

Bioagropolis  
10 rue Claude Bourgelat  
CS 30616 JAVENE  
35306 FOUGERES Cedex  
<http://www.labocea.fr>

Tél. : 02.99.94.74.10

**DANS LE CADRE DU PROGRAMME SCIENTIFIQUE  
« NUTRITION ET SANTE » DES JOURNEES SNGTV  
20 MAI 2016 A NANTES**

**Santé et performances chez les bovins : rôles des oligo-éléments**

Guillaume LEQUEUX  
LABOCEA - Site de Fougères  
10, rue Claude Bourgelat  
35306 FOUGERES  
[guillaume.lequeux@labocea.fr](mailto:guillaume.lequeux@labocea.fr)  
(Membre de la Commission Vaches Laitières de la SNGTV)

### Résumé

Les carences en oligo-éléments sont des situations auxquelles le praticien peut être confronté en élevage bovin. L'objet de cette présentation est de dresser un tableau des connaissances actuelles sur le rôle de ces oligo-éléments (cuivre, zinc, sélénium, iode, manganèse et cobalt) sur la santé et les performances (production et reproduction) des bovins.

### Mots-clés

Oligo-éléments, carences, bovins

### Introduction

Les oligo-éléments jouent un rôle fondamental dans la santé et les performances des bovins, par leurs multiples rôles physiologiques. La fréquence des carences en oligo-éléments semble augmenter, du fait de l'amélioration des performances des animaux, de la diminution de la concentration en oligo-éléments des rations (avec l'utilisation d'espèces végétales plus productives mais aussi plus pauvres en oligo-éléments : ray-grass, ensilage de maïs) et des possibles interactions entre oligo-éléments (5, 8). Ainsi, ces carences peuvent être primaires (défaut d'apport) ou secondaires (exemple des carences en cuivre liées à des excès de molybdène ou, plus rares, des carences en zinc par excès de cuivre).

L'exposé se concentrera sur les éléments suivants : cuivre, zinc, sélénium, iode, manganèse et cobalt. Les éléments les plus documentés, et donc, dont les rôles, les prévalences observées et les impacts semblent les plus importants sont le **cuivre, le zinc, le sélénium et l'iode**. Les autres oligo-éléments ne seront pas évoqués, car il existe assez peu de données les concernant (à l'exception peut-

être du chrome).

Les principaux rôles physiologiques des oligo-éléments qui seront abordés sont détaillés dans le tableau 1 et seront repris partiellement afin de faire le lien avec les effets observés lors de carences chez les bovins.

**Tableau 1 : Rôles généraux des oligo-éléments (8, 12)**

<b>Oligo-éléments</b>	<b>Principaux rôles physiologiques</b>
<b>Cuivre</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- hématopoïèse</li><li>- système cytochrome-oxydase au niveau des mitochondries</li><li>- superoxyde dismutase (SOD), enzyme antioxydante essentielle contre le stress oxydatif</li><li>- synthèse osseuse</li><li>- synthèse du collagène et de l'élastine (gros vaisseaux)</li><li>- synthèse de la kératine (poil, laine)</li><li>- synthèse de la mélanine (tyrosinase)</li></ul>
<b>Zinc</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- SOD: contre le stress oxydatif</li><li>- métabolisme des glucides, lipides, protéines, acides nucléiques (ADN-ARN), prostaglandines, vitamine A</li><li>- protection des membranes cellulaires : inhibition de la peroxydation des acides gras des phospholipides membranaires</li><li>- Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> ATPase (pompe à Na-K)</li><li>- immunité cellulaire et humorale</li><li>- enzymes: collagénase, phosphatase alcaline</li><li>- hormones: insuline, GH, reproduction</li></ul>
<b>Sélénium</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- glutathion-peroxydase (GSHpx), enzyme séléno-dépendante : plasma, globules rouges, muscles (+++), foie et reins, rôle antioxydant essentiel en détruisant l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et en réduisant les hydroperoxydes phospholipidiques membranaires</li><li>- phagocytose et prolifération lymphocytaire</li><li>- modulation de l'inflammation : prostacycline et thromboxane A2</li><li>- intervient encore dans une déiodinase (enzyme à Se) : conversion thyroxine (T4) en triiodothyronine (T3), cette dernière hormone étant 10 fois plus active que T4 : une carence en Se peut exacerber une carence en I.</li></ul>
<b>Mn</b>	<p>Développement du cartilage et des os</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Coagulation du sang (prothrombine)</li><li>- Métabolisme des glucides et des lipides (ATP);</li><li>- MnSOD: stress oxydatif</li><li>- Reproduction (métabolisme du cholestérol)</li><li>- Synthèse de l'urée au niveau du foie (arginase)</li></ul>
<b>Co</b>	<p>Toute la fonction du Co peut être attribuée à un seul élément, la vitamine B12 (cyanocobalamine) : hématopoïèse, métabolisme énergétique (néoglucogénèse) et activité de la flore du rumen</p>
<b>Iode</b>	<p>Fonction thyroïdienne (T3 et T4)</p>

