



HAL
open science

Effet d'une restriction des apports en calcium en début de lactation sur la production laitière, la composition du lait et les dynamiques de mobilisation et de reconstitution osseuses au cours de la lactation chez la vache laitière

Pierre Gaignon, Karine Le Grand, Anca Laza-Knoerr, Catherine Hurtaud, Anne Boudon

► To cite this version:

Pierre Gaignon, Karine Le Grand, Anca Laza-Knoerr, Catherine Hurtaud, Anne Boudon. Effet d'une restriction des apports en calcium en début de lactation sur la production laitière, la composition du lait et les dynamiques de mobilisation et de reconstitution osseuses au cours de la lactation chez la vache laitière. 24. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R), Dec 2018, Paris, France. <hal-02064428>

HAL Id: hal-02064428

<https://hal.science/hal-02064428v1>

Submitted on 11 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Effet d'une restriction des apports en calcium en début de lactation sur la production laitière, la composition du lait et les dynamiques de mobilisation et de reconstitution osseuses au cours de la lactation chez la vache laitière

GAIGNON P. (1), LEGRAND K. (2), LAZA-KNOERR A. (3), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)

(1) PEGASE, INRA, Agrocampus Ouest, 35590, Saint-Gilles, France

(2) Phosphea, Dinard, France

(3) CMI, 18 avenue F. Roosevelt BP 80139, 35401, Saint-Malo Cedex, France

RESUME – Les objectifs de cet essai étaient d'évaluer les conséquences d'une augmentation de la mobilisation osseuse de vache laitière en début de lactation sur les teneurs en Ca et en P du lait et la dynamique de reconstitution osseuse en fin de lactation. Quinze vaches laitières Holstein multipares ont été réparties en trois lots différents 5 semaines avant la date planifiée de vêlage. Chaque lot recevait un traitement différent, consistant à différencier l'alimentation des vaches entre 5 jours et 10 semaines de lactation. Le traitement témoin (TEM) consistait en une ration couvrant 100 % des besoins en Ca, les traitements BCa et BCaBE consistaient en des rations couvrant 70% des besoins en Ca, le bilan alimentaire cation-anion étant de 200 mEq/Kg MS pour TEM et BCa, et 0 pour BCaBE. Les traitements BCa et BCaBE ont eu tendance à diminuer légèrement la rétention corporelle de Ca à 3 semaines de lactation ($P < 0.09$) par rapport au traitement TEM mais n'ont eu d'effet ni sur la dynamique des teneurs en biomarqueurs d'accrétion et de résorption osseuse au cours des 32 semaines de lactation, ni sur la rétention corporelle du Ca à 17 semaines de lactation. Les vaches ont presque entièrement compensé la baisse des apports en Ca par une élévation de l'absorption apparente du Ca à 3 semaines de lactation ($P = 0.03$). Les traitements n'ont pas eu d'effet sur la composition du lait. Par contre la production laitière a eu tendance ($P = 0.09$) à être plus faible sur l'ensemble de la lactation avec les régimes BCa et BCaBE par rapport à TEM, avec une différence moyenne de 2 kg/j.

Effect of low Ca intake in early lactation on milk production, milk quality and dynamics of bone mobilization and resorption throughout lactation in dairy cows

GAIGNON P (1), LE GRAND K (2), LAZA-KNOERR A. (3), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)

(1) PEGASE, INRA, Agrocampus Ouest, 35042, Rennes, France

SUMMARY – The objective of this experiment was to evaluate the consequences of an increase of bone mobilization in early lactation, on the milk contents of Ca and P and the bone reconstitution dynamics in late lactation. Fifteen multiparous Holstein cows have been spread between three treatments 5 weeks before the expected calving date. Those treatments consisted in differentiating the cow's diets between 5 days and 10 weeks of lactation. The control treatment (TEM) consisted in a diet covering 100% of the Ca requirements, the treatments BCa and BCaBE consisted in a diet covering 70% of the Ca requirements, the dietary anion-cation difference was 200 mEq/Kg DM for TEM and BCa and 0 for BCaBE. The treatments BCa and BCaBE induced a small decrease of the body retention of Ca at 3 weeks of lactation compared with the treatment TEM ($P < 0.09$) but did not affect either the dynamics of blood biomarkers of bone accretion and resorption during the 32 weeks of lactation or the body retention of Ca at 17 weeks of lactation. Cows almost entirely compensated the decrease of Ca supply in BCa and BCaBE treatments by an increase of the apparent absorption of Ca at 3 weeks of lactation ($P = 0.03$). Treatments did not clearly affect either the milk composition. Nevertheless, milk yield tended ($P = 0.09$) to be lower throughout the lactation with treatments BCa and BCaBE compared with TEM with a mean difference of 2 kg/d between TEM treatment and BCa and BCaBE treatments.

