



La modélisation à L'Institut de l'Élevage

○ Quels sont les thèmes sur lesquels des outils de modélisation sont mobilisés ?

L'Institut de l'Élevage utilise les outils de modélisation dans les domaines suivants :

- *L'évaluation des impacts environnementaux*
L'Institut de l'Élevage, l'INRA (UMR PL et UMR SENAH) et l'IFIP ont développé un outil de simulation des impacts environnementaux des exploitations laitières et/ou porcines : MELODIE. L'objectif de ce modèle est de simuler en dynamique, sur un pas de temps long, les flux d'éléments (C, N, P, K, Cu, Zn) vers l'eau, l'air et le sol. Il permet d'évaluer *ex ante* et en multicritères des stratégies de production en relation avec la variabilité climatique. Cet outil offre de nombreuses possibilités d'utilisation pour la recherche et le développement. Des champs difficilement accessibles par l'expérimentation pourront être étudiés (effet long terme, variabilité des conditions pédoclimatiques) associés à des scénarios trop prospectifs pour être mis en application sur le terrain. Il servira à terme à l'étude de l'impact sur l'environnement de systèmes d'exploitation innovants suivis sur des longues périodes (20 à 30 ans).
- *La conduite de systèmes laitiers :*
Un travail de thèse en cours a pour objectif l'élaboration d'un modèle stochastique dynamique individus-centrés afin d'étudier les conséquences des pratiques d'élevage sur le fonctionnement et les productions d'un troupeau laitier. Ce modèle pourra conduire à terme à la production d'outils d'aide à la décision dans les choix de conduite des systèmes laitiers afin d'accroître les capacités d'anticipation pour répondre aux attentes des éleveurs et des transformateurs. Ce travail est mené au sein de l'équipe système laitier de l'UMR PL dans le cadre de l'Unité Mixte Technologique « Recherche et Innovation en Elevage laitier » RIEL associant l'INRA et l'Institut de l'Élevage.
- *L'élaboration de références technico-économiques de systèmes d'élevages*
L'Institut de l'Élevage a conçu un outil de simulation OSMOSE qui permet de formaliser la connaissance acquise sur le fonctionnement des élevages suivis dans les réseaux d'élevages et d'harmoniser l'élaboration de références technico-économiques par l'intermédiaire de la production de cas-types. Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'animation du dispositif des Réseaux d'Élevage pour le conseil et la prospective (RECP) mené en partenariat avec l'APCA et les chambres

d'agriculture. Il sera utilisé par les ingénieurs de l'Institut de l'Élevage et par les ingénieurs départementaux des réseaux. Il fournira des références à destination des éleveurs et permettra de réaliser des études d'impact de modifications d'itinéraires techniques, de conjonctures économiques particulières à destination des pouvoirs publics ou des fédérations professionnelles.

- *La conduite de troupeaux caprins laitiers (ATEC)*
Un modèle de simulation empirique de prévision de la production laitière d'un troupeau caprin réparti selon différents lots d'animaux a été développé à partir d'un référentiel de courbes de lactation. Ce produit destiné aux techniciens du Contrôle Laitier Caprin permettra un ajustement de la production aux contraintes de gestion (livraison ou transformation du lait) tout en offrant une gestion plus souple de la conduite des lots par la sortie d'animaux en cours de lactation et le contrôle des lactations longues.

Zoom : Melodie et expérimentation virtuelle

Un outil de modélisation tel que MELODIE permet la réalisation de simulations planifiées afin d'évaluer l'impact environnemental de systèmes de production dans des conditions contrôlées. Ces expérimentations virtuelles fournissent des résultats difficiles à obtenir dans le cadre des expérimentations terrain.

Premières applications :

Deux types de systèmes fourragers {« Maïs », « Herbe »} associés à trois niveaux de concentrés {« Haut », « Moyen », « Bas »} ont fait l'objet de simulations afin de relier le bilan de l'azote aux pertes environnementales. Le potentiel génétique du troupeau a été fixé à 40 kg/j au pic de lactation (multipares), 30 kg/j (primipares). Les effectifs d'animaux ont été simulés quotidiennement à l'aide du modèle GEDEMO avec des taux de renouvellement respectivement de 35% et 30%. Les rendements moyens ont été simulés par STICS en utilisant les séries climatiques du Rheu entre 1983 et 2006.

Les simulations sur le long terme ont permis de mettre en évidence une variabilité intra-système, sur le bilan et le lessivage de l'azote, plus importante que la variabilité inter-systèmes en raison d'une forte variabilité interannuelle. Elles confirment également le lien entre l'excédent du bilan, le stock d'azote organique dans le sol et le lessivage en relation avec la variabilité interannuelle.

Les plans d'expérience pourront être complétés en intégrant des répétitions intra-système et année de sorte à disposer d'une variance intra-système ajustée des effets annuels.

Partenaires : INRA UMR PL

Contact : Christelle Raison, Institut de l'Élevage
christelle.raison@inst-elevage.asso.fr

○ Quels types de modélisation ?

Les approches sont diverses, modélisation systémique (au niveau de l'exploitation considérée en tant que système), modèles individus-centrés, modèles statistiques mais également des modèles de simulation empiriques et de la formalisation de connaissances.

