HAL
open science

Habilitation à Diriger des Recherches

Sandrine Mignon-Grasteau

To cite this version:

Sandrine Mignon-Grasteau. Habilitation à Diriger des Recherches. Sciences du Vivant [q-bio]. Université François Rabelais (Tours), 2009. tel-02816307

HAL Id: tel-02816307

https://hal.inrae.fr/tel-02816307

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE FRANCOIS RABELAIS, TOURS
Année Universitaire : 2008-2009

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Discipline : Sciences de la Vie

Présentée et soutenue publiquement

par :

Sandrine MIGNON-GRASTEAU

le 7 décembre 2009

JURY :

Prénom	NOM	Grade	Etablissement d'exercice
Jean-Yves	**DOURMAD**	Ingénieur de Recherches, HDR	INRA de Rennes
Anne	**DUITTOZ**	Professeur	Université François Rabelais de Tours
Christine	**LETERRIER**	Directrice de Recherches	INRA de Nouzilly
Florence	**PHOCAS**	Chargée de Recherches, HDR	INRA de Jouy-en-Josas
Edwige	**QUILLET**	Directrice de Recherches	INRA de Jouy-en-Josas

Table des matières

1 CURRICULUM VITAE **2**

2 Travaux scientifiques personnels **5**
2.1 Contexte . . . 5
2.2 Interactions génotype - environnement . . . 6
2.2.1 Dimorphisme sexuel de la croissance . . . 6
2.2.2 Importance de la prise en compte des interactions dans les schémas de sélection . . . 8
2.3 Etude génétique des caractères de comportement . . . 14
2.3.1 Etude de la sensibilité au stress chez la Caille . . . 14
2.3.2 Préparation de la réponse à l'appel d'offres du 7ème PCRD " BAROQ " (Breeding Animal For Robustness and Meat Quality, 23) . . . 17
2.4 Etude génétique des capacités de digestion du blé chez le poulet . . . 18
2.4.1 Expérience de sélection . . . 18
2.4.2 Caractérisation des lignées . . . 18
2.4.2.1 Ingestion et comportement alimentaire . . . 19
2.4.2.2 Utilisation de l'énergie : composition corporelle, activité générale . . . 21
2.4.2.3 Anatomie, Histologie . . . 22
2.4.2.4 Rejets . . . 23
2.5 Perspectives . . . 26
2.5.1 Etude des possibilités de réduction des rejets par la sélection . . . 26
2.5.2 Génomique . . . 26
2.5.3 Etudes génétiques du comportement . . . 27

3 Activités d'animation scientifiques, enseignement, transfert des résultats de la recherche **28**
3.1 Contribution à la vie et au fonctionnement du collectif . . . 28
3.2 Enseignement, expertises, contribution à l'interaction science-société . . . 28
3.3 Transfert des résultats de la recherche . . . 29

4 Conclusion générale **29**

5 Références bibliographiques **30**
5.1 Articles publiés dans des revues avec comité de lecture . . . 30
5.2 Articles soumis et rapports de recherche . . . 32
5.3 Rapports diplômants, rapports de stage . . . 33
5.4 Communications dans des congrès et colloques . . . 33
5.5 Produits, documents et publications destinés à des utilisateurs de la recherche (professionnels, partenaires institutionnels...) . . . 35
5.6 Produits destinés à un public large ; documents à vocation pédagogique . . . 36
5.7 Documents relatifs à l'animation de la recherche, à son évaluation, à sa gestion . 37

1 CURRICULUM VITAE

Sandrine MIGNON-GRASTEAU
LD Les Bleus
Chemin de Bellevue
72 120 Marolles-lès-Saint-Calais

Tél. : 02.43.35.48.70
E-mail : sgrasteau@tours.inra.fr

Mariée, 3 enfants
Née le 27 juin 1972 à Savigny sur Orge (91).

FORMATION INITIALE

1999 : Thèse de Docteur-Ingénieur de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, sur le thème " Etude génétique du dimorphisme sexuel du poids chez le poulet et le canard de Barbarie ", mention Très honorable avec félicitations du jury.

1996 : Diplôme d'Etudes Approfondies de Biologie des Populations, Génétique et Eco-Ethologie. Option : Génétique Quantitative et Analyse du Génome, Institut National Agronomique Paris-Grignon, sur le thème " Estimation des paramètres génétiques du dimorphisme sexuel du poids à différents âges chez le poulet label et le canard de Barbarie " mention AB.

1995 : Diplôme d'Agronomie Approfondie de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon. Spécialité : Sciences et Techniques des Productions Animales, sur le thème " Etude de la variabilité génétique des CCS du lait de brebis : premiers résultats".

1994 : Diplôme d'Agronomie Générale de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon.

1990 : Baccalauréat, Série C, mention AB.

SEMINAIRES, STAGES DE FORMATION

2006 : Formation INRA " Communiquer avec les médias ", INRA de Tours

2006 : Formation statistique ISPAIA " Analyse des données répétées ", INRA de Tours

2006 : Formation statistique ISPAIA " Plans factoriels ", INRA de Tours

2004 : Formation " Analyse multifactorielle des données " Niveau II, Université F. Rabelais, Tours

2004 : Formation statistique ISPAIA " Tests non paramétriques ", INRA de Tours

2002 : Formation INRA " Basic tools for longitudinal data analysis " par J.L. Foulley et C. Robert-Granié, Université de Montpellier

2002 : Formation ACTA " Initiation à SAS ", INRA de Tours

2002 : Formation " Habilitation à expérimenter sur les animaux ", niveau 1, Ecole Vétérinaire de Nantes

2001 : Auditeur libre du DEA "Biologie du Comportement", Université Paris XIII

2001 : Analyse multifactorielle des données Niveau I, par G. Le Pape, Tours

2001 : Séminaire du département de Génétique animale " QTL : de la détection à l'analyse des données ", Batz sur Mer

2000 : Formation à l'analyse des données de survie et à l'utilisation du logiciel "Survival Kit" par V. Ducrocq, Université d'Edinburgh

1998 : Formation à l'étude de la courbe de croissance par Gibbs Sampling par A. Blasco, Université Polytechnique de Valence

1997 : Formation statistique "Theory and application of variance components estimation in animal breeding", par C. Van Tassell, Université de Kiel (Allemagne)

1996 : Séminaire du département de Génétique animale " Planification expérimentale en Génétique Animale ", Saint Martin de Ré

1996 : Séminaire INRA " Cartographie du Génome et fonction des gènes ", Tours

PARTICIPATION A DES RESEAUX SCIENTIFIQUES

- Membre du réseau de génétique avicole
- Membre du réseau "Agri Bien-Etre Animal" et co-animatrice du sous-groupe "Génétique de l'adaptation"

SITUATION PROFESSIONNELLE

2004 : Chargée de Recherches 1ère Classe du Département de Génétique Animale, à l'unité de recherches avicoles (URA)

1999 : Chargée de Recherches 2ème Classe du Département de Génétique Animale, à l'unité de recherches avicoles (URA)

1995 : Attachée Scientifique Contractuelle du Département de Génétique Animale, à l'unité de recherches avicoles (URA)

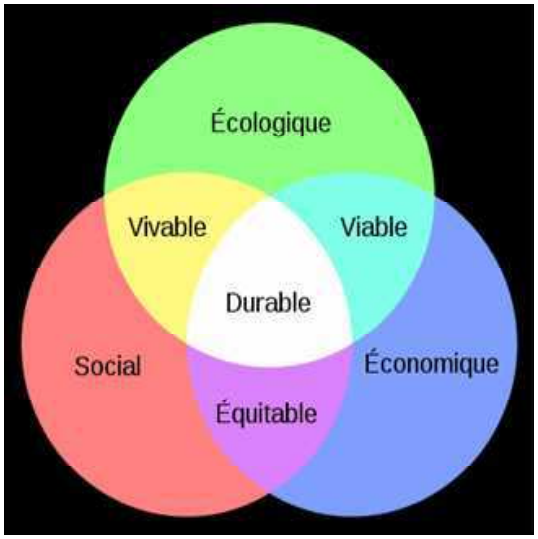

FIGURE 1 – Les Trois piliers du développement durable (fr.wikipedia.org/wiki/Fichier :Schema_du_developpement_durable.svg)

2 Travaux scientifiques personnels

2.1 Contexte

Pendant longtemps, la sélection avicole s'est focalisée sur un petit nombre de caractères (croissance, ponte) et elle a été pratiquée dans des conditions très contrôlées et optimales. La sélection avicole est très fortement concentrée, puisque l'on compte moins de 10 sélectionneurs de poulets de chair et 4 seulement pour les poules pondeuses. Cette forte concentration des entreprises de sélection fait qu'aujourd'hui, un même génotype peut être élevé dans des systèmes d'élevage (en claustration ou sur parcours), d'alimentation (blé, maïs, ...) ou sous des climats très variés. Cela multiplie les cas d'interactions entre génotype et environnement, encore très rarement prises en compte dans les schémas de sélection. Or ces interactions peuvent avoir des conséquences importantes sur les schémas de sélection, car les ignorer peut conduire à ne pas sélectionner la souche ou le reproducteur le plus performant, ou à sélectionner les animaux dans des conditions ou sur des critères non optimaux. Elles peuvent également affecter la durabilité des systèmes avicoles et le bien-être animal, lorsque les capacités d'adaptation de l'animal à son environnement sont trop fortement sollicitées. Mon travail de recherche consiste donc tout d'abord à **revisiter l'étude de caractères classiques**, comme la croissance, en intégrant ces interactions entre génotype et environnement, afin de préciser leur impact sur les schémas de sélection.

D'autre part, on note aujourd'hui que caractères liés aux trois piliers du développement durable prennent une importance croissante (cf. figure 1). C'est plus particulièrement le cas avec les piliers environnemental et social, avec des critères portant sur le bien-être, les capacités d'adaptation aux conditions d'élevage ou les rejets des animaux. Jusqu'à récemment, ces critères étaient parfois inclus dans les schémas de sélection, en raison de leurs conséquences économiques défavorables. Ainsi, la question du bien-être était depuis longtemps prise en compte, mais elle était focalisée sur la limitation des problèmes de mal-être, et visait par exemple à réduire le picage ou les troubles locomoteurs qui pouvaient entraîner de lourdes pertes économiques. De même, la sélection sur la réduction de l'indice de consommation des animaux qui permet de limiter les rejets animaux, est déjà ancienne, car c'est un élément déterminant de la rentabilité des élevages.

Plus qu'une réelle apparition de nouveaux caractères, l'évolution constatée actuellement relève donc plus d'une façon différente de traiter ces caractères, qui sont remis au centre de la problématique. Ainsi, la limitation de l'impact environnemental de l'élevage n'est plus seulement considérée comme une conséquence positive de la sélection sur les performances zootechniques, mais comme un objectif à part entière. Cette évolution est d'autant plus pertinente pour les monogastriques, dont l'élevage est très fortement concentré dans l'Ouest de la France (67% de l'élevage porcin, 54% de l'élevage avicole). De ce fait, la France a été condamnée par l'Europe à 2 reprises (en 2001 et en 2007) pour non-respect des limites fixées dans la directive européenne " Nitrates " (91/676/CEE). Enfin, l'intégration d'un plus grand nombre d'acteurs (comme par exemple les consommateurs ou les associations de défense animale) dans les réflexions sur les objectifs de sélection a permis d'évoluer vers une recherche positive d'amélioration du bien-être en plus de la réduction du mal-être.

Les études génétiques du bien-être et des rejets présentent plusieurs points communs. Tout d'abord, ils sont très difficiles à mesurer, et l'**on dispose de très peu d'informations sur leur déterminisme génétique**. Il est donc primordial de pouvoir **développer des méthodes de mesure fiables et rapides**. De plus, ils sont très sensibles aux variations de l'environnement d'élevage, que ce soit pour l'environnement physique, social ou nutritionnel. On ne peut donc étudier ces caractères sans prendre en compte la dimension d'interaction entre génotype et

environnement ni la détacher des capacités d'adaptation des animaux.

Enfin, l'intégration de ces caractères dans les schémas de sélection peut s'avérer difficile. Dans certains cas comme la réduction du picage ou des troubles locomoteurs, le sélectionneur peut valoriser les efforts réalisés pour introduire des critères supplémentaires en sélection. En revanche, si l'on considère la réduction de l'impact environnemental d'une souche, la valorisation de l'effort de sélection est beaucoup plus difficile. Cela implique donc de **mener une réflexion entre les différents acteurs de la filière sur le mode de construction des objectifs de sélection**. La seconde partie de mon travail consiste donc à **étudier le déterminisme génétique de ces nouveaux caractères liés au développement durable**, toujours en lien avec le milieu d'élevage, et à participer à la réflexion permettant à terme leur introduction dans les schémas de sélection. C'est donc dans ce cadre que j'étudie les bases génétiques de la sensibilité au stress de l'animal, composante essentielle de sa réaction face à son milieu, et donc de son bien-être. C'est également dans ce contexte que j'ai développé des travaux sur la capacité de l'animal à digérer un aliment à base de blé. En effet, cette céréale est beaucoup plus difficile à digérer que les aliments à base de maïs traditionnellement utilisés en sélection. Son utilisation amène donc à une quantité de rejets avicoles importante, qu'il convient de réduire.

Le développement de cette thématique de recherche implique de mener des travaux dans de nombreuses disciplines, ce qui ne peut se faire qu'au sein d'un réseau de collaborations pluridisciplinaire. L'Unité de Recherches Avicoles (URA, cf. Figure 2) et le centre de recherches de Tours représentent pour cela un milieu particulièrement favorable. En effet, l'URA et l'UMR PRC (Physiologie de la Reproduction et des Comportements) sont composées d'équipes de différentes disciplines, ce qui facilite une approche transversale particulièrement enrichissante avec les collègues généticiens, éthologistes ou nutritionnistes. La participation de l'équipe aux réseaux " Génétique Avicole " et " Agri Bien-Etre Animal " me permet de bénéficier des connaissances des spécialistes de différentes disciplines de l'INRA en génétique et éthologie. Enfin, la présence du SYSAAF (Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français) et de l'ITAVI (Institut Technique de l'Aviculture) à l'URA facilite grandement le transfert de mes résultats vers la profession.

2.2 Interactions génotype - environnement

2.2.1 Dimorphisme sexuel de la croissance

Le dimorphisme sexuel de la croissance a fait l'objet de mon travail de thèse (40), en raison de ses conséquences économiques défavorables. En effet, il conduit à une forte hétérogénéité des lots de poulets et de canards. Pour le poulet, la conséquence est une inadéquation de la chaîne d'abattage aux poulets de format trop petit ou trop gros, ce qui entraîne un déclassement d'une partie des carcasses. Pour les canards, cela conduit à élever séparément mâles et femelles, qui doivent être abattus à des âges différents.

Lors de ma thèse, le dimorphisme sexuel a été traité comme un exemple d'interaction entre génotype et environnement, le sexe de l'animal jouant le rôle de milieu intérieur. Les caractères mâles et femelles ont donc été considérés comme des caractères différents. J'ai ainsi pu calculer quelle était la part commune du déterminisme génétique des caractères de croissance entre mâles et femelles, au travers de la corrélation génétique. On considère habituellement que lorsque cette corrélation est inférieure à 0.80, il est impératif de traiter les caractères séparément.

