation de lactoreplaceurs trop importante pour faire partie d'un régime applicable dans le cadre duquel les veaux sont sevrés aisément au moment voulu.

Il importe de faire la distinction entre les objectifs poursuivis par un régime à forte teneur en liquides destiné aux génisses et les objectifs d'un élevage de veaux de lait. De toute évidence, une alimentation à base de lait entier fourni presque *ad libitum* pour une période prolongée entraînera la prise de poids sous forme de gras, ce qui correspond aux objectifs pour les veaux de lait. En revanche, la croissance accrue chez les génisses devrait se situer au niveau des os et des muscles afin que les animaux atteignent une plus grande stature. Une des innovations importantes dans les recherches effectuées à l'heure actuelle sur les régimes d'alimentation précoce améliorée est l'utilisation de lactoremplaceurs à forte teneur en protéines, mais à faible contenu lipidique. Au cours des expériences qui ont été réalisées à l'Université Cornell (Diaz *et al.*, 1998, 2001), l'objectif initial consistait à étudier les besoins énergétiques liés à la croissance des tissus. L'aliment d'allaitement utilisé dans le cadre de ces expériences avait été formulé de façon à s'assurer que les protéines ne soient pas les éléments nutritifs limitants. Par conséquent, les chercheurs ont réussi à favoriser le dépôt de tissus maigres sans stimuler la formation de gras. Lors de nos propres recherches, nous avons démontré que le ratio de gras corporel diminue à mesure que le contenu protéique des lactoremplaceurs, à valeur énergétique égale, augmente (Bartlett *et al.*, 2001b; Blome *et al.*, 1999). Ces études récentes ont démontré qu'il est possible, en ajustant le régime alimentaire, de générer un taux de croissance musculaire supérieur sans stimuler la formation de gras, comme c'est le cas dans les élevages de veaux de lait.

Outre le contenu protéique et l'apport énergétique, la source d'énergie (gras ou lactose) a également une incidence sur la croissance. Nous avons fait la démonstration, dernièrement, qu'un aliment d'allaitement normal du commerce (contenant 22 % de protéines et 19 % de matières grasses) entraîne une croissance plus rapide chez les veaux que le lait entier ou les lactoremplaceurs à forte teneur en matières grasses semblables au lait lorsque les aliments sont fournis en quantités suffisantes pour assurer un apport équivalent en énergie et en protéines (Bartlett *et al.*, 2001a). Des études semblables, effectuées à l'Université Cornell (Tikofsky *et al.*, 2001) ont démontré que lorsque les veaux consomment des quantités similaires de protéines et d'énergie métabolisable totale, les lactoremplaceurs contenant plus de 15 % de matières grasses n'augmentent pas la croissance musculaire, mais favorisent plutôt une déposition de gras plus importante. Il est clair qu'une diète liquide à plus forte teneur en matières grasses diminue la consommation de moulée début (Kuehn *et al.*, 1994). Par conséquent, nous ne savons pas si les objectifs poursuivis par l'alimentation précoce améliorée (croissance musculaire accrue et sevrage précoce) peuvent être atteints aussi facilement avec une diète à base de lait entier plutôt que de lactoremplaceurs spéciaux.

Bien que la plupart des données disponibles sur la composition corporelle aient trait à des veaux mâles, il y a très peu de différence entre la composition corporelle d'un veau mâle et celle d'un veau femelle jusqu'à ce que les animaux atteignent le poids de 100 kg (*National Research Council*, 1978). Les veaux mâles et femelles grandissent à un rythme semblable et affichent des profils hormonaux similaires jusqu'à au moins 100 kg (Smith *et al.*, 2000). Il y a un besoin urgent d'études comparatives de veaux nourris au moyen d'un régime d'alimentation

précoce améliorée et de veaux nourris selon le modèle conventionnel de sevrage précoce où les deux groupes reçoivent de la moulée début.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS POTENTIELS DES MODÈLES FAVORISANT LA CROISSANCE PRÉCOCE ACCÉLÉRÉE

La recherche a fait la démonstration qu'il est possible, grâce à un apport accru en lactoremplaceurs au cours des deux ou trois premières semaines de vie, d'atteindre des taux de croissance musculaire supérieurs à ceux obtenus dans le cadre de régimes à sevrage précoce conventionnels. Les données préliminaires indiquent qu'il est possible de concevoir un régime permettant de sevrer les veaux plus facilement tout en maintenant leur avantage de gain de poids au moins jusqu'à la puberté. Le niveau de nutrition au cours des trois premiers mois n'a aucune incidence sur le développement mammaire (Sejrsen *et al.*, 1998, 2000). Cependant, la question clé consiste à savoir si la normalisation de la croissance précoce, par opposition aux modèles conventionnels de sevrage précoce, procure des avantages à long terme pour le veau ou si elle assure une longévité productive du troupeau laitier. Aucune recherche sur ce sujet n'a été complétée à ce jour, bien que plusieurs études soient actuellement en cours.

