

IMPACT DE L'ÂGE ET DE LA SOUCHE SUR LE STATUT ANTIOXYDANT DU POULET DE CHAIR

Coudert Edouard¹, Baéza Elisabeth^{1*}, Jimenez Justine¹, Cailleau-Audouin Estelle¹,
Bordeau Thierry¹, Chartrin Pascal¹, Berri Cécile¹

¹INRAE, Université de Tours, UMR BOA, Nouzilly, France

*elisabeth.baeza-campone@inrae.fr

RÉSUMÉ

La production de poulets standards utilise des souches à croissance rapide avec un rendement en viande élevé. Du fait de ces caractéristiques, ces animaux sont réputés moins robustes face à d'éventuelles pathologies ou des perturbations des conditions d'élevage que les souches à croissance plus lente utilisées pour la production Label Rouge. Par ailleurs, les systèmes de défense des animaux se développent avec l'âge mais peu d'études ont analysé la cinétique d'évolution de la réponse anti-oxydante. L'objectif de la présente étude était de mesurer les capacités de défense anti-oxydante des poulets au cours des premières semaines de développement pour deux souches d'animaux présentant des vitesses de croissance différentes (standard et Label Rouge). Des poulets de ces deux souches ont été mis en élevage en conditions contrôlées. De 1 à 42 jours, des prélèvements de foie, muscles (filet et cuisse) et sang ont été effectués chaque semaine sur 10 animaux de chaque souche. Plusieurs paramètres impliqués dans la réponse anti-oxydante ont été mesurés sur ces différents tissus. L'activité des enzymes impliquées dans la défense anti-oxydante est très élevée à l'éclosion puis diminue jusqu'à J7 ou J14 dans le foie et les muscles étudiés des deux souches. La valeur du statut antioxydant total et l'activité de la superoxyde dismutase augmentent à partir de J28 uniquement dans les muscles de ces deux souches. Les muscles des animaux Label Rouge présentent une peroxydation lipidique et une activité de la superoxyde dismutase plus élevées que les muscles des animaux standards. La capacité anti-oxydante des animaux est élevée au moment de l'éclosion en lien avec le métabolisme énergétique plutôt oxydatif des animaux. Cette capacité diminue rapidement au cours de la première semaine, en particulier dans le foie et le plasma. Elle augmente ensuite dans les muscles en lien avec leur développement post éclosion. L'effet de la souche est variable selon le paramètre étudié et l'âge des animaux. La souche standard a une activité oxydative musculaire et donc une réponse anti-oxydante moindre que celle de la souche Label Rouge. Néanmoins, l'âge a beaucoup plus d'impact que la souche sur la capacité anti-oxydante des poulets.

ABSTRACT

Effect of age and breed on the antioxidant status of chicken

The production of standard chickens uses fast growing strains with high meat yield. Because of these characteristics, these animals are considered less robust in the face of possible pathologies or disturbances of the breeding conditions than the slower growing strains used for Label Rouge production. Furthermore, animal defence systems develop with age, but few studies have analysed the kinetic evolution of the antioxidant response. The objective of this study was to measure the capacity of chicken antioxidant defence during the first weeks of development for two strains presenting different growth rates (standard and Label Rouge). Chickens of these two strains were reared under controlled conditions. From 1 to 42 days of age, samples of liver, muscles (breast and thigh) and blood were taken each week from 10 animals of each strain. Several parameters involved in the antioxidant response were measured on these different tissues. The activity of enzymes involved in antioxidant defence was very high at hatching and then decreased until D7 or D14 in the liver and muscles of the two strains. The value of total antioxidant status and superoxide dismutase activity increased from D28 only in the muscles of the two strains. The muscles of Label Rouge chickens had higher lipid peroxidation and superoxide dismutase activity than the muscles of standard chickens. At hatching, the antioxidant capacity of animals was high in connection with the rather oxidative energy metabolism of animals. This capacity decreased quickly during the first week, particularly in the liver and plasma. It then increased in the muscles in connection with their post-hatching development. The effect of the strain was variable depending on the measured parameter and animal age. The standard strain had less muscle oxidative activity and therefore a lower antioxidant response than those of the Label Rouge strain. Nevertheless, the age had much higher impact than strain on the antioxidant capacity of chickens.

