



Agriculture et Agroalimentaire Canada

Direction générale de la science et de la technologie

Centre de recherche et de développement de Sherbrooke
2000, rue College
Sherbrooke (Québec) J1M 0C8

Agriculture and Agri-Food Canada

Science and Technology Branch

Sherbrooke Research and Development Centre
2000, College street
Sherbrooke (Quebec) J1M 0C8

ALIMENTATION

Danyel Bueno Dalto, Chercheur en physiologie digestif et métabolisme des vitamines et minéraux traces chez les porcs, Agriculture et Agroalimentaire Canada, danyel.buenodalto@agr.gc.ca

Collaborateurs

Équipe de collaboration : J. Jacques Matte, Chercheur en nutrition des vitamines et minéraux traces chez les porcs, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Jérôme Lapointe, Chercheur en biologie du stress oxydatif et fonction mitochondriale, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Trop de zinc peut nuire à la santé des porcelets après le sevrage

L'oxyde de zinc (ZnO) est couramment utilisé comme promoteur de croissance et solution de rechange aux antibiotiques pour prévenir la diarrhée chez les porcelets sevrés. Bien que les recommandations officielles indiquent un apport de 80 à 100 mg/kg de zinc (Zn) dans l'alimentation des porcelets de 7 à 25 kg, l'industrie porcine utilise des doses allant jusqu'à 3 000 mg/kg de Zn au cours des premières semaines après le sevrage.

Bien que ce nutriment soit essentiel dans la nutrition des porcs, l'utilisation de ces niveaux élevés a été remise en question en raison de problèmes environnementaux et de préoccupations liées à la santé publique (résistance bactérienne), ce qui a conduit les pays européens à restreindre son usage dans les régimes alimentaires porcins dès 2022. Néanmoins, la compréhension des niveaux optimaux de Zn dans l'alimentation des porcelets postsevrage et son influence sur le métabolisme d'autres oligo-éléments reste encore limitée. Cela entrave les progrès vers le remplacement de cette stratégie sans compromettre la santé des porcelets. Par exemple, une supplémentation élevée en Zn dans l'alimentation induit une anémie et réduit les concentrations de fer (Fe) dans les tissus chez



Agriculture et Agroalimentaire Canada

Direction générale de la science et de la technologie

Centre de recherche et de développement de Sherbrooke
2000, rue Collège
Sherbrooke (Québec) J1M 0C8

Agriculture and Agri-Food Canada

Science and Technology Branch

Sherbrooke Research and Development Centre
2000, College street
Sherbrooke (Quebec) J1M 0C8

les rats et les poussins, ce que pourrait être causé par un impact indirect du Zn via ses effets sur le métabolisme du cuivre (Cu). En effet, le Cu joue un rôle clé dans l'absorption et l'utilisation du Fe.

Une étude récente menée dans notre laboratoire a montré que les niveaux de Cu dans le sérum sanguin et le foie des porcelets avaient diminué de 19,6 % et 75,6 %, respectivement, deux semaines après le sevrage, malgré une alimentation contenant 130 mg/kg de Cu (près de 22 fois les recommandations du NRC). Il a été émis l'hypothèse que cette baisse du statut en Cu avait été déclenchée par les niveaux élevés de ZnO dans l'alimentation postsevrage. Par conséquent, deux études ont été conçues afin de mieux comprendre les conséquences biologiques (1) de l'augmentation des niveaux de ZnO dans l'alimentation (100, 1000 et 3000 mg/kg de Zn sous la forme de ZnO) et (2) des différents ratios Zn/Cu (100 ou 3000 mg/kg de Zn sous la forme de ZnO, combinés avec 6 ou 130 mg/kg de Cu sous la forme de sulfate de cuivre (CuSO_4)) sur la régulation des oligo-éléments (Zn, Cu et Fe) chez les porcs postsevrage.