Introduction

L'organisme des vaches laitières fait face à un important flux d'excrétion de Ca pendant la lactation en raison de la teneur élevée du lait en Ca (Horst et al., 1997). Ceci explique l'existence de cycles de mobilisation osseuse et de reconstitution pendant la lactation afin de maintenir les teneurs plasmatiques en Ca dans des limites physiologiques (Braithwaite, 1983; Taylor et al., 2009; Elizondo-Salazar et al., 2013). Des questions demeurent quant aux conséquences de l'amplitude et de la complétude de ces cycles sur la santé et la productivité des vaches. On peut suspecter à partir de la littérature qu'une reconstitution

osseuse incomplète à la fin de la lactation puisse entraîner une sensibilité plus grande des vaches à un apport limité en P lors de la lactation suivante avec des performances de production sous-optimales (Dixon et al., 2017) ou une sensibilité accrue à la fièvre vitulaire au début de la lactation suivante (McNeill et al. 2002). La confirmation de ces soupçons aurait des conséquences sur la définition des besoins en Ca et en P de ces animaux. Les recommandations actuelles reposent sur le principe que les excréments quotidiennes de Ca et de P permettent un certain niveau de production avec des pertes fécales et urinaires minimales qui doivent être remplacées par une ingestion

équivalente quotidienne de ces éléments. Ce principe ne considère pas que la mobilisation osseuse en début de lactation et la reconstitution en fin de lactation puissent constituer un apport ou un besoin supplémentaire.

Le nombre d'expériences publiées reste trop limité pour permettre de définir une stratégie optimale de supplémentation en Ca et en P à l'échelle de la lactation (AFRC, 1991; NRC, 2001; INRA, 2010). Le manque de méthodes rapides et peu onéreuses pour évaluer l'amplitude et éventuellement la complétude des cycles de mobilisation et de reconstitution osseuses lors de la lactation et de la gestation des vaches constitue une limite majeure pour répondre à ces questions. VanHouten et al. (2004) ont montré qu'une diminution de l'apport en Ca induisait chez les mammifères une excrétion plus faible de Ca dans le lait et une résorption osseuse plus élevée, régulées par le récepteur CaSR dans la glande mammaire. Le suivi de la teneur en lait du calcium pendant la lactation pourrait donc être un moyen peu coûteux d'estimer indirectement la dynamique de la résorption osseuse.

L'objectif de cette expérience était d'induire une mobilisation osseuse chez la vache laitière grâce à des traitements alimentaires et d'en déterminer les conséquences sur (1) la dynamique des teneurs en Ca et en P du lait, des concentrations sanguines en biomarqueurs de l'accrétion et de la résorption osseuse et des rétentions corporelles en Ca et P, (2) sur la dynamique de reconstitution osseuse en fin de lactation. La mobilisation osseuse devait être induite soit par une restriction des apports alimentaires en Ca par rapport aux recommandations françaises (INRA, 2010) soit par une restriction des apports alimentaires en Ca couplée à une diminution du bilan alimentaire cation anion (BACA).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 ANIMAUX ET SCHEMA EXPERIMENTAL

Les traitements ont consisté en trois supplémentations minérales distribuées en complément d'une même ration de base entre 5 jours et 10 semaines de lactation. La teneur en Ca de la ration était de 8,3 g/kg MS pour le traitement TEM pour un BACA de 219 mEq/kg de MS, de 6,0 g/kg MS pour un BACA de 279 mEq/kg de MS pour le traitement BCa et de 5,8 g/kg MS pour un BACA de 0 mEq/kg de MS pour le traitement BCaBE. Quinze vaches Holstein multipares ont été réparties en trois groupes et suivies depuis 5 semaines avant leur date de vêlage prévue, jusqu'à 31 semaines de lactation selon un schéma expérimental totalement randomisé, les groupes assignés à chaque traitement étant homogènes en terme de parité moyenne, de production laitière sur la lactation précédente et de date attendue de vêlage. Les vaches étaient logées en stabulation libre pendant l'essai, à l'exception des périodes de mesure des rétentions en Ca et P pendant lesquelles elles étaient maintenues en stabulation entravée pendant 3 semaines. Elles étaient traitées deux fois par jour. La production laitière était enregistrée tous les jours et les taux protéiques et butyreux du lait étaient mesurés deux fois par semaine.