INTRODUCTION

En élevage, les volailles sont confrontées à différents types de stress qu'ils soient environnementaux (froid, chaleur, ventilation excessive), technologiques (stockage prolongé des œufs avant éclosion, délai de mise en place des poussins après éclosion, densité élevée en élevage), nutritionnels (transitions alimentaires, mycotoxines, huile oxydée, métaux toxiques, apport en oligo-éléments insuffisant) ou sanitaires (pathologies, vaccinations) (Surai *et al.*, 2019). Les volailles sélectionnées pour une vitesse de croissance rapide et un rendement en viande élevé sont plus sensibles au stress oxydatif (Soleimani *et al.*, 2011 ; Petracci *et al.*, 2019). Les souches utilisées en production Label Rouge ont des vitesses de croissance plus lentes et sont réputées plus robustes. En principe, les oiseaux sont équipés de systèmes de défense anti-oxydante (enzymes, glutathion, vitamines, minéraux, etc.) qui leur permettent de maintenir l'équilibre redox au niveau cellulaire et tissulaire (Surai *et al.*, 2019). Chez les volailles, le développement de ces systèmes au cours des premières semaines de croissance post-éclosion a fait l'objet de peu d'études. Yang *et al.* (2016) ont mesuré différents marqueurs (teneurs en glutathion (GSH), malondialdéhyde (MDA, marqueur de peroxydation des lipides) et carbonyles (marqueur d'oxydation des protéines), activité de la glutathion peroxydase (GPx), capacité anti-oxydante totale (T-AOC)) dans le plasma de poulets à jeun depuis 12 h, et aux âges de 14, 21 et 28 jours. Ils n'ont pas mis en évidence de variation significative de ces marqueurs aux âges étudiés. Il semblerait que le potentiel antioxydant diminue fortement au cours des 10 premiers jours post-éclosion et que cela soit compensé par une augmentation de l'activité de la GPx dans le foie (Schoonheere et Istasse, 2006). Surai *et al.* (1998) ont observé chez différentes espèces aviaires (poulet, dinde, canard et oie) une forte diminution de la concentration hépatique en vitamine E, au cours des deux premières semaines de croissance post-éclosion. Entre 21 et 42 jours, Del Vesco *et al.* (2017) ont montré que dans le foie, la concentration en GSH était diminuée et que l'activité catalase augmentait alors que la valeur du TBARS (Thio-Barbituric Acid Reactive Substances, marqueur de peroxydation des lipides) et l'activité de la GPx n'étaient pas modifiées. Mahmoud et Edens (2003) ont mesuré dans le sang de poulets les différentes formes de glutathion (oxydé et réduit, GSSG et GSH) et les activités de la GPx et de la glutathion réductase (GR) aux âges de 2, 3 et 4 semaines. La concentration en GSH et l'activité GPx diminuent avec l'âge alors que l'activité GR augmente. Les études publiées s'intéressent donc à un âge donné, un tissu spécifique ou une réponse à un stress oxydant précis. L'objectif de la présente étude était de mesurer les capacités de défense anti-oxydante des poulets au cours des premières semaines de développement pour deux souches d'animaux utilisées

couramment en production avicole et présentant des vitesses de croissance différentes.

1. MATERIEL ET METHODES

120 poulets mâles de souche standard Ross 308 (ST) et 120 poulets mâles de souche Label Rouge JA 657 (LR) ont été mis en élevage dans deux parquets différents à l'unité expérimentale PEAT du centre INRAE Val de Loire. Ils ont été achetés au couvoir Boyé, sexés et vaccinés contre la Marek et la Bronchite Infectieuse et bagués individuellement à l'âge de 3 jours. Les poulets ont eu accès à l'aliment de façon *ad libitum* pendant toute la durée de l'élevage. Il y a eu 3 phases d'alimentation : démarrage (1-14 jours), croissance (15-28 jours) et finition (29-42 jours). La teneur en vitamine E des aliments était de 20 ppm (apport suffisant pour couvrir les besoins de croissance) pour ne pas interférer avec les défenses anti-oxydantes des poussins.

A l'âge de 1 jour, avant la mise en place en parquet, 20 poulets de chaque souche (soit 40 poulets au total), choisis au hasard, ont été sacrifiés en alternant les souches entre chaque poussin. Du sang a été prélevé au sinus occipital pour récupérer ensuite le plasma ainsi que les muscles *Pectoralis major*, les muscles des cuisses et le foie. Les échantillons ont été congelés aussitôt dans l'azote liquide puis stockés à -80°C. Aux âges de 7, 14, 21, 28, 35 et 42 jours, 10 animaux ont été sacrifiés pour effectuer les mêmes prélèvements. Huit heures avant ces prélèvements, les animaux étaient mis à jeun mais avaient un accès *ad libitum* à l'eau.

