

INNOVER POUR AMELIORER LA DURABILITE DES SYSTEMES DE PRODUCTION AVICOLES PROGRAMME DE L'UMT BIRD 2006-2010

**Bouvarel Isabelle¹, Arnould Cécile², Baéza Elisabeth³, Bignon Laure¹, Gigaud Vérane¹,
Guémené Daniel³, Jondreville Catherine⁴, Le Bihan-Duval Elisabeth³, Lescoat Philippe³,
Lessire Michel³, Leterrier Christine², Nys Yves³, Travel Angélique¹, Duclos Michel J.³,
Berri Cécile³**

¹*ITAVI – Centre INRA de Tours – 37380 NOUZILLY,*

²*INRA, UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, CNRS, Haras
Nationaux - 37380 NOUZILLY,*

³*INRA, UR83 Recherches Avicoles – 37380 NOUZILLY*

⁴*INRA, Nancy Université, USC 340 Animal et Fonctionnalités des Produits Animaux, 54500
VANDOEUVRE-LES-NANCY
bouvarel.itavi@tours.inra.fr*

RÉSUMÉ

L'UMT permet d'organiser sur le moyen terme (5 ans) et sur un même lieu, un partenariat entre un institut technique et un organisme de recherche publique. Cette synthèse a pour objectif de présenter les avancées obtenues depuis 2006 par l'UMT BIRD, créée à Nouzilly entre l'INRA et l'ITAVI. Le programme de l'UMT BIRD porte sur la conception et la promotion de systèmes de production avicole innovants, adaptés aux besoins du marché, viables économiquement, respectueux de l'environnement et répondant à la demande des citoyens et consommateurs. Les recherches en alimentation ont montré le rôle important des caractéristiques visuelles et tactiles des aliments sur le comportement alimentaire. Les nouveaux outils proposés permettront à l'avenir de mieux caractériser les aliments et d'établir des recommandations. Par ailleurs, différents systèmes d'alimentation ont été explorés et promettent des perspectives de développement intéressantes. Concernant le bien-être animal, le travail a permis notamment de mieux appréhender les facteurs d'apparition des lésions cutanées chez le poulet de chair. En matière de qualité des produits, un état des lieux des problèmes de qualité de viande observés dans les abattoirs français a été effectué et différentes stratégies proposées pour améliorer les caractéristiques nutritionnelles, de présentation et technologiques des produits carnés. L'incidence de différents contaminants rémanents de l'environnement (pesticides, produits industriels,...) sur la qualité sanitaire des œufs a été étudiée en lien avec le mode de production. A terme, il s'agira de développer une nouvelle approche permettant l'intégration de ces recherches dans une évaluation multicritères des systèmes prenant en compte les différents aspects de la durabilité des systèmes de production.

ABSTRACT

Innovation to improve the sustainability of poultry production systems: Program of the Joint Research and Development Unit BIRD

The Joint Research and Development Unit BIRD organize in the same place the medium term (5 years) partnership between a technical institute (ITAVI) and a public research organization (INRA). This review aims to present the advances achieved by BIRD since 2006 on the site of Nouzilly. The BIRD program focuses on the design and promotion of innovative poultry production systems, adapted to demands of the market and citizen, which are economically viable and environmentally friendly. With regard to feeding, research has identified the important role of sensorial characteristics of feed and its impact on animal feeding behaviour. New feeding programs have been developed to optimize technical and economic performance. Concerning animal welfare, work has led to the understanding of factors of onset of skin lesions in broilers. In terms of quality, an inventory of meat quality defects occurring in slaughter plants has been made and strategies proposed to improve the nutritional, presentation and functional characteristics of meat products. The impact of different environmental persistent contaminants (pesticides, industrial products ...) on egg quality was evaluated in relation with production system. A growing awareness of the three issues involved in sustainable development now underlies our work but methodological adjustments are still required.

INTRODUCTION

L'UMT BIRD fait partie des premières Unités Mixtes Technologiques créées en 2006 sous l'impulsion du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche. Cette UMT a permis d'organiser sur le moyen terme (5 ans) et sur un même lieu à Nouzilly, un partenariat entre un institut technique, l'ITAVI et un organisme de recherche, l'INRA.

Le programme de l'UMT BIRD porte sur la conception et la promotion de systèmes de production avicole innovants, adaptés aux besoins du marché, viables économiquement, respectueux de l'environnement et répondant à la demande des citoyens et consommateurs. Il intègre plus particulièrement l'adaptation des souches aviaires, l'alimentation, le bien-être animal et la qualité des produits. Il mobilise au total actuellement l'équivalent de 10 temps plein.

Chaque tâche est réalisée de manière partagée entre les deux structures. La mutualisation des moyens permet un élargissement des réseaux des uns et des autres, propices à une démarche intégrée, avec également une intervention plus fréquente des agents de développement. Le partage des bases de données scientifiques et techniques en conditions de production est un élément qui détermine particulièrement la richesse de la collaboration.

Cette synthèse a pour vocation de présenter globalement les résultats des différents travaux réalisés dans le cadre de l'UMT BIRD depuis sa création en 2006 dans les domaines de l'alimentation, du bien-être animal, des systèmes de production et de la qualité des produits.

1. ALIMENTATION

L'alimentation des volailles est un facteur conditionnant fortement la durabilité des filières, d'un point de vue économique (représentant environ 60% des coûts de production), social (participant à la production d'animaux sains, au bien-être animal et à la création d'emplois) et environnemental (utilisation de terres agricoles et des rejets des animaux). L'amélioration de l'efficacité de transformation des ressources végétales par les animaux apparaît notamment comme un élément fort pour la pérennité des filières. Les travaux développés ont donc pour objectif de proposer des systèmes d'alimentation innovants, mettant en œuvre des évolutions, ou des ruptures, techniques.

Les activités développées en matière d'alimentation s'articulent autour de trois axes majeurs : l'ingestion, la valorisation des matières premières et les systèmes d'alimentation, auxquels s'ajoute une démarche d'évaluation de la durabilité.

1.1. Ingestion

Un premier travail est réalisé sur l'ingestion, qui est une source importante de variation de la croissance

des animaux, mais difficile à appréhender expérimentalement. Notamment, de nombreux cas de refus alimentaires ou de baisse de consommation survenant au moment de changements de lots de fabrication d'aliments sont constatés en élevage de volailles. Ces réactions interviennent sur un pas de temps court, ce qui semble impliquer les caractéristiques visuelles et tactiles de l'aliment perçues par les animaux.

