

IMAGERIE MEDICALE, POUR UNE MESURE PRECISE ET NON INVASIVE CHEZ LE POULET DE CHAIR PARENTAL COBB500

**J. Grandhay^a, F. Lecompte^a, C. Staub^b, E. Venturi^b, I. Plotton^c, E. Cailleau-Audouin^d,
A. Barbe^a, P. Ganier^e, C. Ramé^a, S. Brière^f, J. Dupont^a et P. Froment^{a*}**

^a INRA UMR85 PRC, Nouzilly, 37380 Nouzilly, France – ^b INRA UEPAO, Nouzilly, 37380 Nouzilly, France – ^c Université Claude Bernard Lyon 1, 69100 Villeurbanne, France – ^d INRA UMR BOA, 37380 Nouzilly, France – ^e INRA, UEPEAT, Nouzilly, 37380 Nouzilly, France – ^f Hendrix Genetics Turkeys France SAS, La Bohardièrre, BP 1, St-Laurent de la Plaine, 49290 Mauges Sur Loire, France

*pascal.froment@inra.fr

Résumé

Nous avons développé des méthodes peu invasives pour suivre la composition corporelle d'une lignée parentale de poulets de chair (Cobb 500, mâles et femelles) de l'éclosion à l'âge adulte. Nous avons évalué la cinétique d'engraissement, la croissance et la qualité musculaire et osseuse, les paramètres de reproduction (volume des gonades) et des marqueurs du métabolisme des animaux en utilisant l'imagerie médicale (échographie, CT-scan) couplée à la détermination de la concentration du plasma en triglycérides et phospholipides. L'échographie a été réalisée sur des animaux vigiles de 4 à 32 semaines et l'utilisation du CT-scan chez les mêmes animaux anesthésiés a permis de confirmer et compléter ces mesures. Nous avons ainsi pu décrire la cinétique d'engraissement en fonction du sexe. À partir de la puberté (20 semaines d'âge), peu avant le début de la ponte, les femelles avaient 1,6 fois plus de tissu adipeux que les mâles ($P < 0,001$). Dans le groupe des femelles, l'augmentation du tissu adipeux était associée à des taux élevés de triglycérides plasmatiques à partir de 16 semaines (8 fois plus que chez les mâles au début de la ponte). La structure osseuse était également différente, puisque le rapport os/poids corporel était 30% plus faible chez les femelles que chez les mâles à l'âge adulte de 32 semaines ($P < 0,001$). La mesure du volume d'une même section des muscles Pectoralis major et minor a montré une croissance comparable entre les mâles et les femelles. Lors de la période de ponte, le nombre de follicules jaunes était associé au volume de tissu adipeux ovarien ($r = 0,80$). En conclusion, l'utilisation du CT-scan et de l'échographie a permis de suivre la composition corporelle d'une même cohorte de poulets de chair parentaux sans utiliser des méthodes invasives.

Abstract

Medical imaging for precise and non-invasive measure of body composition in Cobb500 parental broiler chicken

We developed non-invasive methods to track the body composition of a parental broiler line (Cobb500, male and female) from hatching to adulthood. We evaluated fattening kinetics, muscle and bone growth and quality, reproductive parameters (gonad volume) and markers of animal metabolism using medical imaging (ultrasound, CT-scan) and we determined the plasma concentration in triglycerides and phospholipids. Ultrasound was performed on live animals from 4 to 32 weeks of age and the use of CT-scan in the same anesthetized animals confirmed and completed these measurements. We were able to describe the fattening kinetic according to sex. From puberty (20 weeks of age), shortly before the onset of egg-laying, females had 1.6 times more fat than males ($P < 0.001$). In the female group, the increase in adipose tissue was associated with increased levels of plasma triglycerides from 16 weeks (8 times more than in males at the start of egg laying). The bone structure was also different. The bone / body weight ratio was 30% lower in females than males at 32 weeks of age ($P < 0.001$). Measurement of the volume of the same section of the Pectoralis major and minor muscles showed comparable growth between males and females. During the laying period, the number of yellow follicles was associated with the volume of ovarian adipose tissue ($r = 0.80$). In conclusion, the use of CT-scan and ultrasound system allowed to follow the body composition of the same cohort of parental chickens without using invasive methods.