Sur les échantillons de plasmas, les activités SOD (SuperOxide Dismutase), GPx (Glutathion peroxydase), GR (Glutathion reductase), les hydroperoxydes, l'activité peroxydase et le TAS (Total Antioxydant Status) ont été mesurées en utilisant un automate (Arena 20XT, Thermo Scientific) et des kits commerciaux. L'indice TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) a été déterminé par la méthode de Lynch et Frei (1993) pour estimer la peroxydation des lipides. Des métabolites ont également été mesurés avec l'automate Arena et des kits spécifiques : glucose, β -hydroxybutyrate (β -OH), acides gras libres (AGL), acide urique, triglycérides. Le dosage de la vitamine E a été réalisé en utilisant l'HPLC après une extraction de la phase organique avec de l'hexane (Faculté de Médecine, Marseille). Sur les tissus, les marqueurs SOD, GPx, GR, catalase, TAS, TBARS ont été mesurés comme décrits précédemment.

Sur l'ensemble des paramètres mesurés, l'effet de la souche et de l'âge et leur interaction ont été testés par analyse de variance avec un $P < 0.05$ (logiciel Statview).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'évolution de métabolites et de marqueurs du statut antioxydant dans le plasma est présentée dans les

Figures 1 et 2 et l'ensemble des résultats est synthétisé dans le Tableau 1.

2.1. Effet de l'âge sur les marqueurs du statut antioxydant et des métabolites plasmatiques

A J1, la concentration du plasma en triglycérides est élevée car pendant leur développement embryonnaire les poussins ont utilisé comme source majeure d'énergie, les lipides stockés dans le jaune d'œuf puis dans leur foie ce qui explique les teneurs croissantes en AGL mesurées dans le plasma au cours des premières semaines post éclosion et une peroxydation des lipides plus importante. Dans le foie, l'indice TBARS est également plus élevé à J7 qu'aux autres âges pour les deux souches étudiées (2.93 vs. 1.49 à 2.06 mg eq. MDA/kg). Dans le muscle pectoral et les muscles de la patte, l'indice TBARS est élevé à J1 et J7 puis il diminue jusqu'à J21 ou J28 (-86% et -45%, respectivement) et se stabilise. La concentration en hydroperoxydes et l'activité peroxydase dans le plasma sont élevées à J1 puis elles diminuent rapidement jusqu'à J14. Afin de limiter cette production d'hydroperoxydes, l'activité GPx dans le plasma augmente entre J7 et J14. Dans le foie, l'activité GPx diminue de J1 à J14 (-38%). Elle augmente ensuite jusqu'à J28 (+49%) et se stabilise. Dans les muscles de la patte et le muscle *P. major*, l'activité GPx diminue jusqu'à J7 ou J14 (-8% et -17%, respectivement) puis reste stable. L'activité GR dans le plasma, le foie et les muscles est élevée lors de l'éclosion ce qui permet de régénérer le glutathion puis elle diminue au cours des premières semaines post éclosion. Elle augmente de nouveau à J28 et J35 pour la souche ST. L'activité catalase est élevée à J1 dans le foie et les muscles. Elle diminue rapidement au cours de la première semaine pour le foie et le muscle *P. major* (-26% et -89%, respectivement) et après J28 pour les muscles de la patte (-66%). L'activité SOD du plasma est stable avec juste une augmentation à J35. Dans le foie, l'activité SOD diminue avec l'âge (-65% entre J1 et J42) alors qu'elle augmente dans les muscles entre J1 et J7 (x 2,3 et 2,7) puis se stabilise. Malgré cette activité oxydative importante au cours de la première semaine post-éclosion, la valeur du TAS dans le plasma est stable quel que soit l'âge. Cela pourrait être dû à l'utilisation de la vitamine E dont la concentration dans le plasma diminue fortement. Dans le foie, la valeur du TAS est stable également avec une augmentation uniquement à J21. La valeur du TAS augmente dans les muscles de la patte au cours de la première semaine post-éclosion (+22%) pour accompagner l'activité locomotrice des poussins puis se stabilise. Dans le muscle *P. major*, la valeur du TAS augmente avec l'âge et accompagne le développement musculaire (+69% entre J1 et J42). La glycémie et les concentrations plasmatiques en β -OH et acide urique sont peu ou pas affectées par l'âge.

