

## Réduction du P soluble excrété dans les effluents par l'encapsulation de sulfate de fer et d'aluminium ajouté dans l'aliment des poulets de chair

Piterson Floradin, Frédéric Guay et Marie-Pierre Létourneau Montminy

No de projet : IA115331

Durée : 01/2016 – 12/2017

### FAITS SAILLANTS

- Les cyanobactéries ou algues bleues vertes, responsables de l'eutrophisation des cours d'eau, demeurent problématiques au Québec.
- Leur développement est accentué par le lessivage et le ruissellement du phosphore (P) épandu sous forme soluble dans les fumiers et lisiers.
- Des sels métalliques, notamment le sulfate de fer (Fe) et d'aluminium (Al), sont couramment utilisés dans les usines de traitement des eaux usées urbaines et industrielles pour précipiter le P sous forme solide.
- L'impact de l'ajout de sulfate de Fe et d'Al dans l'alimentation des poulets de chair a été étudié en termes de performances et d'insolubilisation du P dans le tube digestif pour maintenir le P insoluble dans les effluents (fientes, litière etc..) et limiter ainsi le risque environnemental associé.
- Pour éviter les possibles effets négatifs du Fe et de l'Al, les suppléments ont été encapsulés afin de réguler leur libération dans les portions ciblées du tube digestif, soit après les sites d'absorption.
- L'addition de sulfate de Fe ou d'alun (sulfate d'Al) encapsulé a réduit l'excrétion de P soluble dans les fientes sans modifier les performances des poulets.
- À forte concentration dans l'aliment, le Fe réduit les performances de croissance et la minéralisation osseuse, et ne permet pas d'insolubiliser le P des litières.
- Le pH des litières est normalement alcalin et peut favoriser la ressolubilisation des complexes Fe-phosphate.
- Un autre projet, testant certains ingrédients actifs (ex. sels de calcium (Ca)) plus prometteurs et plus stables aux conditions particulières qui règnent dans la litière en élevage commercial, est actuellement en cours.

### OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

#### -Objectif

L'objectif général de ce projet était d'introduire des ingrédients actifs tels le sulfate de Fe et d'Al encapsulés dans l'alimentation des poulets pour diminuer l'excrétion de P sous forme soluble et minimiser l'impact environnemental associé sans modifier les paramètres d'efficacité d'utilisation du P et les performances des poulets.

#### -Matériels et méthodes

Comme preuve de concept, une première expérience a évalué le potentiel de sulfate de Fe et d'Al encapsulés à insolubiliser le P dans l'intestin chez le poulet en croissance. Ces derniers ont été ajoutés à raison de quatre doses pour un total de 8 traitements alimentaires (ratio Fe ou Al : P; 6:1, 10:1, 14:1, 18:1), introduit dans témoin négatif (C-) qui était également testé seul et comparé à un aliment commercial (C+) en termes d'excrétion de P soluble et de rétention de P et de Ca chez les poulets. Les ratios molaires Fe ou Al : P ont été déterminées à partir de la concentration maximale en P soluble dans les caeca de poulets nourris avec un aliment commercial qui contenait 6 g de P total /kg. Chaque régime alimentaire a été attribué à 6 cages de 6 poulets de souche Cobb 500, élevés du jour 14 au jour 28. Les oiseaux ont été pesés aux jours 14 et 28 et les fientes ont été collectées totalement du jour 24 au jour 28. Dans une seconde expérience réalisée en condition pratique, le sulfate de Fe a été préféré à l'alun compte tenu du fait qu'il est déjà permis par l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (ACIA). Cette

expérience visait à évaluer la nécessité ou non de l'encapsulation en comparant la digestibilité des minéraux, la minéralisation osseuse, l'accumulation dans les tissus et la proportion de P soluble dans les litières à la fin de l'élevage. Les poulets ont été nourris selon un programme alimentaire en 3 phases (0-10, 10-21, 21-34 jours) de façon à satisfaire l'ensemble de leurs besoins nutritionnels à l'exception du Fe. Les régimes expérimentaux pour chaque phase étaient :1) un traitement témoin (C+); 2) les aliments 2 (FeEnc1) et 3 (FeEnc2) étaient ce même C+ additionné de 33 et 60 ppm de fer sous forme de sulfate de fer encapsulé; 3) et les aliments 4 (FeNEnc1) et 5 (FeNEnc2) étaient identiques au 2 et 3 mais le fer était sous forme de sulfate de fer non encapsulé. Chaque régime alimentaire a été attribué à 12 parquets de 45 poulets de souche Cobb 500 âgés d'un jour. Les digesta, les reins, le foie et le tibia ont été collectés sur 6 oiseaux par parquet aux jours 30 et 31. La litière a été collectée en fin de lot au jour 35. Les données des deux expériences ont été analysées en blocs aléatoires complets avec la PROC MIXED de SAS.