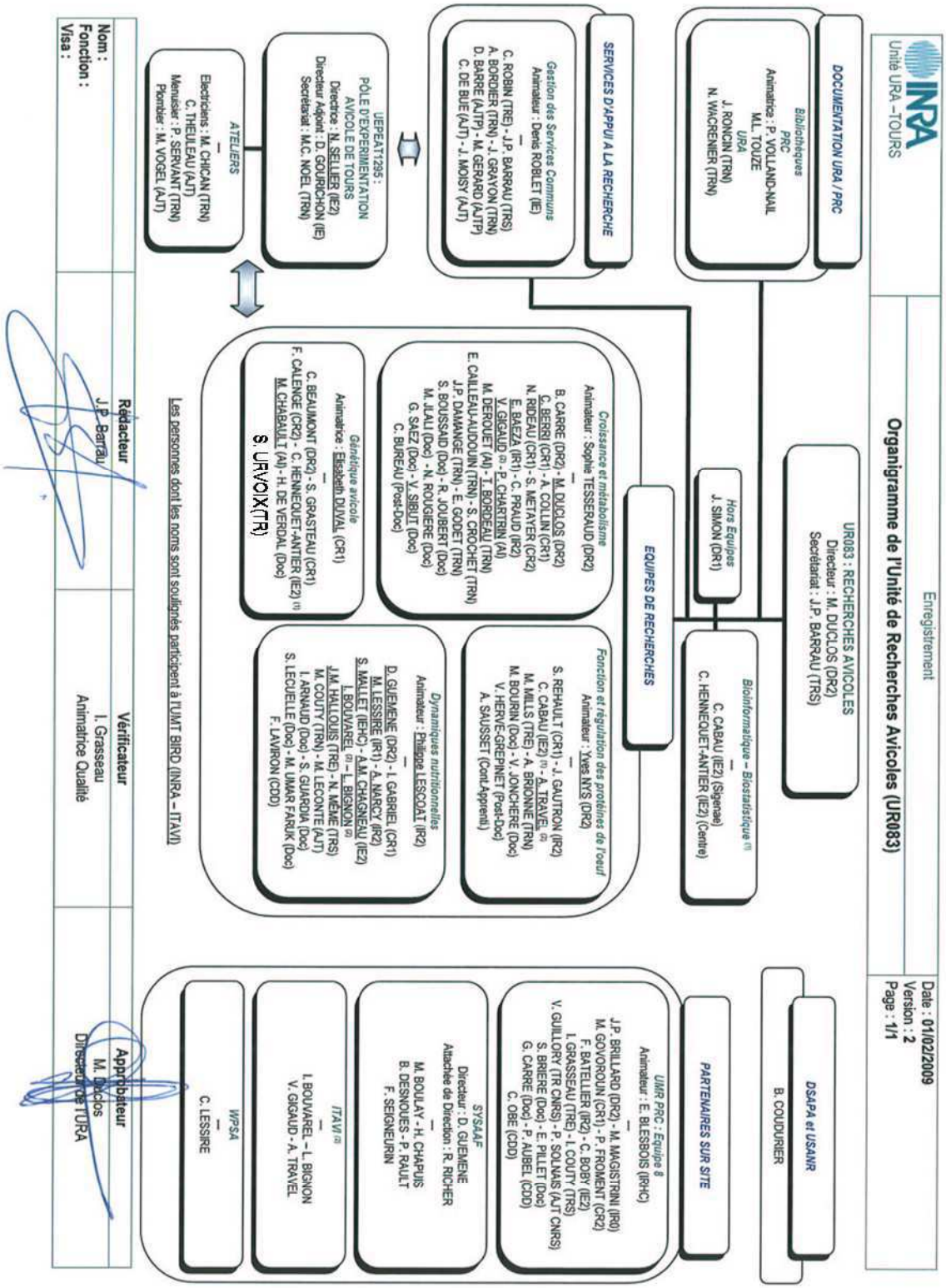

FIGURE 2 – Organigramme de l'URA

J'ai ainsi pu montrer que la corrélation génétique entre le poids à l'abattage des mâles et des femelles était de 0.84 chez le poulet âgé de 8 semaines et de 0.85 chez le canard âgé de 6 semaines, mais seulement de 0.73 pour le gain de poids des canards entre 6 semaines et l'abattage (à 10 semaines pour les femelles et 12 semaines pour les mâles). Les caractères des mâles et des femelles sont donc bien en partie gouvernés par des gènes différents (36, 40).

J'ai ensuite montré que le dimorphisme sexuel du poids et du gain de poids était faiblement à modérément héritable chez le poulet et le canard de Barbarie (0.08 à 0.18 selon les caractères, 36, 41, 66-68). Le dimorphisme sexuel étant beaucoup plus fortement corrélé avec les caractères des mâles qu'avec ceux des femelles (0.65 à 0.84 pour les mâles, 0.13 à 0.25 pour les femelles), la sélection sur le poids contribue à augmenter le dimorphisme sexuel. Ce travail a suscité une collaboration avec J. David (CNRS) pour la réalisation d'une étude génétique du dimorphisme sexuel chez la drosophile en relation avec la température du milieu (18, 23). Cette première étape de mon parcours m'a permis de me former aux méthodes d'estimation des paramètres génétiques par maximum de vraisemblance restreint (REML), mais également de me familiariser avec les différentes méthodes d'étude des interactions entre génotype et environnement.

Ces études réalisées à un âge donné ont ensuite été confirmées par l'étude du dimorphisme sexuel sur l'ensemble de la courbe de croissance, modélisée la courbe de Gompertz (33), par régression non linéaire. Cette étude a reposé sur l'utilisation de lignées " X " sélectionnées à l'URA sur la forme de la courbe de croissance. Je disposais donc de 5 lignées sélectionnées sur un fort (+) ou faible (-) poids à 8 et 36 semaines. Les femelles ont une vitesse de croissance initiale, un poids asymptotique et un point d'inflexion plus faible que les mâles, ce qui traduit une plus grande précocité des femelles. De même que pour le poids à un âge donné, les corrélations génétiques entre paramètres de la courbe de croissance des mâles et femelles étaient élevées (de 0.85 à 0.94), mais significativement inférieures à 1, ce qui implique que les gènes contrôlant ces caractères étaient en partie différents chez les mâles et les femelles (28, 29, 32, 68).

J'ai enfin repris ces mêmes données par une méthode différente, afin de connaître la distribution des paramètres étudiés, ainsi que celle du dimorphisme sexuel, qui n'était pas connue avec la méthode précédente, le dimorphisme sexuel n'étant pas mesurable sur un seul individu. Une collaboration avec A. Blasco (Université de Valence) et L. Varona (IRTA) a donc été établie afin de me former à l'utilisation du Gibbs Sampling. Cette méthode fournit l'estimation des distributions a posteriori des paramètres recherchés (cf. Figure 3).

Les travaux de modélisation de la courbe de croissance entrepris au cours de ma thèse ont suscité de nombreuses collaborations concernant la modélisation des courbes avec l'équipe "Fonctions et régulations des protéines de l'œuf" de l'URA, "Reproduction" de l'UMR PRC (Physiologie de la Reproduction et des Comportements, Tours) et l'UMR GDA (Génétique et Diversité Animale, Jouy-en-Josas, 7, 21).

2.2.2 Importance de la prise en compte des interactions dans les schémas de sélection

Après ces premières études montrant l'importance des interactions entre génotype et environnement, j'ai souhaité évaluer leur impact sur les schémas de sélection (73). Cela a fait l'objet de la thèse de L. N'Dri (100), que j'ai co-encadrée avec M. Tixier-Boichard (UMR GDA). Au cours de cette thèse a été étudiée l'influence de la présence d'interactions sur le choix du génotype, du critère ou de l'environnement de sélection et sur le choix du candidat à la sélection, en fonction

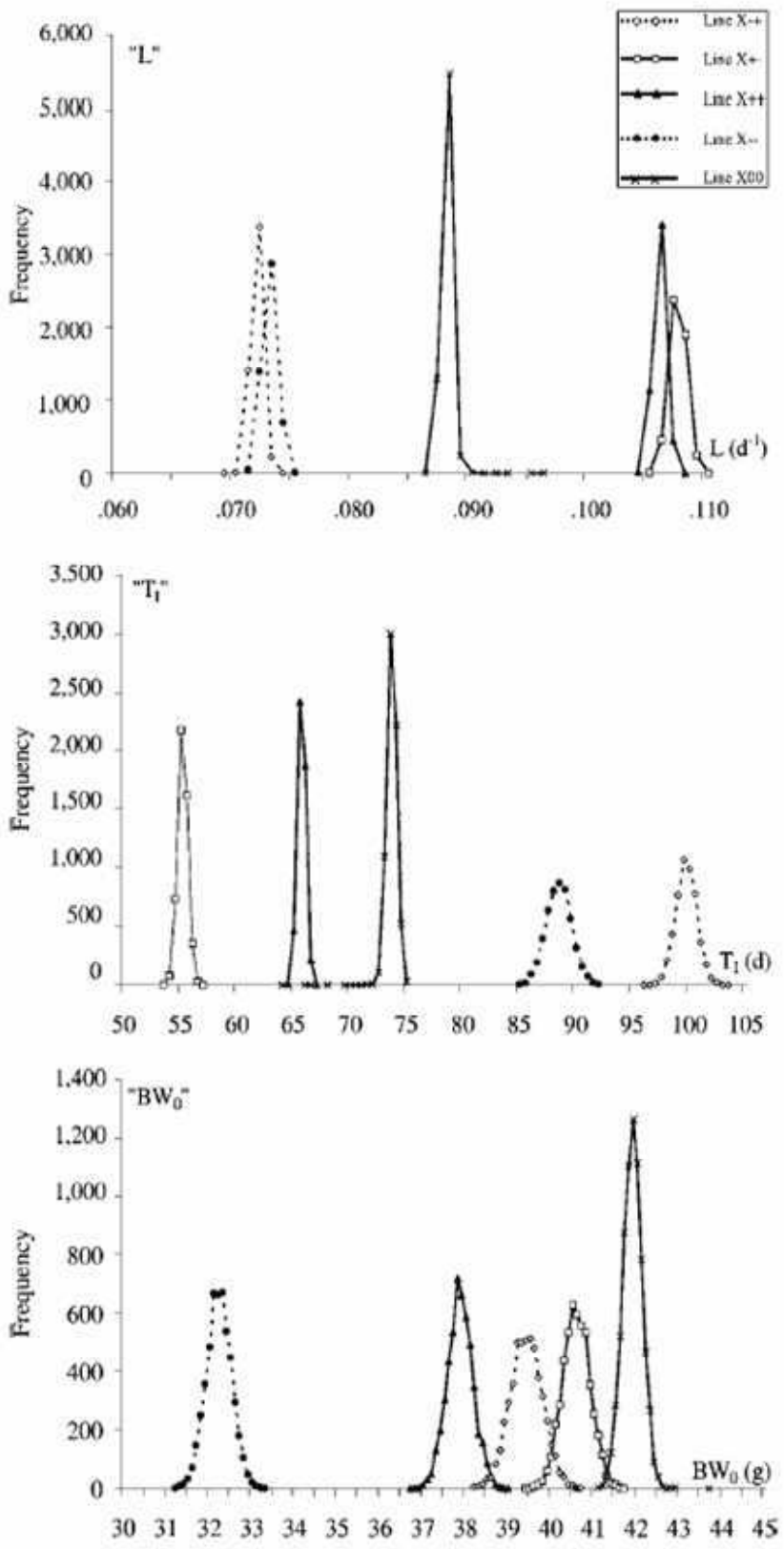

FIGURE 3 – Distribution *a posteriori* des paramètres de la courbe de Gompertz. L (vitesse de croissance initiale spécifique), K (facteur de maturation) et BW0 (poids estimé à l'éclosion). X– : faible poids à 8 et 36 s ; X-+ : faible poids à 8 s. et fort poids à 36 s. ; X+- : fort poids à 8 s. et faible poids à 36 s., X++ : fort poids à 8 et 36 s. ; X00 : lignée témoin, reproduite sans sélection sur le poids à 8 et 36 s.

de l'environnement d'élevage.

Compte-tenu du fort développement des productions avicoles en pays chauds, nous avons choisi d'étudier l'interaction entre génotype et température d'élevage. Le gène " cou nu " était connu pour son effet favorable sur la thermotolérance des poulets à croissance rapide, notamment par une augmentation des surfaces de peau nue permettant une meilleure dissipation de la chaleur. Nous avons cherché à savoir si, comme pour le poulet à croissance rapide, les poulets à croissance lente porteurs du gène " cou nu " étaient avantagés pour l'élevage au chaud. Nous avons donc comparé les performances de poulets labels cou nu (NA/NA), hétérozygotes (NA/N) et normalement emplumés (N/N). Pour cela, nous avons croisé 2 lignées apparentées de poulets fournies par le sélectionneur SASSO pendant 3 générations, afin d'homogénéiser le fond génétique et d'obtenir des animaux ne différant que par la présence ou l'absence du gène cou nu. Nous avons également inclus dans l'analyse des animaux commerciaux à croissance rapide, afin d'avoir un point de comparaison. Afin de simuler des conditions proches de la réalité, les animaux étaient élevés avec une température cyclique, plus élevée le jour que la nuit (17-23 °C pour la condition témoin, 27-33 °C pour la condition " chaud "). Les caractères enregistrés étaient relatifs aux performances de croissance, à la composition corporelle, mais également à la sensibilité à la chaleur (température corporelle, taux d'hématocrite ou longueur des pattes). Pour s'affranchir des différences de poids entre les poulets label et les poulets à croissance rapide, les mesures ont été réalisées à poids égal (à 1 kg et à 2 kg).

Nous avons ainsi pu montrer que, contrairement à ce que l'on observait chez le poulet standard, le gène " cou nu " ne conférait pas d'avantage aux poulets labels pour l'élevage en conditions chaudes, très peu d'interactions " génotype-traitement " étant significatives. En effet, les performances de croissance, de composition corporelle ou de qualité de viande étaient généralement affectées par la chaleur dans les mêmes proportions pour les animaux cou nu et ceux normalement emplumés. Nous avons cependant pu noter la présence d'interactions triples entre génotype, sexe et température. Par exemple, la vitesse de croissance (estimée par l'âge à 2 kg) est plus élevée de 24% chez les femelles N/N élevées à 27-33 °C que chez les femelles N/N élevées à 17-23 °C. En revanche, il n'y a pas d'effet de la température d'élevage sur la vitesse de croissance des femelles des autres génotypes, ni sur celle des mâles. La différence de température corporelle entre la période froide (nuit) et la période chaude (jour) n'est pas sensible au génotype dans les conditions tempérées. En revanche, lorsque les animaux sont élevés au chaud, cette variation de température corporelle augmente chez les animaux NA/N et N/N, mais pas chez les animaux NA/NA (cf. Figure 4). Les animaux cou nu seraient donc bien moins sensibles à la température ambiante, mais cette différence de sensibilité ne se traduit pas sur les performances, probablement en raison de la croissance lente de ces lignées.

Cette variation de température corporelle entre jour et nuit est en revanche beaucoup plus élevée chez les poulets à croissance rapide (1.43 °C en conditions chaudes vs 0.61 °C en conditions tempérées) que chez les poulets à croissance lente (cf. Figure 4). La mortalité des poulets à croissance rapide a également été beaucoup plus forte (35.5%) que chez les poulets labels (3.8%). De ce fait, malgré un âge à 2 kg beaucoup plus faible pour les animaux à croissance rapide (42.0 j à 2 kg au chaud vs 69.4 à 73.0 j pour les poulets label), la production de viande quotidienne est identique entre les génotypes à croissance rapide ou label (11, 57).

Cette étude d'interaction entre génotype et température d'élevage m'a motivée pour participer au projet ANR " ThermoChick " coordonné par Anne Collin (Equipe Croissance et Métabolisme, URA). L'objectif de ce projet est d'étudier les mécanismes de conditionnement précoce

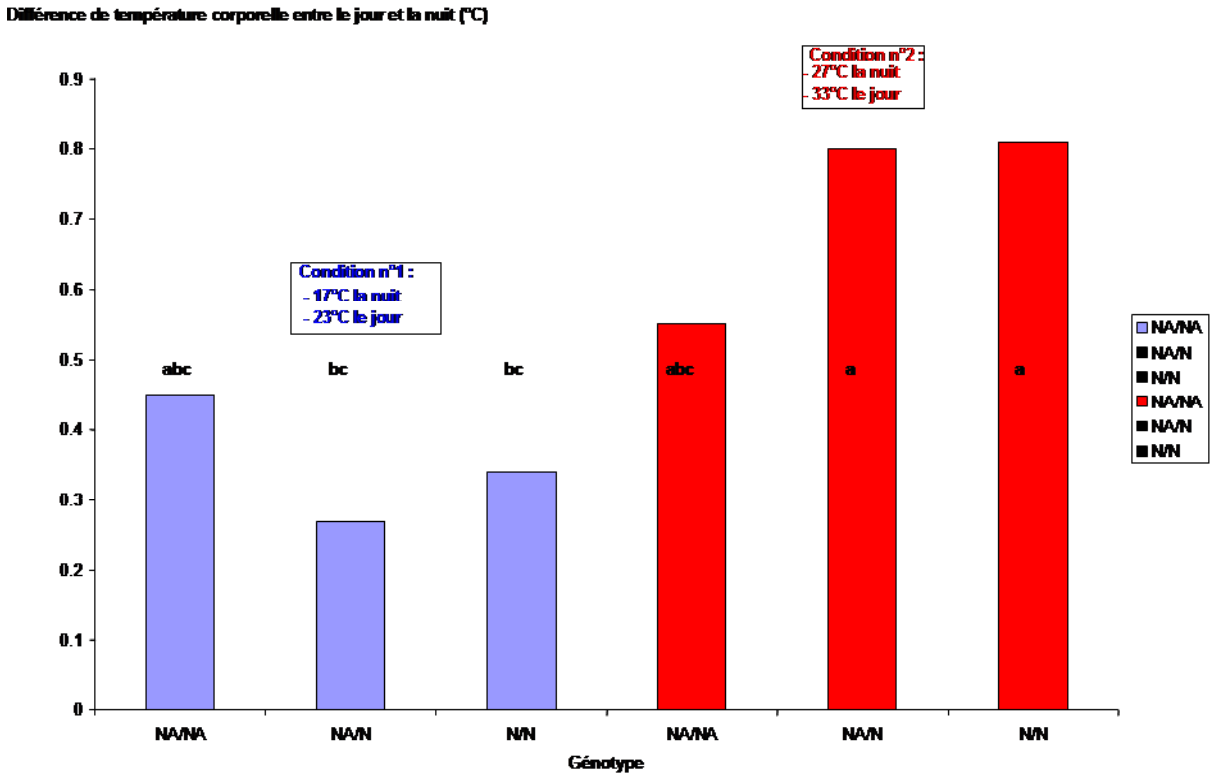

FIGURE 4 – Sensibilité à la variation de température de l'environnement en milieu témoin tempéré (n ° 1) ou chaud (n ° 2) pour des poulets label cou nu (NA/NA), hétérozygotes (NA/N) ou normalement emplumés (N/N).

