

Modèle mécaniste du transfert des contaminants lipophiles chez le bovin en croissance

Mechanistic model of lipophilic contaminant transfer in growing cattle

ALBECHAALANY J. (1-3), LONCKE C. (1), DRIESEN C. (2), SCHMIDELY P. (1), ORTIGUES-MARTY I. (4), AGABRIEL J. (4), ZENNEGG M. (2), SAUVANT D. (1), LERCH S. (3)

(1) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, 75005, Paris

(2) Empa, Laboratory for Advanced Analytical Technologies, 8600 Dübendorf, Suisse

(3) Agroscope, Groupe de Recherche Ruminants, Tioleyre 4, 1725 Posieux, Suisse

(4) INRAE, Université Clermont Auvergne, Vetagro Sup, UMRH, 63122 Saint-Genès-Champagnelle

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, les élevages de ruminants ont été épisodiquement confrontés à des expositions accidentelles aux contaminants lipophiles (ex. dioxines, PCB) générant d'importants dommages économiques et sociaux (Zenegg, 2018). La viande bovine issue d'élevage allaitant est sensible à cette problématique de sécurité sanitaire. En effet, un plan de surveillance allemand a révélé que 10% des échantillons de viande de veau sous la mère présentaient des concentrations en PCB au-delà de la teneur maximale réglementaire (BVL, 2016). L'évaluation des risques de contamination en élevage repose sur l'acquisition de données expérimentales du transfert des contaminants vers la viande (Driesen *et al.*, 2019). La grande diversité des contaminants et des systèmes d'élevage rend compliquée cette évaluation au cas par cas. Afin de mieux appréhender cette complexité, l'objectif de ce travail est d'initier la conception d'un modèle mécaniste pour le bovin en croissance. L'originalité consiste à coupler un modèle générique décrivant le transfert d'un contaminant lipophile depuis l'ingéré vers les compartiments tissulaires à deux autres modèles représentant les dynamiques digestive et corporelle des lipides.

1. MATERIEL ET METHODES

Le modèle de transfert décrit l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'excrétion (ADME) de contaminants différant par le taux de clairance métabolique et le degré de lipophilicité définie par le coefficient de partition entre octanol et eau (K_{ow}), au sein de différents types de bovins en croissance (race, sexe) conduits selon divers itinéraires de production. Le transfert du contaminant est représenté depuis l'ingéré jusqu'aux intestins où une fraction est excrétée via les fèces et une autre diffuse vers le sang de manière réversible (McLachlan, 1994). Depuis le sang, le contaminant est distribué vers les tissus adipeux (vers le sous-compartiment perfusé par advection, puis vers le profond par diffusion ; Lerch *et al.*, 2018), les muscles, le foie et le reste du corps par advection selon leur niveau d'irrigation sanguine. La clairance métabolique est représentée au niveau du foie (Figure 1). Le transfert dynamique au sein de la sphère digestive est assuré via le couplage à un modèle de digestion des lipides basé sur les équations du système d'alimentation INRA (2018). La distribution tissulaire est dépendante de la dynamique des lipides corporels calée sur le couplage au modèle mécaniste de croissance « MECSIC » (Hoch et Agabriel, 2004). Un développement spécifique permet l'allocation des lipides de la carcasse et du 5^{ème} quartier issus de MECSIC vers les compartiments tissulaires du modèle ADME. Des simulations des concentrations en contaminants dans le muscle sont obtenues pour un taurillon Charolais de 200 à 600 kg PV recevant une ration riche (EM+ ; 12,5 MJ EM soit 1,09 UFV/kg MS) ou pauvre (EM- ;