INTRODUCTION

Au cours du dernier demi-siècle, la vitesse de croissance et le rendement musculaire des poulets de chair commerciaux a fortement augmenté grâce à la sélection génétique. Cette dernière, a abouti au fil du temps à la production d'animaux de plus en plus lourds qui développent des troubles de la reproduction et des lésions musculo-squelettiques (Richards et Proszkowiec-Weglarz, 2007). Afin d'éviter un excès d'engraissement, connu pour avoir un effet négatif sur la locomotion et la reproduction, différentes stratégies ont été mises en place, telles que la restriction alimentaire (Yu et al., 1992). En effet, une restriction alimentaire permet de récupérer une hiérarchie folliculaire, une production d'œuf de qualité et de retarder l'apparition de la puberté qui est devenue trop précoce (Pan et al., 2014). Cependant, cette pratique d'élevage, en plus de poser des questions éthiques, entraîne des comportements agressifs et un bien-être qui est fortement affecté. Afin de mieux connaître le profil de développement du poulet de chair parental, nous avons suivi leur composition corporelle à l'aide de la technique d'imagerie médicale et des indicateurs biochimiques par spectrométrie de masse.

Ainsi, la présente étude a été menée afin d'évaluer le développement de 4 tissus (muscle, graisse, os, gonades) chez le même animal de la naissance à l'âge adulte (32 semaines). Nous avons étudié une souche parentale de poulets de chair (Cobb500) dans les deux sexes. Les données obtenues par l'échographie et le scanner à rayons X ont été associées à des paramètres métaboliques afin d'explorer les indicateurs potentiels de la composition corporelle.

MATERIELS ET METHODES

Le protocole a été validé par le comité d'éthique (CEEA VdL) sous le numéro : APAFIS#4749-2DI6D3311 1352712

1. Les animaux

40 poussins reproducteurs (20 mâles et 20 femelles Cobb 500, Hendrix Genetics) ont été répartis au sol dans des groupes homogènes de 10 dans 4 parquets de 3 m² et élevés dans l'unité expérimentale du centre d'expérimentation avicole de Tours (UEPEAT). A leur arrivée, les poussins ont bénéficié de 24 h de lumière suivi d'une diminution progressive de l'exposition à la lumière jusqu'à atteindre 8 heures, puis l'exposition a été augmentée jusqu'à 15 h de lumière pendant la période de ponte. Du premier jour à la 3^{ème} semaine, l'ensemble des poussins ont reçu un aliment ad libitum. À partir de la 3^{ème} semaine, les poussins ont été rationnés selon les

recommandations du fournisseur. Les animaux ont été pesés toutes les 4 semaines.

2. Mesures en imagerie médicale

Les analyses d'imagerie médicale ont été réalisées sur l'ensemble du corps du poulet toutes les 4 semaines de 4 à 32 semaines d'âge.

Les acquisitions ont été réalisées avec un CT biomédical (Siemens As Definition) avec les paramètres suivants : balayage de 100 kV et 120 mA avec une épaisseur de 0,6 mm (500 images) et un pitch de 0,45. Un filtre de reconstruction Safire I26 a été utilisé pour mieux caractériser les tissus.

Les mesures par échographie ont été réalisées avec un MyLab 30 Gold Vet ultrasound scanner (Hospimedi France, Saint-Crépin-Ibouville, France) équipé de deux sondes linéaires fonctionnant en basses fréquences pour l'étude de l'engraissement (5MHz) et en haute fréquence pour l'étude des muscles (15MHz).

3. Analyses biochimiques du plasma

Le plasma a été récupéré après centrifugation (3 000 g pendant 10 minutes à 4 ° C), puis stocké à -20 ° C jusqu'à son utilisation. Les concentrations plasmatiques en triglycérides et phospholipides ont été obtenues par dosage enzymatique (kit Biolabo Triglyceride, Kit Biolabo Phospholipides, Maizy, France). Les mesures ont été effectuées selon le protocole du fabricant.

4. Analyses statistiques

Les résultats sont représentés sous forme de moyenne $\pm$ SEM, Les valeurs ont été analysées avec une ANOVA à l'aide du logiciel Graphpad et jugées significatives lorsque *P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le but de la présente étude est de suivre la composition corporelle des mêmes animaux de l'âge de 4 à 32 semaines en utilisant des méthodes non invasives comme l'imagerie médicale (scanner à rayons X et échographe).