## 1. Santé et immunité des bovins : rôles des oligo-éléments

### 1.1. Oligo-éléments et immunité

L'effet principal de carences en oligo-éléments sur la santé des bovins se situe au niveau du système immunitaire.

En effet, les trois principaux oligo-éléments (cuivre, zinc et sélénium) ont un rôle primordial dans les réactions d'oxydo-réduction via les métallo-enzymes et métallo-protéines (12).

Le **cuivre** est un élément essentiel de deux enzymes : la superoxyde dismutase (SOD) et la céruloplasmine.

Le **zinc** induit notamment la synthèse de métallo-thionéine, protéine diminuant les radicaux libres, augmente l'activité phagocytaire des neutrophiles et le chimiotactisme des neutrophiles. Le zinc intervient par ailleurs dans la synthèse de lymphocytes B et T (10).

Le **sélénium** est quant à lui un élément essentiel des glutathion Peroxydases (GPx) et de la thioredoxine réductase. Les enzymes de la famille des GPx détruisent le peroxyde d'hydrogène et les hydroperoxydes lipidiques, la thioréductase est une autre sélénoenzyme qui réduit le stress oxydatif (9). Toute carence prédispose donc les cellules au stress oxydatif par une moindre neutralisation des oxydants. Ce stress oxydatif résulte d'un déséquilibre entre les substances oxydantes produites par le métabolisme et les capacités de défense anti-oxydantes de l'organisme.

Les cellules immunitaires sont parmi celles qui sont les plus sensibles à ce stress oxydatif et parmi elles, les cellules de l'immunité non spécifique (monocytes, macrophages, polynucléaires neutrophiles) car les réactions d'oxydation sont importantes lors de la phagocytose.

La période peri-partum (3 semaines précédant et suivant le vêlage) est particulièrement à risque chez les vaches laitières : diminution de l'efficacité du système immunitaire (activité neutrophilique, lymphocytaire, de la production de cytokines), avec des conséquences sur l'augmentation du risque d'infections à cette période : mammites (diminution de 30 à 60 % de la durée des symptômes de mammites à *E.coli* et *S.uberis*, sans variation de l'incidence) , métrites, rétentions placentaires (9). Ce phénomène est accentué par le fait que les cellules sont soumises à des stress oxydatifs, qui augmentent avec le métabolisme en cette période. Les points spécifiques liées aux mammites et à la reproduction seront détaillés ensuite.

Plus spécifiquement, la carence en sélénium induit une diminution de l'activité bactéricide des neutrophiles circulants (par effet direct de destruction de ces neutrophiles par les radicaux libres notamment) mais également une augmentation de l'adhésion neutrophiles-cellules endothéliales mammaires, limitant la migration des neutrophiles vers le site infectieux. Par ailleurs, cette carence réduit la capacité de réponse des cellules immunitaires aux molécules stimulatrices de mitogénèse et donc leur prolifération au site infectieux (9)

La carence en cuivre diminue quant à elle l'activité phagocytaire. Une carence marginale n'affecte pas les réponses immunitaires cellulaires ou humorales, mais le nombre de données *in vivo* d'impact de supplémentation en Cu reste limité (1,2).

### 1.2. Oligo-éléments et infections mammaires

Il s'agit d'un cas particulier, qui rentre évidemment également dans le cadre des répercussions des carences sur le système immunitaire.

Toute inflammation mammaire (suite à une infection notamment) induit l'augmentation de radicaux libres dans le lait, entretenant et aggravant le stress oxydatif, notamment via l'excès d'oxyde nitrique (NO), qui contribue à l'inflammation mammaire et à la destruction des cellules du tissu mammaire

(10). Le sélénium (via la GPx), le Zn et le Cu (via la SOD) jouent un rôle de limitation locale des dommages du stress oxydatif sur les cellules mammaires. Toute carence prédisposera aux infections mammaires, entretiendra et aggravera ces infections lorsqu'elles surviennent (10).

