

APPORT DE L'IMAGERIE MEDICALE (TOMODENSITOMETRIE) POUR CONNAITRE LA COMPOSITION CORPORELLE DANS LES ESPECES AVICOLES

Marine Dewez¹, Francois Lecompte², Christelle Ramé³, Eric Venturi⁴, Christophe Staub⁴, Sylvain Brière¹, Joelle Dupont³, Pascal Froment³

¹Hendrix Genetics Turkeys France SAS, St-Laurent de la Plaine 49290, France, France,

²Plateforme CIRE, – Physiologie de la Reproduction et des Comportements - UMR INRA - CNRS (UMR 6175) - Université François Rabelais de Tours - 37380 Nouzilly,

³Equipe SENSOR INRA – Physiologie de la Reproduction et des Comportements - UMR INRA - CNRS (UMR 6175) - Université François Rabelais de Tours - 37380 Nouzilly, France,

⁴PEAO, – Physiologie de la Reproduction et des Comportements

Marine.Dewez@hendrix-genetics.com ; pascal.froment@inra.fr

RÉSUMÉ

Le métabolisme énergétique (en lien avec la croissance, la masse du tissu adipeux,...) est un modulateur important de la fertilité. Afin d'améliorer les performances de fertilité, nous avons évalué la faisabilité d'analyser la composition en tissu adipeux de 3 espèces avicoles d'importance autour de la période de stimulation lumineuse : la poule, la dinde et la pintade en utilisant des outils non invasifs tels que l'imagerie médicale (tomodensitométrie, CTScan) qui permettent de localiser le tissu. Chez ces 3 espèces, la composition en tissu adipeux varie entre 10 et 15 % en fonction de l'âge. Plus particulièrement, nous avons réalisé une cinétique d'engraissement chez la poule afin de la mettre en lien avec l'alimentation, la croissance, et la qualité des œufs. Pour cela, des poules de type chair (génétique Cobb) ont été nourries selon 2 régimes (*ad libitum*; régime restreint) de 3 semaines à 35 semaines d'âge. Sur cette période, des analyses ont été effectuées avec un scanner biomédical (Siemens Comme Définition; 100K Volta et 120 mA / s). 500 images ont été prises tous les 0,6 mm. Un traitement de l'image par seuillage a été utilisé pour quantifier le tissu adipeux. Nous avons calculé une corrélation r^2 de 0,94 entre le poids du tissu adipeux abdominal mesuré et le poids du tissu adipeux déterminé dans tout l'organisme *in vivo* par tomodensitométrie. La corrélation entre le poids corporel des poules et le volume de tissu adipeux déterminé *in vivo* est de $r^2=0,82$. La localisation et le développement du tissu adipeux a révélé des différences significatives dès l'âge de 6 semaines entre les lots *ad libitum* et restreint. Dans le groupe *ad libitum*, l'augmentation de volume du tissu adipeux est également associée à une concentration élevée en triglycérides plasmatiques et un début de la période de ponte plus précoce. Des mesures préliminaires de masse musculaire, de volume osseux et du foie ont été réalisées, et permettent d'ouvrir sur l'acquisition de nouvelles données qui pourraient être extrapolées avec les paramètres de fertilité ou de l'alimentation utilisée. En conclusion, ce travail montre l'importance du CTscan pour suivre l'évolution de la composition corporelle de façon non invasive, et de l'associer aux paramètres de croissance. Des expériences similaires sont en cours chez la dinde et la pintade.

ABSTRACT

Contribution of medical imaging (tomography) to a better knowledge of the body composition in poultry species

