

Modélisation mécaniste du transfert de contaminants lipophiles chez la vache laitière : vers une meilleure maîtrise de la qualité sanitaire du lait

A mechanistic model of lipophilic contaminants transfer in dairy cow for improve milk safety

LERCH S. (1,2), MARTIN O. (3), FOURNIER A. (1), HENRI J. (4)
 (1) Université de Lorraine, Inra, URAFFPA, F-54000 Nancy, France
 (2) Agroscope, Groupe de Recherche Ruminants, CH-1725 Posieux, Suisse
 (3) AgroParisTech, Inra, UMR MoSAR, F-75231 Paris, France
 (4) Anses, Laboratoire de Fougères, F-35306 Fougères, France

INTRODUCTION

L'élevage des ruminants est épisodiquement confronté à des crises sanitaires liées à l'exposition des troupeaux aux contaminants lipophiles [ex. dioxines/furanes (PCDD/Fs)]. Afin de limiter ces risques portants atteinte à la qualité sanitaire du lait et de la viande, il est nécessaire de mieux comprendre et prédire le transfert des contaminants lipophiles en élevage. Pour ce faire, la conception de modèles mathématiques décrivant la cinétique des contaminants au sein du ruminant est une étape clé permettant de tenir compte de l'interaction complexe entre différents contaminants (différentes lipophilies et capacités à être métabolisés) et divers animaux (dynamiques variables des réserves corporelles et d'excrétion des lipides via le lait et les fèces). L'objectif de ce travail est de concevoir un modèle mécaniste décrivant finement le transfert des contaminants chez la vache laitière et d'explorer l'interaction physiologie animale × propriétés du contaminant.

1. MATERIELS ET METHODES

Deux sous-modèles ont été couplés, l'un décrivant la physiologie de la vache laitière et le second la cinétique du transfert des contaminants. Le sous-modèle physiologique a été conçu à partir de celui développé par Martin et Sauvant (2007). Il décrit finement le métabolisme au cours du cycle de lactation sous contrôle du potentiel laitier. Au sein du sous-modèle de transfert, le contaminant ingéré est absorbé depuis les contenus digestifs vers le sang, distribué aux tissus et organes et éliminé par métabolisme hépatique ou par excrétion via le lait ou les fèces (Figure 1). Les transferts entre compartiments sont limités par le taux de perfusion sanguine (MacLachlan, 2009), à l'exception de ceux entre les contenus digestifs et le sang, et entre les tissus adipeux perfusés et profonds, qui sont limités par la perméabilité de l'interface selon le principe de fugacité (McLachlan, 1994). Des simulations des concentrations du lait ont ensuite été obtenues pour une vache produisant 10, 30 ou 50 kg/j de lait au pic de lactation et recevant un régime contenant 0,57 ng TEQ/kg MS (seuil d'intervention pour la somme PCDD/Fs de la directive européenne 2002/32/CE) de contaminant de lipophilie modérée [coefficient de partage octanol/eau (K_{ow}) 10^6] ou forte (K_{ow} 10^8) et de susceptibilité métabolique nulle (clairance hépatique 0 kg/j) ou modérée (50 kg/j).

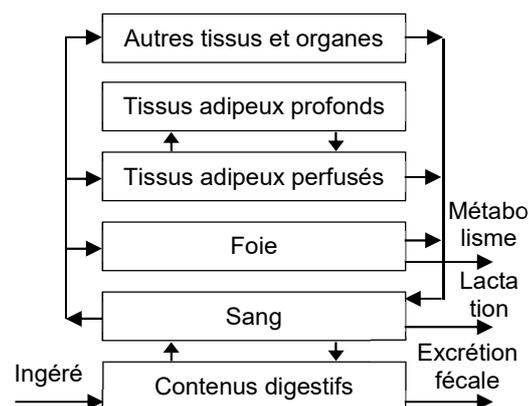


Figure 1 : Modèle décrivant le transfert de contaminants lipophiles chez la vache laitière

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Une étape de validation préliminaire comparant les simulations du modèle à des observations biologiques a permis de mettre en évidence les bonnes capacités prédictives du modèle (simulé = $0,97 \times$ observé ; $R^2 = 97\%$; CVr = 20% ; $n = 108$). Les simulations présentées dans la Figure 2 suggèrent que lorsque la lipophilie du contaminant augmente, sa concentration dans le lait diminue. Cette observation est liée à la variation du taux d'absorption. En effet, selon le concept de fugacité, une forte lipophilie limite la capacité du contaminant à traverser par diffusion passive la « lame » d'eau bordant la paroi intestinale et réduit ainsi le transfert entre contenus digestifs et sang (McLachlan, 1994). En ce qui concerne les effets du niveau productif, lorsque la production laitière diminue, la concentration du lait en contaminant non métabolisé (Met-) augmente. Ce phénomène s'explique par la diminution du taux d'excrétion via la matière grasse du lait. Ainsi, dans le cas d'une vache produisant 10 kg/j au pic de lactation et d'un contaminant de K_{ow} 10^6 , la concentration du lait atteint en fin de lactation plus de 3 fois la teneur maximale réglementaire. En revanche, dans le cas d'un contaminant modérément métabolisé (Met+), la métabolisation domine le processus d'élimination (métabolisation + excrétion) et par conséquent, la modulation du taux d'excrétion via le niveau de production laitière n'affecte que marginalement la concentration du lait. Celle-ci reste alors toujours inférieure à la teneur maximale réglementaire (Figure 2).

CONCLUSIONS

L'intégration de connaissances en physiologie animale et en toxicocinétique grâce à l'hybridation de différents formalismes de modélisation, permet de mieux comprendre le transfert des contaminants lipophiles chez la vache laitière. De futurs développements permettront de faire évoluer l'outil de simulation au service de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires chimiques dans les filières ruminants.

Ce projet a été financé par le département INRA-PHASE et l'association Gala.

MacLachlan, D.J., 2009. Food Add. Contam., 26, 692-712.
 Martin, O., Sauvant, D., 2007. Animal, 1, 1143-1166.
 McLachlan, M.S., 1994. Environ. Sci. Technol., 28, 2407-2414.

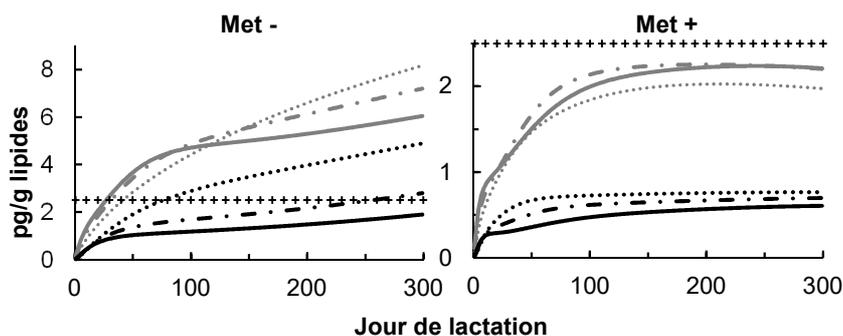


Figure 2 : Cinétiques des concentrations du lait en contaminant en fonction du niveau productif (10 ···, 30 - · -, 50 — kg/j au pic), de la lipophilie (K_{ow} 10^6 gris, 10^8 noir) et de la susceptibilité métabolique (clairance 0 Met-, 50 kg/j Met+) + + + : teneur maximale réglementaire : 2,5 pg PCDD/Fs-TEQ/g lipides