1.2 ALIMENTATION

L'alimentation des vaches selon les traitements a été différenciée entre 5 jours et 10 semaines de lactation. Pendant les 3 semaines qui précédaient le vêlage, toutes les vaches ont reçu la même ration de préparation au vêlage et pendant les 5 premiers jours de lactation, elles ont reçu la

ration du traitement TEM. Les rations ont été formulées pour couvrir les besoins des vaches laitières selon les recommandations, exceptés pour le Ca et la BACA (INRA, 2010). La ration de base jusqu'à 10 semaines de lactation se composait de 72 % MS d'ensilage de maïs, 16 % MS de concentré énergétique, 11 % MS de tourteaux tannés et 1 % MS d'urée. Au bout de 10 semaines, toutes les vaches recevaient une même ration couvrant 100 % de leurs besoins en Ca avec un BACA positif, composée de 74% MS d'ensilage de maïs, 11% MS de concentré énergétique, 14 % MS de tourteau de soja 48 et moins d'un pourcent d'urée, hors aliments minéraux. L'apport d'aliment minéraux était de 3,5, 2,8 et 3,4% MS pour les traitements TEM, BCa et BCaBE, le Ca étant avant tout apporté par du carbonate de Ca. Pendant la lactation, les vaches étaient nourries *ad libitum*.

Tableau 1 - Caractéristiques des rations

	5 – 70 jours de lactation			Après 70 jours
	TEM	BCa	BCaBE	
Ca ¹	8,3	5,9	5,8	7,8
Ca _{abs} ¹	3,4	2,4	2,4	3,1
P ¹	4,1	4,0	3,9	4,0
P _{abs} ¹	2,8	2,7	2,7	2,8
PDIE/UFL ²	115	115	115	95
PDIN/UFL ²	116	116	116	86
BACA ³	219	279	0	220

¹: g/kg de MS

²: g/UFL

³: BACA = Na +K -Cl -S (où Na, K, Cl et S sont les teneurs de la ration en ces éléments exprimées en mEq/kg MS)

1.3 PRELEVEMENTS ET ANALYSES

Neuf prélèvements de sang ont été réalisés entre 3 semaines avant la date estimée de vêlage et 31 semaines de lactation afin de suivre les évolutions des teneurs plasmatiques en Ca, P inorganique (Pi), ostéocalcine (OC, biomarqueur de l'accrétion osseuse) et télopeptide C-terminal du collagène de type I (CTX, biomarqueur de la résorption osseuse). Quatorze prélèvements de lait ont été réalisés entre 1 et 31 semaines après vêlage pour suivre les teneurs en Ca et P, à la traite du matin et du soir.

Trois semaines avant vêlage et à 3 et 17 semaines de lactation, les vaches ont été placées en stalle entravée pendant 3 semaines afin de mesurer l'ingestion et l'excrétion journalières de Ca et de P sur 4 jours par collecte complète de l'urine et des fèces.

1.5 ANALYSES STATISTIQUES

Un modèle linéaire généralisé a été utilisé à l'aide de la PROC GLIMMIX de SAS. Il comportait les effets des régimes et du stade de lactation :

$$Y_{ijk} = \text{Régime}_i + \text{Stade de lactation}_j +$$

$$\text{Régime:Stade}_{ij} + \text{Vache}_{k(i)}$$

où Y représente la variable réponse d'intérêt. La vache était incluse en effet aléatoire et une matrice de covariance entre les stades de lactation a été choisie sur un critère d'AIC.

