

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 24 mai 2018

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

relatif à « une demande de modification des annexes de la directive 2008/38/CE de la Commission du 5 mars 2008 établissant une liste de destinations des aliments pour animaux visant la modification de l'objectif nutritionnel particulier 'réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie' chez les ruminants »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 13 septembre 2017 par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) d'une demande de modification des annexes de la directive 2008/38/CE de la Commission du 5 mars 2008 établissant une liste de destinations des aliments pour animaux visant la modification de l'objectif nutritionnel particulier « réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie » chez les ruminants.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Le règlement (CE) n° 767/2009 du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009¹ concernant la mise sur le marché et l'utilisation des aliments pour animaux prévoit, dans son chapitre 3, la mise sur le marché de types spécifiques d'aliments pour animaux, dont les aliments visant un objectif nutritionnel particulier (ONP). Un ONP est défini à l'article 3 comme « *un objectif qui consiste à satisfaire les besoins nutritionnels spécifiques d'animaux dont le processus d'assimilation, le processus d'absorption ou le métabolisme est ou risque d'être perturbé temporairement ou de manière irréversible et qui, de ce fait, peuvent tirer des bénéfices de l'ingestion d'aliments pour animaux appropriés à leur état* ». Cet article 3 définit un « *aliment pour animaux visant des objectifs nutritionnels particuliers* » comme « *un aliment pour animaux capable de répondre à un objectif nutritionnel particulier du fait de sa composition particulière ou de son procédé de fabrication particulier, qui le distingue clairement des aliments pour animaux ordinaires.* ».

Le chapitre 3 énonce à l'article 9 que « *les aliments pour animaux visant des objectifs nutritionnels particuliers ne peuvent être commercialisés en tant que tels que si leur destination est incluse sur la liste établie conformément à l'article 10 et s'ils répondent aux caractéristiques nutritionnelles essentielles correspondant à l'objectif nutritionnel particulier qui figure sur cette liste* ». L'article 10, point 1, du même règlement, prévoit que « *la Commission peut mettre à jour la liste des*

¹ Modifié en dernier lieu par le règlement (UE) n° 2017/2279 de la Commission du 11 décembre 2017

destinations énoncées dans la directive 2008/38/CE en ajoutant ou en supprimant des destinations ou en ajoutant, supprimant ou modifiant les conditions associées à une destination donnée ». Ces modifications peuvent être demandées par des pétitionnaires. L'article 10, point 2, indique que « pour être recevable, la demande doit comporter un dossier démontrant que la composition spécifique de l'aliment pour animaux répond à l'objectif nutritionnel particulier auquel il est destiné et qu'il n'a pas d'effets négatifs sur la santé animale, la santé humaine, l'environnement ou le bien-être des animaux ».

La directive 2008/38/CE de la Commission du 5 mars 2008² établissant une liste des destinations des aliments pour animaux visant des objectifs nutritionnels particuliers (ONP) a été prise en application de la directive 93/74/CEE qui prévoit l'établissement d'une liste positive des destinations des aliments pour animaux visant des objectifs nutritionnels particuliers. Cette liste doit mentionner la destination précise, à savoir l'objectif nutritionnel particulier, les caractéristiques nutritionnelles essentielles, les déclarations d'étiquetage et, le cas échéant, les indications particulières d'étiquetage.

Le dossier du pétitionnaire vise à modifier l'objectif nutritionnel particulier « réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie » chez les ruminants comme suit :