*Quels sont les **avantages potentiels** de la croissance précoce accélérée ?*

1. Réduction du délai pour atteindre la taille nécessaire à la reproduction et le premier vêlage

En accélérant la croissance au cours des premières périodes de la vie, il est possible de réduire le délai jusqu'à l'atteinte d'un poids suffisant pour la saillie. La plus grande différence à ce chapitre survient au cours de la période antérieure au sevrage, particulièrement pendant les deux premières semaines de vie, avant que la consommation de moulée début augmente considérablement dans le cadre des modèles d'élevage conventionnels. Les données obtenues à la suite d'études commerciales suggèrent que les veaux ayant bénéficié d'une alimentation précoce améliorée maintiennent et surpassent même parfois leur avantage de gain de poids après le sevrage. Ces résultats sont peut-être attribuables à la stimulation du système d'hormone de croissance qui régit la croissance précoce. Bork *et al.* (2000) ont rapporté, dernièrement, que des veaux nourris selon un régime visant la croissance accélérée avaient de plus grandes concentrations de somatomédine (IGF-I) que les veaux nourris avec des lactoremplaceurs selon un modèle traditionnel (apport restreint). Le plasma des veaux des deux groupes affichait un taux accru d'IGF-I à la suite de l'injection de somatotropine bovine (STb), une hormone de croissance, à l'âge de 5 semaines mais seuls les veaux bénéficiant d'un niveau de nutrition plus élevé ont également affiché des taux de croissance accrus. Lors de nos propres expériences, la concentration d'IGF-I dans le plasma a augmenté à la suite d'un accroissement du taux d'alimentation et de l'augmentation du contenu protidique dans l'aliment d'allaitement (Bartlett, 2001). Ces résultats démontrent clairement que le système d'IGF-I est parfaitement fonctionnel chez les jeunes veaux et répond aux changements apportés à

l'alimentation précoce. Ces constatations sont semblables à celles découlant des études sur la STb pour les vaches en lactation. Si l'alimentation est inadéquate, les vaches ne réagissent pas à la STb par une augmentation de production de lait. Ainsi, si l'alimentation des veaux est inadéquate, l'hormone de croissance n'entraînera pas une croissance plus rapide.

Les éleveurs de veaux devraient déterminer les taux de croissance qu'ils sont en mesure d'atteindre et l'incidence économique de cette croissance sur leur propre exploitation. À titre d'exemple pratique, supposons qu'un accroissement de la diète liquide se traduise par un avantage de gain de poids de 0,45 kg par jour pendant les trois premières semaines de vie et de 0,12 kg par jour pendant les neuf semaines qui suivent. Les génisses atteindraient le poids cible pour la saillie (soit 350 kg) environ 20 jours plus tôt, dans l'hypothèse d'un taux de croissance de 0,8 kg par jour de l'âge de 3 mois jusqu'à l'âge de la reproduction. Il importe de souligner que les écarts entre le *gain de poids quotidien moyen* jusqu'au poids corporel de 90 kg peuvent être minimes chez les veaux élevés selon le modèle traditionnel et ceux qui ont bénéficié du régime de croissance accélérée. En revanche, la croissance atteinte dans le cadre d'un régime visant la croissance accélérée découle de la formation accrue de tissus musculaires. Par conséquent, si les deux modèles sont appliqués correctement, les veaux afficheront des différences au chapitre de la stature et du pourcentage de gras corporel. Ces résultats sont conformes aux objectifs poursuivis par les éleveurs de génisses qui cherchent à faire atteindre plus tôt une haute stature à leurs animaux sans pour autant accélérer la formation de tissus adipeux.

2. Plus grande efficience du gain de poids corporel

En matière de croissance animale, on reconnaît généralement que l'efficience avec laquelle la nourriture est transformée en gain de poids augmente à mesure que le taux de croissance augmente. Cela est attribuable à un gain accru par unité de maintenance. Ce concept de « dilution de la maintenance » est semblable aux efficiencies réalisées par l'amélioration génétique de la production laitière ou par l'usage de la STb pour les vaches en lactation, c'est-à-dire que la production laitière augmente alors que le coût associé au maintien de l'animal demeure le même. Lors des études effectuées à l'Université Cornell (Diaz *et al.*, 2001), le ratio gain de poids-alimentation a augmenté de 20 % à la suite de l'accélération du taux de croissance jusqu'à 65 kg qui est passé de 0,5 kg par jour à 0,9 kg par jour. Lors de nos propres recherches (Bartlett, 2001), l'augmentation de l'apport alimentaire au moyen d'un aliment d'allaitement reconstitué (26 % de protéines) qui est ainsi passé de 10 % à 14 % et à 18 % du poids corporel a permis d'enregistrer des taux de croissance accrus (0,36 kg par jour, 0,70 kg par jour et 1,02 kg par jour) et des ratios gain de poids-alimentation plus importants (0,55, 0,71 et 0,81).

Les modèles d'alimentation précoce améliorée cherchent donc à tirer profit de l'important potentiel de croissance des jeunes veaux. Les taux de croissance proportionnels, en ce qui a trait à la hauteur au garrot et au poids corporel, sont à leur maximum au cours des deux premiers mois de vie ((Kertz *et al.*, 1998). L'efficience de l'utilisation des protéines pour le gain

de poids protidique est à son maximum chez les jeunes veaux et diminue à mesure que le poids corporel augmente (Gerrits *et al.*, 1996).