1. Développement musculaire

Le poids corporel de l'ensemble des animaux est mesuré toutes les 4 semaines de l'âge de 4 semaines à 32 semaines (Figure 1A), suivi d'une analyse au CT-scan et à l'échographe de 10 animaux de chaque sexe de l'âge de 4 semaines à 32 semaines. Les mâles apparaissent naturellement plus lourds que les femelles (P < 0.001), cependant au niveau de la croissance du muscle pectoralis aucune différence statistique ne ressort entre les sexes (Figure 1B). La

sélection génétique ayant porté sur la croissance musculaire des animaux, il est normal de ne pas voir de différence entre les sexes.

2. Croissance osseuse

Le développement osseux est évalué en analysant l'évolution du volume du squelette et plus particulièrement le volume de l'os cortical (os dur) (Figure 2A). Dès l'âge de 8 semaines, les mâles ont un squelette plus important que les femelles ($P < 0.05$). Cette différence s'accroît avec l'âge, par exemple à 32 semaines, les femelles ont un squelette 1,5 fois moins important que les mâles ($P < 0.001$). Cette différence ne vient pas de la croissance osseuse car il n'y a pas de différence entre les sexes lorsqu'on rapporte la longueur du tibia au poids (Figure 2B). Cependant, une différence de la qualité osseuse (volume os cortical du tibia/longueur du tibia) est ressortie avec des femelles ayant une qualité osseuse amoindrie ($P < 0.001$) (Figure 2C). Cette différence de la qualité osseuse vient des hormones sexuelles, la testostérone favorisant la formation de l'os cortical (ce qui a été mesuré) chez les mâles (Notelovitz, 2002), alors que chez les femelles, les œstrogènes vont favoriser la formation de l'os médullaire (os mou) (Beck et Hansen, 2004).

3. L'engraissement

Nous avons déterminé le volume de tissu adipeux dans les tissus abdominaux mais surtout dans tout le corps. Distinctement, à l'âge de 20 semaines, lorsque l'activité des ovaires augmente et peu de temps avant le début de la ponte (à 23 semaines), le volume du tissu adipeux est fortement accru chez la femelle (Figure 3A, $P < 0.001$). À 32 semaines, les mâles sont à 64% du volume de tissu adipeux des femelles. À l'âge de 20 semaines, nous observons une augmentation des niveaux de triglycérides et de phospholipides chez les femelles mais pas chez les mâles. Pour les triglycérides, la concentration finale des femelles est huit fois supérieure à celle des mâles (Figure 3B) ($P < 0.001$). Cette augmentation du tissu adipeux uniquement chez la femelle est due à sa fonction de reproduction : les femelles réalisent un stockage de lipides qui sont nécessaires à la production d'œufs (ex : synthèse de lipides pour le jaune).

La mesure de l'épaisseur du tissu adipeux par échographie est fortement corrélée au dépôt de graisse entière estimé par tomographie par densitométrie chez les femelles ($P < 0.001$, $r = 0.84$). Chez le mâle, la

corrélation est moindre ($P < 0.001$, $r = 0.53$), en raison de leur masse graisseuse plus faible. Ces résultats montrent que l'utilisation d'un échographe pour suivre l'engraissement était aussi fiable qu'un CT-scan.

4. Développement des gonades

Le CT-scan nous a aussi permis de suivre quelques paramètres de reproduction chez les animaux.

Chez le mâle, nous avons analysé le volume testiculaire au CT-scan. Ce n'est qu'à partir de l'âge de 24 semaines que nous avons pu observer les testicules. Avant cet âge, les animaux n'étant pas pubères, les testicules sont trop petits pour être distingués des autres organes. C'est donc à 24 semaines que nous avons un pic de développement testiculaire suivi d'une diminution jusqu'à 32 semaines. Cela a déjà été observé dans la littérature : le volume diminue après un pic afin de se stabiliser (Vizcarra *et al.*, 2010).

Chez la femelle, l'activité de l'ovaire est observée par le biais de la concentration d'œstrogène dans le plasma, qui a augmenté à l'âge de 20 semaines, avec un pic autour de 340 pg / ml chez les femelles âgées de 24 à 28 semaines. Les premiers œufs sont apparus à 23 semaines et les poules présentent 5 à 6 follicules jaunes à partir de 24 semaines (observés au CT-scan). Le nombre de follicules est corrélé avec le volume de tissu adipeux ovarien ($r = 0.80$, $P < 0.001$) et avec le volume de tissu adipeux ($r = 0.63$, $P < 0.01$).