	Objectif nutritionnel particulier	Caractéristiques nutritionnelles essentielles	Espèce ou catégorie d'animaux	Déclarations d'étiquetage	Durée d'utilisation recommandée	Autres indications
Formulation actuelle	Réduction du risque de tétanie (hypomagnésémie)	Teneur élevée en magnésium, disponibilité d'hydrates de carbone, teneur modérée en protéines et faible teneur en potassium	Ruminants	<ul style="list-style-type: none"> – Amidon – Sucres totaux – Magnésium – Sodium – Potassium 	Trois à dix semaines pendant les périodes de croissance rapide de l'herbe	<p>Le mode d'emploi doit donner des conseils sur l'équilibre de la ration journalière, y compris les sources de fibres et d'énergie facilement disponibles.</p> <p>Dans le cas des aliments pour ovins, indiquer sur l'emballage, le récipient ou l'étiquette : « spécialement pour brebis en lactation »</p>
Modification proposée	Réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie	<p>Apport minimal en magnésium (complémentation en plus de l'apport nutritionnel recommandé de la ration de base) :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bovins de plus de 2 ans : 7 g par jour – Bovins de moins de 2 ans : 4 g par jour – Veaux de moins de 6 semaines : 1 g/jour – Veaux de 6 à 10 semaines : 2 g/jour – Ovins-caprins : 2 g/jour 	Ruminants	Magnésium	<ul style="list-style-type: none"> – Bovins : Entre 15 jours avant et 3 semaines après la mise à l'herbe Lors de périodes critiques (transhumance, transport, mise en lot, transitions saisonnières...) – Ovins – caprins : Entre 15 jours avant et 3 semaines après la mise à l'herbe Lors de périodes critiques (transhumance, transport...) – Veaux de lait : Avant le sevrage 	<p>Le mode d'emploi doit donner des conseils sur l'équilibre de la ration journalière, y compris les sources de fibres et d'énergie facilement disponibles.</p>

² Modifié en dernier lieu par le règlement (UE) n° 1123/2014 de la Commission du 22 octobre 2014

Conformément aux dispositions du règlement (CE) n°767/2009, la saisine ne porte pas sur une évaluation des caractéristiques nutritionnelles optimales pour répondre à l'objectif nutritionnel particulier, mais sur une appréciation des éléments fournis par le demandeur.

L'avis de l'Anses est donc exclusivement demandé sur l'adéquation des preuves fournies par le demandeur pour démontrer d'une part l'efficacité des caractéristiques nutritionnelles proposées au regard de l'objectif nutritionnel particulier recherché et, d'autre part, l'absence d'effets négatifs sur la santé animale, la santé humaine, l'environnement ou le bien-être des animaux.

Plus précisément, au cas d'espèce, l'avis de l'Anses est demandé sur les questions suivantes :

- un apport minimal en magnésium (complémentation en plus de l'apport nutritionnel recommandé de la ration de base) tel qu'il suit permet-il une réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie ?
 - Bovins de plus de 2 ans : 7 g par jour
 - Bovins de moins de 2 ans : 4 g par jour
 - Veaux de moins de 6 semaines : 1 g par jour
 - Veaux de 6 à 10 semaines : 2 g par jour
 - Ovins-caprins : 2 g par jour
- la durée d'utilisation indiquée est-elle pertinente et adaptée à l'ONP visé ?
- les autres dispositions prévues, relatives au mode d'emploi qui doit donner des conseils sur l'équilibre de la ration journalière, y compris les sources de fibres et d'énergie facilement disponibles, sont-elles pertinentes et adaptées à l'ONP visé ?

Dans le cas où l'Anses considérerait que les caractéristiques nutritionnelles sont pertinentes, mais que leur définition gagnerait à être précisée pour garantir l'efficacité de l'aliment pour répondre à ces objectifs, il lui est demandé de proposer si possible un complément de définition.

Par ailleurs, l'Anses pourra, si elle l'estime nécessaire, émettre toute recommandation qu'elle juge souhaitable sur les caractéristiques des aliments pour animaux destinées à répondre à cet objectif nutritionnel. Ces recommandations devront cependant figurer dans l'avis de manière clairement séparée des réponses apportées aux questions de la saisine.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ». L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

L'expertise collective a été réalisée par le comité d'experts spécialisé (CES) « Alimentation animale (ALAN) » sur la base d'un rapport initial rédigé par deux rapporteurs et présenté lors de la réunion du CES ALAN du 13 février 2017. L'analyse et conclusions' du CES a été discutée et validée lors de la réunion du 15 mai 2018.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ALAN