## **RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE**

Expérience 1 :

-Les résultats de l'expérience 1 montrent que les performances n'étaient pas modifiées par les ingrédients actifs. L'ajout du sulfate de Fe encapsulé dans le régime des oiseaux a diminué l'excrétion du P soluble en proportion du P total de façon linéaire ( $P < 0,001$ ) et quadratique ( $P < 0,001$ ) dans les fientes, montrant que la dose 2 conduit à une diminution maximale de la solubilité du P (-24% par rapport C-) suivi des doses 3 et 4 (-12 et 11% par rapport à C-). Pour l'Al, l'effet était également linéaire et quadratique ( $P < 0,001$ ) avec des diminutions de 18, 10, 18 et 13% avec l'augmentation de la dose par rapport au traitement C-. Ceci basé sur la formation de complexes Fe ou Al et phosphate efficace pour le traitement des eaux usées notamment.

Expérience 2 :

-Les niveaux de Fe dans les traitements alimentaires de la seconde expérience étaient 2 fois plus élevés que ceux de la première expérience (~150 ppm vs 300 ppm). Ceci pourrait provenir d'un niveau plus élevé de fer que prévu dans le phosphate monocalcique utilisé et confirmé par augmentation du Fe dans le foie et par une minéralisation osseuse réduite, le fer est connu pour nuire à la minéralisation osseuse lorsque apporté en excès.

-Les résultats de l'expérience 2 montrent également que la proportion de P soluble et la quantité n'étaient pas affectées par les traitements alimentaires au niveau de l'iléon. En revanche, l'ajout de Fe augmentait la proportion (27% vs 32%;  $P < 0,001$ ) et la quantité ( $P = 0,003$ ) de P soluble dans la litière. Ceci est dû en partie à l'action défavorable des concentrations élevées de Fe sur la minéralisation osseuse et le remodelage osseux, induisant une augmentation de l'excrétion urinaire de P chez les oiseaux. Une autre explication peut venir du fait que le pH de la litière obtenu était élevé (pH 7-7,5), pH qui peut favoriser la solubilisation du P lié au Fe.

-Un résultat inattendu est que l'ajout de Fe est efficace pour améliorer la digestibilité du P total et du Ca chez les oiseaux par une hydrolyse accrue du P phytique possiblement par une augmentation de l'activité phytasique endogène en raison de la carence en P engendré par les complexes Fe-P. Ce résultat très intéressant et nouveau sera à étudier davantage.

## **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER**

Ce travail représentait une première étape permettant d'évaluer le potentiel de l'encapsulation pour relarguer les ingrédients actifs en aval des sites d'absorption et de mieux comprendre les mécanismes qui gouvernent le devenir du P dans le tube digestif. De fortes variations de fer dans les aliments ont été obtenues et partagées avec le partenaire industriel qui a fabriqué les moulées. Il a refait des analyses de d'autres aliments et confirmé des niveaux parfois très élevés et surtout essentiellement variables, ouvrant la porte à d'autres essais et à une surveillance accrue des niveaux de fer dans les aliments.

Bien que le sulfate de fer soit intéressant pour insolubiliser le P dans les fientes, il ne l'est pas dans les litières. Les connaissances générées dans ce travail de maîtrise sont des pistes qui guideront les futures études vers le choix d'autres ingrédients actifs (ex. : sels de Ca). Un projet test in vitro est actuellement en cours.

L'amélioration de la digestibilité des minéraux (P, Ca et Fe) avec des doses élevées de Fe est un mécanisme qui demeure à investiguer davantage pour comprendre les réponses métaboliques engendrées chez les poulets

### **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Nom du responsable du projet : Marie-Pierre Létourneau Montminy  
Téléphone : (418) 656-2131 poste 7352  
Courriel : marie-pierre.letourneau@fsaa.ulaval.ca

### **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. La compagnie JEFO a également participé énormément en encapsulant plusieurs additifs, en fournissant les sels métalliques et en échangeant énormément sur les résultats. Nous tenons également à remercier Nicolas Lafond d'Avimix qui a formulé les aliments et travaillé énormément avec nous pour investiguer le pourquoi des valeurs élevées de fer.