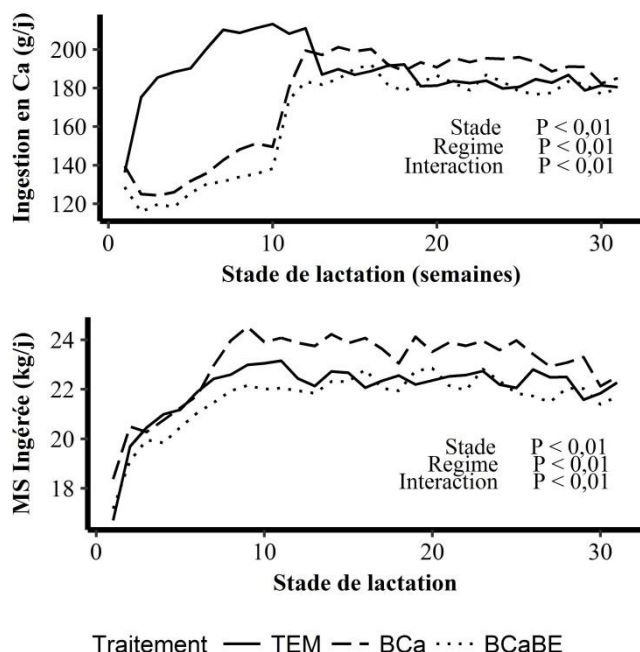
2 RESULTATS

2.1 DES APPORTS EN Ca EN DEBUT DE LACTATION CONFORMES A CE QUI ETAIT ATTENDU

Les apports alimentaires de Ca ont été moins importants avec les traitements BCa et BCaBE par rapport à TEM entre

5 jours et 10 semaines de lactation et n'ont pas été affectés par les traitements conformément à ce qui était attendu (Figure 1). La matière sèche ingérée a été un peu plus élevée avec le traitement BCa par rapport aux deux autres à partir de 7 semaines de lactation (+ 1,0 kg en moyenne, $P < 0,01$). Cette différence est attribuable en partie à des vaches un peu plus lourdes sur ce traitement (623 kg pour TEM, 704 kg pour BCa et 667 kg pour BCaBE).

Figure 1 : Effets des traitements sur l'ingestion de Ca et de MS au cours de la lactation



flux journalier d'absorption apparente de Ca a été de 56,9, 48,1 et 51,5 g/j pour les traitements TEM, BCa et BCaBE respectivement ($P = 0,31$) à trois semaines après vêlage.

Figure 2 : Effets des traitements sur les teneurs plasmatiques en OC (biomarqueur de l'accrétion osseuse) et en CTX (biomarqueur de la résorption)

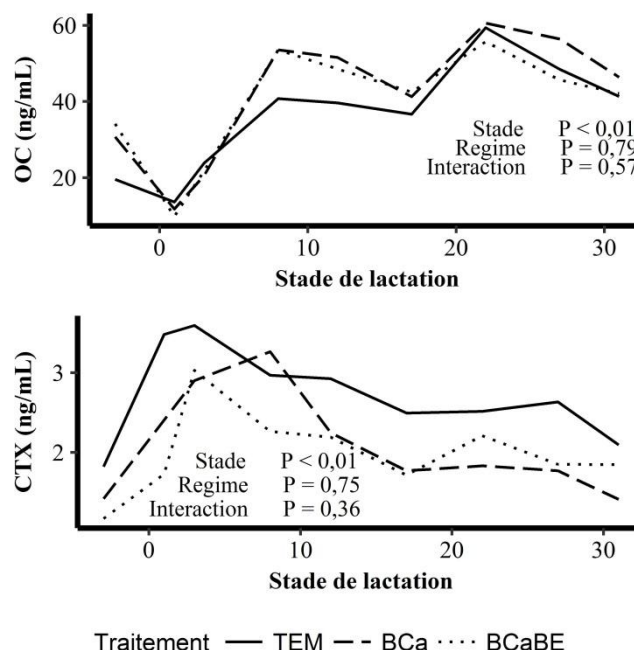
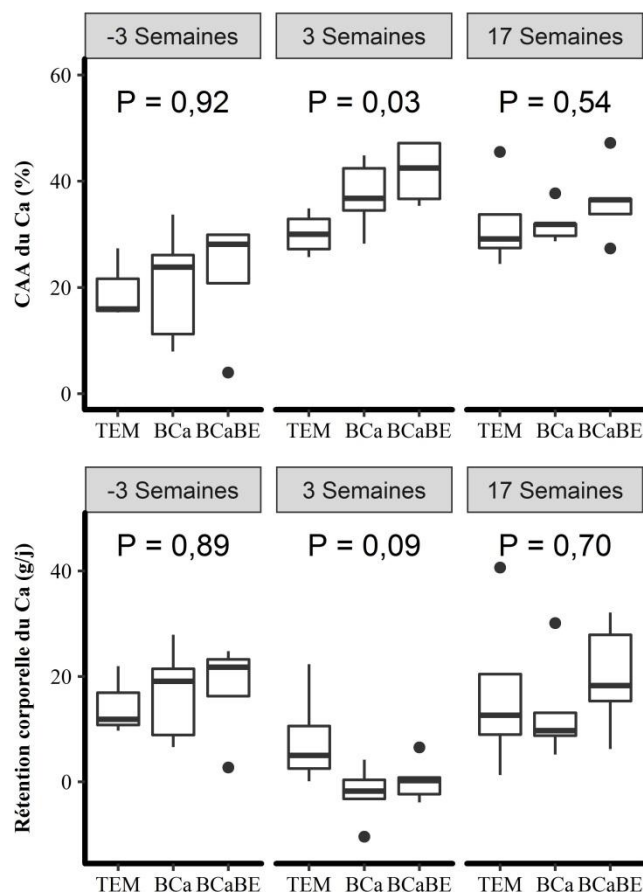