3.1. Contexte scientifique

Le magnésium (Mg) est un élément indispensable à l'organisme à plusieurs titres : cofacteur de nombreuses réactions enzymatiques (phosphorylation, cycle de Krebs), rôle dans la synthèse des protéines, rôle de régulateur des membranes et modulateur de la transmission synaptique dans le muscle squelettique (Fontenot *et al.* 1989, McCaughan 1992, Urdaz *et al.* 2003). Dans l'organisme, environ 60 à 70% du Mg total est présent dans le squelette, 30 à 40% dans les tissus mous et seulement environ 1% dans l'espace extracellulaire (Baillet 2009). La concentration plasmatique normale de Mg chez la vache est de l'ordre de 18 à 24 mg/L (NRC 2001). Contrairement au métabolisme de nombreux autres minéraux essentiels, il n'existe pas de

système hormonal spécifique pour réguler l'homéostasie du Mg (Herdt *et al.* 2000). La régulation de la magnésémie est sous le contrôle des mêmes hormones que celle de la calcémie (parathormone, calcitonine, 1,25-dihydroxycholecalciférol). Une hypocalcémie est, dans 80% des cas, associée à une hypomagnésémie, car lors d'hypomagnésémie la parathormone perd de son pouvoir hypercalcémiant.

Le rein est capable d'excréter un excès de Mg mais il est incapable, dans des situations de carence, d'en réduire l'excrétion. Si, chez le jeune, 30% des réserves osseuses peuvent être mobilisées pour pallier une carence en Mg (Simensen 1970), chez l'adulte, les réserves ne permettent pas d'assurer les besoins pendant plus de 4 à 5 jours. Les adultes sont donc très dépendants de l'apport alimentaire en Mg. Si la ration est carencée, les réserves sont vite épuisées. Il en résulte une chute de la concentration au niveau sanguin, mais aussi dans le liquide céphalorachidien et dans l'urine, entraînant une hyperexcitabilité, des spasmes musculaires, des convulsions, une détresse respiratoire, un collapsus et *in fine* la mort (Martens et Schweigel 2000). Les troubles surviennent après une diminution de la concentration plasmatique de Mg (< 10 mg/L) signe d'une absorption réduite consécutive à des apports alimentaires insuffisants pour couvrir les besoins (McCaughan 1992). Chez le ruminant, le Mg est principalement absorbé par la paroi ruminale par des mécanismes passifs et actifs (Martens et Schweigel 2000, Urdaz *et al.* 2003, Goff 2018) avec une réduction d'efficacité de 30% chez les adultes en comparaison des jeunes animaux (Parkinson *et al.* 2010). En raison du rôle prépondérant du rumen comme site d'absorption du Mg, les besoins des ruminants sont plus élevés que ceux des autres espèces et varient de 0,15 à 0,3% de la MS de la ration (Annexe 1). Des taux élevés de potassium (K) et d'azote associés à des taux faibles de sodium (Na) et phosphore (P) dans la ration, un pH ruminal élevé et un temps de transit rapide réduisent encore plus cette absorption. Cette situation se rencontre souvent lors de la mise à l'herbe des animaux, sur des pâturages de printemps ou d'automne, déjà déficitaires en Mg, et également déficitaires en énergie et/ou en Na, riches en azote et en K (pâturage contenant moins de 0,2% de Mg, de 0,3% de Ca et de 0,15% de Na, et plus de 3% de K). Un stress thermique et une forte humidité sont également des facteurs favorisant l'hypomagnésémie.

L'hypomagnésémie affecte l'ensemble des ruminants, les jeunes comme les adultes. Les vaches laitières ou allaitantes au pâturage, les vaches hautes productrices en début de lactation ou en gestation sont plus prédisposées à l'hypomagnésémie (Alison 2003) car le Mg est alors utilisé par le fœtus ou exporté dans le lait. Les vaches âgées (> 5 ans) avec un fort état d'engraissement au vêlage (indice d'état corporel de 4 à 5) sont plus souvent touchées que les animaux plus jeunes (24 à 36 mois). L'hypomagnésémie touche également les veaux nourris pendant plusieurs mois avec du lait entier ou des aliments lactés, dont les teneurs faibles en Mg (Toullec *et al.* 2003) ne permettent pas de couvrir leurs besoins d'entretien et de croissance. En effet, la distribution exclusive de lait entier sur une période prolongée (six à huit semaines environ) peut entraîner une carence en Mg (Larvor 1977, Huber 1980). L'hypomagnésémie touche aussi les animaux après un long transport (Drogoul et Germain 1998).