Le projet VISAVI (ANR 2008-2010, CIDEF, CIP) réalisé avec l'Université Paris Descartes, Tecaliman et huit partenaires industriels, cherche à résoudre ces problèmes de transition en essayant de définir des descripteurs des aliments permettant de faire le lien avec le comportement alimentaire des volailles lors des transitions alimentaires.

→ *Recherche de nouveaux descripteurs des aliments*

Peu de descripteurs physiques des aliments sont disponibles : la granulométrie et la durabilité sont les principales mesures réalisées en usine. Néanmoins ces critères ne permettent pas toujours d'expliquer les problèmes de refus observés en élevage. D'autres descripteurs doivent être définis. Le travail a consisté à chercher des descripteurs visuels et tactiles rendant compte de ce que perçoivent les volailles. La vision des oiseaux est en effet différente de celle des mammifères (vision focale précise des particules, longueur spectrale) et leur toucher (par l'intermédiaire du bec) est très sensible.

De nouveaux descripteurs relatifs à l'« aspect » et au « toucher » des particules sont ainsi proposés. Ces descripteurs sont dans la mesure du possible perceptuels, c'est-à-dire compréhensibles pour l'homme. Ainsi, des descripteurs issus de l'analyse d'images permettent de décrire l'aspect des granulés (forme, couleur et texture). Des descripteurs mesurés par compression à l'aide d'une machine d'essai permettent de mieux caractériser les particules d'un point de vue rhéologique.

→ *Etude du comportement alimentaire des volailles et relations avec les caractéristiques physiques des aliments*

Les modifications comportementales au moment des transitions alimentaires sont rapides et de ce fait difficiles à examiner avec les outils classiques, comme les mesures de consommation quotidiennes. Les modifications comportementales observées au moment de changements d'aliment ont été observées en conditions de terrain (une 50^{aine} de transitions en dindes, poulets et pintades) et plus finement en conditions expérimentales. Les études réalisées en élevage ont permis de caractériser, grâce à des mesures fines (focal sampling), les modifications du comportement des animaux au moment des transitions alimentaires (pas de temps <1h). Le changement de forme de l'aliment, étudié chez la dinde et la pintade, suscite les réactions les plus importantes : les volailles augmentent leur temps passé à observer l'aliment au

détriment du picorage. Cette modification fait appel à la fois aux capacités visuelles et tactiles des volailles. Des modifications de rigidité (tactile) des granulés entraînent aussi des réactions. Il n'a pas été fait de démonstration claire de l'effet de modifications de couleur (visuel) sur ces réactions, probablement du fait d'environnements lumineux différents entre élevages brouillant ces effets. Par ailleurs, une équation de prédiction a été établie pour la dinde, afin de relier la baisse de consommation à ces modifications comportementales.

Les relations entre les réactions comportementales et les caractéristiques physiques des aliments ont ensuite été recherchées. Différents facteurs explicatifs apparaissent : les transitions avec changement de forme de l'aliment (miettes-granulés ou farine) entraînent des modifications comportementales importantes. Un deuxième facteur important est relatif à la variation de dureté des aliments, le critère de dureté le plus pertinent étant la mesure de « rigidité » des particules. Le troisième facteur est relatif à la couleur et à la texture des aliments : chez la dinde, le changement de teinte (du rouge vers le vert) lors de la transition alimentaire réduit les comportements ingestifs, ainsi que l'augmentation du nombre de motifs sombres à la surface du granulé, les valeurs obtenues dépendant principalement de la formulation de l'aliment et de la finesse du broyage.

D'autres travaux ont permis d'étudier l'effet de l'expérience sur la réaction des dindonneaux au moment des transitions alimentaires (Lecuelle, 2011). La pratique de changements réguliers d'aliments (alternance hebdomadaire d'aliments colorés) limite la baisse d'ingestion lors d'une transition alimentaire avec un aliment de couleur inconnue. L'expérience alimentaire limite ainsi les réactions des volailles aux contrastes physiques des aliments.

Ainsi, les nouveaux descripteurs envisagés obtenus à l'aide de l'analyse d'image (couleur, texture) et rhéologique sont pertinents car ils permettent d'expliquer la réaction des dindonneaux face à un nouvel aliment. Il apparaît que les animaux réagissent toujours en fonction du contraste entre les caractéristiques du nouvel aliment et celles de l'aliment qui était connu, tout d'abord visuelles puis tactiles. La réaction est fonction du degré du contraste, l'expérience alimentaire étant capable de réduire, voire même d'annuler ces effets. Deux solutions peuvent ainsi être envisagées pour réduire la néophobie des volailles : réduire les contrastes en assurant une continuité sensorielle aux volailles ou augmenter la diversité en distribuant des aliments aux caractéristiques sensorielles variées.

Ce projet met ainsi à disposition de nouveaux outils d'acquisition de données (images, rhéologie). Le travail mérite maintenant d'être consolidé à l'aide d'une plus large base de données afin de pouvoir établir des recommandations. A l'avenir, la prise en compte de la sensorialité des aliments et des capacités d'apprentissage des volailles, constituera un challenge

ambitieux pour les nutritionnistes pour améliorer la durabilité de la production.

1.2. Valorisation des matières premières

Une étude a été réalisée en 2007-2008 avec l'ONIDOL et le CETIOM concernant l'utilisation du tourteau de colza gras, coproduit de la production d'huile végétale pure dont l'utilisation est autorisée comme carburant agricole. Les graines triturées à façon ou en conditions semi-industrielles par simple pressage donnent un tourteau dont la teneur en huile est variable et sa valeur nutritionnelle pour les volailles est mal connue. Deux séries d'essais ont été réalisées afin de (1) mesurer chez le poulet la digestibilité de 5 tourteaux de colza dont la teneur en lipides variait de 2,8 à 26,1%, obtenus soit par un procédé classique d'extraction au solvant soit par simple pressage, et (2) tester sur un grand nombre de poulets lourds, les possibilités d'utiliser différents tourteaux de colza (industriel, semi-industriel et artisanal) à des niveaux significatifs (10 et 20%) pour se substituer au tourteau de soja.

Les valeurs de digestibilité de l'énergie obtenues pour les tourteaux sont proportionnelles à la teneur en lipides résiduels. Des équations établies pour le poulet et le coq permettent de prédire la valeur énergétique du tourteau en fonction de sa teneur en matière grasse. Les trois tourteaux de colza incorporés à 10% conduisent à des performances similaires, et légèrement inférieures au soja. A la dose la plus élevée (20%), les performances sont moins dégradées avec les tourteaux gras qu'avec le tourteau de colza industriel, malgré des teneurs en glucosinolates plus élevées et une hypertrophie thyroïdienne plus sévère. De plus, la composition corporelle n'est pas modifiée par l'utilisation des tourteaux gras, l'engraissement est même légèrement diminué.