Nos résultats suggèrent que la capacité anti-oxydante des animaux est élevée au moment de l'éclosion en lien avec le métabolisme énergétique plutôt oxydatif des animaux et le besoin élevé en énergie. Puis, cette capacité diminue rapidement au cours de la première semaine en particulier dans le foie et le plasma. Elle augmente ensuite dans les muscles en lien avec leur développement post éclosion.

2.2. Effet de la souche sur les marqueurs du statut antioxydant et des métabolites plasmatiques

De J1 à J14, la souche ST a une teneur en triglycérides plasmatiques plus élevée que celle de la souche LR. La concentration du plasma en AGL est plus faible pour la souche LR ce qui suggère une activité de lipolyse moins importante ou une oxydation supérieure. En effet, la peroxydation lipidique est supérieure dans le muscle pectoral et les muscles de la patte pour les animaux LR et ce jusqu'à J21 et J28, respectivement. Ceci serait plus en lien avec le métabolisme énergétique des muscles de poulets LR dont l'activité oxydative est supérieure à celle des poulets ST du fait d'une activité physique plus importante (Castellini *et al.*, 2002). En revanche, la peroxydation des lipides dans le plasma et le foie n'est pas affecté par la souche. Il en est de même pour la concentration en hydroperoxydes et l'activité peroxydase dans le plasma. Par ailleurs, à J1, la concentration du plasma en acide urique est plus élevée pour la souche LR ce qui suggère un catabolisme protéique plus important. Les poussins des deux souches ont été mis en élevage le même jour mais il est possible que ceux de la souche LR aient éclos plus tôt que ceux de la souche ST d'où un épuisement plus important de leurs réserves énergétiques à J1 et l'obligation d'accroître leur catabolisme protéique. A J14 et J21, c'est la souche ST qui présente la concentration du plasma en acide urique la plus importante suggérant un turnover protéique supérieur probablement pour permettre le développement rapide des muscles pectoraux. L'activité GPx est peu affectée par la souche. Pour l'activité GR dans le plasma, la souche ST a des valeurs plus élevées à J35 et J42 que la souche LR. Dans le foie et les muscles de la patte, la souche n'a pas d'effet sur l'activité GR. Par contre, la souche ST a une activité GR supérieure à celle de la souche LR dans le muscle *P. major*. Dans le plasma, le foie, le muscle *P. major* et les muscles de la cuisse, la souche ST présente une activité SOD inférieure à celle de la souche LR qui a une activité locomotrice plus importante que celle de la souche ST. A contrario, dans le foie, la souche ST a une activité catalase supérieure à celle de la souche LR. La souche n'a pas d'effet sur l'activité catalase des muscles. Au cours de la première semaine post-éclosion, la souche LR présente une valeur de TAS, dans le plasma, supérieure à celle de la souche ST alors que sa concentration en vitamine E est plus faible. De J14 à

J28, c'est la souche ST qui présente la valeur de TAS dans le plasma la plus élevée. Ensuite, il n'y a plus d'effet de la souche. La souche n'a pas d'effet sur la valeur de TAS dans le foie. Dans les muscles de la patte, la valeur de TAS est inférieure pour la souche LR à celle mesurée pour la souche ST peut-être en lien là aussi avec une activité locomotrice et un métabolisme oxydatif supérieurs. Dans le muscle *P. major*, il n'y a pas de différence entre souches pour la valeur du TAS. Castellini *et al.* (2002) avaient mesuré des niveaux de peroxydation (indice TBARS) supérieurs dans les muscles de poulets à croissance lente plus riches en pigments héminiques et présentant un métabolisme oxydatif au niveau des pattes plus important que ceux des poulets à croissance rapide. Barbaresi *et al.* (2019) ont montré que les teneurs en carnosine et anserine (peptides présentant des propriétés anti-oxydantes) des muscles de poulets à croissance lente étaient supérieures à celles des muscles de poulets à croissance rapide à leur âge d'abattage respectif. Enfin, la glycémie et la concentration plasmatique en β -OH ne sont pas affectées par la souche.

