

Statut en oligo-éléments : état des lieux et évolution

Alimentation des bovins

par **Francis Enjalbert***



Laurent Alves de Oliveira**
et **Pascal Lebreton*****

* Service d'alimentation ENV de Toulouse
23, chemin des Capelles
31076 Toulouse Cedex 3

** UP Gestion des élevages (GEGAZS)
ENV de Lyon
1, avenue Bourgelat
69280 Marcy-l'Étoile

*** NBVC
12, chemin des Joncs
69570 Dardilly

RÉSUMÉ

Parmi les 9 000 cheptels ayant fait l'objet d'une détermination de leur statut nutritionnel en oligo-éléments entre 1998 et 2007, les carences en cuivre et en sélénium sont plus fréquentes en troupeau allaitant qu'en troupeau laitier. La fréquence des carences a peu changé en 10 ans. D'importantes différences entre régions peuvent être mises en évidence, et les carences en cuivre, en zinc et en sélénium sont souvent associées. Le statut thyroïdien déterminé par le dosage de la thyroxine est négativement corrélé au statut en sélénium. Le statut iodé est peu lié à celui dans les autres oligo-éléments, et la fréquence très élevée des statuts carencés conduit à discuter le seuil de carence choisi.

Dix ans de données sur les statuts en oligo-éléments des troupeaux bovins laitiers et allaitants permettent de préciser leur évolution, leur répartition régionale et les relations entre oligo-éléments.

Chez les bovins, le risque de déficience en oligo-éléments est connu depuis longtemps en France. Lamand et Périgaud, à travers une cartographie des teneurs en oligo-éléments des foin français, et des constats de carences en cuivre, en zinc, en sélénium et en iode chez des bovins ont mis en évidence des apports en oligo-éléments insuffisants dans de nombreuses régions françaises [5]. Depuis, des déterminations directes ou indirectes du statut en oligo-éléments sont régulièrement réalisées en troupeau bovin. Cet article présente les principales informations qui peuvent être retirées des données obtenues par le laboratoire NBVC sur 9 059 cheptels au cours de la période 1998-2007.

Données

La détermination du statut nutritionnel des troupeaux a été réalisée à l'aide d'analyses individuelles. Pour chacun des critères mesurés (statuts en cuivre, en zinc, en sélénium, en iode et thyroïdien), seuls les cheptels dans lesquels au moins trois animaux ont fait l'objet d'une analyse ont été pris en compte (**encadré**). Les examens ont été mis en œuvre pour :

- la cuprémie et la zincémie, par spectrométrie d'absorption atomique. Les valeurs individuelles qui évoquent une inflammation (cuprémie supérieure à 18 $\mu\text{mol/l}$ et zincémie inférieure à 10 $\mu\text{mol/l}$ associée à une cuprémie élevée) ont été écartées de la base de données ;
- l'activité de la glutathion peroxydase érythrocytaire (GSH-Px), marqueur du statut sélénié, par une méthode enzymatique [8] ;
- l'iodémie par dosage de l'iode inorganique plasmatique (IIP) à l'aide de la technique de Aumont et de Tressol [2]. Les valeurs inférieures au seuil de dosage (15 $\mu\text{g/l}$) ont été ramenées à 15 $\mu\text{g/l}$ et les valeurs très élevées (supérieures à 600 $\mu\text{g/l}$) l'ont été à 600 $\mu\text{g/l}$;

- la thyroxinémie totale (T4) par dosage radio-immunologique sur plasma (Clinical Assays® GammaCoat® M Total T4 ^{125}I RIA, DiaSorin, Minnesota, États-Unis).

Le statut nutritionnel des troupeaux a été établi sur la base du tercile inférieur des valeurs individuelles pour chacun des paramètres, ce qui revient à classer un cheptel comme carencé en un oligo-élément lorsque plus du tiers des animaux testés sont carencés. Trois catégories de statut sont distinguées : carencé, marginal et normal, sauf pour la T4 vis-à-vis de laquelle les troupeaux ont été discriminés selon qu'ils sont déficients ou normaux (**tableau 1**).

Résultats et discussion

Les résultats présentés sont relatifs à l'ensemble des troupeaux pour lesquels des recherches de statut nutritionnel en oligo-éléments ont été demandées. Dans la mesure où ces dosages sont le plus souvent réalisés lors de suspicion d'une origine nutritionnelle pour un trouble sanitaire ou zootechnique en élevage, ces données ne sont pas représentatives des élevages français : les troupeaux "sains" y sont moins représentés que les cheptels présentant des troubles. Il est donc très probable que la fréquence des statuts carencés ou marginaux est plus faible dans la population moyenne que dans l'échantillon de cette étude.