Figure 3 : Effets des traitements sur la digestibilité apparente du Ca et la rétention en Ca 3 semaines avant la date de vêlage à 3 et 17 semaines de lactation.



2.2 PEU D'EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA MOBILISATION OSSEUSE EN DEBUT DE LACTATION

Les dynamiques des teneurs plasmatiques en OC et CTX n'ont été affectées ni par les traitements, ni par l'interaction entre les traitements et le stade de lactation ($P > 0,30$; Figure 2). L'accrétion osseuse (OC) a chuté après le vêlage et a augmenté au cours de la lactation, fortement jusqu'à 8 semaines de lactation et plus lentement ensuite ($P < 0,01$). La résorption osseuse (CTX) a augmenté pour ensuite diminuer continuellement ($P < 0,01$). La rétention corporelle du Ca, c'est-à-dire la différence entre l'ingestion de Ca et son excrétion, qui peut dans le cas du Ca être estimée comme l'opposé de la mobilisation osseuse, a eu tendance à être plus faible avec les traitements BCa et BCaBE par rapport à TEM à 3 semaines de lactation (-2, 0 et 8 g/j, pour les traitements BCa, BCaBE et TEM, $P = 0,09$, Figure 3) mais n'a pas été affectée par les traitements à 17 semaines ($P > 0,70$). Les traitements n'ont eu aucun effet sur les teneurs en Ca plasmatique ($P = 0,60$). Une seule vache a été en hypocalcémie après le vêlage (76 mg/L).

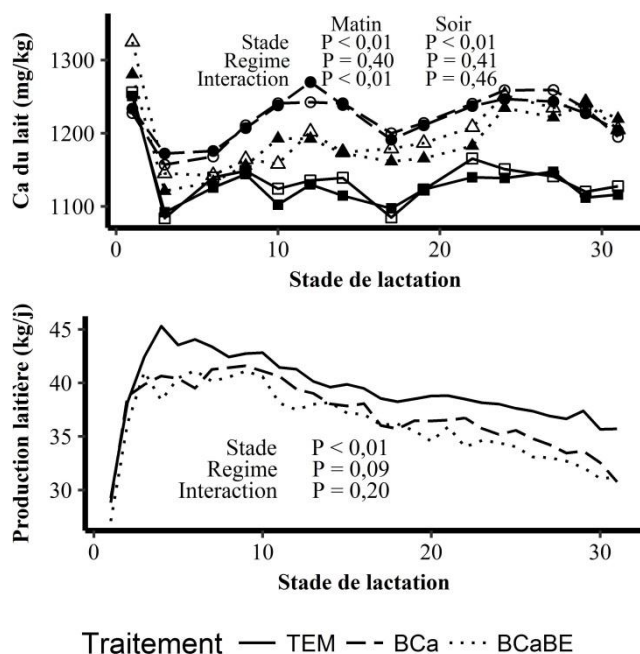
2.3 UNE CAPACITE D'ABSORPTION DIGESTIVE DU Ca AUGMENTEE AVEC LES TRAITEMENTS BCa ET BCaBE