Plus spécifiquement, le zinc est un oligo-élément essentiel dans le processus de régulation du métabolisme protéique en général et de la kératinisation en particulier. La kératinisation du canal du trayon constitue une barrière physique et chimique aux infections par captage des bactéries et ainsi diminution de leur migration vers la glande mammaire (2). Toute carence en cet élément aura donc des répercussions sur ce mécanisme de défense local et non spécifique.

### 1.3. Oligo-éléments et autres affections particulières des bovins

Les carences en cuivre peuvent également se traduire plus spécifiquement par : anémie, « lunettes », roussissement poils, prédisposition aux fractures, ulcères de la caillette (8).

Les carences en zinc peuvent se traduire par des diarrhées, problèmes locomoteurs (dont fourbure) ou de peau (lésions d'alopecie, de parakératose) et une guérison plus lente des plaies (2).

Les carences :

- en sélénium s'expriment parfois par un œdème du pis (9)
- en iode par : goitre, vache couchée, faiblesse
- en manganèse par des anomalies du squelette : jarrets droits, gonflements des articulations
- en cobalt par une acétonémie rebelle aux thérapeutiques classiques, diarrhée, anémie, pica (8)

## **2. Performances de production : rôles des oligo-éléments**

### 2.1. Performances générales (croissance, production laitière)

Tous les oligo-éléments, par leurs multiples fonctions physiologiques, notamment sur le système digestif ou la synthèse hormonale, améliorent l'ingestion, la digestibilité de la ration et l'efficacité alimentaire. Toute carence pourra donc se traduire par des pertes de poids, retards de croissance (12) et ainsi des performances zootechniques

Par exemple, le zinc joue un rôle essentiel dans le fonctionnement dans la sécrétion hormonale (ostéomalacie, testostérone, insuline, hormones thyroïdiennes), toute carence aura donc des répercussions sur ces voies métaboliques. Par ailleurs, en cas de carence en Zn, l'expression du gène codant pour la cholécystokinine (CCK) augmente induisant alors une anorexie (8), la CCK étant notamment un médiateur agissant sur les cellules du tube digestif et de la vésicule biliaire.

Le sélénium Se ne semble pas montrer d'effet négatif direct (5) mais diminue indirectement, par sa carence, la production laitière par l'intermédiaire de la prédisposition aux infections mammaires (*cf. supra*) et par l'hypothyroïdie secondaire que cette carence induit. L'effet d'une supplémentation en sélénium sur les performances de croissance est inconstant en fonction des études mais un retard de croissance peut être constaté, par défaut de conversion de la T4 en T3.

Enfin, en cas de carence en iode, la diminution du métabolisme de base peut se traduire par une diminution des GMQ et de la production laitière, dont les données de quantification sont cependant rares. Un point particulier est à noter : dans certains cas, une carence en iode induit une prise de poids, sans que les performances zootechniques de croissance ne soient améliorées (5).



## 2.2. Performances de reproduction

L'ensemble des acteurs impliqués dans les performances de reproduction pourront être affectés en cas de carence :

- le développement du fœtus, qui est entièrement dépendant des apports maternels, sera nécessairement impacté en cas de carence (6)
- la fonction ovarienne altérée via les hormones stéroïdiennes et thyroïdiennes (12)
- le cuivre et le zinc jouent un rôle important dans la régulation de la production de progestérone par les cellules lutéales via la SOD
- le zinc agit également sur la production de testostérone et la spermatogénèse
- le sélénium est impliqué dans l'involution utérine
- le manganèse joue un rôle dans la production d'œstrogènes et progestérone car il agit comme cofacteur dans la synthèse du cholestérol (précurseurs des stéroïdes dont les œstrogènes et la progestérone) (2)
- la fonction de reproduction est très influencée par l'action de l'iode sur la glande thyroïde

Ainsi, les répercussions sur cette fonction de reproduction pourront être nombreuses et variées :

- **carence en zinc et cuivre** : prédisposition au repeat-breeding et anoestrus, diminution de la qualité de la semence (3, 11)
- plus spécifiquement pour la **carence en cuivre** : rétention placentaire, infertilité, mortalité embryonnaire (3)
- plus spécifiquement pour la **carence en zinc** : avortements, retards de développement des cellules gonadiques, retards d'involution utérine, saignements au vêlage (8)
- plus spécifiquement pour **le sélénium** (en synergie avec vitE) : diminution de la qualité de la semence, rétention placentaires, avortements, augmentation de la fréquence des métrites, prédisposition aux kystes ovariens
- plus spécifiquement pour la **carence en iode** : moindre développement fœtal, anoestrus, mortalité embryonnaire et naissances prématurées, rétentions placentaires, diminution de la libido et de la qualité de la semence
- plus spécifiquement pour **le manganèse** : anoestrus, oestrus discrets, cycles irréguliers, spermatogénèse (via la synthèse du cholestérol), kystes folliculaires (11)
- plus spécifiquement pour **le molybdène** : diminution de la libido, de la spermatogénèse, anoestrus (7)
- plus spécifiquement pour **le cobalt** : augmentation de la durée d'involution utérine sans doute via une altération de la néoglucogénèse en début de lactation, aggravant le déficit énergétique et contribuant ainsi, indirectement, à la perturbation de la reprise d'une fonction ovarienne optimale (11)