à la chaleur chez le poulet. Ce projet regroupe différentes équipes de l'URA, l'UE PEAT, le Aro Center en Israël (S. Yahav) et le sélectionneur Hubbard. Ma contribution dans ce projet consistera en une évaluation des possibilités de sélection de différents caractères liés à la thermotolérance d'animaux ayant subi ou non un conditionnement précoce. Les caractères étudiés seront la mortalité, la température corporelle, les concentrations plasmatiques en glucose, corticostérone, T3 ou T4. Les premiers résultats ont montré que, si l'éclosabilité des poussins conditionnés à la chaleur pendant l'incubation était réduite de 7.5%, leur thermotolérance post-éclosion était améliorée. En effet, la mortalité consécutive à un coup de chaleur appliqué à 42 jours est plus faible de 43% chez les animaux conditionnés (44).

Dans un deuxième temps, nous avons montré l'importance de la prise en compte des interactions entre génotype et environnement dans le choix du critère de sélection. Suite à la demande du sélectionneur SASSO (Sélection de la Sarthe et Sud-Ouest), le caractère étudié était l'indice de consommation chez le poulet label. En effet, du fait de la législation, ces animaux ne peuvent pas être sélectionnés sur leur vitesse de croissance, car ils doivent être abattus à 81 jours minimum. Leur indice de consommation est beaucoup moins bon que celui des poulets à croissance rapide (3.1 vs 1.8). Cependant, la mesure de ce critère implique de placer les animaux en cage individuelle, condition très éloignée de l'élevage en plein air auquel est destiné le poulet label. Nous avons considéré les possibilités de sélection directe sur l'indice de consommation en plaçant les animaux en cage individuelle, ou la sélection indirecte, sur la courbe de croissance ou la composition corporelle. Pour ce faire, des animaux des mêmes familles ont été élevés à l'UE PEAT en cage individuelles, à l'UE EASM du Magneraud en conditions label avec accès au parcours et chez le sélectionneur SASSO dans les conditions habituelles de sélection (au sol, sans accès au parcours extérieur). Nous avons ensuite calculé les paramètres génétiques de l'indice de consommation mesuré en cage, de la composition corporelle et de la forme de la courbe de croissance dans chacun des 3 milieux, en traitant les caractères mesurés dans les différents milieux comme des caractères distincts. Nous avons ensuite évalué, d'après ces paramètres, la réponse attendue à la sélection directe de l'indice de consommation ou à la sélection indirecte d'un autre caractère. Pour la sélection indirecte, nous avons comparé les réponses attendues en utilisant les mesures récoltées en cage (en ignorant l'interaction génotype-environnement) ou celles recueillies sur les animaux élevés en plein air (en intégrant l'interaction génotype-environnement). Le critère de sélection indirect le plus intéressant est celui qui présente la réponse (exprimé en % de la réponse à la sélection directe) la plus élevée.

Dans ces conditions, le critère le plus intéressant est l'engraissement si l'on ignore les interactions entre génotype et environnement. En effet, celle-ci aboutit à une réponse égale à 62% de la réponse à une sélection directe de l'IC, alors qu'une sélection indirecte de la courbe de croissance n'apporte que 31 à 36% de la réponse à une sélection directe. En revanche, si l'on prend en compte les interactions, et donc les performances en milieu de production, sélectionner sur la forme de la courbe de croissance apporte une réponse valant 49% à 69% de la réponse à la sélection directe de l'IC, contre seulement 11% pour une sélection indirecte de l'engraissement (cf. Figure 5). Ainsi, ignorer la présence des interactions entre génotype et environnement conduirait à ne pas sélectionner sur le bon critère pour améliorer l'indice de consommation des poulets label. Cette différence est essentiellement due à des corrélations génétiques entre caractères très différentes selon les milieux. Par exemple, la corrélation génétique entre le rendement en filet (RF) et l'indice de consommation est nulle lorsque l'on prend en compte le RF en cage, mais de 0.44 lorsque l'on prend en compte le RF en conditions de production (10).

De façon cohérente, nous avons également montré que le classement des pères sur l'indice de

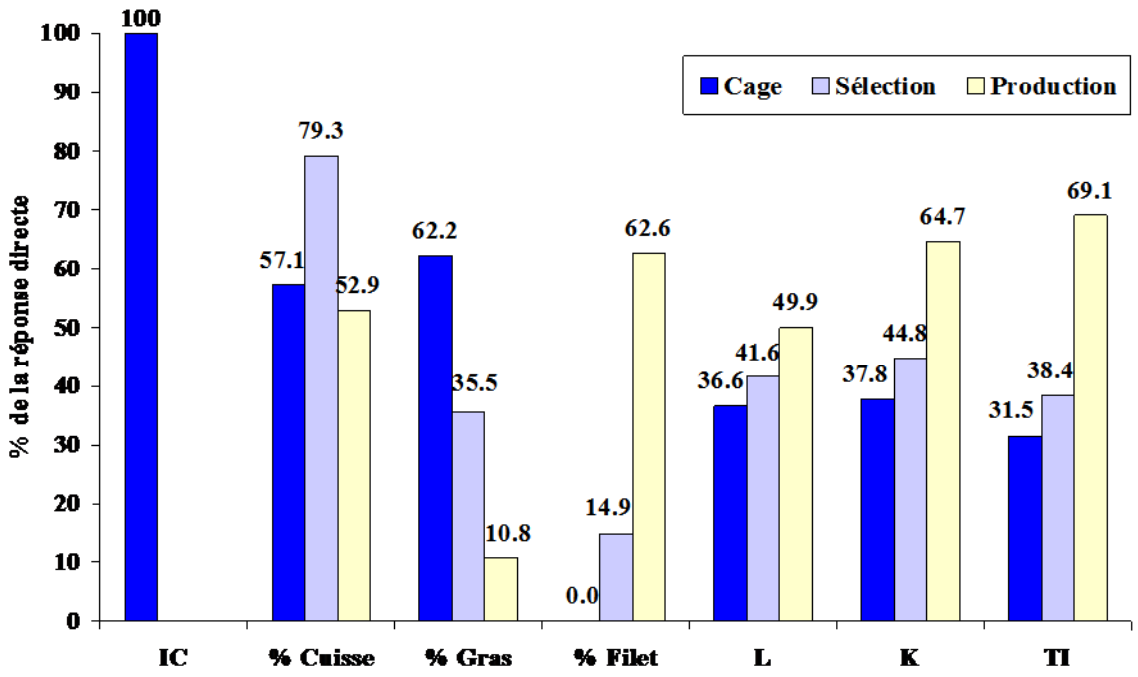

FIGURE 5 – Réponses indirectes à la sélection pour l'amélioration de l'indice de consommation, suivant le milieu de mesure des caractères

consommation était très variable selon que leurs descendants étaient élevés en cage ou au sol (cf. Figure 6, 10, 16, 53, 59). Ainsi, si l'on sélectionne les 5 meilleures familles de père sur leur indice de consommation entre 8 et 10 semaines mesuré en cage, on s'aperçoit que seul l'un de ces pères fait également partie des 5 meilleurs pour l'indice de consommation mesuré au sol, et que deux d'entre eux font partie du tiers des plus mauvais au sol.

En revanche, au cours de cette même expérience, nous avons pu conforter le sélectionneur dans sa pratique de sélection du poids vif. En effet, le critère de sélection des animaux (poids à 8 semaines en claustration) et l'objectif économique (poids à 12 semaines avec accès à un parcours extérieur) présentent une corrélation génétique suffisamment élevée (0.84).

Dans un dernier temps, nous avons comparé, dans deux races traditionnelles de poules pondeuses (la gauloise noire et la gauloise dorée) les classements des pères sur les performances de ponte de leurs filles élevées en simulant un éclairement naturel (comme dans le milieu d'élevage) ou artificiel (comme dans le milieu de sélection). Les poules étant destinées à un élevage en plein air avec deux périodes de mise en place principales (automne et printemps), nous avons artificiellement simulé les variations de durée du jour correspondant à ces deux périodes de naissance. Nous avons ainsi montré que, de même que pour l'indice de consommation chez le poulet label, les classements des candidats à la sélection étaient différents selon l'environnement pour des caractères tels que le nombre, le poids des œufs ou la solidité de la coquille (52). En effet, les corrélations de rang pour le classement des pères selon le milieu étaient très modérées (0.34 pour le nombre d'œufs), nulles (0.02 pour la résistance à la rupture de la coquille), voire même négatives (-0.22 pour la longueur des séries de ponte). Dans ce dernier cas, ignorer l'interaction conduirait donc non seulement à ne pas retenir les meilleurs candidats à la sélection, mais pourrait amener à retenir les plus mauvais.

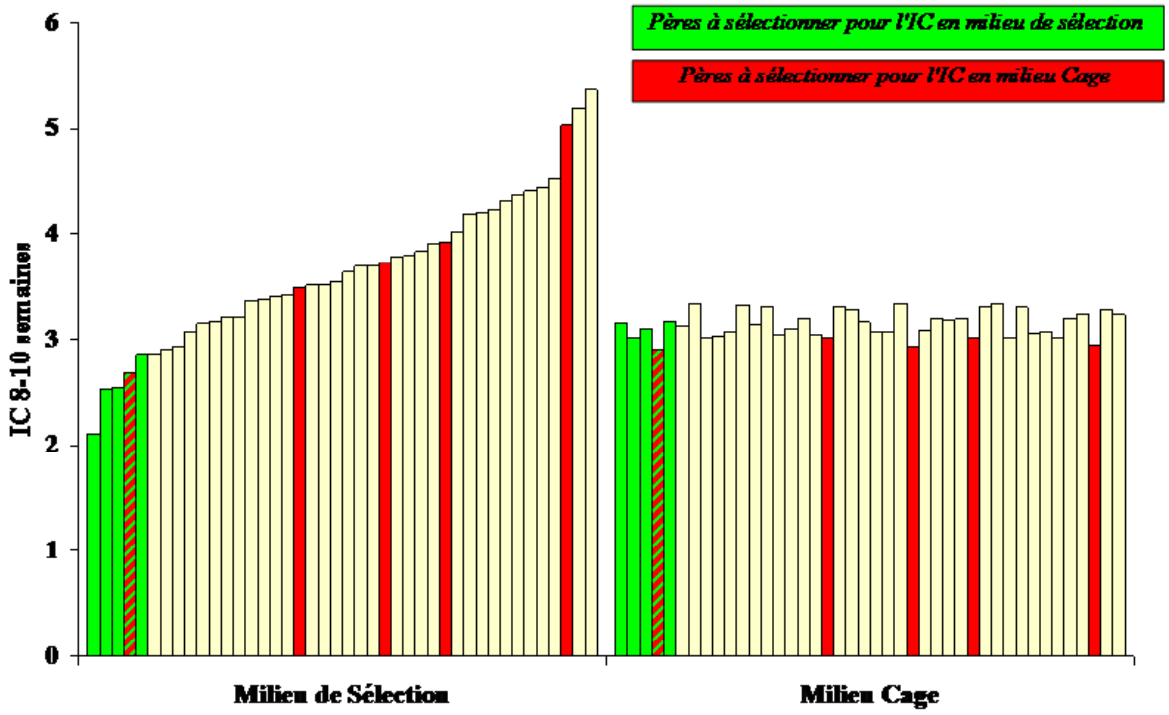

FIGURE 6 – Classement des familles de pères sur l'indice de consommation en milieu " cage individuelle " ou " au sol ".

2.3 Etude génétique des caractères de comportement

Mener à bien des études sur les capacités d'adaptation des animaux nécessitait l'acquisition de connaissances dans le domaine de l'éthologie. J'ai donc suivi, à l'issue de ma thèse, les cours du DEA d'Ethologie de Paris XIII, afin de me familiariser avec cette discipline. J'ai ensuite pu appliquer ces connaissances pour développer des études génétiques sur les modèles déjà développés au sein de l'URA, notamment sur la sensibilité au stress chez la caille japonaise.

2.3.1 Etude de la sensibilité au stress chez la Caille

La sensibilité au stress est une composante essentielle de la capacité de l'animal à s'adapter à son environnement. La durée d'immobilité tonique fait partie des indicateurs de cette sensibilité, et a donc fait l'objet de nombreux travaux au sein de l'URA, comprenant entre autres la création de lignées divergentes de cailles sur ce caractère. Après plus de 30 générations de sélection, les distributions des lignées à faible (STI) et longue (LTI) durée d'immobilité tonique sont disjointes (cf. Figure 7).

Mes travaux sur les capacités d'adaptation des animaux ont donc tout naturellement commencé par une analyse rétrospective de l'expérience de sélection. Pour ce faire, j'ai du me former aux techniques d'analyse de survie, car la durée d'immobilité tonique est enregistrée au cours d'un test de durée limitée, et les animaux les plus craintifs présentent une donnée tronquée, qui ne peut être étudiée avec les méthodes statistiques habituelles (60). Dans le cas de l'expérience de

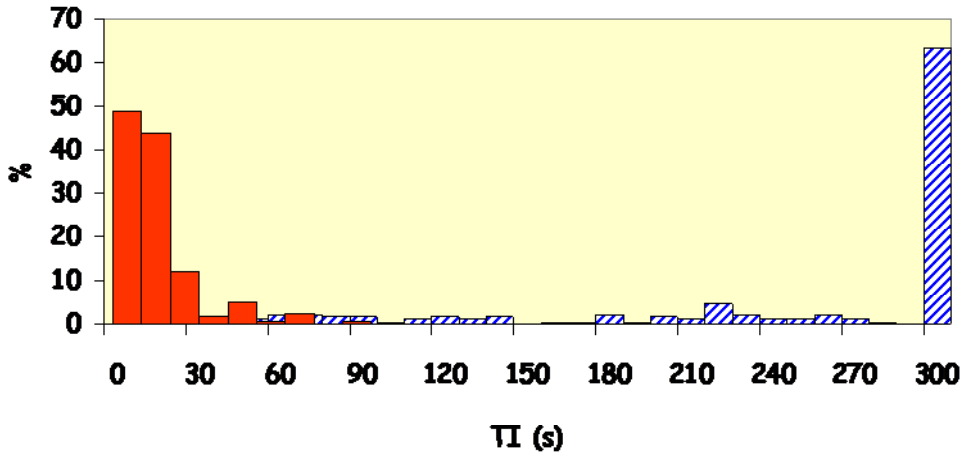

FIGURE 7 – Distribution de la durée d'immobilité tonique dans la lignée à courte (STI, en rouge) et longue (LTI, en bleu) durée d'immobilité tonique à la 26ème génération de sélection.

sélection sur la durée d'immobilité tonique de la caille, plus de 60% des données sont tronquées dans la lignée LTI, ces animaux étant toujours en immobilité tonique à la fin des 300 s. du test. Dans ce cas, nous sommes très éloignés de l'hypothèse de normalité de la distribution supposée par les analyses classiques et on observe une différence importante d'estimation d'héritabilité obtenue par REML (0.19) et par analyse de survie (0.30). Cette technique permet également de calculer le risque que l'animal soit toujours en immobilité tonique à un temps donné, et donc de mieux distinguer parmi les reproducteurs ayant la même performance. Ainsi, dans la figure 8, on peut observer que le risque d'être toujours en immobilité tonique après 1 minute est de 18% pour les STI, 82% pour les LTI et 41% pour la lignée contrôle.