1.3. Systèmes d'alimentation

Classiquement, les volailles reçoivent un aliment unique adapté à leur stade physiologique. La gestion d'un régime alimentaire complexe est un outil qui reste encore assez peu exploré à ce jour, dans les conditions de l'élevage actuel. D'autres techniques de distribution de l'aliment sont possibles, permettant non pas de distribuer « un » aliment mais « des » aliments : en mélange, en libre-choix ou en séquentiel. Différents systèmes d'alimentation ont fait l'objet de deux programmes de travail, l'un portant sur le poulet de chair et l'autre sur la poule pondeuse.

→ **Concernant le poulet de chair**, la technique de l'**alimentation séquentielle** a été étudiée (2005-2008) dans l'objectif est de diminuer le coût alimentaire (partenaires : Arvalis Institut du Végétal, ONIDOL, INZO°). Elle consistait à distribuer alternativement aux animaux un jour sur deux, deux aliments de caractéristiques différentes (énergie, protéine). Des

précédents travaux avaient montré sa faisabilité avec l'utilisation de blé entier et d'un complémentaire ou de deux aliments variant par leurs caractéristiques énergétique et protéique. Plusieurs travaux ont permis de mieux comprendre comment les poulets soumis à ce mode de distribution adaptent leur ingestion et leur métabolisme. Une fois appréhendées les limites de la technique, ce travail a permis d'évaluer sa faisabilité technique et son intérêt économique en jouant sur la composition en matières premières.

- Facteurs de variation de l'ingestion

Un développement du travail dans le cadre d'une thèse (Bouvarel, 2009) a permis de mieux comprendre les facteurs de variation de l'ingestion du poulet en pratiquant l'alimentation séquentielle. La prise alimentaire dépend d'un ensemble de phénomènes complexes qui mettent en jeu à long terme des processus métaboliques en lien avec la régulation de la balance énergétique et à court terme la perception sensorielle de l'aliment par l'animal et ses préférences. En situation d'alimentation séquentielle, les animaux voient d'une part leur état métabolique modifié d'un jour à l'autre et font d'autre part connaissance avec deux aliments. Les poulets modifient d'un jour à l'autre leur ingestion avec un risque de déséquilibre, en surconsommant l'aliment riche en énergie et pauvre en protéine, et inversement. Nous avons cherché à comprendre quels étaient les effets respectifs des teneurs en énergie et en protéine, sur l'ingestion étudiée à différentes échelles de temps. Les résultats indiquent qu'à court (heure) et moyen (jour) termes, le choix est guidé par les caractéristiques sensorielles des aliments énergétiques, après un processus d'apprentissage de quelques cycles. Ceci aboutit tout de même à un équilibre énergétique, mais seulement à l'échelle du cycle de distribution (48 h). Les poulets n'adaptent pas à court terme leur ingestion en fonction de la teneur en protéines de l'aliment mais à moyen terme après une longue période (semaine), la durée d'apprentissage étant certainement plus longue que pour la teneur énergétique. Les poulets n'expriment d'ailleurs pas de préférence alimentaire vis à vis de la teneur en protéines de l'aliment. Par ailleurs, les animaux élevés en groupe expriment de manière beaucoup plus marquée des modifications de consommation d'un jour à l'autre.

- Régulation du métabolisme à court terme

Un autre volet du travail a permis de mieux connaître la régulation à court terme du métabolisme protéique et énergétique du poulet (régulation en fonction de l'aliment consommé), dans le but d'optimiser les apports alimentaires en protéines et en énergie au cours du temps. Ce travail a montré l'existence au cours de l'alimentation séquentielle d'adaptations métaboliques au niveau de l'utilisation ou du stockage des nutriments (variation de l'équilibre protéosynthèse/protéolyse, modification de la

lipogenèse et de l'utilisation des nutriments énergétiques). Ces mécanismes d'adaptation nutritionnelle permettent certainement au poulet de chair de valoriser des régimes déséquilibrés (aucun des aliments testés ne serait utilisé efficacement s'il était donné seul) et de satisfaire les besoins nutritionnels nécessaires à sa croissance sur le long terme.

- Des pistes de réduction du coût alimentaire

Le dernier volet du travail a consisté à étudier les pistes de réduction du coût alimentaire. L'alimentation séquentielle peut permettre de réduire le coût des aliments grâce à l'introduction de matières premières moins concentrées en énergie et protéines par rapport respectivement aux céréales et au soja : il s'agit de la féverole et des coproduits de biocarburant comme le tourteau de colza gras et la drêche de blé. Les performances de croissance de poulets recevant un jour sur deux un aliment (riche en protéines et bas en énergie) contenant des teneurs élevées en colza, féverole ou drêche de blé, en alternance avec un aliment riche en énergie et pauvre en protéines sont comparables à celles obtenues avec une alimentation complète, lorsque la valeur nutritionnelle de ces nouvelles matières premières est bien connue (ce qui n'était pas le cas pour les drêches). L'intérêt économique de l'alimentation séquentielle dépend directement du rapport de prix entre le soja et les céréales, l'intérêt étant plus important lorsque leur prix respectif se rapproche. Pour les conjonctures testées (2006), le gain sur le prix de l'aliment, de l'ordre de 1 à 2%, reste toutefois faible au regard de la logistique à mettre en place.

→ **Concernant la poule pondeuse**, l'utilisation de **céréales entières** sans transport ni transformation pourrait se présenter comme une solution efficace pour baisser le coût alimentaire et réduire les impacts environnementaux. Différents travaux ont été menés depuis 2006 en station expérimentale pour tester l'intérêt d'un mélange et d'une alimentation séquentielle à base de blé et d'un aliment complémentaire (Umar Faruk, 2010, partenaire : INZO°). Du blé entier était distribué aux poules en distribution séquentielle (blé le matin et complémentaire l'après-midi) ou en mélange à raison de 50% de la ration sur une période de six mois. Il en ressort, comme pour les volailles de chair, une forte plasticité métabolique. La distribution séquentielle montre tout son intérêt, l'efficacité alimentaire étant notablement améliorée (-0,1 sur l'IC) avec une production d'œufs comparable et un poids légèrement affaibli (100g, -5,5%) (semaines 19 à 46). Cette technique a été élargie à d'autres situations que le blé entier avec notamment l'utilisation d'un aliment « matin » énergétique et d'un aliment « après-midi » protéique. Les résultats confirment que l'alimentation séquentielle permet une amélioration de l'efficacité alimentaire sans modification de la production

d'œufs. En outre, il est plus intéressant d'utiliser le blé sous forme entière que broyée du point de vue de l'efficacité alimentaire.