3. Meilleure santé

Les régimes d'alimentation précoce améliorée sont susceptibles d'assurer une meilleure santé grâce à la stimulation accrue du système immunitaire. Le peu d'éléments probants à cet égard dans les ouvrages scientifiques ne permettent pas d'étayer parfaitement cette thèse, mais semblent suggérer des avantages potentiels. Williams *et al.* (1981) ont comparé des veaux à qui ils ont donné des quantités différentes (0,6 kg par jour et 0,3 kg ou 0,4 kg par jour) de matières sèches d'un aliment d'allaitement et de la moulée début soit en quantité restreinte, soit *ad libitum*. Les veaux ayant reçu des quantités accrues de l'aliment d'allaitement et de la moulée début *ad libitum* ont enregistré un gain de poids quotidien moyen supérieur et un taux de mortalité inférieur. Les veaux ayant reçu davantage de lactoemplacateurs avaient un taux de mortalité inférieur (7,8 %) aux veaux ayant reçu des quantités moindres de l'aliment d'allaitement (12,6 %). Plusieurs autres études ont démontré que les fonctions immunitaires sont stimulées par une meilleure alimentation au cours des premières étapes de la vie (Griebel *et al.*, 1987; Pollock *et al.*, 1993, 1994; Nonnecke *et al.*, 2000).

Un des éléments permettant d'expliquer les avantages d'une meilleure alimentation sur le système immunitaire est lié à l'hormone de croissance et à l'IGF-I. Ces hormones jouent un rôle direct dans l'intégration de la croissance, de la maintenance, de la restauration et du fonctionnement du système immunitaire (Clark, 1997). Un taux accru d'IGF-I découlant d'une meilleure alimentation peut vraisemblablement stimuler les fonctions immunitaires chez les veaux.

Nous ne savons pas si ces effets ont une incidence favorable réelle sur la santé des animaux. Des renseignements anecdotiques provenant d'éleveurs ayant mis en œuvre un régime d'alimentation précoce améliorée suggèrent que les veaux qui bénéficient d'un tel régime sont moins sujets à la diarrhée et résistent mieux aux maladies pulmonaires, et que les veaux qui tombent malades recourent la santé plus rapidement, et ce, sans incidence importante sur le taux de croissance pendant la maladie. Des expériences de contrôle sont toutefois requises sur ce sujet.

4. Meilleure production laitière

Naturellement, la plus importante retombée d'un investissement accru dans l'alimentation des jeunes veaux serait une amélioration de la production laitière. À l'heure actuelle, il n'existe pas de données sur cet avantage potentiel. Des chercheurs israéliens (Bar-Peled *et al.*, 1997) ont démontré que des veaux allaités par leur mère trois fois par jour jusqu'à l'âge de 6 semaines étaient plus grands de 5 cm, vêlaient environ 30 jours plus tôt et produisaient 450 kg de lait de plus lors de la première lactation que les veaux à qui on avait donné des quantités restreintes d'un aliment d'allaitement. Dans des conditions de nutrition et de gestion semblables pour les

deux groupes, du sevrage jusqu'à l'âge de la lactation, les veaux allaités par leur mère consommaient en moyenne 14 % d'énergie de plus que les veaux nourris au moyen d'un aliment d'allaitement. Par ailleurs, une étude danoise a comparé deux groupes de veaux, le premier ayant reçu 4,6 kg de lait entier de la naissance jusqu'à l'âge de 56 jours, et le second ayant été allaité 30 minutes par jour, deux fois par jour, de la naissance jusqu'à l'âge de 56 jours (Foldager et Krohn, 1994). Les veaux allaités ont produit une quantité additionnelle de lait supérieure à 4,5 kg par jour pendant la première lactation comparativement aux veaux nourris selon le modèle conventionnel (1 403 kg de plus pendant une période de lactation de 305 jours). Une autre étude comparative danoise s'est penchée sur des veaux à qui on avait donné 4,6 kg de lait entier par jour pendant 42 jours et des veaux ayant reçu du lait *ad libitum* dans un seau deux fois par jour pendant 42 jours (Foldager et al., 1997). Les veaux ayant reçu davantage de lait ont produit une quantité additionnelle de lait supérieure à 205 kg pendant la première lactation comparativement aux veaux ayant reçu du lait en quantités restreintes. Il n'est pas possible de déterminer à l'heure actuelle si de telles réactions se produiraient chez des veaux soumis aux régimes d'alimentation précoce améliorée mis en œuvre en Amérique du Nord.

*Quels pourraient être les **inconvénients potentiels** de la croissance précoce accélérée ?*

1. Augmentation des coûts pendant la période d'alimentation à base de lait

Pour atteindre les objectifs d'un régime d'alimentation précoce améliorée, il ne suffit pas de fournir aux animaux une quantité supérieure d'un aliment d'allaitement conventionnel. L'aliment d'allaitement doit avoir une plus forte teneur en protéines laitières de grande qualité et contenir moins de vitamines et de minéraux par kilogramme de matière sèche. L'aliment d'allaitement doit être formulé en fonction des besoins des animaux (voir ci-dessus). Par conséquent, l'apport d'une plus grande quantité d'un aliment d'allaitement à plus forte teneur en protéines sera plus dispendieux qu'un régime alimentaire conventionnel. Par exemple, en faisant passer le contenu protidique de 22 % à 28 % ou à 30 %, on augmente le coût d'un sac de 22,7 kg d'aliment d'allaitement de 5 \$ US à 6 \$ US. Si on donne aux animaux un aliment d'allaitement pendant la même période dans les deux régimes, on peut s'attendre à voir les coûts plus que doubler si on fournit aux veaux un apport deux fois plus important d'un aliment d'allaitement plus dispendieux. De plus, pour maintenir l'avantage de gain de poids obtenu au moyen d'un apport accru en aliments liquides, il faut également donner aux veaux de la moulée début à plus fort contenu protidique. Cela peut accroître les coûts associés à la diète de moulée début. Un exemple et une analyse détaillés des considérations économiques liées à l'alimentation améliorée sont présentés à la section suivante. Étant donné les coûts accrus associés au régime, il faudra faire la démonstration des avantages d'un tel investissement en ce qui a trait aux bienfaits biologiques liés à la santé, à l'âge au premier vêlage ou à la production laitière subséquente.