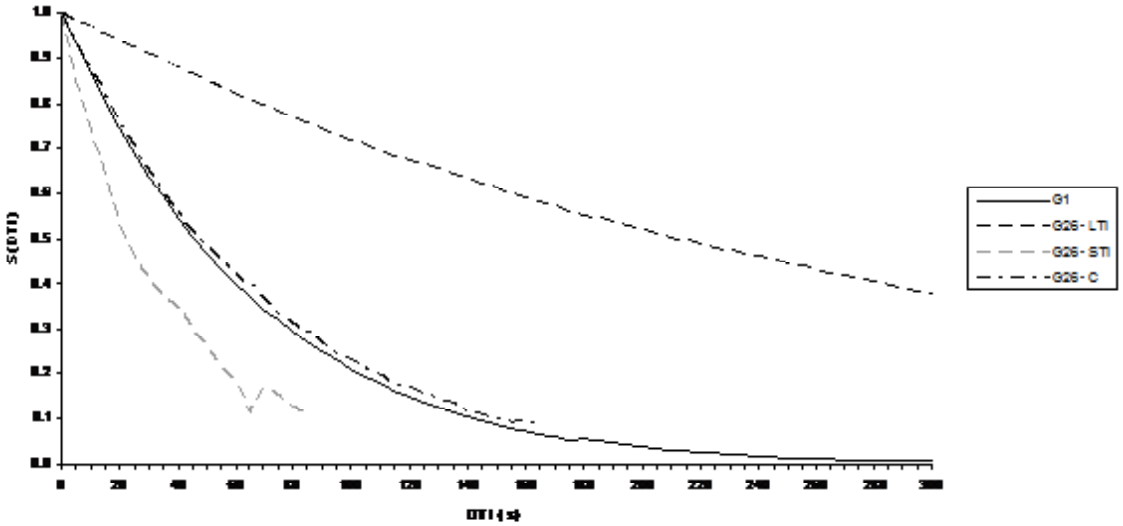

FIGURE 8 – Evolution de la probabilité d'être en immobilité tonique au temps t ("S(DTI)" ou survie) au démarrage de la sélection (G1) et après 26 générations de sélection dans la lignée témoin (G26-C), à longue durée d'immobilité tonique (G26-LTI) ou à courte durée d'immobilité tonique (G26-STI).

Cette même technique a ensuite été appliquée au canard dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe " Croissance et Métabolisme " (2), pour comparer la durée d'immobilité tonique des canards Pékin, Barbarie et de leurs deux croisements réciproques.
Ce caractère a ensuite fait l'objet d'une collaboration entre l'URA, le LGC (Laboratoire de Génétique Cellulaire de Toulouse, A. Vignal & F. Pitel) et l'UMR GABI (Génétique Animale et Biologie Intégrative, Jouy-en-Josas) afin de rechercher, à partir d'un croisement F2 entre lignées LTI et STI, les gènes impliqués dans le déterminisme de la durée d'immobilité tonique. Ma contribution à cette étude a consisté en une analyse multidimensionnelle des relations entre différents indicateurs de la sensibilité au stress. Ce travail a montré le caractère complexe et multidimensionnel de la sensibilité au stress, ses différentes composantes comportementales et physiologiques étant relativement peu corrélées entre elles (25). En effet, l'analyse factorielle des correspondances (cf. Figure 9) montrait que les réactions de stress des animaux mesurés par différents paramètres et dans différentes conditions apparaissaient sur des axes différents, donc indépendants. Il m'a aussi donné l'opportunité de me former à ces analyses multidimensionnelles à l'occasion de 2 formations. Je dispense actuellement des cours sur ce sujet à l'université de Tours.

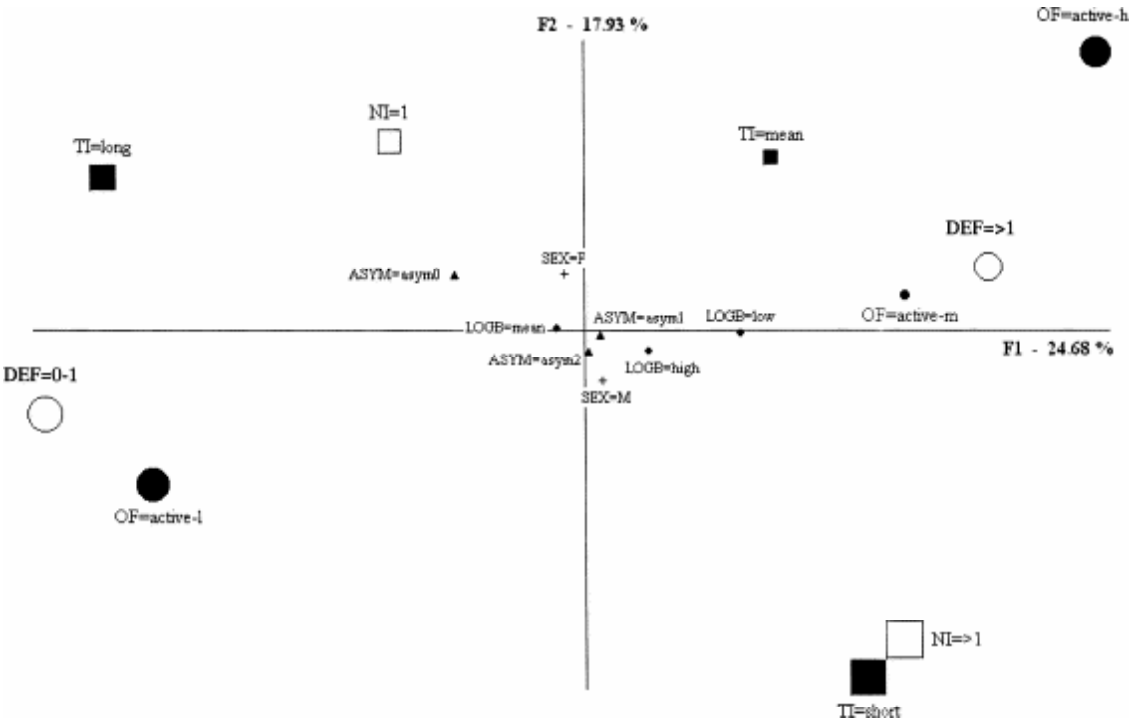

FIGURE 9 – Analyse factorielle des correspondances des caractères liés à la sensibilité au stress des cailles F2 du croisement entre la lignée à faible (STI) et forte (LTI) durée d'immobilité tonique. TI : durée d'immobilité tonique ; OF : activité en open-field ; ASYM : asymétrie de la longueur des tibias ; LOGB : logarithme de la concentration en corticostérone après un stress de contention, DEF : nombre de défécations pendant le test d'open-field.

Suite à ces analyses multidimensionnelles, un caractère composite d'immobilité tonique a été utilisé pour rechercher les QTL impliqués dans le déterminisme du caractère. Ces premières analyses ont été confirmées sur les caractères " durée d'immobilité tonique " et " nombre d'inductions nécessaires au déclenchement de la réaction " pour lesquels deux QTL ont été identifiés sur le même groupe de liaison (17, 62-64). Celui détecté pour la durée d'immobilité tonique est

proche d'un autre QTL pour le comportement en open-field détecté dans cette même étude. Suite à cette première étape, des animaux issus de croisements de type AIL (Advanced Inter Cross Line) ont été mis en place afin de localiser plus précisément ce QTL. Une analyse multidimensionnelle similaire a ensuite été réalisée en collaboration avec l'UMR GDA et l'unité IASP de Tours (6, 9, 14, 24) pour déterminer l'intensité du lien entre les réactions de peur des animaux et les caractères de ponte. Enfin, les différents indicateurs des réactions de peur enregistrés au cours de l'expérience sur les cailles ont également été utilisés dans des collaborations avec l'équipe " Croissance et Métabolisme " de l'URA chez le canard (2, 56, 74). et avec l'équipe " Comportement " de l'UMR PRC chez le faisan (55, 78, 87). Ce dernier modèle animal est particulier car, contrairement aux espèces d'élevage classique, on recherche plutôt des animaux ayant une forte réaction à l'homme, les faisans étant destinés à être lâchés pour la chasse.

2.3.2 Préparation de la réponse à l'appel d'offres du 7ème PCRD " BAROQ " (Breeding Animal For Robustness and Meat Quality, 23)

La robustesse est un concept général qui englobe les capacités d'adaptation de l'animal à son environnement, évaluées à la fois sur des critères de performance et sur des critères comportementaux et de bien-être. L'appel d'offres " Breeding Animal For Robustness and Meat Quality " du 7ème PCRD était donc pour moi une opportunité de synthétiser mes deux axes de travail. J'ai donc coordonné, avec P. Mormède (UMR Psychoneuroimmunologie, nutrition et génétique) la préparation d'un projet européen en réponse à cet appel d'offres (38). Nous avons reçu l'aide d'INRA-Transfert pour préparer la réponse à l'appel d'offres. Ce projet portait simultanément sur le porc et le poulet et regroupait des équipes Françaises (INRA, ENITA de Clermont-Ferrand, Centre National de Génotypage), Allemandes (Bavarian State Research Center for Agriculture), Irlandaise (National University of Galway), Suédoises (Université de Linköpig et Swedish Agricultural Sciences University), Slovène (Agricultural Institute of Slovenia) et Turque (Ege University). L'objectif était de proposer de nouveaux critères de sélection en vue d'obtenir des animaux robustes aux variations des conditions d'élevage et aux facteurs de stress, et d'améliorer ainsi simultanément le bien-être de l'animal et la qualité des produits. Pour ce faire, nous proposions d'étudier les relations entre le stress de l'animal (en élevage et à l'abattage) et la qualité du produit. Cela impliquait la mesure de la sensibilité au stress par des critères comportementaux et physiologiques multiples, grâce au développement de méthodes automatiques de mesures du comportement (activité physique, réactions de peur, fréquence cardiaque) et de la qualité de la viande (par spectroscopie infra-rouge). La recherche de marqueurs moléculaires (de type SNP) était également prévue afin de les proposer éventuellement comme outils de sélection.

Ce projet n'ayant pu être financé, il ne pourra être réalisé dans sa globalité. Cependant, la préparation de BAROQ m'a permis de structurer ma réflexion par rapport à l'évaluation des caractères d'adaptation et a abouti à des essais de mesure rapides des comportements de stress pendant la période d'élevage, dans un projet commun entre notre équipe, l'ITAVI et l'OFIVAL. Nous souhaitions mettre en relation les mesures classiquement utilisées (battements d'aile, tentatives de redressement des oiseaux accrochés sur la chaîne d'abattage) avec les données de rythme cardiaque mesurées grâce à un oxymètre. Cette partie n'a pu aboutir car il s'est avéré que l'oxymètre ne fournissait pas d'informations suffisamment fiables sur des animaux trop légers (moins de 1.5 kg). L'appareil peut néanmoins être utilisé sur des animaux plus lourds, et permet également de réaliser rapidement des mesures non invasives de température corporelle, ce que nous avons réalisé dans le cadre de la thèse d'Hugues de Verdal et qui vont également être utilisées dans le projet " ThermoChick ".

2.4 Etude génétique des capacités de digestion du blé chez le poulet

2.4.1 Expérience de sélection

La quantité de rejets est une préoccupation importante à laquelle l'étude de l'indice de consommation ne répond que partiellement, d'où l'intérêt de l'étude de la capacité de l'animal à digérer l'aliment. Une expérience a donc été engagée en collaboration avec B. Carré (Equipe Croissance et Métabolisme, URA) et D. Bastianelli (CIRAD Montpellier), pour évaluer les possibilités d'amélioration génétique de la digestibilité dans une lignée commerciale de poulets. Les animaux étaient nourris avec un régime à base de blé, car cette céréale abondamment utilisée dans les régimes avicoles en Europe génère une grande variabilité entre les individus. La variété retenue, le blé Rialto, avait été choisie car elle est particulièrement difficile à digérer. Cela permet de maximiser les différences entre individus, qui sont peu visibles sur des régimes plus faciles à digérer (à base de maïs et de soja par exemple). Les animaux ont été élevés en cage individuelle, et un bilan digestif a été réalisé entre 20 et 23 jours, car c'est à cet âge que le développement du tractus digestif est maximal. Les mesures de digestibilité ont été réalisées au CIRAD de Montpellier par la technique du SPIR (Spectroscopie Infra-rouge), qui a permis de réaliser très rapidement le grand nombre de mesures nécessaires à une expérience génétique. Le critère de digestibilité retenu est l'EMAn (Energie Métabolisable corrigée pour un bilan Azoté nul), mais le SPIR fournit également le coefficient d'utilisation digestive des lipides, des protéines et de l'amidon.

J'ai ainsi montré pour la 1ère fois que la capacité à digérer le blé était fortement héritable (h^2=0.38). Jusqu'à cette expérience, il était admis que ce caractère n'était pas héritable et ne dépendait que de facteurs alimentaires, en grande partie à cause du fait que les animaux étaient nourris avec des régimes faciles à digérer et qui masquaient donc les différences entre individus. Compte tenu de cette forte héritabilité, j'ai entrepris une expérience de sélection divergente sur ce caractère, avec l'assistance de N. Sellier (UE PEAT, 1, 5, 19, 49-50). Après 8 générations de sélection, la supériorité de la lignée des bons digesteurs (D+) sur la lignée des mauvais digesteurs (D-) est très élevée sur le critère de sélection (+42.4%, cf. Figure 10), mais également sur la digestibilité de l'amidon, des protéines et des lipides (+41.5%, +16.6%, +60.9%, 8, 46). Cette évolution est cohérente avec les estimations d'héritabilité des coefficients d'utilisation digestive (CUD), plus faible pour les protéines (0.33) que pour l'amidon et les lipides (0.37 et 0.47, respectivement), ainsi qu'avec les estimations de corrélations génétiques entre EMAn et CUD, plus élevées pour les lipides (0.91 vs 0.83 pour l'amidon et 0.86 pour les protéines). La divergence d'EMAn entre les lignées D+ et D- est maintenant suffisante pour permettre la recherche des QTL responsables de ces différences. Cette recherche de QTL sera réalisée dans le cadre du projet ANR CHIEF (cf. Perspectives). La pertinence du choix du blé Rialto pour mettre en évidence les différences de capacité de digestion entre animaux a pu être confirmée au cours de cette expérience. En effet, si les différences entre lignées D+ et D- sont très fortes sur un régime blé, elle est beaucoup plus faible (7%) lorsque les animaux sont nourris avec un régime à base de maïs, facile à digérer (45). L'EMAn est peu héritable avec un régime maïs (0.08), mais l'EMAn mesurées sur les 2 régimes sont bien corrélées entre elles (r_g=0.89).

2.4.2 Caractérisation des lignées

Avant de démarrer une recherche de QTL, nous vérifions sur quel levier physiologique la sélection a agi. Nous avons tout d'abord vérifié que la mise à jeûn préalable aux bilans digestifs n'influençait pas la mesure de l'EMAn. La corrélation génétique entre ces deux caractères n'est pas significativement différente de 1, la méthode utilisée pour réaliser le bilan n'intervient pas

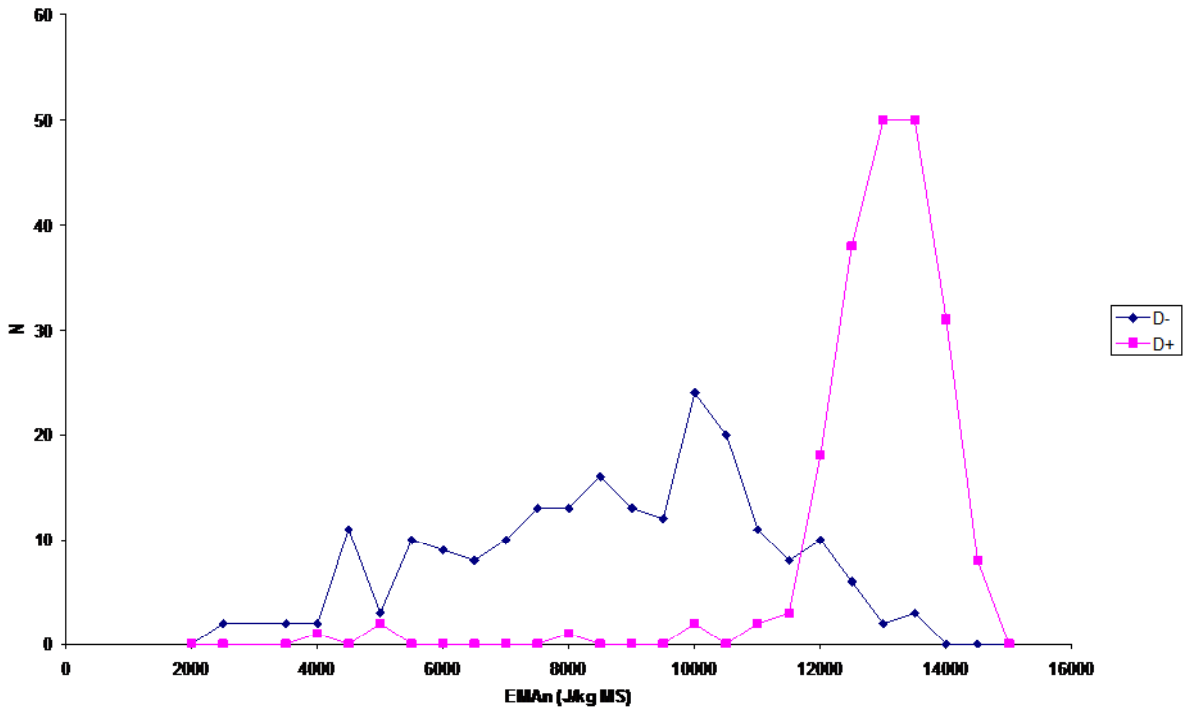

FIGURE 10 – Distribution de l'EMAn à la 8ème génération de sélection chez les bons (D+) et les mauvais (D-) digesteurs

dans les résultats.