L'évaluation de cette technique en condition terrain est en cours de réflexion. La distribution respective de chacun des deux aliments doit être particulièrement bien maîtrisée. Pour ce faire, le matériel de distribution doit être adapté de manière à apporter automatiquement les quantités exactes de chacun des aliments au bon moment. Une première tentative s'est révélée infructueuse dans un élevage de poules pondeuses en cages, le matériel n'étant pas adapté pour automatiser les distributions. Un deuxième essai sera fait en fin d'année avec un élevage en cours d'installation. Des travaux sont également prévus afin de connaître la robustesse du système en conditions pratiques : pilotage des distributions d'aliment, nature des céréales, gestion du poids corporel.

1.4. Prise en compte de la durabilité des systèmes : vers une méthode d'évaluation multicritères

Développer des techniques durables de production, c'est permettre à la filière de conjuguer ses performances économiques, sociales et environnementales pour « répondre aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs ». Jusqu'à présent, la conception et l'évaluation des innovations en matière de techniques d'alimentation était réalisée essentiellement sur la base d'indicateurs économiques, avec notamment la prise en compte du prix des aliments et de l'indice de consommation. Des premiers travaux voient le jour afin d'intégrer dans la réflexion des indicateurs relatifs aux piliers environnemental et social.

→ Impacts environnementaux des aliments

Un premier travail, réalisé en 2009-2010, en collaboration avec l'INRA SAS, a permis de prendre en compte l'impact environnemental des matières premières sur la formulation des aliments. Une base de données des impacts environnementaux de différentes matières premières destinées à la formulation a été construite par la méthode d'analyse du cycle de vie.

Les impacts environnementaux de différentes formules ont été calculés pour les productions de poulets de chair standard, Label Rouge et poules pondeuse. Les impacts environnementaux sont liés au degré de concentration de la formule (énergie, protéines) et à un degré moindre, à la conjoncture économique. La réduction possible des impacts environnementaux (eutrophisation, changement climatique) des formules est de 12% maximum avec un effet sur le coût qui est de +2 à 8% selon les aliments. Près des deux tiers de la réduction potentielle de l'eutrophisation et du changement climatique pourraient être obtenus pour une augmentation du coût des formules, limitée à 3%. Quelques voies d'amélioration ont été évaluées : prise

en compte de l'origine du maïs et application d'une contrainte céréales et protéagineux pour le poulet à croissance lente (Label Rouge). Ce premier travail nécessite d'être poursuivi en élargissant la base de données à d'autres matières premières et en précisant l'origine des matières premières. L'étape de fabrication des aliments doit être également incluse. Enfin, l'évaluation de différents systèmes d'alimentation mérite d'être intégrée dans cette démarche.

→ Démarche de co-construction d'indicateurs de développement durable

Inspirée à la fois des projets ANR AVITER et EVAD, la construction d'indicateurs de durabilité est en cours dans le cadre du projet CAS DAR AVIBIO, en partenariat avec de nombreux acteurs de la filière. La concurrence pour les matières premières et d'autres points relatifs à la nouvelle réglementation européenne comme l'âge à l'abattage pour les poulets de chair sont des éléments importants à considérer, nécessitant une évaluation de la durabilité des systèmes.

L'établissement des principes, critères et indicateurs de durabilité repose sur une démarche participative afin (1) de favoriser les échanges entre différents acteurs qui travaillent et/ou vivent sur un territoire et sont impliqués directement ou indirectement dans la chaîne de production (organisation de production, éleveurs, collectivités territoriales, associations, recherche...), (2) d'aider chacun d'entre eux à poser un regard critique sur le système « production avicole biologique et territoire ». De plus, afin d'aider la construction des indicateurs environnementaux, l'analyse de cycle de vie des productions est en cours de réalisation par l'INRA SAS.

Ce travail permettra à terme de proposer différentes pistes d'innovation, notamment en matière d'alimentation (politique d'approvisionnement, formulation,...) pour les filières biologiques. Plus largement, la démarche de co-construction d'indicateurs de durabilité sera précieuse pour les différentes filières avicoles.

2. BIEN-ETRE ANIMAL ET SYSTEMES DE PRODUCTION

2.1. Une cage aménagée de façon dissymétrique pour les poules pondeuses

La directive 1999/74/CE précise la nature des caractéristiques obligatoires des cages aménagées. Dans l'objectif de limiter les coûts, respecter le bien-être des poules et garantir le maintien d'une bonne qualité hygiénique des matériels et des œufs, un nouveau concept de cage aménagée a été conçu et testé. Le système se caractérise par une structuration dissymétrique de l'ambiance et de l'agencement intérieur. Deux génotypes différents ont été placés dans 2 systèmes de cages différant essentiellement par

leur effectif. Les cages sont accessibles sur les 2 faces de la batterie, avec une façade éclairée et une obscure. Le nid, ainsi que la zone de grattage-picotage (tapis d'Astroturf®), sont disposés du côté obscur.

Les performances de ponte observées au cours de la période expérimentale étaient conformes au standard annoncé pour les génotypes mis en place. Selon le génotype et le système considérés, la ponte du côté clair sur l'ensemble de la période considérée (de 18 à 69 semaines d'âge) variait entre 6% et 24%. Cette différence a eu une incidence sur la qualité des coquilles, les œufs pondus côté clair étant de moins bonne qualité.

Les bains de poussière étaient réalisés essentiellement sur les tapis d'Astroturf®, entre 10h30 et 13h30, ce qui confirme l'intérêt d'une zone dédiée à ce comportement. L'occupation de l'espace semble révéler que les animaux recherchent la zone lumineuse en journée. La densité dans cette zone est donc très forte.

Cette étude suggère que le différentiel d'intensité lumineuse entre la zone sombre et la zone claire contribue à l'attractivité du nid. En effet, dans la précédente étude, la ponte côté clair s'élevait en moyenne à 4% alors qu'elle variait dans la nouvelle, avec un des génotypes identique, entre 6 et 24%. Le seul paramètre différent était l'intensité lumineuse avec un différentiel enregistré entre la zone claire et la zone sombre plus faible, quelle que soit l'heure de la journée. Cet effet mériterait d'être approfondi et chiffré. Par ailleurs, le niveau d'intensité lumineuse devrait être ajusté afin d'assurer une répartition homogène des animaux dans l'ensemble de la cage durant la phase diurne.