2. Retard du développement du rumen et sevrage différé

Comme il a été expliqué précédemment, la consommation de moulée début est importante pour le développement du rumen. Cependant, un apport accru en aliments liquides retarde le développement du rumen. Une lecture attentive des premières données relatives au développement du rumen et au sevrage (telles que résumées par Warner, 1991) indique que les veaux en bonne santé qui ont de l'appétit et continuent d'enregistrer des gains de poids consomment suffisamment de nourriture sèche pour permettre au rumen de continuer son développement, phénomène nécessaire à la croissance des animaux. De plus, il semble que le développement du rumen prenne environ 3 semaines, et ce, sans égard au moment où le développement commence. Des études en cours sur le terrain dans différentes parties du pays (observations personnelles) de même que nos propres expériences effectuées à l'Université de l'Illinois (en cours) indiquent que les apports cibles en aliments liquides ont une incidence sur la consommation volontaire de moulée début, mais qu'un apport approprié en aliments liquides permet aux veaux de consommer suffisamment de moulée début à l'âge de 4 à 6 semaines pour prévenir toute stagnation de la croissance au moment du sevrage et du passage à de la moulée début à forte teneur protéique. Pour tirer profit d'un régime d'alimentation précoce améliorée, il faut intégrer l'ensemble des éléments de l'élevage de génisses.

3. Gestion intensive nécessaire pour assurer le succès du régime

Il s'agit de l'élément le plus susceptible d'empêcher l'adoption d'un régime d'alimentation précoce améliorée, et ce, même si les avantages en sont clairement explicités. Cependant, comme c'est le cas pour bon nombre de pratiques, la gestion intensive est un élément négatif seulement lorsqu'elle est perçue comme tel. Il importe d'assurer une gestion efficace de l'ensemble des étapes et des éléments qui composent le processus : gestion du colostrum et de la maladie à la naissance, conditions sanitaires, disponibilité de l'eau, capacité de réduire l'apport en aliments liquides une semaine avant le sevrage, détection des maladies, alimentation appropriée pendant la période suivant le sevrage et la phase de croissance, programme de reproduction permettant de garantir que les génisses sont fécondées lorsqu'elles ont atteint le poids cible.

Quelles problématiques fréquentes semblent n'avoir aucune incidence sur la croissance précoce accélérée ?

1. Incidence accrue de la diarrhée et de la morbidité

Un des arguments les plus fréquents en faveur d'un apport restreint en aliments liquides et d'un sevrage précoce est la diminution des cas de diarrhée. La consistance des excréments devient moins fluide quand l'animal consomme des aliments solides en raison, surtout, de l'effet gonflant des fibres alimentaires. Cependant, un apport accru en lait ou en lactoreplaceurs de bonne qualité ne suffit pas à causer la diarrhée (Mylrea, 1966; Huber *et al.*, 1984; Nocek et Braund, 1986). À moins que les veaux ne consomment des lactoreplaceurs de mauvaise

qualité contenant des ingrédients avariés, la diarrhée dépend davantage de la population de microorganismes pathogènes dans l'environnement des animaux (Roy, 1980) et du niveau de stress environnemental que subissent ces derniers (Bagley, 2001).

Les veaux nourris selon un régime d'alimentation précoce améliorée ont des selles plus molles, ce qui demande un certain ajustement de la part des éleveurs. Nos propres expériences sur des veaux nourris au moyen d'un aliment d'allaitement fourni en quantités allant jusqu'à 18 % du poids corporel indiquent que les cotes attribuées aux excréments de ces derniers ne diffèrent pas beaucoup de celles obtenues pour des veaux nourris selon le modèle conventionnel, mais que le nombre de jours avec une cote plus élevée (donc des selles plus molles) est plus important dans ce groupe (Bartlett, 2001). Une alimentation à base de lactoreplaceurs occasionne des selles plus molles comparativement à une alimentation à base de lait entier, quelle que soit la composition de l'aliment d'allaitement (Bartlett, 2001).

Bien qu'il n'existe que très peu de données de recherches approfondies pour étayer directement cette thèse, il semblerait que la qualité des ingrédients et les procédés manufacturiers utilisés pour produire les lactoreplaceurs ont une incidence considérable sur les veaux. Les lactoreplaceurs formulés à base de protéines non laitières de moindre qualité sont généralement moins bien digérés par les jeunes veaux (Davis et Drackley, 1998). Les fabricants moins réputés peuvent avoir recours à des ingrédients laitiers déclassés ou de qualité moindre, ce qui peut nuire au rendement des veaux, même ceux à qui on donne un aliment d'allaitement « fait de lait à 100 % » dans le cadre d'un modèle d'élevage à sevrage précoce. Il est donc normal que l'utilisation de produits de piètre qualité dans le cadre d'un modèle à croissance accélérée produise des résultats encore plus désastreux.