1. Statut nutritionnel comparé des vaches laitières et allaitantes

Les statuts carencés sont beaucoup plus fréquents en troupeau allaitant qu'en troupeau laitier pour le cuivre et le sélénium, alors que les différences de répartition sont nettement plus faibles dans le cas du zinc, de l'iode et du statut thyroïdien (**tableau 2**). Une divergence entre ces deux types d'élevages pouvait être attendue dans la mesure où la mise en place d'une complémentation minérale

systematique est plus rare en troupeau allaitant qu'en troupeau laitier. Dans le cas de l'iode, les apports probablement plus élevés aux vaches laitières pourraient avoir été contrebalancés par l'excrétion d'iode dans le lait. En revanche, la teneur en zinc du lait étant faible, une telle explication ne peut être à l'origine du peu de différence de statut en zinc entre les vaches allaitantes et les vaches laitières.

Encadré : Signification biologique des paramètres mesurés

Cuprémie

La teneur du plasma en cuivre est à la fois le résultat des apports alimentaires et de l'état des réserves hépatiques. Lorsque la source alimentaire est insuffisante, le foie peut libérer ses stocks et permettre le maintien de la cuprémie pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois. Une cuprémie basse indique donc des apports alimentaires insuffisants et un épuisement des réserves.

Zincémie

Les réserves de zinc sont plus faibles que celles de cuivre, si bien que la zincémie est un reflet plus rapide des apports alimentaires que ne l'est la cuprémie.

Glutathion-peroxydase érythrocytaire (GSH-Pxe)

L'activité de cette enzyme sélénio-dépendante reflète les apports de sélénium pendant les 120 jours qui précèdent le prélèvement, ces derniers représentant la durée moyenne de vie des hématies chez les bovins.

Teneur plasmatique en iode inorganique (IIP)

Elle est le reflet direct des apports alimentaires d'iode pendant les quelques jours qui précèdent le prélèvement, mais n'est un indicateur ni des réserves thyroïdiennes d'iode, ni du fonctionnement thyroïdien.

Thyroxine (T4)

La thyroïdémie est le résultat de l'équilibre entre la synthèse d'hormones par la thyroïde et la déiodation en tri-iodothyronine (T3), forme active des hormones thyroïdiennes.

La synthèse dépend à la fois des apports en iode, de l'éventuelle présence de facteurs antithyroïdiens dans la ration et du statut physiologique des animaux. La déiodation de la T4 en T3 est réalisée par une enzyme sélénio-dépendante. Les hormones thyroïdiennes sont également sensibles à un état inflammatoire ou à une infection.

2. Cas du statut en iode

Plus de 85 % des troupeaux ayant fait l'objet d'analyses ne reçoivent pas suffisamment d'iode, contre "seulement" 55 % pour le sélénium, alors que la carence clinique en sélénium (myopathie du veau) est beaucoup plus fréquente que la carence clinique en iode (goitre). Le seuil d'IIP permettant de considérer qu'un risque de carence en iode est possible mériterait donc probablement d'être mieux précisé. Même en utilisant 50 µg/l, et non 80 µg/l, comme seuil de normalité, moins de 25 % des troupeaux analysés auraient présenté un statut normal. Ce seuil de 50 µg/l a été proposé par McCoy et coll. sur un nombre limité de données ; il s'agissait de la valeur la plus faible observée chez cinq génisses complémentées en iode [6]. Les génisses carencées, qui recevaient une ration apportant environ 10 % des recommandations, présentaient des IIP comprises entre 3 et 20 µg/l. Des études plus complètes sur la correspondance entre l'apport alimentaire d'iode et l'IIP permettraient sans doute de mieux préciser les valeurs normales d'IIP, correspondant à un apport égal aux recommandations.

3. Évolution des statuts nutritionnels de 1998 à 2007

Au cours des dix dernières années, une diminution progressive du pourcentage de troupeaux à statut carencé ou marginal en cuivre en élevage allaitant, et en iode dans les deux types d'élevage, est observée (figure 1). En revanche, les statuts en zinc, en sélénium ou le statut thyroïdien sont relativement stables.