CONCLUSION

Nos résultats suggèrent que la capacité anti-oxydante des animaux est élevée au moment de l'éclosion en

lien avec le métabolisme énergétique plutôt oxydatif des animaux. Cette capacité diminue rapidement au cours de la première semaine en particulier dans le foie et le plasma. Elle augmente ensuite dans les muscles en lien avec leur développement post éclosion. Les poussins sont donc plus sensibles à des stress oxydatifs au cours des premières semaines de croissance. L'effet de la souche est variable selon le paramètre étudié et l'âge des animaux. La souche ST a un métabolisme musculaire moins oxydatif que celui de la souche LR et donc une activité de peroxydation des lipides moindre. Néanmoins, l'âge a plus d'impact que la souche sur la capacité anti-oxydante des poulets.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet d'avenir SAGA financé par FranceAgriMer. Nous remercions le personnel de PEAT (INRAE Nouzilly) et plus particulièrement N. Besné, P. Ganier et O. Callut pour la fabrication des aliments, l'élevage des animaux et leur participation au prélèvement des échantillons. Nous remercions aussi Patrick Borel et Charlotte Halimi (Faculté de Médecine de Marseille) pour le dosage de la vitamine E dans le plasma.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barbaresi S., Maertens L., Claeys E., Derave W., De Smet S., 2019. J. Food Sci. Agricult., 99, 5680-5686.
 Castellini C., Mugnai C., Dal Bosco A., 2002. Meat Sci., 60, 219-225.
 Del Vesco A.P., Khatlab A.S., Goes E.S.R., Utsunomiya K.S., Vieira J.S., Oliveira Neto A.R., Gasparino E., 2017. Anim., 11 (10), 1783-1790.
 Lynch S.M., Frei B., 1993. J. Lipid Res., 34, 1745-1753.
 Mahmoud K.Z., Edens F.W., 2003. Comp. Biochem. Physiol. Part B 136, 921-934.
 Petracci M., Soglia F., Madruga M., Carvalho L., Ida E., Estevez M., 2019. Comprehensive Rev. Food Sci. Food Safety, 18 (2), 565-583.
 Schooneere N., Istasse L., 2006. Ann. Méd. Vét., 150, 203-211.
 Soleimani A.F., Zulkifli I., Omar A.R., Raha A.R., 2011. Poult. Sci., 90, 1435-1440.
 Surai P.F., Ionov I.A., Kuchmistova E.F., Noble R.C., Speake B.K., 1998. J. Sci. Food Agricult., 76, 593-598.
 Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Kidd M.T., 2019. Antioxidants, 8, 235, 36 p.
 Yang G.L., Zhang K.Y., Ding X.M., Zheng P., Luo Y.H., Bai S.P., Wang J.P., Xuan Y., Su Z.W., Zeng Q.F., 2016. Internat. J. Biometeorol., 60, 1193-1203.

Tableau 1. Synthèse des effets de l'âge et de la souche sur les marqueurs du statut antioxydant du poulet

	Effet souche	Effet âge
TBARS		
Plasma	Non	J1 ↗ J14 → J28 ↘ J42
Foie	Non	J7 > autres âges
Muscles de patte	Oui, ST < LR	J1 → J7 ↘ J28 → J42
Muscle <i>P. major</i>	Oui, ST < LR	J1 ↗ J7 → J28 ↘ J42
Activité GPx		
Plasma	Non	J7 ↗ J14 → J35 ↘ J42
Foie	Non	J1 ↘ J7 ↗ J28 → J42
Muscles de patte	Non	J1 ↘ J7 → J42

Muscle <i>P. major</i>	Non	J1 ↘ J14 → J42
Activité GR		
Plasma	Oui, ST > LR	J1 ↘ J7 → J35 ↗ J42
Foie	Non	J1 ↘ J14 → J35 ↗ J42
Muscles de patte	Non	J1 ↘ J7 → J42
Muscle <i>P. major</i>	Oui, ST > LR	J1 ↘ J14 → J42
Activité SOD		
Plasma	Oui, ST < LR	J1 → J14 ↗ J35 → J42
Foie	Oui, ST < LR	J1 ↗ J7 → J42
Muscles de patte	Oui, ST < LR	J1 ↗ J7 → J42
Muscle <i>P. major</i>	Oui, ST < LR	J1 ↗ J7 → J42
TAS		
Plasma	Oui, variable selon l'âge	J1 → J42
Foie	Non	J1 → J14 ↗ J21 → J42
Muscles de patte	Oui, ST > LR	J1 ↗ J7 → J42
Muscle <i>P. major</i>	Non	J1 ↗ J42 variable selon la souche
Activité catalase		
Foie	Oui, ST > LR	J1 ↘ J7 → J42
Muscles de patte	Non	J1 ↘ 28 → J42
Muscle <i>P. major</i>	Non	J1 ↘ J7 → J42
Vitamine E		
Plasma	Oui, ST > LR	J1 ↘ J7 → J42