2. Effets indésirables sur le développement mammaire et la production laitière subséquente ou sur le développement du système reproducteur

Il a déjà été prouvé que la suralimentation pendant la période allant de l'âge de 3 mois jusqu'à la puberté a une incidence défavorable sur le développement mammaire et la production laitière. Certaines inquiétudes ont été formulées à l'effet que la croissance précoce accélérée pourrait également avoir un impact sur le développement mammaire. Comme cela a été mentionné précédemment, les recherches effectuées par des scientifiques danois n'ont pas permis d'établir quelque corrélation que ce soit entre des taux de croissance élevés au cours des deux premiers mois de vie et le développement mammaire (Sejrsen *et al.*, 1998, 2000). En effet, si on considère qu'un taux de croissance de l'ordre de 0,9 kg par jour dans le cadre d'une diète à base de moulée début est un taux acceptable qui ne constitue pas un obstacle à la production laitière subséquente, il n'y a aucune raison de penser qu'un taux de croissance semblable dans le cadre d'une diète à base de lactoreplaceurs pourrait poser problème! Il serait utile d'effectuer des expériences de contrôle liées aux effets de la croissance musculaire précoce accélérée sur l'atteinte de la puberté et la fonction reproductrice, bien qu'aucun problème n'ait été observé à cet égard sur le terrain à ce jour et qu'aucun résultat de recherche scientifique ne laisse croire que cela pourrait être le cas.

ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES MODÈLES DE CROISSANCE PRÉCOCE ACCÉLÉRÉE

Comme il a été mentionné ci-dessus, le manque de données relatives à l'incidence des régimes actuels d'alimentation précoce améliorée sur la production laitière fait en sorte qu'il est impossible, à l'heure actuelle, de procéder à une analyse économique détaillée. En revanche, il est possible de mettre au point un cadre de travail destiné à l'évaluation de ces régimes grâce aux données tirées des études réelles sur la croissance. Les données utilisées dans l'exemple suivant sont tirées d'un projet de recherche en cours à l'Université de l'Illinois et dans le cadre duquel on compare un modèle conventionnel à sevrage précoce et une version modifiée d'un régime commercial très courant fondé sur l'alimentation précoce accélérée.

Les hypothèses utilisées dans cet exemple sont décrites au Tableau 2. Les veaux consomment du colostrum pendant les deux premiers jours de leur vie. Les deux traitements expérimentaux auxquels des génisses Holstein ont été soumises sont décrits ci-dessous. Les veaux du premier groupe sont alimentés selon le modèle conventionnel à sevrage précoce et reçoivent, jusqu'à l'âge de 28 jours, un aliment d'allaitement fait de lait à 100 % (22 % de protéine brute et 20 % de matières grasses), reconstitué à 12,5 % de matière sèche, au taux fixe de 10 % du poids corporel à la naissance, de même que de l'eau et de la moulée début (18 % de protéine brute) *ad libitum*. Pendant la période allant de l'âge de 29 jours à 35 jours, le repas de l'après-midi, constitué d'un aliment d'allaitement, est éliminé de telle sorte que les veaux ne consomment que la moitié de la ration quotidienne de l'aliment d'allaitement. Les veaux sont ensuite sevrés brusquement à l'âge de 35 jours, quelle que soit leur consommation de moulée début. Les veaux du second groupe sont alimentés selon le modèle amélioré et reçoivent un aliment d'allaitement enrichi du commerce (28 % de protéine brute et 20 % de matières grasses) reconstitué à 17 % de matière sèche. Pendant la première semaine de vie, l'aliment d'allaitement est fourni (sous forme de poudre) à raison de 2 % du poids corporel. À partir du huitième jour, la quantité de poudre est augmentée à 2,5 % du poids corporel et cet apport demeure constant jusqu'à l'âge de 35 jours. Pendant la période allant de l'âge de 36 jours à 42 jours, le repas de l'après-midi est éliminé, puis les veaux sont sevrés brusquement à l'âge de 42 jours. Les veaux des deux groupes sont logés dans des huttes jusqu'à l'âge de 56 jours, puis sont transférés dans de plus grandes loges où ils demeurent jusqu'à l'âge de 12 semaines. Les veaux du premier groupe continuent d'avoir un accès illimité à de la moulée début contenant 18 % de protéine brute et ont accès à du foin de bonne qualité. Les veaux du groupe du modèle amélioré ne reçoivent que la moulée début à 22 % de protéine brute.