Le coefficient d'absorption apparent (CAA) du Ca a été nettement plus élevé pour les traitements BCa et BCaBE que TEM à 3 semaines de lactation ($P = 0,03$, Figure 3) alors qu'il n'était pas affecté par les traitements aux autres stades ($P > 0,54$). Le CAA dépassait 37 % pour ces deux traitements alors qu'il était de 30 % pour TEM. Le CAA du Ca a été plus élevé en lactation, à 3 ou 17 semaines de lactation, qu'avant vêlage où il n'était que de 21 % en moyenne ($P < 0,01$). Le

2.4 PAS D'EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA TENEUR EN Ca DU LAIT MAIS UN POSSIBLE EFFET SUR LA PRODUCTION LAITIÈRE

La teneur en Ca du lait n'a pas été plus faible pour les traitements BCa et BCaBE par rapport à TEM ($P = 0,40$, Figure 4). Elle était même plus élevée en fin de lactation (interaction traitement \times stade de lactation, $P < 0,01$ le matin). La production laitière a eu tendance à être plus faible sur toute la lactation avec les traitements BCa et BCaBE par rapport au traitement TEM ($P = 0,09$, Figure 4), avec un écart moyen de 2 kg/j, qui a atteint plus de 5 kg au moment du pic de lactation.

Figure 4 : Effet des traitements sur la teneur en Ca du lait et la production laitière



3. DISCUSSION

3.1 UNE RELATIVE ABSENCE D'EFFET D'UN APPORT RESTREINT EN Ca EN DEBUT DE LACTATION SUR LA MOBILISATION OSSEUSE INATTENDUE

L'objectif des traitements BCa et BCaBE était d'induire une mobilisation osseuse accrue au cours des 10 premières semaines de lactation. Avec une restriction des apports en Ca comparable à celle que nous avons pratiquée dans l'essai, certaines études ont mis en évidence une diminution claire de la rétention corporelle de Ca au début de la lactation chez la vache laitière, cette dernière atteignant des valeurs clairement négatives (Taylor et al., 2009 ; Wholt, 1986) ou une augmentation de la concentration sérique de pyridinoline qui est un biomarqueur de la résorption osseuse (Moreira et al., 2009). Pour augmenter les chances d'induire une mobilisation osseuse dans notre expérience, le BACA a également été diminué pour le traitement BCaBE à une valeur proche de 0, qui est la limite maximale en dessous de laquelle on pouvait attendre à un effet positif sur la mobilisation osseuse (Charbonneau et al., 2006). Pourtant, nous n'avons obtenu que des effets ténus des traitements.

La dynamique des biomarqueurs osseux sanguins au cours de la lactation que nous avons observée était cohérente avec celles précédemment observées (Liesegang et al., 2000; Ekelund et al., 2006; Puggaard et al., 2014) avec une forte diminution de l'OC au vêlage et une augmentation du CTX en début de lactation. Ces résultats ont été cohérents avec les

mesures de rétention du Ca montrant une rétention de Ca plus faible en début de lactation comparée à celle mesurée avant le vêlage ou à 17 semaines de lactation, illustrant une reconstitution osseuse nette à ces moments.

3.2 UNE AUGMENTATION PLUS IMPORTANTE QUE PREVUE DU CAA DU Ca AVEC UN APPORT RESTREINT EN Ca EN DEBUT DE LACTATION

Dans notre expérience, l'évolution de la calcémie au cours du cycle lactation-gestation n'a pas été affectée par l'apport alimentaire en Ca. Ceci suggère que, si la mobilisation osseuse n'était pas le principal effecteur mobilisé pour la régulation de la calcémie lorsque l'apport de Ca a été réduit, d'autres flux de Ca doivent avoir permis cette régulation. Nos résultats ont clairement montré que la diminution de la consommation de Ca avec le traitement BCa et BCaBE a été presque entièrement compensée au niveau de l'organisme par une diminution équivalente de la quantité de Ca excrétée dans les fèces, avec un CAA du Ca particulièrement élevé (moyenne supérieure à 40 % pour BCaBE). Ces résultats contrastent avec ceux de Taylor et al. (2009) et Moreira et al. (2009) qui ont observé une digestibilité apparente plus faible du Ca à un stade similaire de lactation. Une explication est peut-être qu'une proportion significative de Ca alimentaire a été fournie par de l'ensilage de maïs ou du foin de luzerne dans ces études alors qu'il était principalement fourni par un aliment minéral dans notre essai. On sait que le Ca de la luzerne est moins disponible pour l'absorption digestive chez les ruminants (INRA, 2010). Il est probable que ces auteurs n'ont pas pu observer une augmentation du CAA autour de 3 semaines de lactation avec un faible apport en Ca, contrairement à nous, car les vaches ne pouvaient pas augmenter leur absorption apparente de Ca en raison de la faible disponibilité en Ca alimentaire. Dans notre expérience, les vaches ont peut-être privilégié une augmentation de l'absorption digestive plutôt qu'une mobilisation du Ca de l'os pour réguler la calcémie, car le Ca alimentaire était plus disponible pour l'absorption. Cette hypothèse nécessiterait une confirmation.