CONCLUSION

Notre étude a permis de suivre différents biomarqueurs (anatomiques ou biochimiques) de développement tissulaire (muscle, graisse, os, gonades) sur les mêmes animaux avec des outils non invasifs. Elle a permis aussi d'explorer des indicateurs potentiels de la composition corporelle facilement mesurables par échographie ou par analyse sanguine : cela aidera à adapter le régime alimentaire à l'évolution de la composition corporelle afin d'optimiser les performances de ponte et de reproduction.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

Beck, M. M., and K. K. Hansen. 2004. Poult. Sci. 83:200–206.

Notelovitz, M. 2002. Fertil. Steril. 77 Suppl 4:S34-41.

Pan, Y.-E., Z.-C. Liu, C.-J. Chang, Y.-F. Huang, C.-Y. Lai, R. L. Walzem, and S.-E. Chen. 2014. Anim. Reprod. Sci. 151:229–236.

Richards, M. P., and M. Proszkowiec-Weglarz. 2007. Poult. Sci. 86:1478–1490.

Vizcarra, J. A., J. D. Kirby, and D. L. Kreider. 2010. Poult. Sci. 89:328–334.

Yu, M. W., F. E. Robinson, and A. R. Robblee. 1992. Poult. Sci. 71:1739–1749.

Figure 1 : Développement musculaire. (A) Courbes du poids corporel. (B) Evolution du volume du muscle pectoralis (n = 10)