Par conséquent, l'hypomagnésémie chez les ruminants a une origine multifactorielle incluant la teneur de la ration en Mg principalement, ainsi qu'en N, en Na, P, K, l'âge, l'état d'engraissement de l'animal, le stade physiologique (lactation), le niveau de production, le stress (thermique, transport) et l'hygrométrie ambiante.

La prévention de l'hypomagnésémie passe par l'apport de niveaux adéquats de Mg dans la ration alimentaire et/ou par l'amélioration de l'absorption du Mg et/ou par l'apport supplémentaire de sources de Mg dans les périodes à risque. Les choix possibles de sels supplémentaires incluent le carbonate de Mg, le sulfate de Mg et le chlorure de Mg, mais l'oxyde de Mg (MgO) semble être l'option la plus courante, en raison de sa palatabilité et de son faible pouvoir laxatif. L'absorption du Mg par l'épithélium ruminal peut être accrue en abaissant l'apport alimentaire de K et/ou en augmentant l'apport en Mg avec du MgO, en offrant des blocs de sel pour prévenir la carence en Na, et en augmentant l'apport énergétique par des quantités suffisantes de glucides fermentescibles (Martens et Schweigel 2000, Alsaftli 2017). Par ailleurs, la prévention de

l'hypomagnésémie chez les ruminants lors de la mise à l'herbe peut aussi se faire en agissant sur le système sol-plante *i.e.* en augmentant la teneur en Mg du sol et en favorisant son absorption par la plante, ainsi qu'en réduisant la fertilisation azotée. Chez l'animal, l'apport d'aliments concentrés riches en énergie permet de limiter la mobilisation des réserves corporelles et l'amaigrissement, qui est associé à l'hypomagnésémie.

3.2. Analyse de l'argumentaire du pétitionnaire

3.2.1. Présentation du dossier

Le dossier fourni par le pétitionnaire en support de la demande de modification de l'ONP « *réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie* » chez les ruminants est un rapport de 8 pages dont :

- une page consacrée à la présentation du tableau (en français et en anglais) récapitulant les propositions de modifications concernant l'ONP : caractéristiques nutritionnelles essentielles, espèces cibles, déclarations d'étiquetage et mentions sur le mode d'emploi,
- un résumé du dossier (1 page),
- 3 pages consacrées à la justification de la demande, s'appuyant sur 20 références bibliographiques. Seuls douze articles étaient joints au dossier et ont été pris en compte, dont un ne faisait pas partie des 20 références citées.

3.2.2. Première analyse des publications

Le pétitionnaire s'est appuyé majoritairement sur des extraits d'ouvrages relatifs (i) à l'alimentation (2 références) et la nutrition minérale (1) des ruminants, (ii) à la tétanie/hypomagnésémie (7), (iii) à la digestibilité du Mg chez le ruminant (1), et (iv) au rôle et la sécurité du Mg dans l'alimentation de l'homme (1), référence hors sujet.

3.2.3. Identification des publications d'intérêt au regard de l'ONP

La plupart des documents présentés dans le dossier ont trait à des généralités (étiologie, épidémiologie, symptômes, diagnostic) sur l'hypomagnésémie chez les ruminants. Ces documents s'entendent sur l'intérêt d'un apport supplémentaire de Mg dans la ration des ruminants lors de périodes à risque, notamment lors de la mise à l'herbe des animaux.