2.2. Recherche de leviers d'action pour diminuer la prévalence des pododermatites chez le poulet de chair

La directive 2007/43/CE prévoit une évaluation post-mortem, à l'abattoir, de certains critères, notamment les dermatites de contact, pour évaluer le bien-être des animaux en l'élevage. Les pododermatites sont des lésions du coussinet plantaire extrêmement fréquentes dans les lots de poulets français.

→Prévalence

En 2009, une étude a été réalisée afin de définir les niveaux de prévalence des différentes lésions observables à l'abattoir (pododermatites, brûlures des tarsi, croûtes de bréchet, ampoules de bréchet, griffures) par rapport aux niveaux de 2006. Ces niveaux d'atteinte sont restés très élevés avec en moyenne 96% de pattes atteintes dont 84% avec des lésions ulcéreuses en 2009 versus 91% dont 71% d'ulcères en 2005-2006.

→ Impact de l'eau de boisson

Suite à l'ensemble des travaux conduits sur l'impact des matériaux de litière susceptibles d'améliorer l'état des pattes des animaux, une nouvelle étude a permis d'évaluer les pratiques des éleveurs et la façon dont

elles pouvaient être modifiées dans le but d'améliorer le bien-être des poulets. Dans cette étude de cas, 5 élevages, disposant chacun de 2 bâtiments, ont été suivis. Dans 8 bâtiments sur 10 (soit 4 élevages), plus de 50% des pattes observées présentaient des lésions ulcéreuses. La présence de biofilm au démarrage et l'apparition de contaminations fécales de l'eau de boisson ont été mises en évidence chez 3 de ces éleveurs. Chez l'un d'eux un traitement de l'eau a été mis en place lors du suivi d'une deuxième bande (dans 2 bâtiments). D'une bande à l'autre, la présence de flore totale en début de lot ainsi que la contamination fécale de l'eau ont été supprimées tandis que la sévérité des pododermatites a baissé de manière flagrante et ce, malgré une eau peu stabilisée en termes de pH. De presque 100% des pattes notées 4 ou 5 (atteintes les plus graves, ulcères) à la première bande, seulement 25% étaient notées dans ces scores à la deuxième bande. A noter cependant que le changement de conditions climatiques (moins humide) a certainement joué, en parallèle, un rôle améliorateur.

→Caractéristiques de la litière

La litière, en contact direct avec les animaux, joue un rôle capital dans l'apparition des lésions cutanées. En 2010, une étude sur le lien existant entre différents paramètres physico-chimiques de la litière (pH, taux d'humidité, teneur en azote total et ammoniacal, température) et la sévérité des pododermatites a été mise en place. Les résultats montrent une apparition très précoce des pododermatites chez les poulets étudiés. Dès le 9^{ème} jour d'âge des poussins, des écailles allongées marron, voire même des ulcères, étaient déjà visibles au niveau des coussinets plantaires. Cependant, à cet âge les lésions n'étaient corrélées à aucun paramètre physico-chimique étudié. En revanche, en fin de bande, la sévérité des pododermatites était d'autant plus importante que la litière était acide, humide, riche en azote et froide.

→Age et poids des animaux

Une autre étude (menée en conditions expérimentales) avait pour objectif de mesurer l'impact de l'âge à l'abattage, entre 35 et 63 jours de poulets standard lourds sur différents critères et notamment sur certains aspects de leur bien-être tels que la fréquence d'apparition des pododermatites et des problèmes de troubles locomoteurs (boiteries). Les données indiquent clairement une dégradation de l'état des poulets au-delà de 42 jours d'âge, que ce soit en termes d'apparition de pododermatites ou de troubles de la marche. A 63 jours d'âge, les niveaux moyens de pododermatites et de boiteries sont très élevés avec tous les poulets atteints de boiteries graves (8/27) à très graves (19/27) et 59,3% de poulets atteints de pododermatites sévères, ulcéreuses. L'augmentation des dermatites pourrait être reliée, au moins partiellement, à la qualité des litières qui présentent une humidité croissante au cours de l'élevage. La composition chimique des litières évolue aussi en termes de produits azotés, de phosphore et de potassium.

Ces travaux permettent de mieux appréhender les facteurs de risque d'apparition des lésions cutanées chez le poulet de chair. Le travail devra être poursuivi afin de préciser les rôles respectifs de la génétique et de l'alimentation.

3. QUALITE DES PRODUITS

3.1. Qualité de la viande : incidence des défauts de qualité en abattoirs

La viande de volaille est l'une des principales viandes consommées en France (27,5% du marché). La valeur nutritionnelle et gustative des produits ainsi que leur présentation sont des critères de qualité très importants pour le consommateur. Par ailleurs, dans un contexte où la production des produits découpés et élaborés de volaille ne cesse d'augmenter, la maîtrise de l'aptitude à la transformation et à la conservation de la viande est un enjeu majeur pour l'industrie.

Dans le cadre de deux programmes (FranceAgriMer 2008 et Région Centre QUANUTECVOL 2009-2011), des enquêtes ont été réalisées entre 2008 et 2010 dans 14 abattoirs français représentatifs des différentes filières de productions : standards, Label Rouge, Certifié, poulets lourds. Ces enquêtes ont révélé une hétérogénéité de qualité de viande (filet) très importante, notamment en termes de couleur, de texture et de rendement technologique, principalement liée à des variations de pH ultime. La variabilité de qualité s'exprime à la fois au sein et entre les lots d'abattage, l'hétérogénéité au sein d'un même lot étant parfois aussi importante que celle entre lots.

Deux défauts majeurs de qualité liés aux variations de pHu ont été mis en évidence : les viandes acides à bas pHu ($\leq 5,7$), qui se caractérisent par une couleur pâle, une texture dure après cuisson et une mauvaise aptitude à la transformation, et les viandes « DFD » (Dark, Firm, Dry) à pH élevé ($\geq 6,2$), qui sont perçues comme des viandes sombres et tendres (après cuisson) mais posent des problèmes de conservation.

L'hétérogénéité de qualité s'exprime aussi au niveau de la composition chimique, avec notamment des variations de teneurs en gras intramusculaires en fonction du mode de production, les filets issus des productions standards et lourds étant plus gras que ceux issus des productions Label Rouge et Certifiée.