Energy metabolism (in connection with growth, adipose tissue, etc.) is an important modulator of fertility. In order to improve performance in fertility, we have evaluated the feasibility to analyze the adipose tissue composition in 3 poultry species: chicken, turkey and guinea fowl by using a non-invasive method such as medical imaging (computed tomography, CTScan). In these 3 species, the adipose tissue composition varies between 10 and 15% depending the age. In particular, we carried out kinetics of fattening in the hen to associate it with the feeding, growth, and egg quality. In the experiment, meat-type chickens (Cobb genetics) were bred with 2 diets conditions (*ad libitum* and restricted diet) from 3 weeks to 35 weeks of age. During this period, analyzes were performed with a biomedical scanner (Siemens, 100K Volta and 120mA / s). 500 images were taken every 0.6 mm. Image processing by thresholding was used to quantify adipose tissue. We calculated a correlation r^2 of 0.94 between the weight of the abdominal adipose tissue measured and the weight of the adipose tissue determined throughout the organism *in vivo* by computed tomography. The correlation between the chicken body weight and the volume of adipose tissue determined *in vivo* is $r^2 = 0.82$. The location and development of adipose tissue revealed significant differences as early as 6 weeks between *ad libitum* and restricted groups. In the *ad libitum* group, the increase in volume of adipose tissue is also associated with a high plasma triglyceride concentration and early onset of the laying period. Preliminary measurements of muscle, bone and liver volume have been measured, and allow opening new perspectives on the acquisition of new data that could be extrapolated with the feed and fertility parameters. In conclusion, this work has shown the importance of the CTscan to follow the evolution of the body composition in a non-invasive method, and to associate it with the growth parameters. Similar experiments are underway in turkey and guinea fowl.

INTRODUCTION

L'élevage intensif et la sélection génétique de poule reproductrice de type chair a entraîné au cours du temps une production d'animaux de plus en plus lourds susceptibles de développer des troubles métaboliques et reproductifs (Richards et al. 2007). L'une des solutions mise en place pour pallier à ces différents désordres a été d'appliquer un régime alimentaire contrôlé (alimentation restreinte) mais qui, en conséquence, entraîne des comportements d'agressivité et de stress (de Jong et al. 2002) remis en cause par l'Europe. De nombreux travaux comparant une alimentation *ad libitum* par rapport à une alimentation restreinte montrent des effets de la restriction alimentaire sur le bien-être, la croissance, la composition corporelle et la production d'œufs (Hocking et al. 1996 ; Robbins et al. 1986 ; Joseph et al. 2000). Toutefois, la cinétique de développement de certains organes sensibles à l'alimentation comme le tissu adipeux, le foie, dans les souches actuelles restent mal connues. Afin de mieux connaître le profil de développement de la poule reproductrice de type chair, et de pouvoir adapter un régime alimentaire plus précis en vue d'améliorer la performance de la fécondité, nous avons étudié la composition corporelle à l'aide de l'imagerie médicale.

Nous avons évalué la cinétique de l'engraissement, le taux de croissance, la qualité des œufs et la composition de l'animal à l'aide d'outils non invasifs tels que l'imagerie médicale et notamment l'utilisation de la tomодensitométrie (CT-scan). Cette technique permet de mieux suivre l'évolution de la condition corporelle et de la relier à la fertilité. De plus, un atout majeur de cette technique d'imagerie anatomique est d'accéder à la composition sur un même animal au cours de sa croissance de manière éthique.

1. MATERIELS ET METHODES

Le protocole mis en place a reçu un avis favorable par le comité d'éthique (CEEA VdL) sous la référence du dossier : 01607.02

1.1. Les animaux

Les analyses ont été réalisées sur un lot de 320 poussins femelles de type chair (parentaux Cobb 500, Hendrix Genetics) et ont été répartis, au sol, en groupes homogènes de 10 dans 32 parquets de 3 m² et élevés au sein de l'Unité Expérimentale du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours (UE-PEAT) selon les conditions classiques d'élevage, c'est-à-dire 14h de lumière à leur arrivée suivie d'une diminution progressive de l'exposition à la lumière jusqu'à atteindre 8 heures de lumière au moment de la ponte (21^{ème} semaine) puis une augmentation progressive de

l'exposition à la lumière jusqu'à atteindre 15h de lumière à la fin de l'étude (39^{ème} semaine).

Par ailleurs en vue d'élargir l'utilisation du CT-Scan à d'autres espèces avicoles, des essais de faisabilité ont été réalisés sur la pintade et la dinde. Nous ne présentons en fin d'étude que les données sur des dindes à l'âge de 27, 30 et 31 semaines prélevées sur des fermes commerciales et euthanasiées.

1.2. Les régimes alimentaires

Les poules reproductrices Cobb500 ont reçu une alimentation de démarrage de type *ad libitum* du 1^{er} jour à la 3^{ème} semaine. A partir de la 3^{ème} semaine les poules ont été séparées en deux groupes. Un premier groupe (n=160) a reçu une alimentation restreinte permettant de suivre la courbe théorique de poids fournie par le guide d'élevage et le second groupe (n=160) a reçu une alimentation plus importante dite « *ad libitum* » permettant une croissance 1,7 fois plus importante que chez les animaux *restreints*.