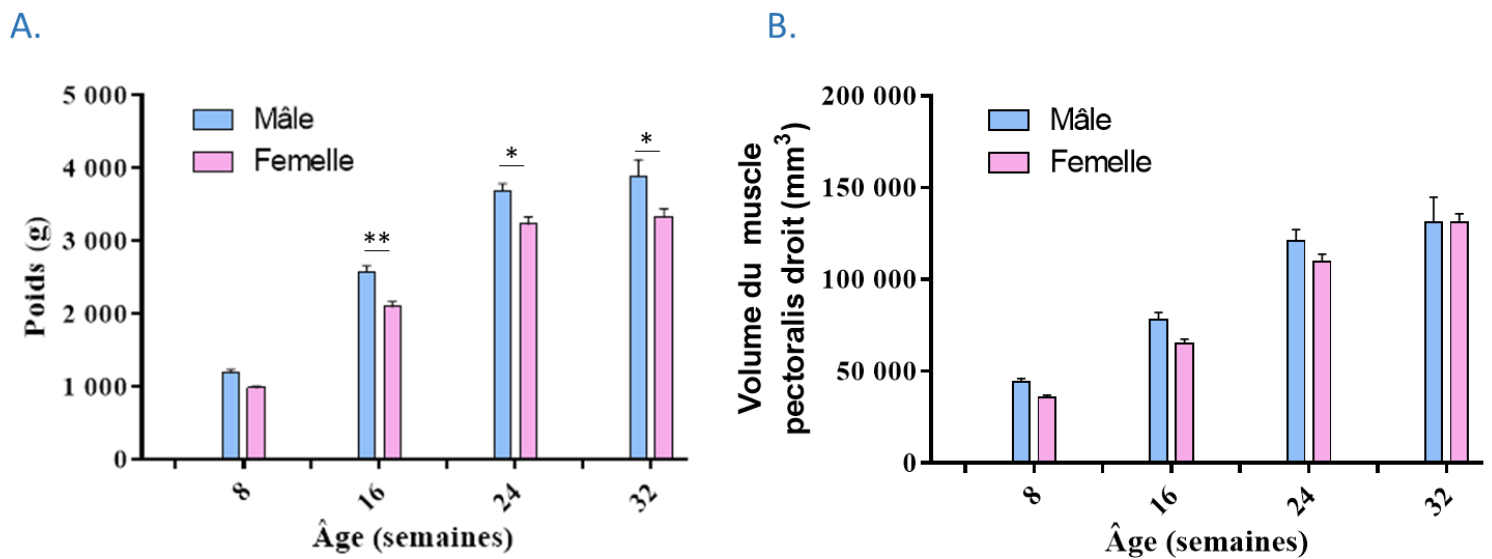
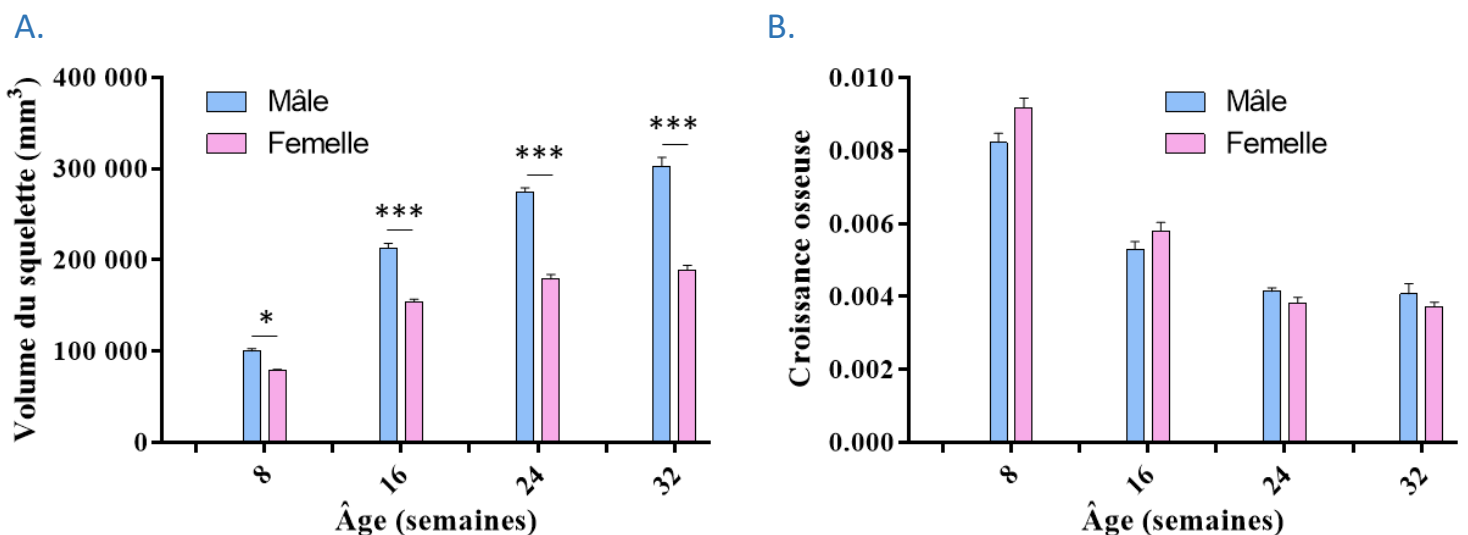
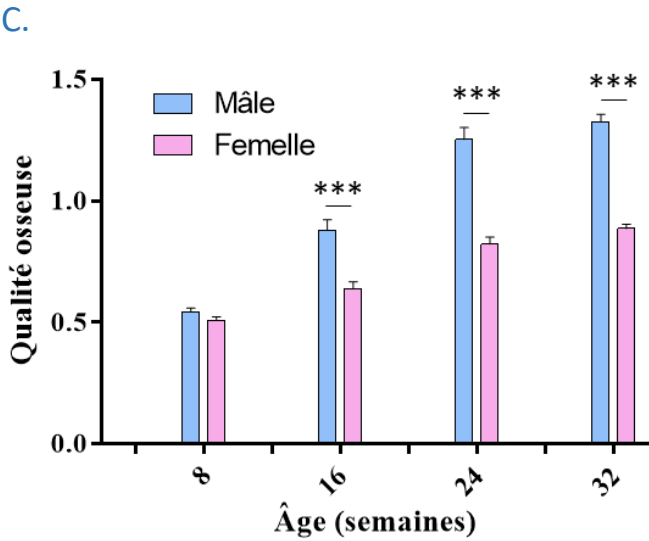


Figure 2 : Croissance osseuse. (A) Evolution du volume du squelette entier. (B) Croissance osseuse (Longueur du tibia/poids corporel). (C) Qualité osseuse (Longueur du tibia/Volume du tibia) (n = 10).





• **Figure 3 :** L’engraissement. (A) Evolution du volume de la masse adipeuse. (B) Cinétique de la concentration plasmatique en triglycérides (n = 10)