Tableau 2. Hypothèses et données utilisées pour l'évaluation économique

	Modèle conventionnel	Modèle amélioré
Poids du veau à la naissance (kg)	38,1	38,1
Âge du sevrage (jours)	35	42
Poids corporel (PC) au moment du sevrage (kg)	52,2	70,3
Gain de PC jusqu'au sevrage (kg)	14,1	32,2
Gain quotidien moyen jusqu'au sevrage (kg)	0,39	0,77
Nombre de jours avant l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	75	62
Gain de PC entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg (kg)	18,1	9,1
Gain quotidien moyen entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg (kg)	0,96	1,02
Coût des lactoremplaceurs (\$ par kg)	2,07 \$ US (3,23 \$ CAN)	2,31 \$ US (3,60 \$ CAN)
Coût de la moulée début (\$ par kg)	0,37 \$ US (0,58 \$ CAN)	0,42 \$ US (0,66 \$ CAN)
Coût du foin (\$ par kg)	0,18 \$ US (0,28 \$ CAN)	---

Les données relatives à la consommation d'aliments et les données économiques comparatives liées aux gains de poids décrites au Tableau 2 sont présentées au Tableau 3. Il importe de souligner que, même si le coût total de l'alimentation jusqu'à l'âge du sevrage est considérablement plus élevé pour le modèle amélioré comparativement au modèle à sevrage précoce, l'écart entre ces deux modèles, pour ce qui est du coût total de l'alimentation jusqu'à l'atteinte d'un poids corporel précis (dans notre exemple 200 lb ou 90,7 kg), est moins grand ($100,47 \text{ \$US} - 69,45 \text{ \$US} = 31,02 \text{ \$US}$ ou $48,47 \text{ \$CAN}$) dans notre exemple. Cela est attribuable à la plus grande efficience de l'alimentation dans le modèle à nutrition améliorée. Dans l'hypothèse où les 13 jours de moins requis pour atteindre le poids corporel de 90,7 kg permettent également d'atteindre l'âge du premier vêlage 13 jours plus tôt, le coût associé à l'élevage d'une génisse serait réduit de $20,80 \text{ \$US}$ ($32,50 \text{ \$CAN}$) (en fonction d'un coût par jour de $1,60 \text{ \$US}$ ou $2,50 \text{ \$CAN}$ jusqu'au premier vêlage). Dans ces conditions, le coût net majoré par génisse serait donc de $10,22 \text{ \$US}$ ($15,97 \text{ \$CAN}$). Il faudrait envisager cette somme comme un investissement permettant de dégager les avantages prévus du régime, c'est-à-dire une moins grande formation de tissus adipeux, une meilleure santé dès les premières semaines de vie et une production laitière accrue. Si ce dernier élément est nécessaire pour assurer le rendement de l'investissement, une génisse élevée selon ce modèle devrait produire 94 kg de lait de plus au cours de la première lactation (en fonction d'un prix de $0,33 \text{ \$US}$ ou $0,52 \text{ \$CAN}$ par kg) pour couvrir le total du coût accru lié à son alimentation ou 31 kg pour couvrir le coût net majoré qui tient compte des 13 jours de moins requis pour atteindre le premier vêlage.

Tableau 3. Aliments consommés et coût comparatif des gains

	Modèle conventionnel	Modèle amélioré
Total des lactoreplaceurs (kg)	14,5	36,0
Total de la moulée début jusqu'au sevrage (kg)	8,8	4,5
Coût des lactoreplaceurs	29,99 \$ US (46,86 \$ CAN)	83,37 \$ US (130,27 \$ CAN)
Coût de la moulée début jusqu'au sevrage	3,30 \$ US (5,16 \$ CAN)	1,90 \$ US (2,97 \$ CAN)
Coût total des aliments jusqu'au sevrage	33,29 \$ US (52,01 \$ CAN)	85,27 \$ US (133,23 \$ CAN)
Coût des aliments par kg de gain de PC	2,36 \$ US (3,69 \$ CAN)	2,65 \$ US (4,14 \$ CAN)
Consommation de moulée début entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg (kg)	94,4	36,3
Consommation de foin entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg (kg)	4,5	0
Coût de la moulée début entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	35,36 \$ US (55,25 \$ CAN)	15,20 \$ US (23,75 \$ CAN)
Coût du foin entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	0,80 \$ US (1,25 \$ CAN)	0
Coût total des aliments entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	36,16 \$ US (56,50 \$ CAN)	15,20 \$ US (23,75 \$ CAN)
Coût des aliments par kg de gain de PC entre le sevrage et l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	0,95 \$ US (1,48 \$ CAN)	0,75 \$ US (1,17 \$ CAN)
Coût total des aliments jusqu'à l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	69,45 \$ US (108,52 \$ CAN)	100,47 \$ US (156,98 \$ CAN)
Coût des aliments par kg de gain de PC jusqu'à l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	1,32 \$ US (2,06 \$ CAN)	1,92 \$ US (3,00 \$ CAN)
Coût des aliments par jour jusqu'à l'atteinte d'un PC de 90,7 kg	0,93 \$ US (1,45 \$ CAN)	1,62 \$ US (2,53 \$ CAN)
Écart net entre les coûts totaux des aliments		31,02 \$ US (48,47 \$ CAN)
Valeur des 13 jours de moins jusqu'au premier vêlage (à 1,60 \$US ou 2,50 \$CAN par jour)		20,80 \$ US (32,50 \$ CAN)
Écart net marginal entre les coûts totaux		10,22 \$ US (15,97 \$ CAN)
PC à l'âge de 12 semaines (kg)	103,4	113,1

De toute évidence, bon nombre de facteurs et de scénarios peuvent modifier les résultats de ces calculs. À mesure que les données de recherche se multiplient, nous pourrons procéder à des évaluations plus rigoureuses. Les éleveurs doivent effectuer leurs propres calculs afin de déterminer si les modèles d'alimentation précoce améliorée sont avantageux dans leur situation. Il semblerait, toutefois, que le coût additionnel net de ces régimes est relativement peu élevé si le modèle est mis en œuvre de manière adéquate.