Zoom : Evaluation environnementale multicritères et analyse d'incertitude

L'utilisation de modèles suppose de bien connaître le niveau de précision de leurs prédictions. Un travail va être mené dans le cadre de trois projets CASDAR conduits à l'Institut de l'Élevage, sur l'évaluation des impacts environnemental des systèmes de production animale, mesurés, à partir de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), à l'échelle de l'exploitation agricole.

Ces sources d'incertitude proviennent des données brutes, des facteurs d'émission et de conversion des données d'activité en quantités de polluants ainsi que des facteurs de caractérisation permettant de convertir les quantités de polluants en quantification d'impact (équivalent CO₂).

La variabilité sur les différentes sources d'incertitude sera estimée par générations selon des lois de probabilité (méthode de Monte Carlo) et une analyse de sensibilité permettra de mesurer la contribution de l'incertitude de chacune des sources à l'incertitude globale du système.

- Dans un premier temps les estimations porteront sur les niveaux d'erreur des émissions de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, CH₄).

- Dans un second temps des estimations d'erreur seraient calculées au niveau de l'exploitation sur des indicateurs d'impacts de pratiques agricoles (eutrophisation, acidification, toxicité terrestre, énergie, occupation des surfaces).

Partenaires : Les chambres d'agricultures, INRA (UMR PL, UMR SAS, UMR EGC)

Contacts : Christelle Raison

christelle.raison@inst-elevage.asso.fr

Jérôme Pavie

jerome.pavie@inst-elevage.asso.fr

Roger Palazon

roger.palazon@inst-elevage.asso.fr

○ Comment est organisé le travail de modélisation ?

Les travaux de modélisation ayant trait à la conduite des troupeaux bovins laitiers dans le système « Exploitation » et à son impact sur l'environnement sont menés en étroite collaboration avec l'UMR PL de l'INRA dans le cadre de l'UMT RIEL ainsi qu'avec l'UMR SENAH. L'UR BIA a également apporté son soutien pour les aspects conceptuels de simulation des systèmes pilotés. Les outils OSMOSE et ATEC ont été développés en interne. Les travaux sont menés par les différentes équipes de projets avec des sollicitations, le cas échéant, auprès du Service Biométrie de l'Institut sur des aspects statistiques. Certains ingénieurs ont également suivi les formations de modélisation proposées par le club de modélisation INRA-ACTA-ICTA.

○ Quelles sont les grandes attentes vis-à-vis de la modélisation ?

La modélisation offre des perspectives très prometteuses notamment pour étudier l'impact de conduites innovantes sur du long terme impossibles à tester avec l'outil expérimental classique (MELODIE). A ce titre la planification d'expérimentations virtuelles basées sur l'utilisation d'un modèle permet d'accumuler des références à moindre coûts. Elle permet également de formaliser et structurer la connaissance et de rationaliser ainsi la production de références (OSMOSE). C'est enfin un outil d'aide à la décision permettant des choix raisonnés entre différentes conduites ou itinéraires techniques (ATEC).

Zoom : La modélisation du fonctionnement d'un troupeau laitier

Ce modèle en cours de développement est un modèle individu-centré basé sur un module « lactation » qui simulera sur le long terme les performances d'un animal en fonction de son type génétique et des décisions de conduite et d'un module « troupeau piloté » intégrant la gestion des animaux non productifs (vaches tarées, génisses).

Le premier module, basé en partie sur le modèle d'évaluation génétique développé à Jouy, permet d'intégrer des facteurs liés à la vache (race, numéro de lactation, âge au vêlage) et à la gestion de la reproduction (mois de vêlage, durée de tarissement) pour estimer la quantité et la composition du lait potentiel moyen produit par une vache. Le lait potentiel est ensuite intégré dans un modèle de lactation plus large qui prend en compte l'effet de l'alimentation et gère la répartition des nutriments entre les différentes fonctions de l'animal.

Les premières simulations permettront d'évaluer le modèle sur des situations connues pour vérifier la cohérence du modèle d'action.

A terme, le modèle permettra de comparer différents systèmes d'élevage laitiers et de tester l'importance de différentes règles de décision sur le comportement du troupeau laitier.

Partenaires : INRA UMR PL, UMR BIA

Contacts : Laure Brun-Lafleur (doctorante)

laure.brun-lafleur@inst-elevage.asso.fr

Valérie Brocard

valerie.brocard@inst-elevage.asso.fr

○ Quelle est la stratégie de diffusion des outils ou des résultats de modélisation vers le conseil, les éleveurs ?

Les outils de modélisation sont principalement des outils de recherche sur la conduite des systèmes de production. Le produit ATEC est le seul à s'inscrire dans une démarche d'aide au conseil vis-à-vis des techniciens chargés de l'appui technique auprès des éleveurs caprins. Certains modèles devraient toutefois déboucher à terme sur des outils de conseil opérationnels pour les techniciens.

Rédaction et contacts:

Carlos Lopez (IE), carlos.lopez@inst-elevage.asso.fr

François Brun (ACTA), francois.brun@acta.asso.fr

Information sur le RMT modélisation : www.modelia.org