Les effets des principales carences sur la santé des vaches peuvent être résumés par l'identification des facteurs de risque d'un trouble de la santé en lien avec ces carences, indiqués dans le tableau 2. Les données portent sur plus de 10 000 animaux de 2000 élevages (4b). A noter qu'aucun trouble de santé chez les adultes n'avait pu être mis en relation avec des carences ou taux faibles en cuivre.

**Tableau 2 : Odd ratios des troubles de santé chez les aniamux adultes en fonction du statut de l'élevage en oligo-éléments (d'après 4b)**

Statut de l'élevage	Cuivre		Zinc		Sélénium		
	Déficient	Carence marginale	Déficient ou carence marginale	Limite basse de référence	Déficient	Carence marginale	Limite basse de référence
Problèmes cutanés			4.19		2.80		
Problème d'état corporel			3.89		3.55		
Production de lait basse			44.00	6.53			
Fertilité basse			1.80		2.46		
Avortements			3.32		6.34	2.59	
Rétentions placentaire			6.42	1.98	5.93		
Métrites			2.67		2.67		
Mammites			3.15	2.40		3.26	2.49
Problèmes locomoteurs			16.99	3.88			

### 3. Rôles des oligo-éléments dans le cas particulier des veaux

**Tableau 3 : Odd ratios des troubles de santé chez le veau en fonction du statut de l'élevage en oligo-éléments (dosages sur les mères) (d'après 4 et 4b)**

Statut de l'élevage	Cuivre		Zinc	Sélénium	
	Déficient	Carence marginale	Déficient ou carence marginale	Déficient	Carence marginale
Retard de croissance	10.88		6.09	5.30	
Mortalité périnatale	3.98		3.82	30.77	5.42
Diarrhée	3.63	1.76	3.03	13.48	3.63
Echec de vaccination	5.05			15.37	2.72
Myopathie				77.50	7.29
Insuffisance cardiaque	9.41	2.45		5.56	

Chez les veaux nouveaux-nés, l'effet de carences en oligo-éléments est observable car leur stock est en relation directe avec l'apport maternel. Leur statut en oligo-éléments dépend du transfert placentaire, colostral puis via le lait. Chez les veaux plus âgés, lorsque ce statut n'est plus strictement dépendant de ces apports maternels (période suivant le sevrage), ces carences seront, elles, dues à des déficits d'apports dans leur propre nutrition. Comme indiqué dans le tableau 3, les troubles de santé chez le veau peuvent être multiples, les carences en sélénium étant celles ayant le plus fort impact.

### 3.1. Cuivre

Toute carence en cuivre dans un troupeau pourra s'exprimer principalement par des diarrhées néonatales et des échecs de vaccinations contre ces gastro-entérites néonatales (baisse de l'immunité maternelle et/ou défaut de transfert colostrale), et, dans une moindre mesure par des mortalités néonatales (notamment brutales, dues à des cardiomégalies),

Ces carences peuvent également intervenir plus tardivement, après quelques semaines, car le lait contient de faibles teneurs en cuivre. Comme chez les adultes (*cf.* partie 1), cela se traduit alors par des déficits de réponse immunitaire.

### 3.2. Zinc

Le risque de carence est plus important que pour le cuivre, car les stocks pour cet oligo-élément sont moins disponibles. Les carences s'exprimeront alors essentiellement par des diarrhées et, plus exceptionnellement, par des mortalités périnatales. Le lien avec une altération de la réponse immunitaire est en revanche plus difficile à établir, car peu de données sont disponibles à ce sujet.

### 3.3. Sélénium

Le transfert placentaire est important pour cet élément, la teneur en sélénium hépatique est supérieure chez le veau à celui de sa mère. Une supplémentation durant la gestation augmente la teneur en sélénium dans le colostrum et chez le veau pendant plus de 6 semaines après sa naissance et s'avère plus efficace que la complémentation des veaux à la naissance.