L'intégration de l'ensemble des mesures réalisées (environ 8000) indique que l'apparition des défauts de viandes « acides » et « DFD » est loin d'être négligeable. Ainsi, environ 18% des filets de poulets standard présentent un pHu inférieur ou égal à 5,7 et peuvent donc être classés comme viande acide. A l'opposé, environ 5% ont un pH supérieur à 6,2 et peuvent être assimilés à des viandes de type DFD. Concernant la production de poulets lourds ($>4,3\text{kg}$), l'apparition des défauts est moins fréquente mais s'élève néanmoins à 16% pour les viandes acides et 2,5% pour les viandes de type DFD. Dans le cas des productions Label Rouge et Certifiée, les viandes acides représentent respectivement 50% et 30%, alors

que pour ces productions, les viandes à pH élevé de type DFD sont inexistantes.

L'ensemble de ces observations souligne l'importance de la maîtrise du pH ultime de la viande si l'on veut à terme homogénéiser et optimiser la qualité de la viande de volaille. Il est donc important d'acquérir des connaissances sur les facteurs à l'origine des variations de pHu et des caractéristiques de qualité qui en dépendent. Les axes de recherche en vue d'améliorer la qualité et de réduire sa variabilité sont multiples. Ainsi, nous nous intéressons à la fois aux facteurs amont liés à l'individu ou au mode d'élevage et aux facteurs directement en lien avec l'abattage et la transformation des produits.

3.2. Contrôle génétique de la qualité technologique

La collaboration entre l'INRA et l'ITAVI sur cette thématique a débuté par la recherche et la sélection de gènes candidats fonctionnels et/ou positionnels responsables de la variabilité de l'aptitude à la transformation de viande de volaille. La thèse réalisée par Sibut (2009) dans le cadre du programme ANR-AGENAVI QUALVIVOL (2006-2009) a permis d'identifier, grâce à des approches conjointes de génomique fonctionnelle et positionnelle, des premiers gènes et voies métaboliques impliqués dans le contrôle des réserves en glycogène musculaire et donc de la qualité de la viande. En effet, chez le poulet, les réserves musculaires en glycogène disponibles au moment de la mort constituent un élément déterminant de la qualité technologique de la viande *via* leur effet sur le pH ultime.

Par ailleurs, en collaboration avec le SYSAAF, nous avons estimé les paramètres génétiques des caractères de découpe et de qualité de viande en souche Label. Les fortes estimations d'héritabilités (h^2) obtenues ont montré que les caractéristiques physico-chimiques du muscle, en particulier le pH ultime (h^2 de 0,54), peuvent être efficacement sélectionnées et influencer favorablement la couleur, le pouvoir de rétention en eau et la texture de la viande. Ainsi, le pH ultime est génétiquement fortement négativement relié à la luminance L^* , la coloration jaune, l'exsudat de la viande fraîche et la résistance au cisaillement de la viande cuite. De ce fait, diminuer la valeur du pH conduit à une viande plus pâle et plus jaune, plus exsudative et plus ferme. Les résultats génétiques soulignent par ailleurs que la vitesse initiale de chute du pH (estimée par la mesure du pH à 15 min post-mortem) et la coloration rouge de la viande du filet sont génétiquement reliées à l'activité des animaux sur la chaîne d'abattage qui apparaît comme un caractère héritable ($h^2=0,38$).

Afin d'évaluer les conséquences d'une sélection sur le pH ultime de la viande, une sélection divergente sur ce critère a été initiée chez le poulet standard. La première génération a été analysée et confirme de précédents résultats, à savoir une héritabilité forte de pHu ($h^2 = 0,62$) et des corrélations génétiques entre ce

paramètres et d'autres critères de qualité très élevées (-0,73 et -0,65 avec la luminance L^* et l'indice de jaune b^* de la viande, respectivement). A l'issue de deux générations de sélection, les deux lignées divergent de presque 0,2 unité pH, 5,80 pour la lignée pHu- et 6,0 pour la lignée pHu+. La sélection se poursuit et permettra à terme une caractérisation plus fine des phénotypes associés mais également la compréhension des mécanismes moléculaires sous-jacents aux variations de pH ultime de la viande chez le poulet.

A terme, l'ensemble de ces programmes devrait permettre le développement d'outils moléculaires pour la sélection mais aussi l'adaptation des systèmes de production aux caractéristiques des animaux.

3.3. Pratique d'élevage et qualité des viandes

→ *Production de poulets lourds*

Il existe actuellement une tendance à produire des poulets de plus en plus lourds en augmentant leur âge à l'abattage. Ils sont principalement destinés à la transformation mais aussi au marché de la découpe. Dans le cadre du programme QUANUTECVOL, nous avons mesuré l'impact de l'âge à l'abattage, entre 35 et 63 jours de poulets standards sur les caractéristiques de qualité du filet tout en évaluant d'autres critères de durabilité des systèmes. Les critères retenus étaient au niveau économique les performances de croissance et l'indice de consommation, au niveau du bien-être animal la fréquence d'apparition des pododermatites et des problèmes locomoteurs, et au niveau environnemental l'analyse des litières (les données obtenues en terme de BEA sont présentées dans le paragraphe 2.2 précédent). Nous montrons qu'augmenter l'âge des animaux entre 35 et 63 jours a des conséquences sur les caractéristiques musculaires : le glycogène diminue en même temps que la taille des fibres musculaires augmente confirmant de précédents résultats. Les conséquences pour la qualité sont une augmentation modérée du pH ultime du filet qui conduit à des viandes plus sombres et moins exsudatives en frais et après cuisson. La viande des poulets lourds paraît donc potentiellement plus adaptée à la transformation que celle des poulets abattus à un âge plus précoce (35 jours en particulier).

→ *Stratégies d'alimentation innovantes*

L'UMT démarre actuellement plusieurs programmes qui visent à proposer des stratégies nutritionnelles innovantes pour améliorer les caractéristiques technologiques, sensorielles et nutritionnelles de la viande de poulet. En effet, des premiers résultats obtenus en conditions expérimentales à l'INRA ont démontré la possibilité de faire varier par l'alimentation la qualité technologique des viandes de volailles *via* notamment la régulation de la teneur en glycogène musculaire. Actuellement deux programmes sont en cours pour (1) évaluer l'impact d'un enrichissement en acides gras polyinsaturés

(graine ou huile de lin) sur la valeur nutritionnelle et l'aptitude technologique de la viande de poulets lourd et Label Rouge (QUANUTECVOL) et (2) proposer des stratégies nutritionnelles à court terme permettant d'adapter les réserves en glycogène du muscle aux objectifs de qualité (ACTA INNOVOL, 2010-2012).