Seuls quatre documents font référence à des recommandations en termes d'apport supplémentaire de Mg (Elliott 2009, Stewart 2013, Kvasnicka Beef cattle Handbook) et de période/durée d'utilisation (Marx 2002) :

- ✓ pendant les périodes à risque, Elliott (2009) et Stewart (2013) recommandent un apport supplémentaire de 60 g/j de MgO (soit 36 g/j de Mg) chez les bovins, et de 10 g/j de MgO (soit 6g/j de Mg) chez les ovins, sur ration à base de foin. Chez les bovins viande recevant des rations concentrées, un apport supplémentaire de Mg de 28 à 56 g/j est recommandé (Kvasnicka, Beef Cattle Handbook) ;
- ✓ chez les petits ruminants (Marx 2002), l'hypomagnésémie est surtout observée chez des femelles âgées, la sensibilité étant maximale dans les 6 semaines suivant la mise-bas, après un hiver froid et humide, un stress ou une période d'anorexie. La mise au pâturage sur une herbe jeune est un facteur aggravant. Cette affection survient chez des animaux qui sont depuis une à trois semaines sur des pâturages ayant subi une intense fertilisation azotée et potassique et dont l'herbe est en pleine pousse, donc souvent au printemps ou en automne après une longue période pluvieuse. Pour prévenir les troubles, il est conseillé d'apporter du foin et 7 à 8 g/j de magnésie calcique (soit 3,4 à 3,8 g/j de Mg) pendant 15 jours à 1 mois avant la mise à l'herbe.

Cependant, ces recommandations ne s'appuient sur aucune démonstration scientifique, en l'absence d'études testant différentes doses pour approcher les valeurs.

3.2.4. Analyse des publications retenues pour juger de la pertinence de l'ONP

Le tableau 1 récapitule les recommandations d'apport supplémentaire présentées dans les quatre documents du dossier et certaines trouvées dans des documents complémentaires, hors dossier du pétitionnaire.

Tableau 1: Recommandations d'apports supplémentaires en Mg chez les ruminants en situation à risque d'hypomagnésémie

Référence	Espèce	Période	Apport supplémentaire recommandé/animal/j	
			Source de Mg et apport	Apport de Mg (g/j)
Dossier du pétitionnaire				
Elliott (2009) Stewart (2013)	Bovins	Np*	60 g MgO /j	36
Kvasnicka	Bovins viande	Np*	Np*	28 à 56
Stewart (2013)	Ovins	Np*	10 g MgO /j	6
Marx (2002)	Ovins/caprins	15 jours à 1 mois avant mise à l'herbe	7 à 8 g magnésie calcique /j	3,4 à 3,8
Documents complémentaires hors dossier du pétitionnaire				
Lemenager et al (2001)	Vaches laitières	Np*	Np*	35
Dairy NZ (2009)	Vaches laitières	Np*	Np*	12 à 20
Arnold et Lehmkuhler (2014)	Vaches laitières	3 semaines avant vêlage	17 à 20 g MgO/j	10 à 12
Meschy (2017)	Vaches laitières en production	Avant et pendant les périodes à risque	50 à 60 g MgO/j	25
Bollutech Magnésium Sté Zotech (Provimi)	Bovins adultes	Np*	2 bolus de 45 g x 45% de Mg/ 3 semaines	2 g

* Np : non précisé

De l'analyse de ce tableau, il ressort une grande hétérogénéité des valeurs recommandées par les différents auteurs. Hormis Bollutech Mg, ces valeurs sont très supérieures aux valeurs minimales proposées par le pétitionnaire et, en l'absence d'études testant différentes doses, ces données bibliographiques ne permettent donc pas de valider ces minima.

Par ailleurs, le pétitionnaire s'est basé, pour ses propositions d'apport supplémentaire de Mg chez les bovins et ovins/caprins, sur les équations proposées par Meschy et Corrias (2005) permettant de calculer un coefficient d'absorption réelle (CAR) du Mg qui tient compte de la teneur en K de l'aliment, soit :

- CAR du Mg = $33,6 - 0,29 K$ (g/kg MS) pour les bovins,
- CAR du Mg = $55,1 - 0,41 K$ (g/kg MS) pour les ovins et les caprins.

La vérification des calculs (Annexe 2) présentés par le pétitionnaire montre que pour les bovins le besoin complémentaire de Mg serait de 8 g/j (au lieu de 4 ou 7 g/j) et celui pour les ovins/caprins de 0,6 g/j (au lieu de 2 g/j).

En conclusion, les éléments apportés dans le dossier ne permettent pas d'affirmer qu'un aliment présentant les caractéristiques annoncées peut atteindre l'ONP. En effet, aucun élément ressortant de l'analyse de la littérature scientifique et du dossier ne valide les apports proposés par le pétitionnaire.