Nous avons clairement observé un effet important du stade physiologique des vaches sur le CAA du Ca. L'augmentation de la capacité d'absorption du Ca par le tube digestif entre la gestation et la lactation est cohérente avec l'augmentation de la libération de PTH et de la synthèse de $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ au début de la lactation (Horst et al., 2005).

3.4 RELATION ENTRE LA TENEUR EN Ca DU LAIT ET LA DYNAMIQUE DE MOBILISATION OSSEUSE AU COURS DE LA LACTATION

Notre hypothèse était que le faible apport en Ca induirait à la fois une augmentation de la résorption osseuse et une diminution de la sécrétion de Ca dans le lait. Cependant, le faible apport en Ca dans notre expérience n'a eu qu'un effet limité sur la mobilisation osseuse au début de la lactation. Cette expérience n'a donc pas permis de tester complètement notre hypothèse. Les vaches ayant reçu les traitements BCa et BCaBE ont eu tendance à avoir une teneur en Ca dans le lait plus élevée après 10 semaines de lactation, ce qui n'était pas conforme à notre hypothèse pour deux raisons. Tout d'abord, cette différence est apparue lorsque les rations ont cessé d'être différenciées en fonction du traitement. Deuxièmement, une teneur plus faible de Ca

dans le lait était attendue pour ces traitements. Comme on sait que la génétique de la vache est un déterminant majeur de la teneur en Ca du lait chez les vaches (Van Hulzen et al., 2009) et que la teneur en Ca du lait n'a pas été mesurée lors de la lactation précédente, il ne peut être exclu que les vaches des traitements BCa et BCaBE avaient des teneurs en Ca de lait plus élevées en raison de leur génétique, à l'origine des teneurs en Ca du lait plus élevées pour ces traitements.

3.3 UN EFFET POSSIBLE DE L'APPORT LIMITE EN Ca SUR LA PRODUCTION DE LAIT ET LA LONGEVITE DES VACHES ?

L'écart de 2 kg/j de production laitière avec les traitements BCa et BCaBE par rapport à TEM est un résultat inattendu qui ne peut pas être attribué aux caractéristiques pré-expérimentales des vaches. Cet écart est apparu environ deux semaines après la différenciation des rations en fonction du traitement et a duré jusqu'à la fin de l'expérience, c'est-à-dire largement après 10 semaines de lactation correspondant au moment à partir duquel toutes les vaches ont reçu le même régime. On peut imaginer que les traitements BCa et BCaBE ont pu altérer le potentiel de sécrétion de la glande mammaire au pic de lactation, en modifiant soit la prolifération des cellules épithéliales mammaires, soit leur exfoliation. Wohlt et al. (1986) ont également observé une diminution de la production de lait chez les vaches ayant un apport plus faible en Ca dans des proportions comparables aux nôtres mais ni Taylor et al. (2009), ni Moreira et al. (2009) n'ont observé de telles diminutions. Il est possible que le fait d'avoir utilisé une ration riche en PDI, avec du tourteau de soja tanné, chez des vaches multipares, ait maximisé le potentiel laitier, le Ca étant devenu alors un facteur limitant.

Une autre observation inattendue dans notre expérience a été que le taux de réforme avant le prochain vêlage a été numériquement nettement plus élevé avec les traitements BCa et BCaBE par rapport au traitement TEM. Avec le traitement BCa, 3 des 5 vaches ont été réformées avant la lactation suivante, une en raison de l'absence de détection d'œstrus, deux en raison de problèmes de pieds. Avec le traitement BCaBE, 1 des 5 vaches a été éliminée en raison d'échecs à l'insémination. Aucune vache n'a été réformée avec le traitement TEM. Nos résultats suggèrent qu'une restriction des apports de Ca pendant les premières semaines de lactation pourrait avoir eu un effet néfaste sur la reproduction et la santé des vaches, mais cela reste à démontrer avec plus d'animaux.