3.4. Maîtrise des procédés d'abattage et de traitements des carcasses

→ *Conditions de pré-abattage*

Si la sélection ou les conditions d'élevage peuvent faire varier la qualité de la viande, il existe aussi un impact important des stress subis par les animaux, en particulier durant leur dernière phase de vie. Des études précédentes ont montré que suspendre les animaux sur une chaîne d'abattage ou les exposer à un coup de chaleur constituent des stress non négligeables. Outre les effets négatifs en termes de bien-être animal, ces stress de pré-abattage influencent les caractéristiques musculaires et la qualité de la viande. Au cours de deux études menées chez des industriels (LDC, France et MICARNA, Suisse), nous avons étudié l'impact des facteurs antemortem sur la qualité des filets de poulet, notamment la durée de mise à jeun, les temps d'attente et de transport mais également les températures subies par les animaux pendant ce transfert. Ces études réalisées sur 12 lots d'abattage suggèrent un effet de la durée de mise à jeun, avec une augmentation du pHu et une diminution de la luminance de la viande au-delà de 20 heures. Selon ces premiers résultats, la durée du ramassage est également à prendre en compte, car son augmentation peut conduire à un pHu plus acide. Des effets significatifs d'autres facteurs telles que la durée de transport, la durée d'attente à l'abattoir et les températures subies par les animaux ont aussi été suggérés. Cette étude a permis d'acquérir des données utiles pour les professionnels, pour limiter la variabilité des paramètres de qualité.

→ *Méthodes de narcose*

Actuellement, des évolutions techniques se mettent en place dans les abattoirs en vue d'améliorer la compétitivité, la qualité des produits, le bien être animal ainsi que les conditions de travail. C'est le cas des systèmes de narcose au gaz qui se substituent progressivement aux systèmes de narcose en bain électrifié. Une première étude en conditions expérimentales (programme ACTA, 2006-2008) a permis (1) de définir les conditions optimales d'application de la narcose au gaz en fonction du type de production de poulets de chair (standard, Certifié, label Rouge) et (2) d'évaluer les bénéfices obtenus en terme de qualité de carcasses (diminution des bouts d'ailes rougies et des pétéchies sur le filet) en utilisant cette méthode. Sur le plan de la qualité des viandes, l'impact de la méthode de narcose (gaz vs électrique) reste faible même si l'application de la narcose au gaz devrait permettre de limiter les défauts de qualité liés à une chute rapide du pH chez les souches à croissance

lente utilisées pour la production Label Rouge. L'impact de la narcose au gaz sur la qualité des carcasses et des viandes a été confirmé chez un industriel (ARRIVE volaille).

→ **Impact du délai entre abattage et découpe**

Concernant, les pratiques de découpe, la législation impose actuellement un délai minimal de 6 h pour la production Label Rouge, ce qui semble, selon nos études approprié (ACTA 2006-2008). En revanche, aucune réglementation n'existe sur ce sujet pour les productions standards ou certifiées, et la tendance pour ces filières est aux découpes très précoces (< 2 h), pour des raisons à la fois économiques et d'organisation. Or, comme l'attestent nos analyses (y compris sensorielles), ces productions sont au moins autant concernées par les variations de dureté de viande liées à une découpe trop précoce que la production Label Rouge. Les industriels de l'abattage doivent donc considérer cet aspect et envisager des adaptations technologiques pour préserver au mieux les caractéristiques de texture des filets de poulet, en particulier ceux destinés à la vente en portion. Une première solution est de respecter un délai assez long entre abattage et découpe, et les dernières études menées démontrent bien que les abatteurs qui respectent des délais longs obtiennent les viandes les plus tendres. Malheureusement, les pertes économiques engendrées par l'allongement des délais de ressuage avant découpe resteront toujours un frein à l'évolution des pratiques dans ce sens. Une autre solution est l'application d'une stimulation électrique sur les carcasses qui, si elle est pratiquée dans des bonnes conditions (voltage, temps et délai d'application), est efficace pour préserver la tendreté des filets de poulets.

3.5. Modalités et risques de transfert de polluants organiques persistants vers les produits issus d'élevages de volailles

Au cours de leur élevage, les volailles peuvent se trouver en contact avec des contaminants rémanents de l'environnement, tels que des pesticides organochlorés (DDT, aldrine...), des produits industriels comme les polychlorobiphényles (PCB) ou des retardateurs de flamme bromés (certains polybromodiphényléthers, PBDE), ou des substances involontairement produites lors de processus de combustion incomplète de matière organique, comme les dioxines (PCDD), les furannes (PCDF) ou les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces molécules, classées parmi les POP (polluants organiques persistants) sont persistantes dans les milieux naturels et toxiques. Leur caractère lipophile les rend «bioaccumulables» le long de la chaîne alimentaire, en particulier dans les matières grasses (lait, tissus adipeux, jaune d'œuf). Il est estimé que les produits d'origine animale contribuent pour près de 90% à l'ingestion de PCDD/F par la population française. Or, le consommateur exige un produit sain,

exempt de contamination chimique qui pourrait nuire à sa santé. Cette demande est encadrée par une réglementation qui fixe des teneurs maximales de certains de ces composés dans les denrées alimentaires. Un programme co-financé par le CAS DAR (2008-2010) a été conduit en relation étroite avec l'INRA Nancy afin de mieux connaître les facteurs de risque de transfert de ce type de composés vers les œufs. Il aborde différents niveaux de l'évaluation du risque : 1) Le niveau d'exposition des animaux, 2) La biodisponibilité du contaminant, qui est souvent limitée par le taux d'extraction dans le tube digestif de l'animal 3) Le niveau de transfert du contaminant absorbé, qui dépend de la molécule (lipophilicité, degré de métabolisation) et de l'animal (performances de ponte, état d'engraissement).

Une enquête épidémiologique a été menée en 2007 et 2008 afin de mesurer les teneurs en PCDD/F et PCB DL d'œufs de consommation issus d'élevages professionnels (33 cage, 28 plein air et 26 biologique) et familiaux (10). Les analyses révèlent, pour les élevages cage, plein air et biologique respectivement, des teneurs moyennes de 0,13, 0,24, 0,22 pg TEQ de PCDD/F et de 0,21, 0,46, 0,41 pg de PCB DL / g MG. Les œufs issus de notre panel professionnel sont tous en deçà de la limite réglementaire de 6 pg TEQ PCDD/F + DL PCB / g MG (Règlement CE 1881/2006). Cette enquête confirme donc la qualité de la production professionnelle d'œufs en France. Cependant, les teneurs en polluant sont plus élevées lorsque les poules ont accès à un parcours. La situation des œufs issus d'élevages de particuliers est plus préoccupante, avec un seul élevage produisant des œufs conformes à la réglementation, une moyenne de teneurs en PCDD/F et PCB DL de respectivement 6,6 et 15,4 pg TEQ / g MG et des teneurs atteignant parfois 5 à 6 fois les seuils réglementaires. Le contact des animaux avec un parcours semble donc être un facteur augmentant le risque de contamination des œufs.