Il s'agit de l'élément dont l'impact sur la santé du veau est le plus fort :

- mortalité périnatale « syndrome du veau faible/mou »
- diarrhée néonatale
- échecs de vaccination, en lien direct avec les conséquences d'une carence en sélénium sur le système immunitaire (*cf.* partie 1), mais aussi car le sélénium améliore la teneur du colostrum en immunoglobulines chez la mère et leur absorption par le veau
- insuffisance cardiaque et myopathie : dégénérescence musculaire : myopathie dégénérative nutritionnelle, « maladie du muscle blanc », « syndrome myopathie-dyspnée dont une autre manifestation peut être la difficulté ou l'incapacité à téter signe d'appel clinique pathognomonique en élevage allaitant), lorsque les muscles masséters sont atteints

### 3.4. Iode

Le transfert foeto-maternel se fait sous forme d'élément iode mais aussi de thyroxine.

Toute carence se traduit essentiellement par des goitres chez le nouveau-né. Peu de données existent en revanche sur le lien carence en iode et transfert d'immunoglobulines ou diarrhée néonatale.

Une carence en iode induirait par ailleurs une insuffisance de maturation pulmonaire chez le fœtus avec insuffisance primaire de surfactant : syndrome de détresse respiratoire aigu chez le BBB (5). De même, cette carence pourrait s'exprimer par une prédisposition à la teigne et aux autres infections cutanées (5).

Enfin, la carence en cobalt a été suspectée dans des élevages où les veaux présentaient des tétées lentes (8).

### **Conclusion**

Les carences en oligo-éléments peuvent avoir des conséquences non négligeables en élevages bovin, tant en termes de santé que de performances, compte-tenu de leurs multiples rôles physiologiques.

Les conséquences de ces carences sont le plus souvent documentées sur les bases de données issues de l'estimation d'effets après supplémentation dans des élevages fortement carencés. Cette situation n'est pas forcément celle à laquelle le praticien est confronté et l'intérêt d'une intervention n'est alors pas

nécessairement aisé à objectiver vis-à-vis de l'éleveur. Les données présentées ici visent à donner des éléments de discussion au praticien.

La principale difficulté pour lui restera ensuite d'identifier les signes d'appel, parfois très discrets et d'origines multiples puis d'établir une stratégie de diagnostic et d'intervention (nutritionnelle et en conseils zootechniques). Il convient néanmoins de garder à l'esprit que cette stratégie de recherche spécifique d'une implication éventuelle des oligo-éléments ne peut intervenir qu'après l'exploration des autres facteurs alimentaires majeurs (apports énergétiques, azotés, minéraux majeurs).

## Bibliographie

1. ARTHINGTON J. Trace Mineral Nutrition and Immune Competence in Cattle. Proceedings of the 64<sup>th</sup> Annual Minnesota Nutrition Conference, 2003, Minneapolis, MN.106.
2. BOLAND M. Trace Minerals in Production and Reproduction in Dairy Cows. *Advances in Dairy Technology*. 2003;15:319 -330.
3. CEYLAN A, SERİN I, AKSİT H, SEYREK K. Concentrations of some elements in dairy cows with reproductive disorders. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*.2008;52:109-112.
4. ENJALBERT F. The relationship between trace elements status and health in calves. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 2009 ;160 :429-435.
- 4b. ENJALBERT F, LEBRETON P, SALAT O. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds : retrospective study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2006;90 : 459-66.
5. GUYOT H, ROLLIN F. Le diagnostic des carences en sélénium et iode chez les bovins. *Annales de Médecine Vétérinaire*. 2007;151:166-191.
6. HOSTETLER C, KINCAID R, MIRANDO M. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *The Veterinary Journal*. 2003 ;166 :125-139.
7. MESCHY F. Facteurs de risque nutritionnel de troubles de la reproduction chez les bovins : éléments minéraux et vitamines. Journées Nationales des GTV, 2009, Nantes.
8. ROLLIN F. Mise en évidence des carences en oligo-éléments dans les exploitations bovines. Proceedings of the Veterinary Sciences Congress, 2002, Oeiras, Portugal. 95-106.
9. SPEARS J, EISSL W. Role of anti-oxidant and trace element in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*. 2008 ;176 :70–76.
10. YANG F, LI X. Role of antioxidant vitamins and trace elements in mastitis in dairy cows. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*.2015 ;2(1):1-9.
11. YASOTHAI R. Importance of minerals on reproduction in dairy cattle. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 2014;3:2051-2057.
12. YATOO M, SAXENA A, DEEPA P, HABEAB B, DEVI S, JATAV R, DIMRI U. Role of Trace elements in animals: a review. *Veterinary World*. 2013;6:963-967.