1.3. Mesures de l'engraissement par scanner

Le poids corporel de l'ensemble des poules a été mesuré de l'âge de 3 semaines à l'âge de 39 semaines. Une analyse par imagerie de 4 poules par condition, qui ont été sélectionnées au hasard, a été réalisée de l'âge de 8 semaines à 35 semaines (Figure 2).

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 adipeux. Le traitement des images par seuillage a été utilisé pour quantifier et surveiller le tissu de 4 à 35 semaines (Figure 1). Le même volume de voxel (résolution) a été utilisé dans toutes les analyses réalisées. Des échantillons de différents tissus ont été analysés au CT-Scan pour calibrer l'analyse d'image par la suite.

Une analyse de la composition en matière grasse de la carcasse a été réalisée à partir de 21 semaines et à 39 semaines par mesure du poids du tissu adipeux abdominal.

1.8. Analyses statistiques

Les résultats sont représentés sous forme de moyenne \pm SEM et avec un niveau de significativité inférieur à 0.05 (*P<0.05).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le but de la présente étude est d'évaluer la composition corporelle des poules reproductrices, dans le cadre d'un contexte de production standard, au

cours de leur croissance et pendant la période de ponte.

2.1. Développement de la masse grasseuse

Les animaux restreints augmentent leur volume de tissu adipeux de 10 fois entre l'âge de 4 ($17 \text{ cm}^3 \pm 1$) à l'âge de 35 semaines ($164 \text{ cm}^3 \pm 11$), et ceux *ad libitum* l'augmentent de 5 fois (4 semaines : $85 \text{ cm}^3 \pm 14$ vs 35 semaines : $395 \text{ cm}^3 \pm 19$).

Aux âges de 4 et 13 semaines, le régime alimentaire induit un volume 5 fois plus important du tissu adipeux entre les restreints et ceux *ad libitum* (restreint : $17 \text{ cm}^3 \pm 1$ vs *ad libitum* : $85 \text{ cm}^3 \pm 14$). Puis de l'âge de 17 à 35 semaines, le volume moyen du tissu adipeux est 2 fois plus important entre les 2 lots (restreint : (17 semaines) $63 \text{ cm}^3 \pm 11$ à (22 semaines) $164 \text{ cm}^3 \pm 1$ vs *ad libitum* : (17 semaines) $145 \text{ cm}^3 \pm 27$ à (22 semaines) $323 \text{ cm}^3 \pm 37$). L'augmentation du tissu adipeux est associée à une concentration élevée de triglycérides plasmatiques et au début de la ponte.

A l'âge de 39 semaines, environ 20 poules par condition ont été analysées au CT-scan et le poids de la graisse abdominale a été pesé. Nous avons calculé une corrélation positive significative entre le poids du tissu adipeux abdominal mesuré *ante mortem* et le volume du tissu adipeux déterminé précédemment *in vivo* par tomодensitométrie ($R^2 = 0,94$) (Figure 3). La corrélation entre le poids corporel des poules des 2 groupes et le volume de tissu adipeux déterminé *in vivo* est de $R^2 = 0,82$.

La localisation des dépôts de masse grasseuse se situe majoritairement dans l'abdomen et au niveau du dos (Figure 4).

2.1. Corrélation entre le taux de ponte et la masse grasseuse

Le groupe restreint a présenté un retard de 3 semaines du début de la ponte et une faible augmentation des taux de triglycérides. De plus, les poules présentant un engraissement $> 200 \text{ cm}^3$ produisent des œufs plus lourds et moins fertiles liés à une augmentation de la mortalité embryonnaire (Figure 5).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Richards, M. P., and M. Proszkowiec-Weglarz, 2007. Poultry Science 86(7): 1478–1490.
Hocking, P. M., M. H. Maxwell, and M. A. Mitchell, 1996. British Poultry Science 37(2): 263–278.
de Jong, I. C., S. van Voorst, D. A. Ehlhardt, and H. J. Blokhuis, 2002. British Poultry Science 43(2): 157–168.
Robbins, K. R., G. C. McGhee, P. Osei, and R. E. Beauchene, 1986. Poultry Science 65(12): 2226–2231.
Joseph, N. S., F. E. Robinson, D. R. Korver, and R. A. Renema, 2000. Poultry Science 79(12): 1790–1796.