Un second volet de ce programme avait pour objectif de détecter les facteurs de variation du niveau d'exposition des animaux sur les parcours. Le sol étant le principal réservoir de POP, l'accent a été mis sur l'estimation du niveau d'ingestion de cette matrice et sur les facteurs d'élevage susceptibles de le faire varier. Une méthode permettant d'estimer le niveau d'ingestion de sol à partir du dosage de composés marqueurs dans les fientes collectées sur l'élevage a été mise au point. Son utilisation en situation expérimentale a permis de montrer qu'un déséquilibre alimentaire sévère, obtenu par la distribution de blé entier et de coquilles d'huîtres broyées, favorisait le comportement de sortie et d'exploration de poules pondeuses et conduisait à une ingestion accrue de sol sur le parcours. Dans cette étude, menée en condition extrême de déséquilibre, la quantité quotidienne de sol ingérée variait d'environ 3 à près de 30 g de sol sec par poule. La méthode mise au point devrait permettre

de tester d'autres facteurs de variation de l'ingestion de sol par les poules sur parcours.

Un troisième volet de l'étude a porté sur l'impact de la matrice sol sur la biodisponibilité des POP qui y sont stockés. On estime souvent que les POP présents dans les sols sont liés à la matière organique et aux argiles et sont à peu près deux fois moins disponibles que lorsqu'ils sont ingérés via des matières grasses présentes dans de l'aliment. La biodisponibilité relative (niveau de transfert du contaminant du sol relativement à de l'huile) est donc une information indispensable au gestionnaire de risque, en cas de crise sanitaire. Cependant, le nombre d'études permettant d'établir cette grandeur et très faible et ses facteurs de variation demeurent pratiquement inconnus. Une étude menée dans le cadre de notre projet CAS DAR a permis de montrer que dans certains cas, les PCB présents dans le sol sont très disponibles, autant que lorsqu'ils sont apportés par de l'huile contaminée. Dans ce cas, le risque peut être considéré comme maximum et non limité par l'ingestion d'une matrice comme le sol.

Nous avons également exploré l'impact des propriétés de la molécule ingérée sur ses cinétiques et taux de transfert vers les œufs. La connaissance du devenir des molécules à l'échelle de l'animal est un élément indispensable à la prédiction du niveau de contamination des produits à partir de celle de son environnement et donc à l'évaluation du risque. Nous avons montré qu'en plus de son hydrophobicité, la sensibilité de la molécule à la métabolisation conditionne son devenir à l'échelle de l'animal. Nous avons mené des expérimentations faisant appel à des molécules non encore étudiées chez la poule pondeuse (HAP) ou à des molécules dites émergentes, dont on constate que la concentration augmente dans le milieu naturel, mais dont le devenir à l'échelle de l'animal reste encore quasiment inexploré. C'est le cas par exemple de l'HBCD (hexabromocyclododécane, retardateur de flammes bromé). Ces études de toxicocinétique ont permis d'établir que le flux de HAP, molécules sensibles à la métabolisation, vers le jaune d'œuf est strictement proportionnel au flux de matière grasse. Au contraire, lorsque la molécule est résistante à cette dégradation (lindane, PCB...), le modèle est plus complexe et doit prendre en compte les cinétiques de stockage et de déstockage dans le tissu adipeux.

Ces nouvelles connaissances ont permis de progresser. En particulier, les outils nécessaires à l'évaluation du risque en élevage ont été mis au point. Reste à poursuivre ce travail afin de hiérarchiser les facteurs de risque en élevage, qui peuvent concerner le niveau d'exposition des animaux (ingestion de sol), la nature du sol ingéré en interaction avec la nature de la molécule (biodisponibilité) et les caractéristiques physiologiques de la poule (taux de ponte, état d'engraissement).

CONCLUSION

L'UMT joue un rôle leader pour intégrer des questions de recherche et de développement et concevoir des programmes intégrés au bénéfice des filières avicoles. Cette nouvelle modalité de partenariat entre ITAVI et INRA a permis des avancées significatives en matière de génétique, d'alimentation, de bien-être animal et de qualité des produits. Ces dernières portent à la fois sur le développement d'outils, la collecte de données de références et la proposition de critères de sélection et de pratiques d'élevage innovants pour l'aviculture. Les futurs travaux auront pour ambition d'aller vers une approche plus intégrative des recherches grâce à une évaluation multicritère des systèmes d'élevage. L'objet du prochain programme de l'UMT BIRD (2011-2015) sera de construire un tableau de bord permettant d'évaluer l'intérêt d'innovations au regard des trois piliers : économique, social et environnemental de la durabilité avec une ouverture vers les sciences sociales et l'économie. Les programmes de recherches engagés ou futurs sur l'impact environnemental des productions, le bien-être animal, la qualité technologique et sanitaire des produits en lien avec les facteurs d'élevage et la génétique serviront de support à cette analyse intégrée au service des innovations.

Les auteurs remercient A. Bertin, T. Bordeau, M. Boulay, M. Chabault, A.M. Chagneau, P. Chartrin, M. Couty, A. Fournier, R. Hachemi, J.M. Hallouis, F. Laviron, S. Lecuelle, A. Mika, A. Narcy, E. Pottiez, V. Sibut, S. Tesseraud, M. Umar Faruk, ainsi que les agents de l'UEPEAT et tous les professionnels de la filière avicole qui ont participé à ces travaux.

THESES REALISEES DANS LE CADRE DE L'UMT BIRD

- Bouvarel, I., 2009. Thèse Agro Paris Tech (Encadrement C. Leterrier).
 Fournier, A., 2011. Thèse Nancy Université, INPL, Nancy (Encadrement C. Jondreville, C. Feidt et A. Travel).
 Lecuelle, S., 2011. Thèse Université François Rabelais, Tours (Encadrement C. Leterrier et I. Bouvarel).
 Sibut V., 2009. Thèse Université François Rabelais, Tours (Encadrement C. Berri).
 Umar Faruk, M., 2010. Thèse Université François Rabelais (Encadrement Y. Nys et P. Lescoat).