3.3. Réponses aux questions posées

3.3.1. Question 1 : un apport minimal en magnésium (complémentation en plus de l'apport nutritionnel recommandé de la ration de base) tel qu'il suit permet-il une réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie ?

- Bovins de plus de 2 ans : 7 g par jour
- Bovins de moins de 2 ans : 4 g par jour
- Veaux de moins de 6 semaines : 1 g par jour
- Veaux de 6 à 10 semaines : 2 g/jour
- Ovins-caprins : 2 g/jour

L'analyse du dossier du pétitionnaire ne permet pas de valider les valeurs minimales de Mg qu'il propose pour réduire le risque de tétanie ou d'hypomagnésémie.

3.3.2. La durée d'utilisation indiquée est-elle pertinente et adaptée à l'ONP visé ?

La validité scientifique de l'ONP n'étant pas démontrée, cette question est sans objet.

3.3.3. Les autres dispositions prévues, relatives au mode d'emploi qui doit donner des conseils sur l'équilibre de la ration journalière, y compris les sources de fibres et d'énergie facilement disponibles, sont-elles pertinentes et adaptées à l'ONP visé ?

La validité scientifique de l'ONP n'étant pas démontrée, cette question est sans objet.

3.4. Conclusions du CES ALAN

Le CES ALAN considère que la validité scientifique de l'ONP n'est pas démontrée en raison :

- du manque d'informations scientifiques fournies par le pétitionnaire,
- des calculs erronés du pétitionnaire en matière d'apport supplémentaire de Mg chez les bovins et ovins/caprins, invalidant ses propositions,

et émet, en conséquence, un avis défavorable à la proposition de modification de l'ONP.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions du CES Alimentation animale relatives à une demande de modification des annexes de la directive 2008/38/CE de la Commission du 5 mars 2008 établissant une liste de destinations des aliments pour animaux visant la modification de l'objectif nutritionnel particulier « *réduction du risque de tétanie ou d'hypomagnésémie* » chez les ruminants.

Dr Roger Genet

MOTS-CLES

Objectif nutritionnel particulier, alimentation animale, ruminants, magnésium, tétanie, hypomagnésémie

Particular nutritional purpose, animal feed, ruminants, magnesium, hypomagnesemia