CONCLUSIONS ET QUESTIONS SANS RÉPONSES

Comme nous avons pu le constater, des recherches exhaustives sur les aspects biologiques et économiques des modèles d'alimentation précoce améliorée des génisses restent encore à entreprendre. Parmi ces aspects, notons : la composition idéale des lactoreplaceurs et de la moulée début en vue d'assurer le maintien des avantages de gain de poids précoce, les stratégies dapport en aliments liquides et en moulée début en vue de faciliter le sevrage, les effets sur le système reproducteur et la production laitière, les effets sur la santé et les fonctions immunitaires, la corrélation entre diverses conditions environnementales et la croissance, etc.

À l'heure actuelle, le manque de résultats de recherches approfondies sur l'ensemble des aspects biologiques et opérationnels des modèles d'alimentation précoce améliorée ne permet pas de procéder à une évaluation complète de la faisabilité économique de ces régimes. Par conséquent, les éleveurs de génisses et les producteurs laitiers doivent être conscients qu'en mettant en œuvre un tel programme, ils procèdent, en fait, à une « expérience sur le terrain ». Il faut comprendre que les réactions biologiques des animaux à ces régimes peuvent différer des attentes économiques et des capacités de l'exploitation. Nous sommes d'avis que les recherches ont déjà fait la démonstration qu'il y a d'importants avantages biologiques à l'augmentation de l'apport en lactoreplaceurs au cours des premières étapes de la vie des veaux. Toutefois, il reste à déterminer si ces avantages biologiques peuvent être reproduits dans le cadre d'un modèle de gestion d'élevage de génisses rentable.

RÉFÉRENCES

- Anderson, K.L., T.G. Nagaraja, J.L. Morrill, T.B. Avery, S.J. Galitzer, and J.E. Boyer. 1987. Ruminal microbial development in conventionally or early weaned calves. *J. Anim. Sci.* 64:1215-1226.
- Appleman, R.D., and F.G. Owen. 1975. Breeding, housing, and feeding management. *J. Dairy Sci.* 58:447-464.
- Bagley, C.V. 2001. Influence of nutrition and management on calf scours (bovine neonatal diarrhea). Pages 27-37 in *Proc. Intermountain Nutr. Conf.*, Utah State Univ., Logan.
- Bar-Peled, U., B. Robinzon, E. Maltz, H. Tagari, Y. Folman, I. Bruckental, H. Voet, H. Gacitua, and A.R. Lehrer. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *J. Dairy Sci.* 80:2523-2528.
- Bartlett, K.S. 2001. Interactions of protein and energy supply from milk replacers on growth and body composition of dairy calves. M.S. Thesis, University of Illinois, Urbana.
- Bartlett, K.S., F.K. McKeith, and J.K. Drackley. 2001a. Effects of energy sources in milk replacers on growth and body composition of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 84:1560. (Abstr.)
- Bartlett, K.S., F.K. McKeith, and J.K. Drackley. 2001b. Effects of feeding rate and protein concentration in milk replacers on growth and body composition of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 84:1560. (Abstr.)
- Blome, R.M., J.K. Drackley, G.C. McCoy, and C.L. Davis. 1999. Effects of protein content in milk replacers on growth, nutrient utilization, and body composition of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 82:844. (Abstr.)
- Bork, A.L., J. M. Smith, M.R. Foote, and M.E. Van Amburgh. 2000. The somatotropic axis of young calves can be modulated by nutrition and bST. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):143. (Abstr.)
- Clark, R. 1997. The somatogenic hormones and insulin-like growth factor-1: Stimulators of lymphopoiesis and immune function. *Endocrine Rev.* 18:157-179.
- Davis, C.L., and J.K. Drackley. 1998. *The Development, Nutrition, and Management of the Young Calf*. Iowa State University Press, Ames, IA.

Diaz, M.C., J.M. Smith, and M.E. Van Amburgh. 1998. Nutrient requirements and management of the milk-fed calf. Pages 130-141 in *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, Cornell Univ., Ithaca, NY.

Diaz, M.C., M.E. Van Amburgh, J.M. Smith, J.M. Kelsey, and E.L. Hutten. 2001. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *J. Dairy Sci.* 84:830-842.

Drackley, J.K. 2001. Milk feeding strategies for calves: Does "accelerated growth" make sense ? Pages 27-36 in Proc. 5th Annu. Professional Dairy Heifer Growers Assoc. National Conf., Seattle, WA. PDHGA, Savoy, IL.

Dritz, S. S., K.Q. Owen, R.D. Goodband, J.L. Nelssen, M.D. Tokach, M.M. Chengappa, and F. Blecha. 1996. Influence of lipopolysaccharide-induced immune challenge and diet complexity on growth performance and acute-phase protein production in segregated early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 74:1620-1628.

Foldager, J., and C.C. Krohn. 1994. Heifer calves reared on very high or normal levels of whole milk from birth to 6-8 weeks of age and their subsequent milk production. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 3. (Abstr.)