Performances de croissance

L'utilisation de niveaux supra nutritionnels de ZnO dans l'alimentation postsevrage est connue pour favoriser les performances de croissance, bien que certaines études n'aient pas détecté de tels effets bénéfiques. Dans nos deux études, des niveaux élevés de Zn dans l'alimentation ont compromis la croissance. En particulier dans l'étude 2, la combinaison de niveaux élevés de ZnO et de CuSO_4 a altéré la croissance des porcelets, tandis que des effets bénéfiques liés à des niveaux élevés de CuSO_4 ont été observés lorsque les niveaux de ZnO dans l'alimentation étaient faibles. Les conditions expérimentales optimisées dans nos études ont pu interférer avec les effets principalement locaux du ZnO au niveau de la lumière intestinale. Dans ce contexte, il est possible



que les effets négatifs des niveaux élevés de ZnO sur le métabolisme (voir ci-dessous) aient surpassé ses effets positifs connus, observés dans des environnements plus contraignants (forte pression pathogène). En revanche, pour le CuSO₄, dont les actions sont principalement systémiques, l'influence des conditions expérimentales a probablement été moins perturbante.

Zinc

Dans les deux études, bien que les régimes riches en Zn aient diminué l'expression des gènes liés à l'absorption intestinale du Zn, une baisse proportionnelle des concentrations de Zn dans le jéjunum, le foie et le sérum sanguin (Figures 1A, 2A et 2B) n'a pas été observée. Afin d'éviter une toxicité au Zn, différents mécanismes sont activés dans le jéjunum et le foie pour (1) piéger le Zn à l'intérieur des cellules et (2) libérer l'excès de Zn dans la circulation. Malgré l'activation de ces mécanismes de régulation, dans les deux études des augmentations d'environ 5 fois dans le sérum sanguin et 12 fois dans le foie ont été détectées dans les groupes recevant 3 000 mg/kg Zn au cours des trois semaines de supplémentation, par rapport aux valeurs initiales (sevrage; jour 21). Dans la première étude, la différence de concentration en ZnO alimentaire entre les groupes 100 et 1 000 mg/kg de Zn (une différence de 10 fois entre les traitements) a entraîné une augmentation d'environ 2 fois des niveaux de Zn dans le sérum sanguin, indiquant une régulation des concentrations de Zn. Cependant, la différence de concentration en ZnO alimentaire entre les groupes 1 000 et 3 000 mg/kg de Zn (une différence de 3 fois entre les traitements) a entraîné une augmentation proportionnelle des niveaux de Zn dans le sérum sanguin, suggérant qu'entre 1 000 et 3 000 mg/kg de Zn, les mécanismes de régulation ne parvenaient plus à gérer efficacement l'excès de Zn. De tels hauts niveaux sanguin de Zn ont déjà été signalés comme ayant un impact négatif sur les performances chez les porcs, ce qui peut expliquer les performances de croissance plus faibles chez



ces animaux. Dans la deuxième étude, les concentrations de Zn dans le foie aux jours 28, 35 et 42 des groupes supplémentés avec 100 mg/kg de Zn représentaient respectivement 71 %, 58 % et 66 % des valeurs au sevrage (jour 21). Ces résultats suggèrent que 100 mg/kg de Zn pendant les premières semaines postsevrage ne couvre pas entièrement les besoins des porcelets.

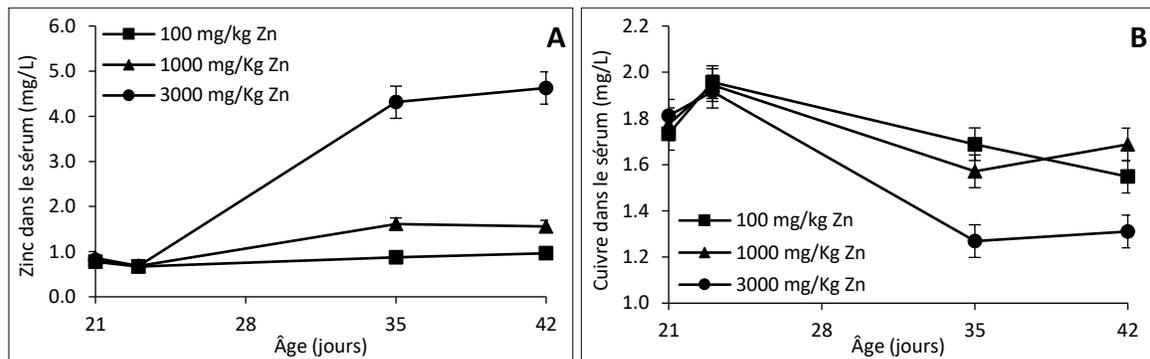


Figure 1. Concentrations de zinc (A) et de cuivre (B) dans le sérum sanguin. Étude I