4. Différences de statut nutritionnel entre régions

Le statut nutritionnel des animaux en oligo-éléments dépend des apports, réalisés à la fois par la ration (fourrages et concentrés) et la complémentation minérale. En élevage allaitant, les fourrages représentent la majorité de la ration, et la complémentation minérale est généralement moins importante qu'en élevage laitier (figure 2). Dans ces conditions, le statut nutritionnel des vaches allaitantes est un reflet plus fidèle des valeurs minérales des fourrages, donc des différences entre régions, que le statut des vaches laitières. Cependant, le type d'élevage peut interférer avec cette liaison fourrage-animal dans la mesure où la complémentation minérale peut être plus fréquente dans des régions d'élevage allaitant peu extensif (Grand-Ouest) que dans des régions d'élevage très traditionnel (Bourgogne, Limousin). Plus de 60 % des statuts en cuivre sont satisfaisants dans les régions Aquitaine, Limousin, Midi-Pyrénées et Rhône-Alpes, alors que moins de 40 % sont normaux en Bourgogne et en Lorraine. La différence entre ces répartitions pourrait être en partie liée aux modes de production, plutôt extensifs en Bourgogne, avec une complémentation minérale limitée, et moins extensifs dans le

Tableau 1 : Critères de classification du statut des troupeaux en fonction du tercile inférieur pour chaque critère biochimique

	Statut carencé	Statut marginal	Statut normal
Cuprémie	< 8 µmol/l	8 à 11 µmol/l	11 à 18 µmol/l
Zincémie	< 12 µmol/l	12 à 14 µmol/l	> 14 µmol/l
GSH-Px	< 75 U/g Hb	75 à 150 U/g Hb	> 150 U/g Hb
IIP	< 50 µg/l	50 à 80 µg/l	> 80 µg/l
T4	< 60 nmol/l		> 60 nmol/l

D'après [3, 4, 6, 7].

Tableau 2 : Statut nutritionnel comparé des troupeaux laitiers et allaitants

	Statut carencé		Statut marginal		Statut normal	
	Laitier	Allaitant	Laitier	Allaitant	Laitier	Allaitant
Cuivre	1,6 %	21,2 %	13,3 %	32,6 %	85,1 %	46,2 %
Zinc	22 %	23,9 %	36,8 %	38,7 %	41,2 %	37,4 %
Sélénium	12,7 %	58,4 %	17,7 %	23,3 %	69,5 %	18,3 %
Iode	73,1 %	83,5 %	12 %	5,4 %	14,9 %	11,1 %
Thyroïde	81,3 %	63,3 %	81,3 %	63,3 %	18,7 %	36,7 %



Sud-Ouest ou l'Ouest. Dans l'enquête de Lamand et Périgaud, les carences en cuivre étaient plus fréquentes en Pays-de-la-Loire, Poitou-Charentes, Limousin, Auvergne et Rhône-Alpes [5].

Pour le zinc, la région Languedoc-Roussillon, dont la presque totalité des données vient de la Lozère, se caractérise par des statuts très médiocres. Aucune donnée venant de cette région n'avait été incluse dans l'enquête de Lamand et Périgaud [5].

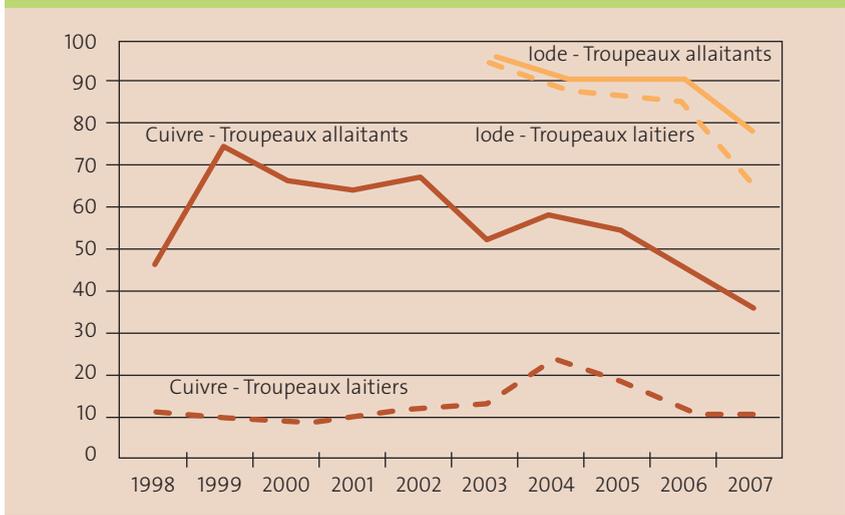
Les statuts en sélénium ont été particulièrement mauvais en Auvergne, Bourgogne et Limousin, et meilleurs dans le Centre, ce qui correspond aux données de Lamand et Périgaud [5].

