

## MODÉLISATION DES RELATIONS ENTRE L'ALIMENTATION ET LES FLUX SPLANCHNIQUES DE NUTRIMENTS ENERGETIQUES CHEZ LE RUMINANT<sup>1</sup>

par Christelle Loncke

Jeanne Grosclaude<sup>2</sup> – Cette thèse s'inscrit dans l'évolution permanente des « Tables d'alimentation de l'INRA » qui servent de référence depuis des décennies à la définition des rations pour animaux, notamment pour Ruminants, dans un souci d'amélioration de leur productivité.

Le principe d'origine des Tables est de déduire de la composition chimique des aliments l'apport potentiel en énergie et en « azote » en fonction de la ration ingérée par l'animal, et de l'ajuster aux besoins de celui-ci en fonction de son état physiologique et de son « potentiel génétique » (croissance, gestation, lactation, etc.). Il est tenu compte de la « digestibilité » des divers aliments, c'est-à-dire de l'aptitude du rumen et de l'intestin à transformer les rations brutes en nutriments absorbables par les muqueuses actives de l'axe gastro-intestinal. Un ensemble de recommandations alimentaires peut être ainsi formalisé.

Ce système a évolué en premier lieu sous la pression de la prise en considération de nouvelles demandes : exigence de qualité des produits animaux (composition corporelle, composition du lait, etc...), de réduction des rejets animaux et de leur impact sur l'environnement, de respect du bien-être et de la santé des animaux. Cette vision « systémique » de l'alimentation a été théorisée en une « loi de réponse multiple aux variations de régime » par D. Sauvant.

En second lieu, la progression des connaissances, des techniques de multicathétérisme et des techniques d'analyse biochimique des nutriments circulants a orienté les bases mêmes d'évaluation des aliments vers le bilan réel des nutriments mis à disposition de l'organisme après leur absorption et les transformations liées à leur passage dans les cellules épithéliales de l'appareil digestif.

Une abondante littérature a décrit l'impact de tel régime sur les niveaux circulants entre système d'absorption et foie, c'est-à-dire dans le système vasculaire porte qui draine l'ensemble des niveaux de l'appareil digestif. L'étude du « rendement » de la centrale de transformation hépatique, par l'analyse des flux de nutriments efférents du foie, a permis d'accéder aux nutriments réellement mis à disposition des divers organes de l'animal via l'ensemble des vaisseaux splanchniques, c'est-à-dire les artères irriguant les viscères.

Enfin, une meilleure connaissance du fonctionnement des communautés de bactéries, protozoaires, champignons qui peuplent le rumen a permis de quantifier le prélèvement par les populations ruminales, notamment énergétique, effectué sur la ration ingérée pour l'entretien de ces auxiliaires essentiels.

Au moment de l'initiation du travail de thèse deux rénovations ont modernisé les tables (2002 et 2007) pour tenir compte de la nature et de la quantité des produits terminaux de la digestion. L'objectif de la thèse est de franchir une étape de plus : prédire la quantité et la nature des nutriments

---

<sup>1</sup> Soutenue le 15 Décembre 2009 pour obtenir le titre de Docteur de l'Institut des sciences et industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParis Tech).

<sup>2</sup> Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, directeur de recherche honoraire de l'Institut national de la recherche agronomique.

*effectivement mis à disposition de l'organisme, au niveau du système porte et à celui des nutriments disponibles pour les tissus périphériques.*

L'exercice a porté sur *l'alimentation énergétique des ruminants* en tenant compte des diverses catégories d'animaux concernés, et en visant la définition de « prédicteurs » simples à déterminer à partir de la composition chimique des aliments et de l'état physiologique des animaux pour permettre leur utilisation en rationnement compatible avec le système INRA mais aussi avec le système du NRC (anglo-saxon).

Le parti a été pris d'exploiter les expérimentations déjà publiées et ordonnées dans une base de données « FLORA » (Flux of nutrients across tissues and Organs in Ruminant Animals), constituée par l'équipe d'accueil en 2006 et en permanente remise à jour, soit plus de 250 publications traitant des flux de nutriments dans l'aire splanchnique des ruminants avec indication du régime alimentaire et d'éventuelles variations de régime.