2.3. Perspectives de mesures d'autres tissus (foie et le muscle)

En plus des mesures réalisées sur la masse adipeuse, l'analyse au CT-Scan permet de déterminer le volume osseux et le volume musculaire (Figure 6). Une estimation des muscles pectoraux, des volumes du foie et du squelette pourrait être extrapolée au poids des organes et corrélée avec les paramètres de fécondité.

Enfin, en vue d'étendre l'utilisation du CT-Scan pour l'étude de la composition corporelle d'autres espèces avicoles majeures, nous avons réalisé une première analyse sur 6 dindes respectivement âgées de 27, 30 et 31 semaines (début de ponte à 30 semaines), où nous avons mesuré le volume du tissu adipeux, musculaire et du volume osseux (Figure 7). Le volume du tissu adipeux diminue juste après le début de ponte à l'âge de 31 semaines.

CONCLUSION

En conclusion, l'utilisation de la tomодensitométrie a permis d'obtenir des données de composition corporelle au cours de la croissance et en fonction des régimes alimentaires des poules. Ces analyses peuvent être associées à des données physiologiques et biochimiques. En perspective, ces outils permettront de mieux quantifier, voire prédire l'engraissement pour optimiser la productivité des animaux.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu par Région Centre Val de Loire avec les projets «Oxyferti» et «Adipofertikine» ainsi que le Réseau MiDi (Milieux et Diversité). Nous tenons à remercier les animaliers de l'UE-PEAT et plus particulièrement Frédéric Mercierand, Harold Rigoreau et Maxime Marchand.

Figure 1. Images au CT-Scan d'une poule reproductrice en ponte, et reconstruction 3D de l'anatomie de la poule avec les tissus osseux et musculaires (bas droit).

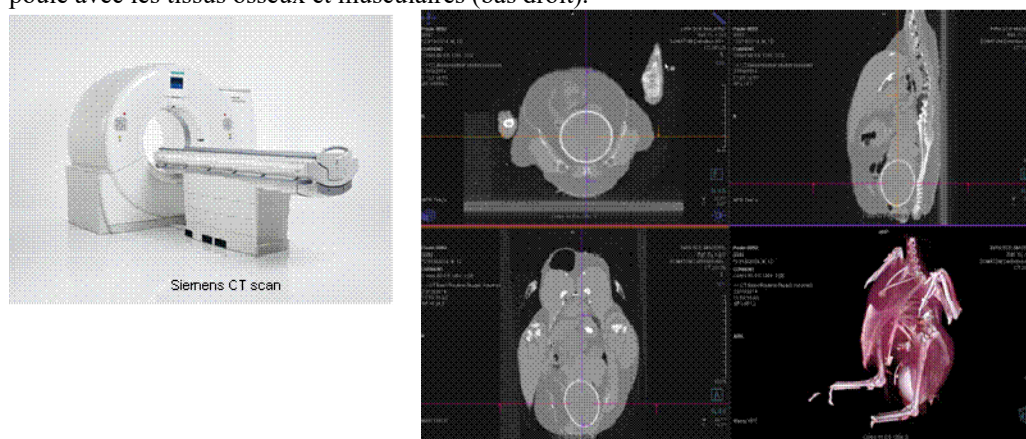


Figure 2. Cinétique du poids corporel et du volume du gras abdominal dans les 2 lots de poules reproductrices