Compte-tenu du critère de sélection utilisé, il nous a semblé intéressant de se concentrer sur l'ingestion d'énergie (consommation alimentaire et comportement alimentaire) et les dépenses d'énergie (croissance, composition corporelle, activité physique des animaux) et de rechercher les modifications de l'appareil digestif. L'ensemble de ces travaux a été réalisé en collaboration avec B. Carré et C. Arnould (UMR PRC) et a fait l'objet du travail de plusieurs stagiaires. La rédaction d'un article de synthèse résumant les différentes expériences menées à ce sujet est en cours.

2.4.2.1 Ingestion et comportement alimentaire

L'ingestion d'énergie a été fortement modifiée par la sélection, à la fois quantitativement et qualitativement. Les D- tentent de compenser leur mauvaise digestion par une forte surconsommation (25 à 30%, 1), qui persiste même en corrigeant pour les différences de poids entre lignées. Cette différence n'est cependant présente que lorsque les animaux sont nourris avec un régime à base de blé. Lorsque les animaux sont nourris au maïs, la surconsommation des D- par rapport aux D+ n'est que de 7% et elle n'est pas significative. De même, lorsque l'on applique une sévère restriction alimentaire aux animaux en ne leur donnant accès à l'aliment que pendant deux repas d'une heure par jour, la différence de consommation entre lignées est de 11% avec un régime blé, nulle avec un régime maïs. Dans ce dernier cas, les animaux ne parviennent pas à couvrir leurs besoins, et c'est la capacité d'ingestion qui est limitante.

Sur le plan qualitatif, nous avons recherché si les D- manifestaient une plus forte attirance des D- pour les aliments à forte concentration protéique (farine de poisson ou vers de farine, 99). Dans le premier cas, les animaux se sont vus proposer simultanément un aliment à base de maïs et un aliment enrichi de farine de poisson. Les D- ont bien consommé une plus grande quantité d'aliment que les D+, mais elle est due à une surconsommation de l'aliment témoin et non de celui contenant la farine de poisson. Dans un deuxième temps, nous avons proposé aux animaux 3 types d'aliment : maïs seul, vers de farine seuls, ou vers de farine mélangés au maïs. Nous avons ensuite observé le comportement des animaux pendant 10 minutes afin de détecter des différences de préférence entre les 2 lignées. Globalement, le nombre coups de bec donnés aux 3 compartiments et le nombre de vers consommés n'est pas différent entre les lignées, probablement à cause de la très forte appétence des vers pour les oiseaux, qui n'a donc pas permis de détecter une éventuelle différence de préférence. Cependant, la cinétique d'alimentation est différente entre les 2 lignées, les D- consommant plus en début de période d'observation que les D+, alors que les D+ sont plus présents à la fin de la période d'observation (cf. Figure 11, 99, 104).

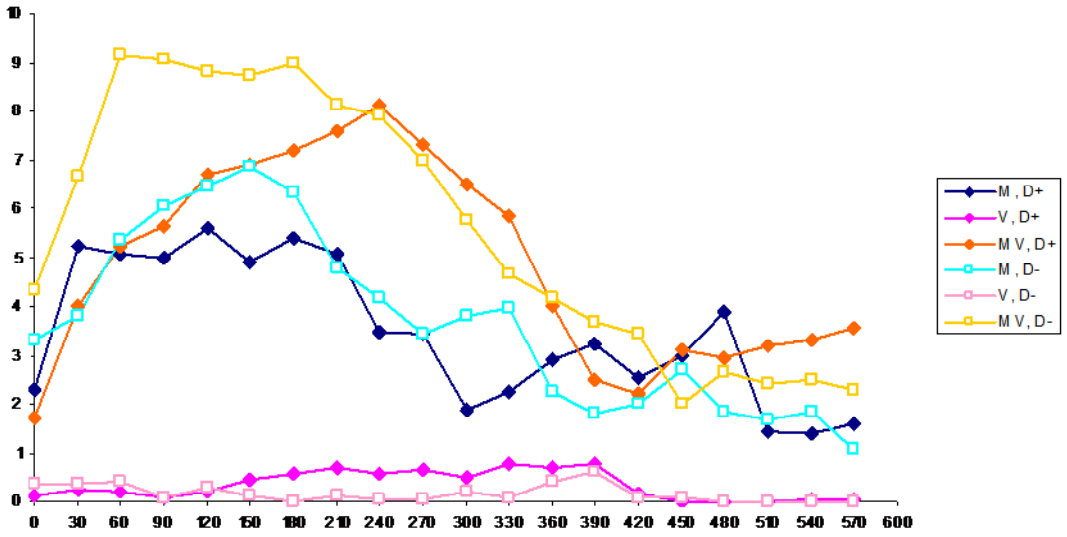

FIGURE 11 – Nombre de coups de bec donnés aux 3 aliments, par lignée (MV : compartiment contenant l'aliment maïs et les vers ; M : compartiment contenant l'aliment maïs ; V : compartiment contenant les vers seuls).

Cette différence de cinétique a été confirmée sur l'ensemble de la journée lors d'une autre expérience. Les D+ nourris au blé sont plus présents que les D- au début de la journée, mais moins pour le reste de la journée (cf. Figure 12). Lorsque les animaux sont nourris au maïs, les cinétiques sont très voisines, sauf une heure avant la nuit, où les D- augmentent leur consommation alors que celle des D+ ne varie pas.

Le lien entre variables de consommation alimentaire, de comportement alimentaire et d'aptitude à digérer a pu être montré par l'estimation de la corrélation entre ces différents caractères. Ainsi, le nombre de coups de bec donnés à l'aliment une heure avant la nuit présente une corrélation de -0.44 avec l'EMAn, +0.52 avec le poids total des fientes, +0.44 avec la quantité totale de phosphore excrété et -0.26 avec le taux d'humidité des fientes (98). La consommation alimentaire présente également des corrélations élevées avec l'EMAn (-0.63), le poids total de fiente (0.85),

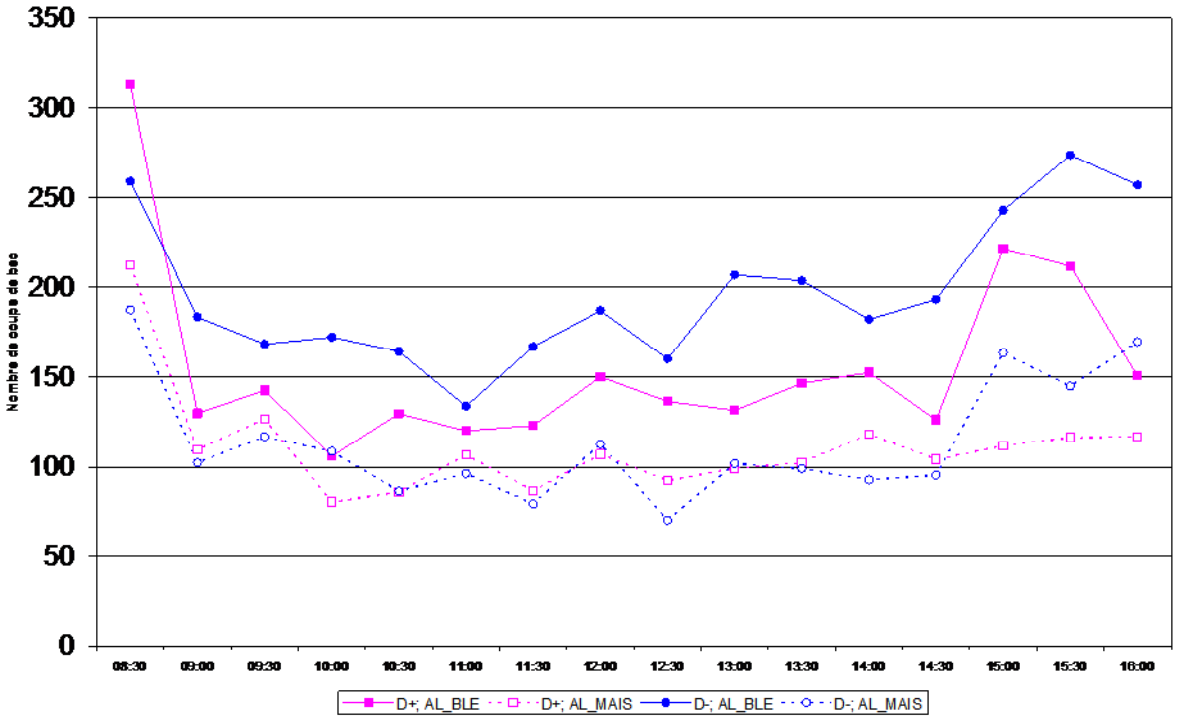

FIGURE 12 – Cinétique d'alimentation au cours de la journée pour les D+ et les D-.

la quantité totale de phosphore excrété (0.90) ou encore la digestibilité des protéines (-0.61).

2.4.2.2 Utilisation de l'énergie : composition corporelle, activité générale

Nous avons ensuite cherché à savoir si la difficulté à retenir l'énergie chez les D- s'était accompagnée d'une diminution des dépenses énergétiques, soit en favorisant le dépôt de protéines au détriment des lipides (dont le dépôt est plus coûteux en énergie), soit en modifiant leur activité physique.

Au cours de la 1ère expérience de la thèse de Hugues de Verdal, nous avons constaté que les D- sont très légèrement moins gras à 3 semaines que les D+ (-0.2%) mais aucune différence de rendement en filet n'a pu être observée. L'emplumement est également plus lent chez les D-, le dépôt des protéines de plumes étant particulièrement coûteux en énergie, ce qui se traduit par une croissance légèrement plus précoce des D-. Une évaluation plus précise de cette différence d'emplumement est en cours, sur un échantillon plus large. Cette partie est réalisée en collaboration avec Nicole Vincent de l'université Paris V, qui développe une technique d'analyse d'images permettant de noter rapidement l'emplumement des oiseaux d'après des photos.

Enfin, les dépenses énergétiques liées à l'activité physique des D- ont diminué, avec une fréquence d'animaux debout, marchant ou explorant l'environnement plus faible respectivement de 7%, 23% et 7% que chez les D+. Nous avons également souhaité valider l'intérêt de notre critère de sélection pour des poulets élevés sur parcours. En effet, les lignées utilisées pour créer les lignées D+ et D- provenaient de la SASSO (Sélection de la Sarthe et du Sud-Ouest), spécialisée dans les poulets de type label. La souche d'origine était un poulet à croissance relativement ra-

pide, utilisée comme père de poulet certifié. Lorsque les animaux sont élevés sur parcours de type label, les D- sortent plus sur le parcours (8% des D- sont dehors vs 5% des D+), et fréquentent plus les zones éloignées du bâtiment d'élevage (5% des D- vs 0.5% des D+). Cela pourrait être dû au fait que les D- rechercheraient sur le parcours des compléments alimentaires pour compenser leur faible valorisation de l'aliment. Cette différence en faveur des D- est essentiellement présente de 6 à 9 semaines, c'est-à-dire dans les premiers moments de leur sortie sur le parcours, et disparaît ensuite (à 10 et 12 semaines). Cette étude sur parcours a fait l'objet du stage de C. Parias (97).

2.4.2.3 Anatomie, Histologie

L'anatomie du tractus digestif a été fortement modifiée par la sélection. Chez les D+, les gésiers et l'intestin sont beaucoup plus lourds que chez les D-. De ce fait, les D+ broient mieux l'aliment dans la partie supérieure du tractus digestif, ce qui rend les nutriments plus facilement absorbables dans l'intestin. A l'éclosion, ces différences ne reflètent que le poids plus élevé des poussins D+. Ce n'est plus le cas à l'âge de 3 semaines, où même des différences relatives sont fortement significatives entre lignées (cf. Tableau 1, Figure 13).

Caractère	**D+**	**D-**	*P*
Poids du jabot (g/kg)	4.96	4.94	NS
Poids du proventricule (g/kg)	9.05	7.04	***
Poids du gésier (g/kg)	26.09	19.12	***
Poids du foie (g/kg)	34.11	35.17	*
Poids du duodénum (g/kg)	13.31	15.00	***
Poids du jéjunum (g/kg)	17.56	24.03	***
Poids de l'iléon (g/kg)	13.16	18.38	***
Longueur du duodénum (cm)	51.55	51.99	NS
Longueur du jéjunum (cm)	89.33	94.51	*
Longueur de l'iléon (cm)	86.17	89.06	NS

Tableau 1. Poids et longueur relatifs (g/kg de poids vif) des différents segments du tube digestif des poulets D+ et D- âgés de 23 jours (N=414).

FIGURE 13 – Taille relative de l'ensemble gésier-proventricule des D- (gauche) et des D+ (droite).

FIGURE 14 – Exemple de gros proventricule chez un individu D+ (à gauche), par rapport à la configuration habituelle (à droite).

Pour 22% des D+, on voit même apparaître de très gros proventricules de plus de 5 g, avec disparition de l'isthme entre le proventricule et le gésier (cf. Figure 14). Chez les D-, cette proportion n'est que de 0.7%. Pour 2 des familles de père des D+, cette proportion monte à 35%. Cette augmentation de la taille du proventricule (estomac chimique) et du gésier (estomac mécanique) chez les D+ leur permet de mieux broyer et dégrader l'aliment dans la partie supérieure du tractus digestif, l'aliment qui arrive au niveau de l'intestin est donc plus facilement assimilable.

A l'opposé, le rapport du poids sur la longueur de l'intestin grêle (indicateur de la capacité d'absorption des nutriments) est plus élevé chez les D-, en particulier au niveau du jéjunum (+33% vs +17% dans le duodénum et +14% dans l'iléon), principal lieu de l'absorption des nutriments. Cette différence entre lignées n'est plus présente lorsque les animaux sont nourris avec du maïs, que même les D- digèrent correctement. Les modifications au niveau de l'intestin semblent donc être une réaction des D- visant à compenser leur difficulté à digérer le blé.

Les stages de Charlotte Jeulin et de Charlotte Martin (2009) ont permis de constater que les 2 lignées présentaient également des différences histologiques, les D- ayant des villosités intestinales et des cryptes de Lieberkühn plus grandes (cf. Figure 15). Or, les villosités sont le lieu d'absorption des nutriments, mais aussi de sécrétion des enzymes permettant la décomposition des sucres complexes en sucres simples. Leur augmentation chez les D- permet donc d'augmenter le potentiel d'absorption, pour compenser la défaillance du tractus digestif supérieur. On peut également noter que la variabilité des caractères mesurés sur les villosités intestinales est plus élevée chez les D- que chez les D+, ce qui est un indicateur de la perturbation de la digestion chez les D-.