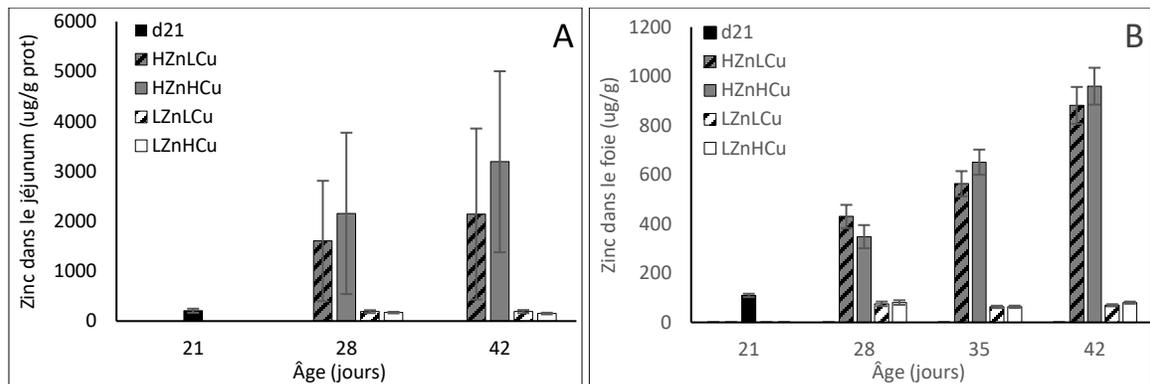


Figure 2. Concentrations de zinc dans le jéjunum (A) et dans le foie (B). Étude II

Cuivre

Indépendamment des niveaux de Cu alimentaire (130 mg/kg dans la première étude et 6 ou 130 mg/kg dans la deuxième), les porcelets des groupes supplémentés avec 3 000 mg/kg de Zn



présentaient des concentrations de Cu plus élevées dans le jéjunum que ceux des groupes 100 mg/kg de Zn (Figure 3A), accompagnées de concentrations plus faibles de Cu dans le foie et le sérum sanguin (Figures 1B et 3B). Ces résultats suggèrent que le Cu alimentaire a été absorbé par les cellules intestinales, mais n'a pas été libéré pour atteindre le foie. Cette altération de l'efflux du Cu depuis les cellules intestinales est liée à l'activation d'un mécanisme de rétention des minéraux dans différents organes, contrôlé par une enzyme appelée métallothionéine (MT).

L'expression élevée de cette enzyme dans le foie des porcelets recevant un régime supplémenté avec 3000 mg/kg de Zn était censée augmenter les concentrations de Cu dans le foie. Cependant, les concentrations observées étaient similaires à celles des groupes supplémentés avec 100 mg/kg de Zn (Figure 3B), ce dernier qui n'ont probablement pas reçu une quantité suffisante de Cu alimentaire (voir ci-dessous). Ces résultats contre-intuitifs s'expliquent par le fait que la forte concentration de Zn dans le foie stimule l'expression de l'enzyme décrite ci-dessus dans cet organe, indépendamment des faibles concentrations de Cu hépatique, qui étaient limitées soit par une faible ingestion de Cu (100 mg/kg de Zn; étude 2), soit par un piégeage significatif du Cu dans les cellules intestinales par l'enzyme en question (3 000 mg/kg de Zn; études 1 et 2).

Compte tenu du renouvellement rapide du tissu intestinal (environ 25 % par jour), ce piégeage du Cu dans les cellules intestinales pourrait fonctionner comme un mécanisme d'excrétion du Cu, offrant un stockage temporaire de ce minéral qui est éventuellement éliminé par desquamation des cellules intestinales. Fait intéressant, dans la deuxième étude, les concentrations de Cu dans le foie et dans le sérum sanguin étaient inférieures aux valeurs pré-traitement (jour 21) dès le jour 28, non seulement chez les porcelets du groupe supplémenté avec 3000 mg/kg de Zn, mais également dans



les groupes supplémentés avec 100 mg/kg de Zn (Figure 3B). En plus de confirmer que les régimes supplémentés avec 3 000 mg/kg de Zn perturbent le métabolisme du Cu, indépendamment des niveaux de Cu alimentaire, ces observations suggèrent que 6 mg de Cu/kg d'aliment (étude 2) ne suffit pas à répondre aux besoins en Cu des porcelets post sevrage.