BIBLIOGRAPHIE

- Allison C. (2003) Controlling grass tetany in livestock. Cooperative Extension service College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State Univ. Guide B-809.
- Alsaftli Z. (2017) Hypomagnesemia tetany in cattle. *Advances in Dairy Research*, 5(2): 1-9.
- Arnold M., Lehmkuhler J. (2014) Hypomagnesemic Tetany or "Grass Tetany". Agriculture and Natural Resources Publications. 173. https://uknowledge.uky.edu/anr_reports/173
- Baillet M. (2009). Les principales urgences médicales chez les bovins. Thèse Vétérinaire Maisons Alfort, pp. 222.
- Brunschwig P., Bertin M., Plouzin D., Guibert R., Bulot N., Bernard E. (2008) Alimentation minérale des génisses laitières: optimiser l'apport de minéraux. Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de Loire, Idèle, pp. 11 (N° ISBN: 978-2-84148-455-6).
- Dairy NZ Farmfact (2009) Magnesium supplementation. https://www.dairynz.co.nz/media/253848/3-1_Magnesium_supplementation.pdf
- Enjalbert F. (2009) L'alimentation minérale des chèvres. Filière ovine et caprine n°28, 19-20.
- Fontenot JP, Allen VG, Bunce GE, Goff JP.(1989) Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J Anim Sci.*, 67:3445–3455.
- Goff J.P. (2018) Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *J. Dairy Sci.*, 101: 1-51.
- Herdth TH, Rumbelha W, Emmett Braselton W. (2000) The use of blood analyses to evaluate mineral status in livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.*, 16:423–444.
- Huber E. (1980) Hypomagnésémie chez un veau d'engrais. *Schweiz. Arch. Tierheilk.*, 222: 55-56.
- Larvor P. (1977) Pathologie métabolique et nutritionnelle. In: Le veau. Mornet P. et Epinasse J. Ed. Maloine S.A., Paris, 389-405.
- Legarto J. (2017) L'alimentation minérale des chèvres. Formation Alimentation minérale des chèvres, 9-10 février 2017, Idèle.
- Lemenager R., Bridges A., Claeys M., Johnson K. (2001) Spring pastures - Grass tetany and bloat. www.ansc.purdue.edu/beef/articles/GrassTetanyBloat.pdf
- Martens H, Schweigel M. (2000) Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesemias implications for clinical management. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2000;16:339–368.
- Marx D.J. (2002). Maladies métaboliques chez les ovins. Thèse Vétérinaire Maisons-Alfort, 82p.
- McCaughan C.J. (1992). Treatment of mineral disorders in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 8:107–145.
- Meschy F. (2002) Eléments minéraux majeurs: données récentes chez les caprins. *INRA Prod. Anim.*, 15(4): 267-271.
- Meschy F. (2017) Nutrition minérale des ruminants. Editions Quae. https://books.google.fr/books?id=IMl8DwAAQBAJ&pg=PT88&lpg=PT88&dq=hypomagn%C3%A9s%C3%A9mie+ruminants&source=bl&ots=Xunxo-0RY3&sig=Xy8_yJZWc2n8-dMWCfDQOAVrqbU&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKewj9fj8jJHaAhUHtBQKHeCXBBQQ6AEIUDAE#v=onepage&q=hypomagn%C3%A9s%C3%A9mie%20ruminants&f=false
- NRC, Nutrient requirements of dairy cattle (2001) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council.
- Parkinson T.J., Vermunt J.J., Malmo J. (2010) Disorders of magnesium metabolism. *Diseases of cattle in Australasia*. New Zealand Veterinary Association Foundation for Continuing Learning, 532-541.
- Poncelet J.L. (2006) Les bases de l'alimentation. SNGTV, Commission ovine, Fiche n°99, pp. 29.
- Simensen M.G. (1970) Magnesium metabolism. In: *The clinical biochemistry of domestic animals*. Academic Press, New York, 341-375.

Toullec R., Bauchart D., Bertrand G., Hocquette J.F., Meschy F. (2003) Les aliments d'allaitement. In Le veau de boucherie: Concilier bien-être animal et production. INRA, Veissier I., Bertrand G., Toullec R. Eds., 55-86.

Urdaz JH, Santos JE, Jardon P, Overton MW. (2003) Importance of appropriate amounts of magnesium in rations for dairy cows. J Am Vet Med Assoc., 222:1518–1523.

ANNEXES

Annexe 1 Apports recommandés et taux tolérable maximum (TTM) de magnésium chez les ruminants

Espèce/catégorie	Apports recommandés (% MS) (NRC 2001)	TTM (% MS) (NRC 2005)
Bovins viande		
Croissance/finition	0,1	0,6
Vaches gestantes	0,12	
Vaches production	0,2	
Veaux (< 6 mois)	0,15	Nd*
Bovins lait		
Vaches production	0,2	0,6
Vaches tarées	0,15	
Génisses	0,1	
Veaux (< 3 mois)	0,15	Nd*
Ovins^a	0,15	Nd*
Caprins^b		
Lactation	5,4 g/j	Nd*
Gestation	3,3 g/j	Nd*

^aPoncelet (2006); ^bMeschy, 2002; Enjalbert, 2009; Legarto, 2017;
 *Nd: non déterminé

Annexe 2 Calcul des quantités supplémentaires de Mg à apporter chez les bovins et ovins/caprins (Italique = données calculées par le CES ALAN)

	K Ration Base	K Pâturage	CAR Mg Ration Base	CAR Mg Pâturage	Réduction du CAR K	Apport Mg Ration Base	Mg Absorbé Ration base	Apport Mg Pâturage	Complément (surcroît de Mg à apporter)
	g/kgMS	g/kgMS	%	%	point	g/j	g/j	g/j	g/j
Bovins	15	30	29,25	24,9	0,15	45	13,2	52,9	7,9
Ovins Caprins	15	30	48,95	42,8	0,13	4,5	2,20	5,1	0,6