2.4.2.4 Rejets

La conséquence cumulée d'une surconsommation alimentaire et d'une difficulté à retenir l'énergie ingérée aboutit à une quantité de rejets produite par les D- beaucoup plus élevée que pour les D+ (cf. Figure 16). Ce point essentiel est étudié dans le cadre du projet COSADD (Critères et Objectifs de Sélection pour une Agriculture et un Développement Durable, 37, 45, 70, 73) que coordonne F. Phocas (GABI). Au sein de ce projet, je coordonne le groupe de travail visant à proposer de nouveaux critères de sélection en relation avec le bien-être animal (bovins

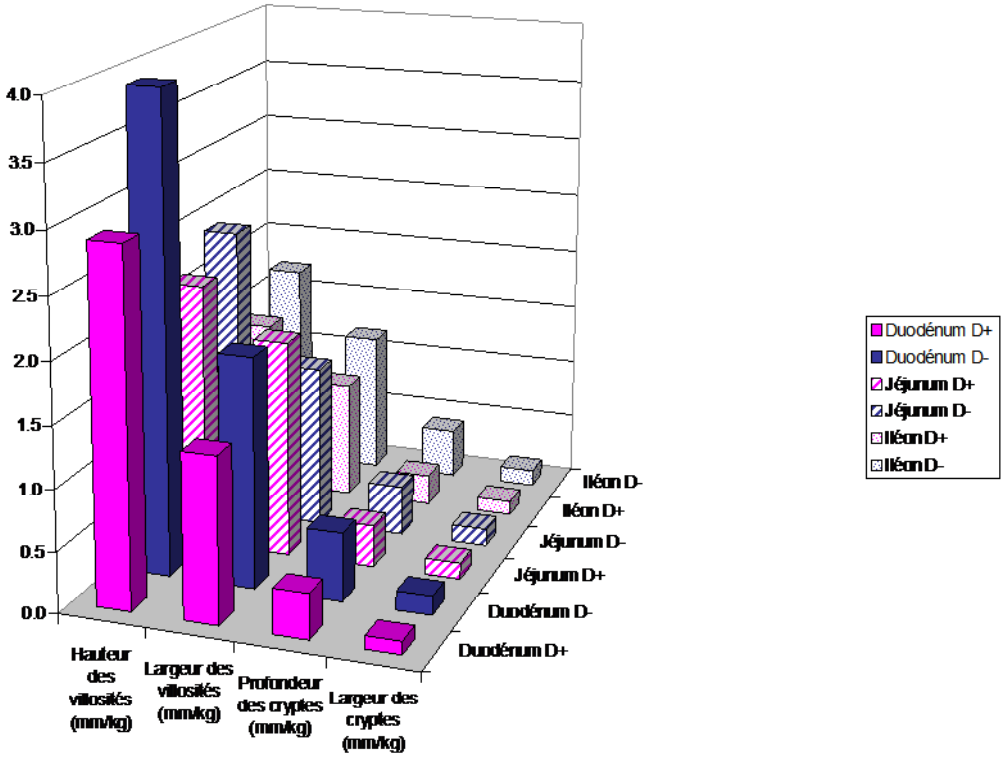

FIGURE 15 – Différences de forme des villosités intestinales entre les lignées D+ et D-.

allaitants, truite arc-en-ciel) et les rejets animaux (porc, poulet de chair). Les travaux concernant le poulet de chair sont réalisés dans le cadre d'une collaboration avec B. Carré (URA), H. Juin (UE EASM), J.Y. Dourmad (SENAH), Y. Dronne (UMR SMART) et D. Bastianelli (CIRAD). L'objectif était de déterminer si l'EMAn qui avait été utilisé pour sélectionner l'aptitude à digérer pouvait être un critère de sélection pertinent pour la réduction des rejets, dans différentes conditions nutritionnelles ou d'élevage.

FIGURE 16 – Plateaux de collecte de fientes (D+ à gauche, D- à droite).

Les premiers résultats obtenus dans COSADD et dans la thèse de H. de Verdal montrent des rejets azotés et phosphorés très différents entre nos deux lignées. Ainsi, H. de Verdal a montré que l'excrétion rapportée à la consommation alimentaire était de 41% chez les D- et seulement 31% chez les D+. La différence est encore plus élevée si l'on compare l'excrétion rapportée au poids des animaux qui est 2.1 fois plus élevée chez les D-. Cela en fait un matériel de choix pour de futures études plus poussées sur la génétique des rejets.

Les données collectées au cours de ce projet montrent que l'EMAn est un bon indicateur des rejets des poulets. En effet, la corrélation phénotypique entre EMAn et rejets azotés ou phosphorés est de -0.72, alors que les corrélations estimées entre rejets et indice de consommation ne sont que de 0.44 à 0.45. Même si l'on corrige les données d'excrétion par rapport à la consommation alimentaire, la corrélation entre les données d'excrétion et l'EMAn est toujours plus élevée que celle avec l'indice de consommation. Ainsi, le pourcentage de rétention d'azote est de 57% chez les D+ contre seulement 39% chez les D-. De même, la proportion de phosphore retenu est de 51% chez les D+ contre seulement 36% chez les D-.

Enfin, nous avons souhaité modéliser l'impact du taux protéique de l'aliment sur les rejets azotés. Nous avons donc mis à profit les données recueillies dans le cadre du projet COSADD pour modéliser la sensibilité de nos lignées à ce facteur. La méthode retenue, les normes de réaction, a fait l'objet d'une collaboration avec L. Bodin (Station d'Amélioration Génétique des Animaux de Toulouse). Si les pentes d'excrétion d'azote en fonction du taux protéique de l'aliment sont effectivement positives, nous n'avons pas mis en évidence de différence de pente entre lignées, probablement à cause d'un taux protéique relativement élevé dans l'aliment.

2.5 Perspectives

2.5.1 Etude des possibilités de réduction des rejets par la sélection

Les études des rejets avicoles qui ont débuté dans le cadre du projet COSADD, ont jusqu'ici été limitées à des études phénotypiques. Elles vont maintenant être élargies pour modéliser la composante génétique de ces rejets, en lien avec la digestibilité. Ce travail fait l'objet de la thèse de H. de Verdal, que je co-encadre avec E. Duval (HDR, équipe Génétique) et A. Narcy (équipe Dynamiques Nutritionnelles).

Dans un premier temps, nous réalisons une estimation des paramètres génétiques de nombreux caractères liés aux rejets des animaux, grâce à un dispositif expérimental de plus de 600 animaux D+ et D-. Nous avons mesuré de nombreux caractères liés à la quantité et à la composition des rejets, la capacité de digestion, l'anatomie du tractus digestif, au métabolisme du phosphore, la consommation et le comportement alimentaire, la croissance et la composition corporelle. L'ensemble des mesures devrait être disponible à l'automne 2009. Nous pourrons ensuite estimer l'héritabilité de chacun des caractères, en particulier ceux portant sur la qualité et la composition des rejets, afin de déterminer lesquels sont les plus intéressants pour la sélection, notamment par rapport à l'EMAn. L'estimation des corrélations génétiques entre caractères permettra enfin de prédire l'impact de la sélection d'un caractère sur les caractères qui lui sont corrélés.

De plus, toutes nos études ont jusqu'à présent été réalisées à l'âge de 3 semaines, âge auquel est réalisée la sélection des lignées. Il est cependant important de pouvoir quantifier les différences de rejets sur l'ensemble de la période de production, jusqu'à obtention d'un poulet de 2 kg. Cette étude cinétique sera réalisée à l'automne 2009, dans le cadre de la thèse de Hugues de Verdal, et fait l'objet d'un financement par une action incitative du département de génétique animale.

Il est également envisagé de donner une suite au projet COSADD pour répondre aux questions qui sont restées en suspens. Une des questions que je souhaiterais aborder dans ce cadre serait la possibilité d'utiliser la sélection pour réduire la compétition homme-animal dans l'accès aux ressources alimentaires. En effet, l'alimentation des animaux consomme un tiers de la production mondiale de céréales et utilise 70% des terres cultivables. Or, la sélection d'animaux digérant mieux le blé ne répond pas à cette question, puisque le blé est consommé par l'homme. Je souhaiterais donc tester s'il existe une variabilité génétique exploitable dans la capacité des animaux à digérer des aliments qui entrent le moins possible en concurrence avec l'alimentation humaine, en incorporant par exemple dans les régimes des co-produits des cultures destinées à l'homme ou à la production des biocarburants.

2.5.2 Génomique

Je souhaite profiter des compétences en génomique présentes au sein de l'équipe pour développer mes travaux en ce sens, sur les caractères de digestibilité. Nous disposons maintenant de lignées fortement divergentes sur la capacité de digestion et allons utiliser ce matériel pour rechercher les QTL puis les gènes en cause. Cela fait l'objet d'un projet ANR Genanimal accepté en 2009 que je coordonne. La première étape de ce projet sera de réaliser la détection de QTL impliqués dans la digestion et les rejets, à partir d'un croisement de type F2 entre les lignées D+ et D-. La mise en place des croisements a déjà commencé, et les animaux F2 naîtront au cours du 1er semestre 2010. Ce protocole de grande taille (4 lots de 216 animaux) sera l'occasion de réaliser un phénotypage large de nombreux caractères liés à la fonction digestive, grâce aux compétences

présentes au sein des équipes "Génétique Avicole", "Dynamiques Nutritionnelles" et "Croissance et Métabolisme" de l'URA, de l'UE PEAT et de l'UMR PRC. Ainsi, les rejets, en particulier pour le phosphore seront étudiés en collaboration avec A. Narcy, la microflore digestive avec I. Gabriel, la régulation neuro-hormonale de la fonction de digestion avec N. Rideau. Le comportement des animaux, en particulier le comportement alimentaire sera étudié en collaboration avec Aline Bertin (UMR PRC) et moi-même.

Les animaux F0 et F1 vont également bénéficier d'un programme collectif de l'INRA (ChickIBD) au cours duquel des puces à 54K SNP vont être utilisées. Ainsi, le choix des 1536 marqueurs SNP à génotyper sur l'ensemble des F2 pourra se faire dans des conditions optimales. Cette étude sera également l'occasion de renforcer les collaborations au sein de l'équipe de Génétique avicole, car je collaborerai avec C. Hennequet et d'E. Duval pour l'analyse des données QTL, mettant ainsi à profit leurs compétences en biostatistiques et en analyse de QTL.

2.5.3 Etudes génétiques du comportement

Lors de mes différentes expériences, j'ai pu constater que l'étude génétique du comportement est limitée par la lourdeur des mesures sur un grand nombre d'animaux. L'observation directe des animaux dans leur milieu est souvent la plus pertinente pour les caractères que nous étudions. Cependant, si cette observation est possible techniquement, elle est en revanche inutilisable sur un grand nombre d'animaux. Il est donc nécessaire de pouvoir automatiser au maximum l'enregistrement des comportements. C'est dans cet objectif que le projet SEACAV (Système d'Enregistrement Automatique du Comportement des Volailles) a été initié par N. Sellier et moi-même. Il est maintenant développé dans le cadre d'une collaboration entre la SAGA, plusieurs équipes de l'URA, l'ITAVI et l'Ecole polytechnique de Tours, et bénéficie également d'un financement du département de génétique animale. Après avoir vérifié la possibilité d'utiliser des puces électroniques pour l'identification des animaux arrivant à la mangeoire, différents tests (forme de la mangeoire, type de fermeture du couloir d'accès à la mangeoire) ont été réalisés chez le canard à l'UE PEFG d'Artiguères. Des tests similaires doivent être réalisés à l'UE PEAT chez le poulet. Le développement de ce système permettra d'accéder directement aux données de comportement alimentaire (quantité consommée, rythme alimentaire) sur les animaux élevés en groupe et au sol, alors qu'actuellement les mesures se font sur des animaux élevés en cage individuelle. A plus long terme, il sera nécessaire de développer des systèmes équivalents pour enregistrer d'autres types de comportements, par exemple les comportements sociaux ou le budget-temps des animaux.

Enfin, même si mes perspectives à court terme concernent surtout le projet CHIEF, l'étude de la sensibilité au stress des animaux ne sera pas abandonnée. Nous avons à ce propos été récemment contactés par Gibo-Vendée, entreprise commercialisant faisans et perdrix pour la chasse. Une collaboration entre l'INRA, le SYSAAF et Gibo-Vendée pourrait se développer pour réfléchir à la mise en place d'une sélection sur des critères comportementaux car les animaux lâchés sont souvent jugés trop passifs par les chasseurs.

Compte tenu du temps nécessaire au développement de ces projets sur la génétique du comportement, E. Duval et moi réfléchissons à une demande de poste au sein de l'équipe. Personnellement, je continuerai à m'investir personnellement dans ces projets en appui à un éventuel nouveau recrutement.

3 Activités d'animation scientifiques, enseignement, transfert des résultats de la recherche

3.1 Contribution à la vie et au fonctionnement du collectif

- Je suis membre du comité de pilotage du contrat ANR COSADD (animé par F. Phocas) et responsable du WP3 " Emergence de nouveaux critères de sélection ". J'ai de ce fait participé aux réunions d'élaboration des questionnaires d'enquêtes auprès des partenaires de la sélection avicole, avec l'ITAVI et les collègues de PHASE. J'ai également contribué et/ou animé des séminaires COSADD et présenté des exposés de synthèse sur la sélection avicole, et les critères de sélection des rejets (70, 73). Une synthèse bibliographique reprenant l'ensemble des données de la journée " Sélection et Rejets " est en cours de rédaction.

- Compte-tenu de mes préoccupations relatives à la composante génétique des capacités d'adaptation des animaux, je suis membre du RMT " Bien-Etre et Systèmes d'Elevage " dont la 1ère réunion s'est tenue au printemps 2009. Ce RMT regroupe différentes équipes de l'INRA, des instituts techniques, de l'enseignement agricole et universitaire.
- Je participe au réseau Agri-Bien-Etre Animal, et co-anime depuis 2007 le sous-groupe "Génétique et adaptation", avec P. Mormède, avec lequel j'ai organisé deux séminaires sur la génétique de l'axe corticotrope (en novembre 2007) et un second sur les conséquences de la sélection sur les capacités d'adaptation et le bien-être animal (octobre 2009). Ces réunions ont donné lieu à la publication de revues de synthèse (3, 13, 20, 31). Je suis également membre du réseau de Génétique Avicole, animé par F. Pitel (LGC).
- Je suis membre du Conseil Scientifique du Centre de Tours depuis 2008, comme suppléante de C. Berri.
- Je suis membre des groupes Assurance Qualité " Site web ", " Traçabilité des activités de recherche " et " Archivage " de l'URA.
- J'ai encadré les stages d' A. Naud-Montero (2005, 99), de M. Chabault (2006, 94) et d' O.Lafeuille (2007, 93), de Céline Parias (2008) et de Charlotte Jeulin (2009) sur le thème de la digestibilité, de S. Ruau sur les courbes de croissance (101), de C. Delaby sur la durée d'immobilité tonique chez la caille (102) et de L. Lescure sur le dimorphisme sexuel du pigeon (103).
- J'ai co-encadré la thèse de L. N'Dri (2003-2006, 100) avec M. Tixier-Boichard. Depuis le 1er octobre 2008, je co-encadre avec E. Duval (HDR) et A. Narcy la thèse de Hugues de Verdal sur l'étude génétique de la qualité des rejets en fonction de l'environnement nutritionnel.
- J'ai également participé à l'encadrement de N. Praharaj (2002) avec l'UMR GDA et IASP, dans le but de modéliser la courbe de croissance des tumeurs viro-induites par le Sarcome de Rous (21).
- J'ai également participé aux comités de thèse d' I. Arnaud (Comportement du Canard, 2), de D. Valance (Fréquence cardiaque chez la Caille, 4, 12), de N. Rougière (Digestibilité chez le poulet) et de Richard le Boucher (utilisation des aliments végétaux chez les poissons).

3.2 Enseignement, expertises, contribution à l'interaction science-société

Les membres de l'équipe dispensent les cours des modules " Statistiques " et " Amélioration Génétique " au master Productions Animales de l'université de Tours. Les contenus ont été déterminés en concertation entre notre équipe et les responsables du master. J'interviens en M1 au travers des cours " Génétique et Adaptation " (87, également dispensé à l'ISAB de Beauvais), " Interactions génotype - environnement " (88), " Analyse multifactorielle des données " et " Sta-

tistiques non paramétriques " (89-91).

Au cours des dernières années, j'ai été à plusieurs reprises sollicitée comme référé pour des revues scientifiques à comité de lecture (Poultry Science, Journal of Animal Breeding and Genetics, British Poultry Science) ou des congrès (Congrès Mondial de Génétique Appliquée aux Animaux d'Elevage, Journées des palmipèdes à foies gras). Enfin, je suis également, depuis juillet 2008, éditeur associé de la section génétique de Poultry Science.