Concernant l'iode, les meilleurs statuts sont trouvés en Belgique et Pays-de-la-Loire, mais parmi les régions les moins carencées se trouvent aussi la Lorraine et Rhône-Alpes. La carte des carences en iode de Lamand et Périgaud ne recensait que quelques cas, répartis dans toute la France [5]. La proximité de la mer est en général considérée comme un facteur d'amélioration de la teneur en iode des plantes. Cependant, ce facteur n'agit qu'à moins de 50 à 100 kilomètres de la mer, et de faibles teneurs des plantes en iode ont été couramment décrites dans des pays très arrosés comme l'Irlande [6, 9].

5. Relations entre statuts nutritionnels

Pour chaque marqueur, il est indiqué si le tercile inférieur nutritionnel des élevages dépend du statut des animaux vis-à-vis des autres marqueurs

Figure 1 : Évolution du pourcentage de troupeaux à statut carencé ou marginal en cuivre et en iode de 1998 à 2007



© S. Tchung-Ming

Figure 2 : Statut nutritionnel comparé des troupeaux allaitants selon les régions



POINTS FORTS

- Les carences en cuivre et en sélénium sont plus fréquentes en troupeau allaitant qu'en troupeau laitier.
- Le seuil de détection d'une carence en iode par mesure de l'iodémie mérite d'être précisé.
- D'importantes différences régionales de statuts en oligo-éléments sont observées.
- Le statut iodé semble peu lié à la proximité de l'océan.
- Le statut thyroïdien est davantage corrélé au statut en sélénium qu'à celui en iode.

© S. Tchung-Ming

Tableau 3 : Relation entre les terciles inférieurs des marqueurs biochimiques du statut en oligo-éléments ou du statut thyroïdien, et le statut nutritionnel vis-à-vis des autres oligo-éléments

	Statut en cuivre	Statut en zinc	Statut en sélénium	Statut en iode	Statut en T4
Cuivre		C < M, N ⁽¹⁾	C < M, N	C < M	NS
Zinc	C < N		C, M < N	NS	D < N
GSH-Pxe	C < M < N	C, M < N		C < M, N	D > N
IIP	NS	NS	NS		NS
T4		C, M < N	C > M, N	NS	

C = carencé ; M = marginal ; N = normal ; D = déficient ; NS : relation non significative.

⁽¹⁾ Exemple de lecture : C < M, N signifie que le tercile inférieur de cuprémie est plus faible dans les troupeaux carencés en zinc que dans les cheptels à statut marginal ou normal en zinc.

(tableau 3). Pour chacun des marqueurs étudiés, une analyse de variance prenant comme facteurs le statut des troupeaux à l'égard des autres marqueurs a été réalisée, suivie d'un test de comparaison deux à deux.

Un grand nombre de liaisons significatives sont observées et, dans la majorité des cas, les carences en un oligo-élément sont associées à des valeurs basses pour les autres. Cela tient sans doute au fait que la complémentation éventuelle des animaux est réalisée avec des aliments minéraux comprenant tous les oligo-éléments, si bien qu'un statut carencé en un oligo-élément est en général dû à une complémentation insuffisante en tous les oligo-éléments. Malgré le caractère significatif de ces liaisons, les variations d'un marqueur ne sont que faiblement expliquées (moins de 10 %) par celles des quatre autres, ce qui suggère que l'alimentation minérale n'est pas le seul facteur qui détermine le statut des animaux en oligo-éléments.

Cette relation est cependant inversée dans le cas des statuts thyroïdien et en sélénium : la thyroïdémie est plus élevée dans les troupeaux carencés en sélénium que dans les cheptels à statut marginal ou normal. Cela s'explique par la nécessité d'une déiodase séléno-dépendante pour transformer la T4 en T3 (tri-iodo-thyronine). Ainsi, chez le veau, la carence en sélénium entraîne une diminution de la T3 plasmatique alors que la T4 plasmatique est accrue [1].