9,0 MJ EM soit 0,66 UFV/kg MS) en énergie (intensités de croissance contrastées). Les rations contenaient 0,4 ng/kg MS (seuil d'intervention légal pour les PCB « dioxin-like ») d'un contaminant de clairance métabolique faible ($0,2 \text{ j}^{-1}$), modérément ($K_{ow} 10^5$) ou hautement ($K_{ow} 10^9$) lipophile. Pour une série de simulations, une phase de décontamination a été incluse (0,4 ng/kg MS pour PV ≤ 400 kg, puis 0,0 ng/kg pour PV > 400 kg). Le facteur de biotransfert [BTF, concentration muscle (ng/kg lipides) / ingestion moyenne (ng/j)], en fin de contamination, et la $\frac{1}{2}$ vie lors de la décontamination ont été calculés pour chaque cas.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le gain moyen quotidien simulé était de 1,43 et 0,52 kg/j pour les rations EM+ et EM- respectivement. Pour les deux rations, la proportion de lipides dans le corps vide a évolué de la même façon de 8 à 16 % entre 200 et 600 kg PV. La concentration en contaminant du compartiment muscle dépasse la teneur maximale réglementaire d'un facteur 2,0 pour la ration EM+ et 3,1 pour EM- pour un K_{ow} de 10^5 compromettant ainsi la sécurité sanitaire de la viande. En revanche, la concentration du muscle reste inférieure à la teneur maximale réglementaire pour un K_{ow} de 10^9 (Figure 2). En effet, une forte lipophilie réduit l'absorption du contaminant et son transfert vers l'organisme (McLachlan, 1994). Le BTF augmente de 2,3 pour EM+ à 4,8 pour EM- pour un K_{ow} de 10^5 ; une gamme fidèle aux BTF expérimentaux des PCB persistants (Driesen *et al.*, 2019). Lors de la décontamination, la $\frac{1}{2}$ vie d'un contaminant de $K_{ow} 10^5$ est plus courte pour EM+ (140 j) que pour EM- (281 j).

CONCLUSION

Ces résultats suggèrent des effets importants de l'intensité de croissance sur les paramètres de transfert et de décontamination de contaminants lipophiles aux propriétés variables. Le développement de ce modèle mécaniste se poursuit actuellement afin d'explorer l'interaction complexe entre les propriétés du contaminant et la physiologie animale. Une fois ses capacités prédictives évaluées en comparaison d'observations biologiques, ce modèle pourra être mis à profit afin d'identifier et prévenir les situations à risque et d'anticiper les cinétiques de décontamination en cas d'expositions accidentelles aux contaminants lipophiles et ainsi améliorer la sécurité sanitaire de la viande et des produits carnés.

BVL, 2016. Report 12.4, 62-65. <https://www.bvl.bund.de/>

Driesen C. *et al.*, 2019. Orga. Comp., 81, 128-131

Hoch, T., Agabriel, J., 2004. Agri. Syst., 81, 1-15

INRA, 2018. Wageningen Academic Publisher, Wageningen, 640 pp

Lerch, S. *et al.*, 2018. 3R, 24, 425

McLachlan, M.S., 1994. Environ. Sci. Technol., 28, 2407-2414

Zenegg, M., 2018. Chimia, 72, 690-696

1

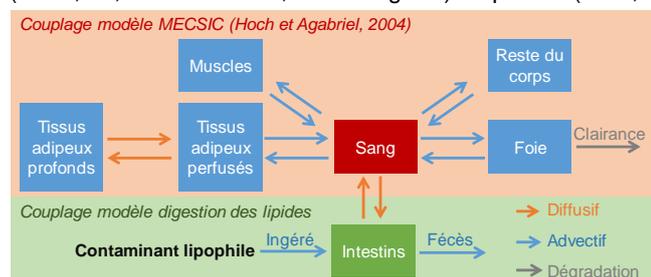


Figure 1 : Modèle mécaniste du transfert des contaminants lipophiles chez le bovin en croissance et son couplage aux modèles de digestion des lipides et de croissance (MECSIC)

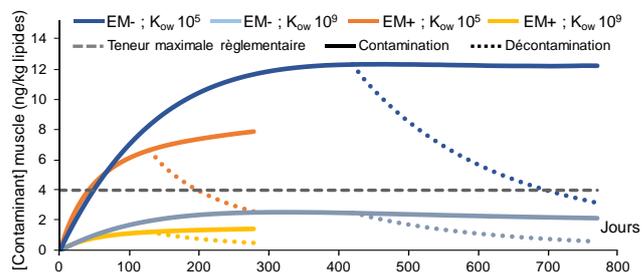


Figure 2 : Cinétiques des concentrations de contaminants lipophiles métabolisés en fonction de leur lipophilie (K_{ow}) pour une ration riche (EM+) ou pauvre (EM-) en énergie de 200 à 600 kg de poids vif