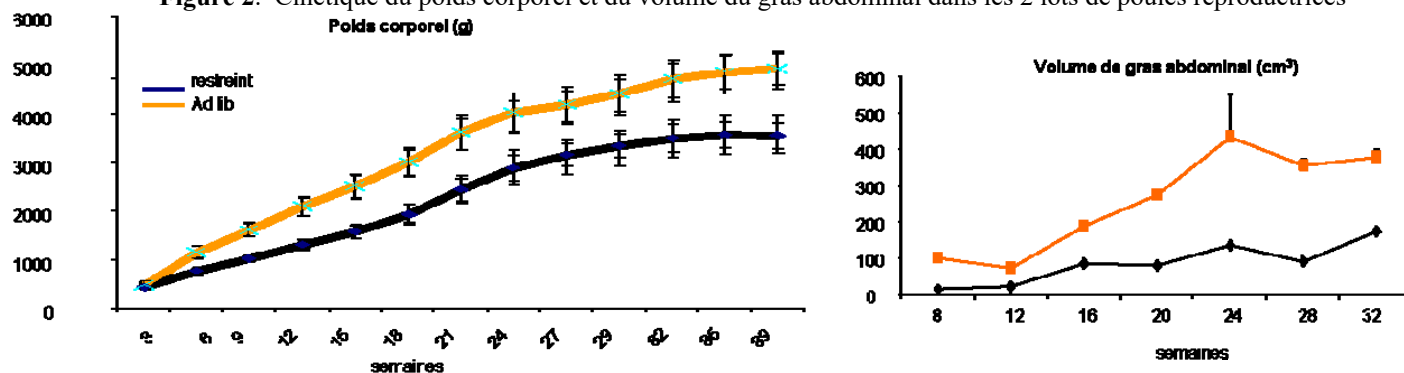


Figure 3. Corrélation entre le volume de gras abdominal mesuré au CT-Scan et du poids de gras abdominal

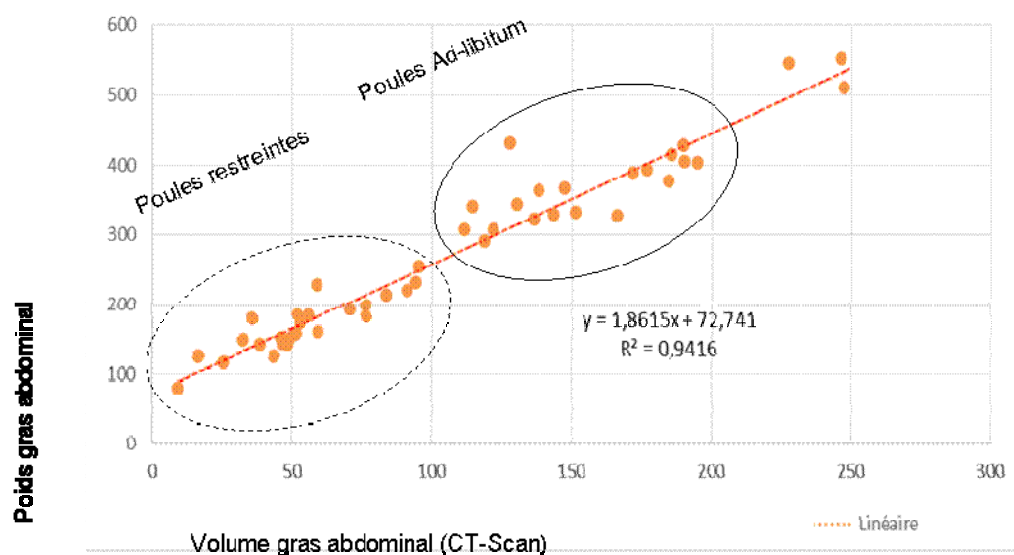


Figure 4. Images au CT-Scan du volume 3D du tissu adipeux chez la poule reproductrice (*ad libitum* et restreintes)