IIP et T4 sont très peu corrélés, ce qui est cohérent avec les conclusions d'Underwood et de Suttle [9]. Cette absence de relation serait due aux réserves thyroïdiennes d'iode, qui peuvent représenter plusieurs semaines de besoin en iode, ou au fait que l'apport d'iode n'est pas le seul facteur de variation de la thyroïdémie.

L'absence de relation claire entre l'IIP et la T4 signifie qu'il existe des troupeaux présentant une teneur en IIP normale mais de faibles valeurs de T4 (11,4 % des cheptels pour lesquels l'IIP et la T4 étaient disponibles). Une telle situation pourrait s'expliquer par la présence d'antithyroïdiens dans la ration, mais aussi par une détermination du statut iodé d'animaux peu après la mise en place d'une complémentation en iode. L'élévation de l'IIP est

alors rapide, beaucoup plus que l'éventuelle réponse de la T4. Un dosage d'IIP dans les jours qui suivent la distribution d'un complément d'iode permet seulement de s'assurer que l'iode distribué a été ingéré et absorbé, mais ne donne pas d'indication sur la constitution de réserves d'iode par l'animal ou sur son statut thyroïdien.

Cette absence de relation claire entre l'IIP et la T4 signifie aussi qu'il existe des troupeaux avec des statuts dits carencés en iode mais à concentration normale en T4 (22,8 % des cheptels pour lesquels l'IIP et la T4 étaient disponibles). Une telle situation peut s'expliquer par une carence en sélénium, qui empêche la transformation de la T4 en T3, forme active des hormones thyroïdiennes, comme en témoigne la relation inverse entre statuts thyroïdien et sélénique évoquée plus haut. McCoy et coll. ont observé ce type de profil de marqueurs biochimiques chez des génisses non complémentées en iode, mais qui, malgré une concentration plasmatique en T4 normale et l'absence de signes cliniques de carence en iode, présentaient des indicateurs histologiques d'hyperplasie thyroïdienne [6]. Dans cette étude, les besoins en sélénium des animaux étaient correctement couverts et la déiodation de la T4 en T3 était normale. Cette expérimentation n'exclut donc pas qu'une faible teneur plasmatique en IIP puisse être un indicateur précoce d'hyperplasie thyroïdienne en réaction à une carence en iode, cette hyperplasie permettant cependant de maintenir la sécrétion de T4 [6].

Cette analyse de données montre, malgré ses limites de représentativité, que le statut des troupeaux bovins en oligo-éléments n'est pas toujours satisfaisant. L'absence de différence de statut pour certains oligo-éléments entre les troupeaux laitiers et allaitants, ainsi que la faible corrélation entre les statuts suggèrent que la complémentation minérale n'est pas la seule source de variation de ces derniers. En outre, cette analyse de données confirme que l'IIP n'est pas corrélé à la T4 et conduit à proposer une meilleure évaluation du seuil de normalité en IIP. ■

Références

- 1 - Arthur JR, Morrice PC, Beckett, GJ. Thyroid hormone concentrations in selenium deficient and selenium sufficient cattle. *Res. Vet. Sci.* 1988;45: 122-123.
- 2 - Aumont G, Tressol JC. Rapid method for the direct determination of inorganic iodine in plasma using ion-exchange chromatography and the Sandell and Kolthoff reaction. *Analyst.* 1987;112:875-878.
- 3 - Enjalbert F, Lebreton P, Salat O. Copper, zinc and selenium deficiencies as risk factors for production, reproduction and health in commercial dairy herds: a retrospective study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2006;90:459-466.
- 4 - Guyot H, Rollin F. Le diagnostic des carences en sélénium et iode chez les bovins. *Ann. Méd. Vét.* 2007;151:166-191.
- 5 - Lamand M, Périgaud S. Carences en oligo-éléments en France. 1. Éléments d'enquête obtenus dans la pratique vétérinaire. *Ann. Rech. Vét.* 1973;4 :513-534.
- 6 - McCoy MA, Smyth JA, Ellis WA, Arthur JR, Kennedy DG. Experimental reproduction of iodine deficiency in cattle. *Vet. Rec.* 1997;141:544-547.
- 7 - McCoy MA, Smyth JA, Ellis WA, Kennedy DG. Parenteral iodine and selenium supplementation in stillbirth/perinatal weak calf syndrome. *Vet. Rec.* 1995;136:124-126.
- 8 - Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.* 1967;70:158-169.
- 9 - Underwood EJ, Suttle NF. The mineral nutrition of Livestock. 3^e ed. CABI Publishing, Wallingford, 1999;614p.