**Le travail de thèse proprement dit** a consisté à réaliser une mise en cohérence de toutes ces données dans une démarche de méta-analyse afin de *mettre en évidence des lois de réponse* des flux de nutriments énergétiques sanguins dans l'ensemble splanchnique aux variations de régime : la première étape a concerné *la prédiction* de l'apparition *en veine porte* des nutriments énergétiques hydrosolubles en fonction des régimes caractérisés par les tables INRA ; la deuxième étape a conduit à *établir des modèles* permettant de prédire l'émission *splanchnique* correspondante, en tenant compte non seulement de la nature des régimes mais aussi des caractéristiques des animaux.

**Au plan de la démarche méthodologique**, la doctorante a dû conjuguer des capacités d'analyse au niveau nutritionnel, anatomique et physiologique d'un ensemble encyclopédique multi-espèces, multi-techniques et arbitrer entre des présentations de composition chimique des régimes alimentaires en les convertissant dans le système de référence des tables INRA. Une conversion similaire en un langage commun a dû être réalisée concernant les besoins nutritionnels des animaux.

La doctorante a contribué à *améliorer les méthodes de la méta-analyse* sur un ensemble bibliographique, jusqu'alors surtout pratiquée en médecine où l'expérimentation par grands lots est impossible et où l'analyse des cas isolés tient lieu de donnée expérimentale : codage, puis analyses statistiques des données homogénéisées par visualisation graphique et application de critères statistiques, choix de prédicteurs permettant d'établir une loi de réponse. Ce travail mathématique et statistique a été assumé avec autant de compétence que sur les domaines nutritionnel, biochimique et physiologique, **ce qui prouve la multicom pétence de la doctorante.**

### **Les résultats**

La doctorante a démontré la pleine réussite de ses modèles pour la prédiction de l'apparition nette en veine porte des acides gras volatils, du glucose, de l'hydroxybutyrate et du L-lactate et a contribué à faire évoluer le concept antérieur d'énergie métabolisable. Elle a de plus démontré que ses modèles, issus du système INRA, s'appliquent aux prédictions sur la base du système américain du NRC, attestant de leur exactitude et de leur universalité. Les résultats sur l'aire splanchnique, moins complets compte-tenu de la durée de la thèse, sont prometteurs et ouvrent la voie à la poursuite de ce travail.

Le chapitre « Discussion générale » du document écrit est révélateur des qualités de synthèse et de critique de la doctorante ; la discussion sur la méta-analyse est particulièrement pédagogique pour les lecteurs peu familiers de cette approche (ou sceptiques...) *pour valoriser un grand nombre de données et les mettre en perspective afin de faire avancer significativement les connaissances produites par un monde académique trop épars.*

### **La diffusion des résultats**

Compte tenu de l'importance de ces résultats pour la profession, le choix des les diffuser non seulement par publication académique (deux acceptées, deux en préparation) mais aussi par de

multiples communications orales lors de congrès ou journées ouvertes au-delà des cénacles de spécialistes, françaises ou internationales, est **particulièrement opportun**.

### **Les perspectives**

Les pistes discutées pour élargir le domaine de validité des modèles ouvrent leur extension à des régimes alimentaires renouvelés, compte tenu de l'évolution des modes d'élevage, des marchés de fourniture des aliments : *le produit de cette thèse est donc un outil extrêmement polyvalent, qui s'inscrit dans la continuité entre les connaissances capitalisées auparavant et les évolutions futures des systèmes d'élevage et d'alimentation, y compris au plan mondial.*

*La section 3 a voulu reconnaître, en attribuant la médaille d'argent à cette thèse, l'ensemble des qualités pluridisciplinaires de la doctorante, et la réussite dans la mise au point de modèles qui seront déterminants pour l'évolution des tables de recommandations alimentaires de l'INRA et leur articulation avec les autres systèmes mondiaux de référence.*