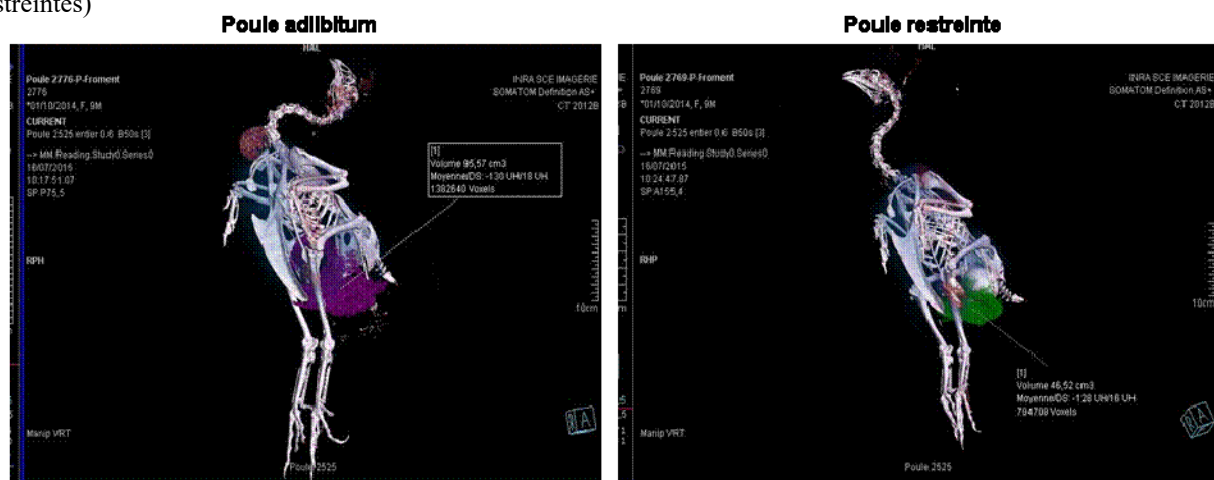


Figure 5. Mesures du poids de l'œuf (g) et du pourcentage d'œufs éclos dans les 2 lots de poules reproductrices (*ad libitum* et restreintes)

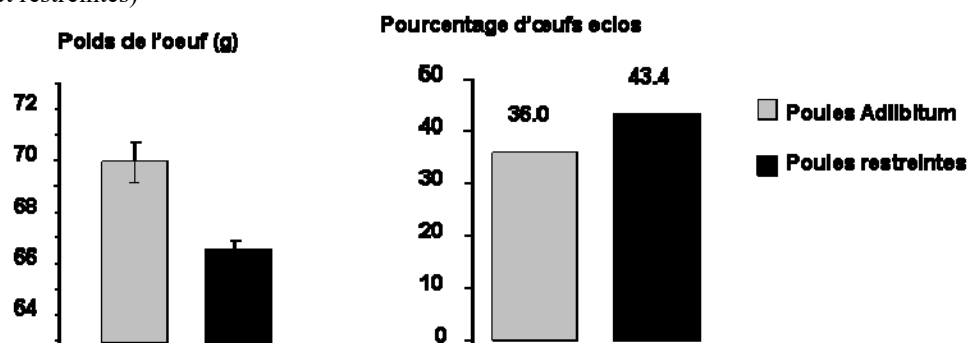


Figure 6. Images au CT-Scan du volume musculaire et du volume osseux chez la poule reproductrice

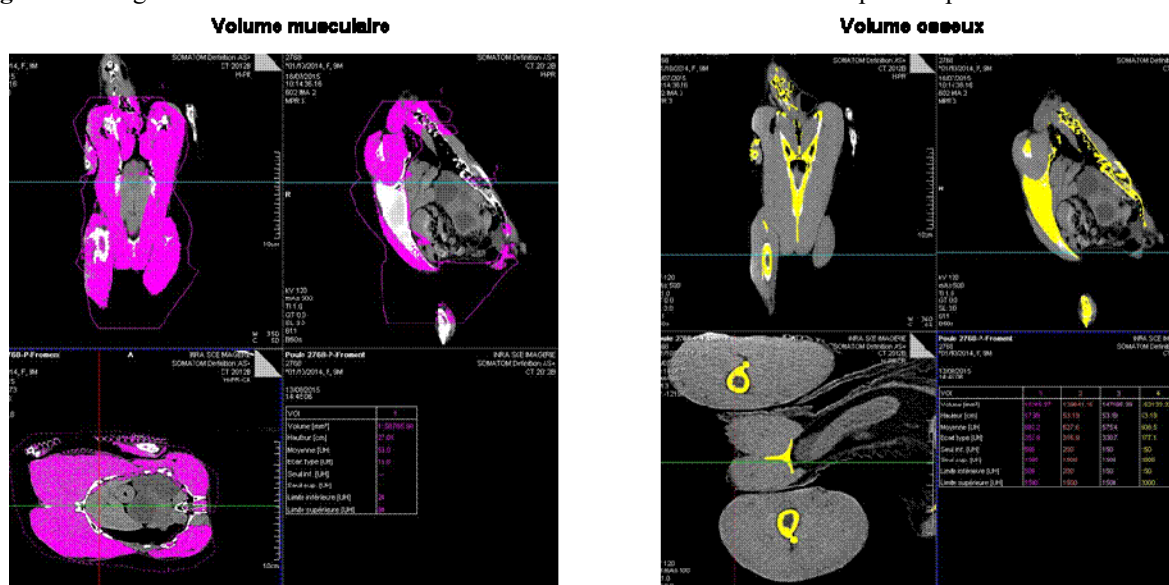


Figure 7. Estimation du volume de gras et osseux chez 2 dindes à l'âge de 27, 30 et 31 semaines.