Foldager, J., C.C. Krohn, and L. Mogensen. 1997. Level of milk for female calves affects their milk production in first lactation. In *Proc. 48th Annu. Mtng. European Assoc. Anim. Prod.*

Gerrits, W.J.J., G.H. Tolman, J.W. Schrama, S. Tamminga, M.W. Bosch, and M.W.A. Verstegen. 1996. Effect of protein and protein-free energy intake on protein and fat deposition rates in preruminant calves of 80 to 240 kg live weight. *J. Anim. Sci.* 74:2129-2139.

Griebel, P.J., M. Schoonderwoerd, and L.A. Babiuk. 1987. Ontogeny of the immune response: effect of protein energy malnutrition in neonatal calves. *Can. J. Vet. Res.* 51:428-435.

Hafez, E.S.E., and L.A. Lineweaver. 1968. Suckling behaviour in natural and artificially fed neonate calves. *Z. Tierpsychol.* 25:187-198.

Hodgson, J. 1971. The development of solid food intake in calves. 5. The relationship between liquid and solid food intake. *Anim. Prod.* 13:593-597.

Huber, J.T., A.G. Silva, O.F. Campos, and C.M. Mathieu. 1984. Influence of feeding different amounts of milk on performance, health, and absorption capability of baby calves. *J. Dairy Sci.* 67:2957-2963.

- Kertz, A.F., B.A. Barton, and L.R. Reutzel. 1998. Relative efficiencies of wither height and body weight increase from birth until first calving in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 81:1479-1482.
- Khouri, R.H., and F.S. Pickering. 1968. Nutrition of the milk-fed calf I. Performance of calves fed on different levels of whole milk relative to body weight. *N.Z. J. Agric. Res.* 11:227-236.
- Kuehn, C.S., D.E. Otterby, J.G. Linn, W.G. Olson, H. Chester-Jones, G.D. Marx, and J.A. Barmore. 1994. The effect of dietary energy concentration on calf performance. *J. Dairy Sci.* 77:2621-2629.
- Luchini, N.D., S.F. Lane, and D.K. Combs. 1993. Preweaning intake and postweaning dietary energy effects on intake and metabolism of calves weaned at 26 days of age. *J. Dairy Sci.* 76:255-266.
- Mylrea, P.J. 1966. Digestion in young calves fed whole milk ad lib. and its relationship to calf scours. *Res. Vet. Sci.* 7:407-416.
- National Animal Health Monitoring System. 1996. *Part I: Reference of 1996 Dairy Management Practices*. USDA-APHIS Veterinary Services, Ft. Collins, CO.
- National Research Council. 1978. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 5th rev. ed. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nocek, J.E., and D.G. Braund. 1986. Performance, health, and postweaning growth on calves fed cold, acidified milk replacer ad libitum. *J. Dairy Sci.* 69:1871-1883.
- Nonnecke, B.J., M.E. Van Amburgh, M.R. Foote, J. M. Smith, and T.H. Elsasser. 2000. Effects of dietary energy and protein on the immunological performance of milk replacer-fed Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):135. (Abstr.)
- Pollock, J.M., T.G. Rowan, J.B. Dixon, S.D. Carter, D. Spiller, and H. Warenius. 1993. Alteration of cellular immune responses by nutrition and weaning in calves. *Res. Vet. Sci.* 55:298-306.
- Pollock, J.M., T.G. Rowan, J.B. Dixon, and S.D. Carter. 1994. Level of nutrition and age at weaning: effects on humoral immunity in young calves. *Br. J. Nutr.* 71:239-248.
- Quigley, III, J.D., C.G. Schwab, and W.E. Hylton. 1985. Development of rumen function in calves: nature of protein reaching the abomasum. *J. Dairy Sci.* 68:694-702.

- Richard, A.L., L.D. Muller, and A.J. Heinrichs. 1988. Ad libitum or twice daily feeding of acidified milk replacer to calves housed individually in warm and cold environments. *J. Dairy Sci.* 71:2193-2202.
- Roy, J.H.B. 1980. Factors affecting susceptibility of calves to disease. *J. Dairy Sci.* 63:650-664.
- Sejrsen, K., S. Purup, H. Martinussen, and M. Vestergaard. 1998. Effect of feeding level on mammary growth in calves and prepubertal heifers. *J. Dairy Sci.* 81(Suppl. 1):377. (Abstr.)
- Sejrsen, K., S. Purup, M. Vestergaard, and J. Foldager. 2000. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domest. Anim. Endocrinol.* 19:93-104.
- Smith, J.M., M.E. Van Amburgh, A.L. Bork, and M.R. Foote. 2000. Response to repeated bST challenge around weaning in Holstein heifer and bull calves. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl.1):144. (Abstr.)
- Tikofsky, J.N., M.E. Van Amburgh, and D.A. Ross. 2001. Effect of varying carbohydrate and fat content of milk replacer on body composition of Holstein bull calves. *J. Anim. Sci.* 79:2260-2267.
- Warner, R.G. 1991. Nutritional factors affecting the development of a functional ruminant – A historical perspective. Pages 1-12 in *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Williams, N.H., T.S. Stahly, and D.R. Zimmerman. 1997. Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs fed from 6 to 112 kg. *J. Anim. Sci.* 75:2481-2496.
- Williams, P.E.V., D. Day, A. M. Raven, and J.A. McLean. 1981. The effect of climatic housing and level of nutrition on the performance of calves. *Anim. Prod.* 32:133-141.