CONCLUSION

Un apport alimentaire de Ca réduit de 30 % par rapport aux recommandations en début de lactation n'a induit que de faibles différences de mobilisation osseuse au cours de la lactation car il a été compensé par une augmentation de la capacité d'absorption du Ca par le tube digestif. Ce résultat, un peu en contradiction avec la bibliographie est peut-être à mettre en relation avec des apports en Ca en grande partie assurés par un aliment minéral et donc relativement absorbables. Un effet inattendu de cet apport réduit en Ca a été une altération du potentiel laitier des vaches et une suspicion de moindre performance de reproduction. Ces résultats nécessitent néanmoins d'être confirmés. Cet essai ne permet de mettre en relation l'évolution de la teneur en Ca

du lait au cours de la lactation avec celle de la résorption osseuse.

Les auteurs remercient le groupe Roullier et la région Bretagne pour le financement de cet essai. Ils souhaitent également remercier le personnel de la ferme expérimentale de Méjusseu (Le Rheu) et celui du laboratoire de l'UMR PEGASE (Saint-Gilles).

- AFRC, 1991**, Nutrition Abstract and Reviews, 61, 573-612
BRAITHWAITE, G.D., 1983, J Mammary Gland Biol Neoplasia, 50, 711-722
CHARBONNEAU, E., PELLERIN, D., OETZEL, G.G., 2006, J. Dairy. Sci, 89, 537-548
ELIZONDO SALAZAR, J.A.A, FERDUSON, J.D., BEEGLE, D.B., REMSBURG, D.W., WU, Z., 2013, J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 97, 502-514
DIXON, R.M., KIDD, L.J., COATES, D.B., ANDERSON, S.T., BENVENUTTI, M.A., FLETCHER, M.T., MCNEILL, D.M., 2017, Anim. Prod. Sci., 57, 2280-2290
EKELUND, A., SPORNDLY, R., HOLTENIUS, K, 2006, Livest Sci, 9, 227-236
HORST, R.L., GOFF, J.P., REINHARDT, T.A.A, 1997, J Mammary Gland Biol Neoplasia, 2,253-263
HORST, R.L., GOFF, J.P., REINHARDT, T.A.A, 2005, J Mammary Gland Biol Neoplasia, 10, 141-156
INRA, 2010, Editions Quae, Alimentation des bovins, ovins et caprins : besoins des animaux, valeurs des aliments : tables Inra 2010, Paris, France
LIESEGANG, A., EICHER, R., SASSI, M.L., RISTELI, J., KRAENZLIN, M., RIOND, J.L., WANNER, M., 2000, J. Dairy Sci., 83, 1773-1781
MCNEILL, D.M., ROCHE, J.R., STOCKDALE, C.R., MCLACHLAN, B.P., 2002, Aust. J. Agric. Res., 53, 755-770
MOREIRA, V.R., ZERINGUE, L.K., WILLIAMS, C.C., LEONADI, C., MCCORMICK, M.E., 2009, J Dairy Sci, 92, 5189-5198
NRC, 2001, National Academic Press, Nutrient requirements of dairy cattle::Seventh Revised Edition, Washington, USA
PUGGAARD, L., LUND, P., LIESEGANG, A., SEHESTED, J., 2014, Livest Sci, 159, 18-25
TAYLOR M.S., KNOWLTON, K.F., MCGILLIARD, M.L., FERGUSON, J.D., WU, Z., HANIGAN, M.D., 2009, J Dairy Sci, 92, 223-237
VANHOUTEN, J., DANN, P., MCGEOCH, G. BROWN, E., KRAPCHO, K., NEVILLE, M., WYSOLMERSKI, J. 2004, J. Clin. Invest, 113, 598-608
VAN HULZEN, K.J.E., SPRONG, R.C., VAN DER MEER, R., VAN ARENDONK, J.A.M., 2009, J. Dairy Sci., 92, 5754-5759
WOHLT, J.E., RITTER, D.E., EVANS, J.L., 1986, J Dairy Sci., 69, 2815-2824