3.3 Transfert des résultats de la recherche

En partenariat avec un sélectionneur privé, la SASSO, un projet de recherche que je coordonnais a été mené entre 2001 et 2005 (39, 59). Il a permis de conforter le sélectionneur dans sa pratique de sélection du poids vif à 8 semaines en claustration, ce caractère étant fortement corrélé avec le poids commercial des animaux, à 12 semaines et sur parcours. Nous avons également suggéré l'utilisation des paramètres de la courbe de croissance mesurés sur parcours comme critère de sélection indirect de l'indice de consommation de ces souches. Enfin, nous avons pu évaluer la qualité organoleptique de différents croisements et estimer la possibilité de sélectionner ces critères intra-souche. Ce contrat de recherche impliquait H. Juin (UE Magneraud) pour l'analyse sensorielle et l'élevage des poulets en conditions label, M. San Cristobal-Gaudé (LGC) et C. Robert-Granié (SAGA) pour l'analyse longitudinale des données, B. Carré (URA) pour l'étude de la digestibilité des régimes à base de blé et J. Besnard (UE PEAT) pour l'élevage des animaux en cage afin de mesurer leur indice de consommation.

J'ai également participé aux projets de recherche du SYSAAF visant à réduire par la sélection le comportement de picage chez le poulet de chair (54, 81) et suis membre du comité de pilotage du projet du SYSAAF " MODPONT " dont le but est de modéliser la courbe de ponte en utilisant la régression aléatoire pour suggérer de nouveaux critères de sélection.

4 Conclusion générale

Le projet que je développe depuis mon recrutement est à l'interface entre de nombreuses disciplines (génétique, productions animales, nutrition, comportement). De ce fait, pour le mener à bien, j'ai été amenée à développer un réseau de collaborations à différents niveaux.

Au sein de l'équipe de Génétique Avicole, les outils et méthodes employés sont similaires, ce qui nous permet une étroite collaboration, en particulier pour l'étude de la sensibilité au stress et les capacités d'adaptation des animaux à leur environnement.

L'unité de Recherches Avicoles et l'UMR PRC regroupent de nombreuses compétences indispensables pour mener à bien les travaux sur la digestibilité, les rejets ou le comportement animal. De ce fait, des collègues de ces disciplines sont systématiquement inclus dans les projets que nous développons. Nous avons également la chance de pouvoir bénéficier d'un dispositif expérimental très large avec l'UE PEAT, ce qui nous permet de mener de front expérimentations ponctuelles et sélection de lignées à long terme.

Notre insertion au sein de réseaux nationaux nous permet également de bénéficier des compétences méthodologiques de nos collègues du département de génétique animale et d'une large

ouverture sur le bien-être animal grâce au Réseau Agri Bien-Etre Animal.

La présence du SYSAAF facilite également le transfert de nos résultats vers les sélectionneurs mais également l'intégration de leurs questionnements dans nos programmes de recherche. La collaboration avec les collègues sociologues et économistes dans le projet COSADD a permis une prise de conscience de la nécessité d'intégrer de nouveaux acteurs dans nos réflexions, afin d'aboutir à l'intégration de tous les maillons de la filière dans la détermination des objectifs de sélection. Cela est d'autant plus pertinent pour certains critères essentiels au développement durable qui ne sont pas systématiquement valorisables pour les sélectionneurs.

L'évolution de ma thématique de recherche montre cette prise en compte progressive d'un plus grand nombre d'acteurs. Ainsi, si l'étude génétique de la digestibilité avait été initiée pour des raisons purement économiques (capacité de l'animal à utiliser une source de nourriture peu onéreuse), elle a depuis fortement évolué vers la sélection d'animaux produisant peu de rejets (intégration du pilier environnemental du développement durable), et capables d'utiliser des ressources locales et le moins possible en compétition avec les ressources alimentaires humaines (pilier social), tout en maintenant la compétitivité économique du produit (volet économique) pour assurer la survie à court terme.

5 Références bibliographiques

5.1 Articles publiés dans des revues avec comité de lecture

1. Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, Juin H., 2008. Breeding for feed efficiency and adaptation to food. World Poult. Sci. J., 64, 377-390.
2. Arnaud I., **Mignon-Grasteau S.**, Larzul C., Guy G., Faure J.M., Guémené D., 2008. Behavioural and physiological fear responses in ducks : genetic cross effects. Animal, 2, 1518-1525.
3. Richard S., Arnould C., Guéméné D., Leterrier C., **Mignon-Grasteau S.**, Faure J.M., 2008. Emotional reactivity in the quail : an integrated approach to animal welfare. INRA Prod. Anim., 21, 71-77.
4. Valance D., Despres G., Richard S., Constantin P., **Mignon-Grasteau S.**, Leman S., Boissy A., Faure J.M., Leterrier C., 2008. Changes in Heart Rate Variability during a tonic immobility test in quail. Physiol. Behav., 93, 512-520
5. Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, Péron A., Juin H., Bastianelli D., 2007. Wheat value : improvements by feed technology, plant breeding and animal genetics. World Poultry Sci. J., 63, 585-596.
6. Minozzi G., Parmentier H.K., **Mignon-Grasteau S.**, Nieuwland M.G.B., Bed'hom B., Gourichon D., Minvielle F., Pinard-van der Laan, M.H., 2008. Correlated effects of selection for immunity in White Leghorn chicken lines on natural antibodies and specific antibody responses to KLH and M-butyricum. BMC Genet., 9 : Art. No. 5 JAN 14.
7. Blesbois E., Grasseau I., Seigneurin F., **Mignon-Grasteau S.**, Saint Jalme M., Mialon-Richard M.M., 2008. Predictors of success of semen cryopreservation in chickens Theriogenology, 69, 252-261.
8. Garcia V., Gomez J., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Carré B, 2007. Effects of xylanase and antibiotic supplementations on the nutritional utilisation of a wheat diet in growing chicks from genetic D+ and D- lines selected for divergent digestion efficiency. Animal, 1, 1435-1442.

9. Moulin-Schouleur M., Reperant M., Laurent S., Bree A., **Mignon-Grasteau S.**, Germon P., Rasschaert D., Schouler C., 2007. Extraintestinal pathogenic Escherichia coli strains of avian and human origin : Link between phylogenetic relationships and common virulence patterns. J. Clin. Microbiol., 45, 3366-3376.
10. N'Dri A.L., Sellier N., Tixier-Boichard M., Beaumont C., **Mignon-Grasteau S.**, 2007. Genotype by environment interactions in relation to growth traits in slow growing chickens Genet. Sel. Evol., 39, 513-528.
11. N'dri A.L., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Beaumont C., Tixier-Boichard M., 2007. Interactions between the naked neck gene, sex, and fluctuating ambient temperature on heat tolerance, growth, body composition, meat quality, and sensory analysis of slow growing meat-type broilers Livest. Sci., 110, 33-45.
12. Valance, D., Despres G., Boissy A., **Mignon-Grasteau S.**, Constantin P., Leterrier C., 2007. Genetic selection on a behavioural fear trait is associated with changes in heart rate variability in quail. Genes Brain Behav., 6, 339-346.
13. Richard S., Aupérin, B., Bolhuis, J.E., Geverink N.A., Jones B.C., Lepage O., **Mignon-Grasteau S.**, Mormède P., Prunet P., Beaumont C., 2007. Animal welfare : What are the relationships between physiological and behavioural measures of adaptation ? INRA Prod. Anim., 20, 29-33.
14. Germon P., Roche D., Melo S., **Mignon-Grasteau S.**, Dobrindt U., Hacker J., Schouler C., Moulin-Schouleur M., 2007. tDNA locus polymorphism and ecto-chromosomal DNA insertion hot-spots are related to the phylogenetic group of Escherichia coli strains Microbiology-SGM, 153, 826-837
15. Péron A., Gomez J., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Besnard J., Derouet M., Juin H., Carré B., 2006. Effects of wheat quality on digestion differ between the D+ and D- chicken lines selected for divergent digestion capacity. Poult. Sci., 85, 462-469.
16. N'Dri A.L., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Tixier-Boichard M., Beaumont C., 2006. Genetic relationships between feed conversion ratio, growth curve and body composition in slow growing chickens. Br. Poult. Sci., 47, 273-280.
17. Beaumont C., Roussot O., Fève K., Vignoles F., Leroux S., Pitel F., Faure J.M., Mills A.D., Guémené D., Sellier N., **Mignon-Grasteau S.**, le Roy P., Vignal, A., 2005. A genome scan with AFLPTM markers to detect fearfulness-related QTLs in Japanese quail. Anim. Genet., 36, 401-407.
18. **Mignon-Grasteau S.**, David J., Gibert P., Beaumont C., Legout H., Pétavy G., Moreteau B., 2004. REML estimates of genetic parameters of sexual dimorphism of wing and thorax length in Drosophila melanogaster. J. Genet., 83, 163-170.
19. **Mignon-Grasteau S.**, Muley N., Bastianelli D., Gomez J., Sellier N., Millet N., Besnard J., Hallouis J.M., Carré B., 2004. Wheat based regimen digestibility is highly heritable in growing chickens. Poult. Sci., 83, 860-867.
20. **Mignon-Grasteau S.**, Boissy A., Bouix J., Faure J.M., Fisher A.D., Hinch, G.N., Jensen P., Le Neindre P., Mormède P., Prunet P., Vandeputte M., Beaumont C., 2004. Genetics of adaptation and domestication in livestock. Livest. Prod. Sci., 93, 3-14 (Synthèse)
21. Praharaj N., Beaumont C., Dambrine G., Soubieux D., Mérat L., Bouret D., Luneau G., Alletru J.M., Pinard-van der Laan M.H., Thoraval P., **Mignon-Grasteau S.**, 2004. Genetic Analysis of Growth Curve of Rous Sarcoma virus Induced Tumor in Chickens. Poultry Sci., 83, 1479-1488.
22. Bigot K., **Mignon-Grasteau S.**, Picard M., Tesseraud S., 2003. Effects of delayed feed intake on body, intestine and muscle development in neonate broilers. Poult. Sci., 82, 781-788.

23. David J. R., Gibert P., **Mignon-Grasteau S.**, Legout H., Pétavy G., Beaumont C., Moreteau B., 2003. Genetic variability of sexual dimorphism of body size in drosophila : an isofemale line approach. J. Genet., 82, 79-88.

24. **Mignon-Grasteau S.**, Minvielle F., 2003. Relation between tonic immobility and production estimated by factorial correspondence analysis in Japanese quail. Poult. Sci. 82, 1839-1844.

25. **Mignon-Grasteau S.**, Roussot O., Delaby C., Faure J.M., Mills A., Leterrier C., Guéméné D., Constantin P., Mills M., Lepape G., Beaumont C., 2002. Factorial correspondence analysis of fear-related behaviour traits in japanese quail. Behav. Proc., 61, 69-75.

26. Taouis M., De Basilio V., **Mignon-Grasteau S.**, Crochet S., Bouchot C., Bigot K., Collin A., Picard M., 2002. Early-age thermal conditioning reduces uncoupling protein messenger rna expression in pectoral muscle of broiler chicks at seven days of age. Poult. Sci., 81, 1640-1643.

27. Barillet F., Rupp R., **Mignon-Grasteau S.**, Astruc J.M., Jacquin M., 2001. Genetic analysis for mastitis resistance and somatic cell score in French Lacaune dairy sheep. Gen. Sel. Evol., 33, 397-415.

28. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., Ricard F.H., 2001. Genetic Analysis of a Selection Experiment on the Growth Curve in Chickens. Poult. Sci., 80, 849-854.

29. **Mignon-Grasteau S.**, Piles M.M., Varona L., Poivey J.P., de Rochambeau H., Blasco A., Beaumont C, 2000. Bayesian analysis of Gompertz curve of chickens selected on the shape of the growth curve. J. Anim. Sci., 78, 2515-2524.

30. **Mignon-Grasteau S.**, Lescure L., Beaumont C., 2000. Genetic parameters of body weight and prolificacy in pigeons. Gen. Sel. Evol., 32, 429-440.

31. **Mignon-Grasteau S.**, Faure J.M., 2002. Génétique et Adaptation : bilan de l'existant chez les volailles. INRA Prod. Anim. 15, 5, 357-364. (Synthèse)

32. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., 2000. Les courbes de croissance chez les Oiseaux. INRA Prod.Anim. 13, 5, 337-348. (Synthèse)

33. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., Le Bihan-Duval E., Poivey J.P., de Rochambeau H., 1999. Genetic parameters of growth curve parameters in male and female chickens. Br.Poult.Sci. 40, 1, 44-51.

34. Beaumont C., Guillaumin S., Geraert P.A., Mignon-Grasteau S., Leclercq B., 1998. Genetic parameters of body weight of broiler chickens measured at 22řC or 32řC. Br. Poult. Sci., 39, 488-491.

35. Le Bihan-Duval E., **Mignon-Grasteau S.**, Millet N., Beaumont C., 1998. Genetic analysis of a selection experiment on increased body weight and breast muscle weight as well as on limited abdominal fat weight. Br. Poult. Sci., 39, 346-353.

36. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., Poivey J.P., de Rochambeau H., 1998. Estimation of the genetic parameters of sexual dimorphism of body weight in label chickens and Muscovy ducks. Gen. Sel. Evol., 30, 481-491.

5.2 Articles soumis et rapports de recherche

37. Phocas F., **Mignon-Grasteau S.**, Dupont-Nivet M., Joly P.-B., Dronne Y., Hochereau F., Boivin X., Noblet J., Prunet P., Bégout M.-L., Brives H., Juin H., 2008. COSADD : Critères et objectifs de sélection animale pour un développement durable. Rapport à mi-parcours. Projet ANR 006-PADD-005, 79 pp.

38. Mormède P., **Mignon-Grasteau S.**, Bertrand D., Cairns M., Candek-Potokar M., Duclos M., Dufour E., Le Bihan-Duval E., Fossum C., Gut I., Jensen P., Thurner S., Yalçin S., 2007. BAROQ : Breeding tools for animal robustness and meat quality. Projet de recherché en réponse à l'appel d'offre FP7-KBBE-2007-1-3-01 " Breeding tools for improved livestock products ", 86 pp.
39. **Mignon-Grasteau S.**, 2004. Rapport final du contrat B-04677, 46 pp.

5.3 Rapports diplômants, rapports de stage

40. **Mignon-Grasteau S.**, 1999. Etude génétique du dimorphisme sexuel du poids chez le poulet et le canard de Barbarie. Thèse de Docteur-Ingénieur de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 208 pp.
41. **Mignon S.**, 1996. Estimation des paramètres génétiques du dimorphisme sexuel du poids à différents âges chez le poulet label et le canard de Barbarie. Diplôme d'Etudes Approfondies Biologie des Populations, Génétique et Eco-Ethologie, Option Génétique quantitative et Analyse du génome. 90 pp.
42. **Mignon S.**, 1995. Etude de la variabilité génétique des CCS du lait de brebis : premiers résultats. Diplôme d'Agronomie Approfondie de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, Spécialité : Sciences et Techniques des Productions Animales, 53 pp.
43. **Mignon S.**, 1993. Etude de l'anomalie génétique BLAD en race bovine Holstein. Rapport de stage de 1ère année, INAPG, 15pp.

5.4 Communications dans des congrès et colloques

44. Bedrani L., Berri C., **Mignon-Grasteau S.**, Jégo Y., Yahav S., Everaert N., Jlali M., Joubert R., Métayer-Coustard S., Praud C., Temim S., Tesseraud S., Collin A., 2008. Effects of embryo thermal conditioning on thermotolerance, parameters of meat quality and muscle energy metabolism in a heavy line of chicken. 4th Workshop of Fundamental Physiology and Perinatal Development in Poultry, Bratislava, 10-12 septembre.
45. Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, 2009. Understanding and breeding for improved poultry feed efficiency. 58th National Breeder Roundtable, Saint-Louis, 7-8 mai,
46. Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, Besnard J., Rougière N., Juin H., Bastianelli D., 2008. The D+ and D- " digestion " chicken lines selected for divergent digestion efficiency on a wheat-based diet. 12th World Poultry Congress, 30 juin-04 juillet, Brisbane.
47. Phocas F., Dockès A.C., Dupond-Nivet M., Gilbert H., **Grasteau S.**, Joly P.B., 2008. Breeding goals and selection criteria for sustainable animal breeding - a multidisplinary research program for new breeding schemes. 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 24-27 août 2008, Vilnius.
48. Bastianelli D., Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, Bonnal L., Davrieux F., 2007. Near infrared spectroscopy 12th International Conference on Near Infrared Spectroscopy, 9-15 Avril 2005, Auckland, Nouvelle-Zélande, 626-629.
49. Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, Juin, H., 2007. Breeding for feed efficiency and adaptation to feed. 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, 26-30 août, 3-12.
50. Carré B., Péron A., **Mignon-Grasteau S.**, Garcia V., Juin H., 2006. The wheat value : improvements by feed technology, plant breeding and animal genetics. 12th European Poultry Conference, Verona, 10-14 septembre, 9 pp. (Communication orale invitée).