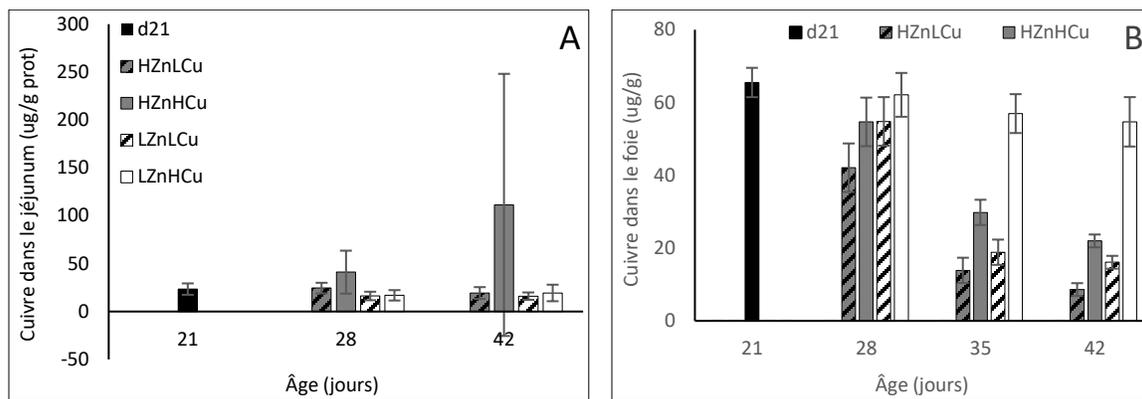


Figure 3. Concentrations de cuivre dans le jéjunum (A) et dans le foie (B). Étude II

Fer

Des niveaux élevés de ZnO dans l'alimentation perturbent également le métabolisme du Fe. Dans les deux études, les porcelets supplémentés en ZnO à haute dose (3 000 mg/kg) ont présenté une diminution apparente de l'absorption intestinale du Fe, probablement accompagnée d'une augmentation du stockage de Fe dans les cellules intestinales, ce qui a conduit à une réduction du contenu hépatique en Fe. Des niveaux élevés de ZnO dans l'alimentation ont également favorisé une libération accrue de Fe par les cellules du foie, ce qui pourrait avoir aggravé la faible réserve de Fe dans le foie.

Cependant, ces effets n'étaient pas suffisamment marqués pour influencer les concentrations d'hémoglobine ou de Fe dans le sanguin. Ainsi, des niveaux élevés de ZnO dans les régimes



alimentaires postsevrage ne semblent pas provoquer une carence en Fe chez les porcelets, mais perturbent le stockage de ce minéral dans le foie. Cette situation pourrait néanmoins poser des problèmes, d'autant plus que de plus en plus de porcelets sevrés avec de faibles réserves en Fe ont été signalés ces dernières années.

Conclusion

Au cours des premières semaines postsevrage, les besoins en Zn semblent ne pas être satisfaits par l'apport de 100 mg/kg de Zn sous forme de ZnO. En revanche, des niveaux élevés de ZnO dans l'alimentation n'ont pas été efficacement régulés dans les différents organes, entraînant des concentrations de Zn très élevées dans le sanguin, ce qui pourrait avoir réduit les performances de croissance des porcelets tout en perturbant le métabolisme du Cu et du Fe.

Les faibles concentrations de Cu dans le foie et le sérum sanguin indiquent un risque potentiel de carence chez les porcelets recevant des niveaux élevés de ZnO dans l'alimentation pendant la période postsevrage. Toutefois, indépendamment de ces effets majeurs du Zn, un apport de 6 mg/kg de Cu semble insuffisant pour couvrir les besoins en Cu des porcelets post-sevrés. En ce qui concerne le Fe, les résultats de la présente étude suggèrent que la supplémentation en ZnO à des niveaux élevés perturbe le stockage du Fe dans le foie, sans toutefois induire une carence chez les porcelets postsevrés. Bien que l'utilisation de faibles doses de ZnO alimentaire soit recommandée pour éviter ces effets néfastes sur la santé des porcelets (ainsi que sur l'environnement et la santé publique), il n'existe toujours pas de consensus sur les niveaux de supplémentation en Zn les plus appropriés pour les porcelets après le sevrage.