51. Mignon-Grasteau S., 2006. Genetics of welfare traits. 12th European Poultry Conference, Verona, 10-14 septembre, 8 pp. (Communication orale invitée).
52. N'Dri A.L., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Beaumont C., Gourichon D., Tixier-Boichard M., 2006. Genotype by photoperiod interaction in the traditional breed "Gauloise Dorée". 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock, Belo Horizonte, 13-18 août, 4 pp. (Communication orale).
53. **Mignon-Grasteau S.**, N'Dri A.L., Sellier N., Tixier-Boichard M., Beaumont C., 2006. Genotype by environment interaction in slow growing chickens. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock, Belo Horizonte, 13-18 août, 4 pp. (Communication orale).
54. Boulay M., Arnould C., **Mignon-Grasteau S.**, Chapuis H., 2006. Can plumage score be improved using an automatic measurement of pecking at a bunch of feathers ? 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock, Belo Horizonte, 13-18 août, 4 pp. (Communication affichée).
55. Leterrier C., Damange J.P., Faure J.M., **Mignon-Grasteau S.**, Mayot P., Theme A., Retz F., Boivin X. ; 2006. Avoidance towards humans in two genetic populations of pheasants. 40th International Congress of the ISAE ; Bristol, 08-12 août, 236.
56. Guémené D., Bernadet M.D., Fournel E., Val-Laillet D., Bouy S., Arnaud I., Gardin E., Larzul C., **Mignon-Grasteau S.**, Guy G., Faure J.M., 2006. Nervousness or fearfulness and social behaviour in male mule ducks : a update review. Technical Bulletin of Livestock Research Institute nř 103. Symposium Scientific Cooperation in Agriculture COA/INRA ; Tainan, 07-10 novembre, 115-119.
57. N'Dri A.L., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Tixier-Boichard M., 2005. Influence of the naked neck gene on heat tolerance of growing broilers on growth, body composition and meat quality. 4th European Poultry Genetics ; Dubrovnik ; 06-08 octobre, 4 pp. (Communication affichée).
58. Carré B., **Mignon-Grasteau S.**, Svihus B., Péron A., Bastianelli D., Gomez J., Besnard J., Sellier N. 2005. Nutritional effects of feed form, and wheat compared in maize, in the D+ and D- chicken lines selected for divergent digestion capacity. 15th European Symposium on Poultry Nutrition, Balatonfüred, 25-29 septembre, 42-44.
59. N'Dri A.L., Sellier N., Beaumont C., Tixier-Boichard M., **Mignon-Grasteau S.**, 2004. Genotype by environment interaction on growth curve in chicken. 12th World Poultry Congress, Istanbul, 8-13 juin, 155 (Communication orale).
60. **Mignon-Grasteau S.**, Faure J.M., Mills V., Ducrocq V., 2003. Analysing censored data from time-limited behavioural tests : exemple of duration of tonic immobility. Annual congress of the UFAW, Edinburgh, 2-4 avril. Animal Welfare, 13, Suppl. 1, S250 (Communication affichée).
61. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., 2002. Genetic parameters of growth curve in chickens. 7ème "World Congress on Genetics Applied to Livestock", Montpellier, 18-23/08/2002, 11-03 (Communication orale - Texte intégral).
62. Roussot O., Pitel F., Vignal A., Faure J. M., Mills A. D., Guémené D., Leterrier C., **Mignon-Grasteau S.**, Le Roy P., Perez-Enciso M., Beaumont, C., 2002. QTL Research on duration of tonic immobility in quail. 7ème "World Congress on Genetics Applied to Livestock", Montpellier, 18-23/08/2002, 14-04 (Texte Intégral).
63. Roussot O., Pitel F., Vignal A., Faure J. M., Mills A. D., Guémené D., Leterrier C., **Mignon-Grasteau S.**, Le Roy P., Perez-Enciso M., Beaumont, C., 2002. QTL Research on duration of tonic immobility in quail. 5th "Annual meeting of the International Behavioural and Neural Genetics Society", Tours, 11-12/07/2002, 11-12. (Communication orale)

64. Roussot O., Pitel F., Vignal A., Faure J. M., Mills A., Guéméné D., Leterrier C., **Mignon-Grasteau S.**, Le Roy P., Beaumont C., 2001. QTL mapping for emotionality in quails. British Poultry Science, 42, 28-29. (Communication orale)
65. **Mignon-Grasteau S.**, le Bihan-Duval E., Beaumont C, 2002. La selezione sul peso, gli effetti collaterali. Rivista di Avicoltura, 71, 5, 43-47.
66. Chapuis H., **Mignon-Grasteau S.**, 1999. Genetics of sexual dimorphism in poultry. 4ème "Table Ronde des Sélectionneurs Européens", Mariensee, Allemagne, 6-8 octobre 1999 (Communication orale invitée - Texte intégral).
67. Beaumont C., **Mignon-Grasteau S.**, 1999. Genetic control of sexual dimorphism. 48ème "Annual National Breeders Roundtable", St-Louis, MO, Etats-Unis, 6-7 Mai 1999. (Communication orale invitée - Texte intégral).
68. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., Piles M.M., Varona L., de Rochambeau H. , Blasco A., 1999. Etude du dimorphisme sexuel de la courbe de croissance par Gibbs Sampling chez le Poulet de chair. 3èmes "Journées de la Recherches Avicoles", St Malo, France, 25-27 Mars (Communication Orale - Texte intégral).
69. Barillet F., Rupp R., **Mignon-Grasteau S.**, Astruc J.M., Jacquin M., Lagriffoul G., 1998. Genetic analysis for mastitis resistance and somatic cell score in French Lacaune dairy sheep. 6ème "Symposium International sur la traite mécanique des petits ruminants", Athènes, Grèce, Septembre 1998 (Texte intégral).
70. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., Poivey J.P., de Rochambeau H., 1997. Genetic parameters of sexual dimorphism. 12ème Symposium International "Current Problems in Avian Genetics", Pruhonice, République Tchèque, 1-3 Septembre 1997, 152-153 (Communication affichée - Texte Intégral).
71. Le Bihan-Duval E., **Mignon-Grasteau S.**, 1997. Genetic analysis of an experimental selection on body weight and body composition in chicken. 12ème Symposium International "Current Problems in Avian Genetics", Pruhonice, République Tchèque, 1-3 Septembre 1997, 83-90 (Texte Intégral).

5.5 Produits, documents et publications destinés à des utilisateurs de la recherche (professionnels, partenaires institutionnels...)

72. **Mignon-Grasteau S.**, 2008. Quels critères pour sélectionner contre les rejets ? Séminaire du projet ANR 006-PADD-005 COSADD" Sélection et Rejets ", 26 mai 2008, Paris, 16 diapositives.
73. **Mignon-Grasteau S.**, 2007. Prise en compte des interactions entre génotype et environnement dans les productions avicoles. 7èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 28-29 mars, 386-393 (Communication orale invitée).
74. Guémené D., Bernadet M.D., Richard-Mialon M.M., Val-Laillet D., Bouy S., Arnaud I., Gobin E., Gardin E., Couty M., Garreau-Mills M., Gouraud P., Meyer I., Larzul C., **Mignon-Grasteau S.**, Dubos F., Coudurier B., Faure J.M., Guy G., 2006. Le "nervosisme" chez le canard mulard. Synthèse des acquis de la recherche et perspectives. 7èmes Journées de la recherche sur les palmipèdes à foie gras ; Arcachon, 18-19 octobre, 66-73.
75. **Mignon-Grasteau S.**, 2007. La sélection avicole. Séminaire du projet ANR 006-PADD-005 COSADD " Sélection chez les bovins, volailles, porcs et poissons ", 12-13 janvier 2007, Paris, 21 diapositives.
76. Beaumont C., Roussot O., Fève K., Plisson-Petit F., Leroux S., Pitel F., Faure J.M., Mills A., Guémené D., Sellier N., Mignon-Grasteau S., Le Roy P., Minvielle F., Vignal A., 2005.

Recherche de QTL contrôlant la sensibilité à la peur de la caille japonaise. 6èmes Journées de la Recherche Avicole, St-Malo, 30-31 mars, 514-518.

77. Péron A., Gomez J., **Mignon-Grasteau S.**, Sellier N., Derouet M., Juin H., Carré B., 2005. Effets de la dureté du blé (Triticum aestivum) sur la digestion d'aliments granulés chez deux lignées divergentes de poulet de chair, sélectionnées sur le critère de l'EMAn. 6èmes Journées de la Recherche Avicole ; St-Malo, 30-31 mars, 164-167.
78. Damange J.P., Faure J.M., **Mignon-Grasteau S.**, Boivin X., Leterrier C., 2005. Etude des réactions d'évitement vis à vis de l'homme dans deux souches de faisans. 6èmes Journées de la Recherche Avicole, St-Malo, 30-31 mars92-96.
79. **Mignon-Grasteau S.**, d'Abbadie F., 2004. L'évolution des objectifs de sélection pour l'adaptation aux méthodes d'élevage et la prise en compte du bien-être animal chez le poulet label. Les jeudis de la WPSA, 25 mars (Communication orale invitée).
80. **Mignon-Grasteau S.**, Muley N., Bastianelli D., Gomez J., Hallouis J.M., Besnard J., Millet N., Bernard C., 2003. La variabilité génétique des capacités de digestion des régimes à base de blé à une forte composante génétique chez le poulet de chair. 5èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26-27/03/2003. (Communication orale, Texte Intégral).
81. Chapuis H., Boulay M., Retailleau J.P., Arnould C., **Mignon-Grasteau S.**, Berri C., Coudurier B., Faure J.M., 2003. Sélection d'une souche divergente de poulets label contre le picage : bilan après 3 générations de sélection. 5èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26-27/03/2003. (Texte Intégral).
82. **Mignon-Grasteau S.**, Faure J.M., 2002. Génétique et Adaptation : bilan de l'existant chez les volailles. Réseau "Génétique de l'Adaptation", Paris, 15 mai 2002 (Communication Orale).
83. **Mignon-Grasteau S.**, Le Bihan-Duval E., Beaumont. C., 2002. Consequences of selection for a high body weight in broilers : growth curve, body composition and behaviour. 40th WPSA Italian Conference, 21/02/2002, Forli, 1-6 (Communication orale invitée).
84. **Mignon-Grasteau S.**, 2001. Sélection et comportement. 12ème Journées techniques SASSO, La Rochelle, France, 9 novembre 2001, 1-5 (Communication orale invitée).
85. Roussot O., Pitel F., Vignal A., Beaumont C., Faure J. M., Mills A., Guéméné D., Leterrier C., **Mignon-Grasteau S.**, 2001. Recherche des zones du génome contrôlant l'émotivité chez la Caille. 4èmes "Journées de la Recherche Avicole", Nantes, 27-29/03/2001 (Communication orale, Texte Intégral).
86. **Mignon-Grasteau S.**, Beaumont C., d'Abbadie F., de Rochambeau H., Poivey J.P., 1997. Etude génétique du dimorphisme sexuel. 9ème Journées techniques SASSO, Talmont-St-Hilaire, France, 07 novembre 1997, 13-18. (Texte Intégral).

5.6 Produits destinés à un public large ; documents à vocation pédagogique

87. Damange J.P., Faure, J.M., **Mignon-Grasteau S.**, Mayot P., Thémé A., Reitz F., Boivin X., Leterrier C., 2006. Etude des réactions d'évitement vis-à-vis de l'homme dans deux populations de faisans. Gibier et Chasse, 213, 6-10.
88. Beaumont C., Boissy A., Bouix J., **Mignon-Grasteau S.**, Mormède P., Prunet P., Vandeputte M. , 2005. Réseau "Génétique de l'adaptation et bien-être animal". Bull. Acad. Vét. France, 158, 3, 257-262.
89. **Mignon-Grasteau S.**, 2007. Analyse de la variabilité génétique des caractères : Comportement et adaptation. Cours de M1 " Productions Animales ", Université de Tours, document de cours 38 pp.

90. **Mignon-Grasteau S.**, 2007. Les interactions entre génotype et environnement. Cours de M1 " Productions Animales ", Université de Tours, document de cours 26 pp.
91. **Mignon-Grasteau S.**, 2005-2006. Introduction aux statistiques non paramétriques. Cours au Mastère " Productions Animales ", Université Tours, 60 diapositives.
92. **Mignon-Grasteau S.**, 2005-2006. Analyses en composantes principales. Cours au Mastère " Productions Animales ", Université Tours, 46 diapositives.
93. **Mignon-Grasteau S.**, 2005-2006. Analyse factorielle des correspondances. Cours au Mastère " Productions Animales ", Université Tours, 27 diapositives.
94. **Mignon-Grasteau S.**, 2002. Présentation du métier de chercheur en génétique animale. Opération " 100 chercheurs dans les classes " en Région Centre, 26/04/2002, 39 diapositives. (Public : lycéens)

5.7 Documents relatifs à l'animation de la recherche, à son évaluation, à sa gestion

95. Jeulin C., 2009. Effet de la sélection sur le tractus digestif des poulets. Rapport de stage de licence professionnelle " Génétique et Développement de l'Elevage ", LEGT de Limoges, 27 pp.
96. de Verdal H., 2009. Etude des possibilités de sélection pour la réduction des rejets chez le poulet de chair. 11ème Séminaire des Thésards du Département de Génétique Animale, Nouzilly, 23-24 mars (Co-encadrement : E. Duval, S. Mignon-Grasteau, A. Narcy).
97. Parias C., 2008. Comportement sur parcours des lignées de poulet D+ et D- sélectionnées sur leur capacité à digérer le blé. Stage libre, 2 mois.
98. Lafeuille O., 2007. Etude de l'influence de la sélection sur l'aptitude a digérer le blé sur le comportement alimentaire chez le poulet de chair. Rapport de stage de Master 1 de l'ESITPA, Rouen, 36 pp.
99. Chabault, M., 2006. Etude des conséquences de la sélection sur l'aptitude à digérer le blé sur le comportement alimentaire du poulet de chair. Rapport de stage, Master Productions Animales, Université F. Rabelais, Tours, 23 pp.
100. N'Dri, A.L., 2006. Etude des interactions entre génotype et environnement chez le poulet de chair et la poule pondeuse. Thèse de l'INAPG, 09/05/2006, 241 pp. (Co-encadrement : M. Tixier-Boichard, S. Mignon-Grasteau).
101. Carré B., Mignon-Grasteau S., Bastianelli D., Gomez J., Péron A., Sellier N., Besnard J., Svihus B, 2005. Les poulets D+ et D-, deux lignées génétiques divergentes sélectionnées sur l'efficacité digestive. 1ères Journées d'Animation Scientifique du Département PHASE ; Parçay-Meslay, 15-16 mars, 122.
102. Damange J.P., Faure J.M., Mignon-Grasteau S., Mayot P., Theme A., Reitz F., Boivin X., Leterrier C., 2005. Etude des réactions d'évitement vis-à-vis de l'homme dans deux populations de faisans. 1ères Journées d'Animation Scientifique du Département PHASE ; Parçay-Meslay, 15-16 mars, 40.
103. Mignon-Grasteau S., 2005. Importance of including adaptation in selection : example of laying hens. Réseau Génétique et Adaptation, Paris, 26 mai, 34 diapositives.
104. Naud-Montero, A., 2005. Etude des conséquences de la sélection sur l'aptitude à digérer le blé sur le comportement alimentaire du poulet de chair. Rapport de stage, BEPA Animalier de laboratoire, Lycée Agricole d'Areines, 36 pp.

105. N'Dri, A.L., 2004. Etude des interactions entre génotype et environnement chez le poulet de chair et la poule pondeuse. 6ème Séminaire des Thésards du Département de Génétique Animale, Nouzilly, 27-28 mai, 58-59. (Co-encadrement : M. Tixier-Boichard, S. Mignon-Grasteau).

106. Ruau, S., 2002. Analyse génétique de la courbe de croissance et de l'engraissement chez le poulet de chair. Stage d'initiation à la recherche, ESITPA, 38 pp. (Encadrement : S. Mignon-Grasteau).

107. Delaby C., 2001. AFC de différents caractères de comportement liés au stress chez la caille. Rapport de stage de Licence Biologie cellulaire et Physiologie, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 30 pp. (Encadrement : S. Mignon-Grasteau).

108. Lescure L, 1999. Paramètres génétiques du poids et de la prolificité chez le pigeon. Rapport de préparation biomédicale, Université François Rabelais, Tours, 13 pp. (co-encadrée avec Catherine Beaumont).