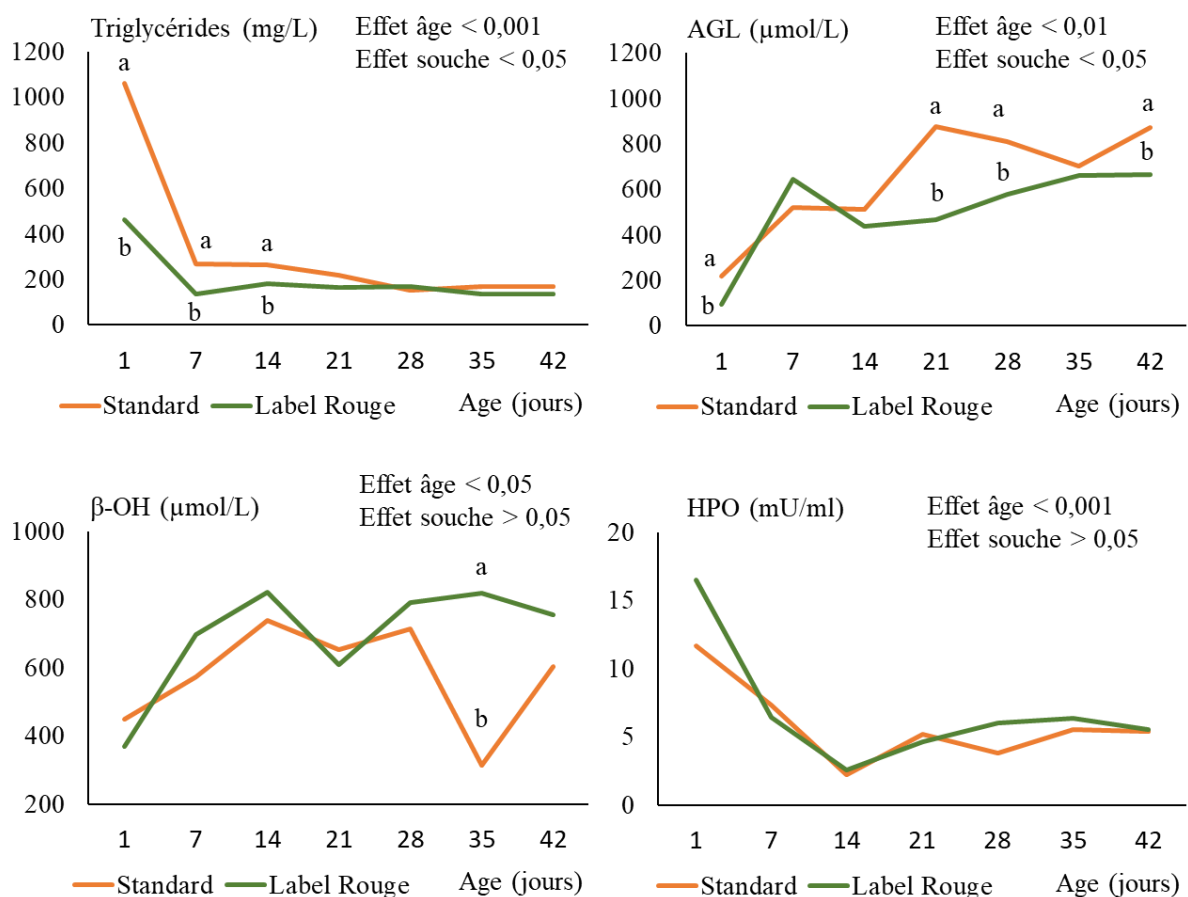


Figure 1. Effet de l'âge et de la souche sur l'évolution de métabolites dans le plasma de poulet

β-OH = β-Hydroxybutyrate ; AGL = Acides Gras Libres ; HPO = Hydroxyperoxydes
a, b : effet significatif de la souche à un âge de donné avec P < 0,05

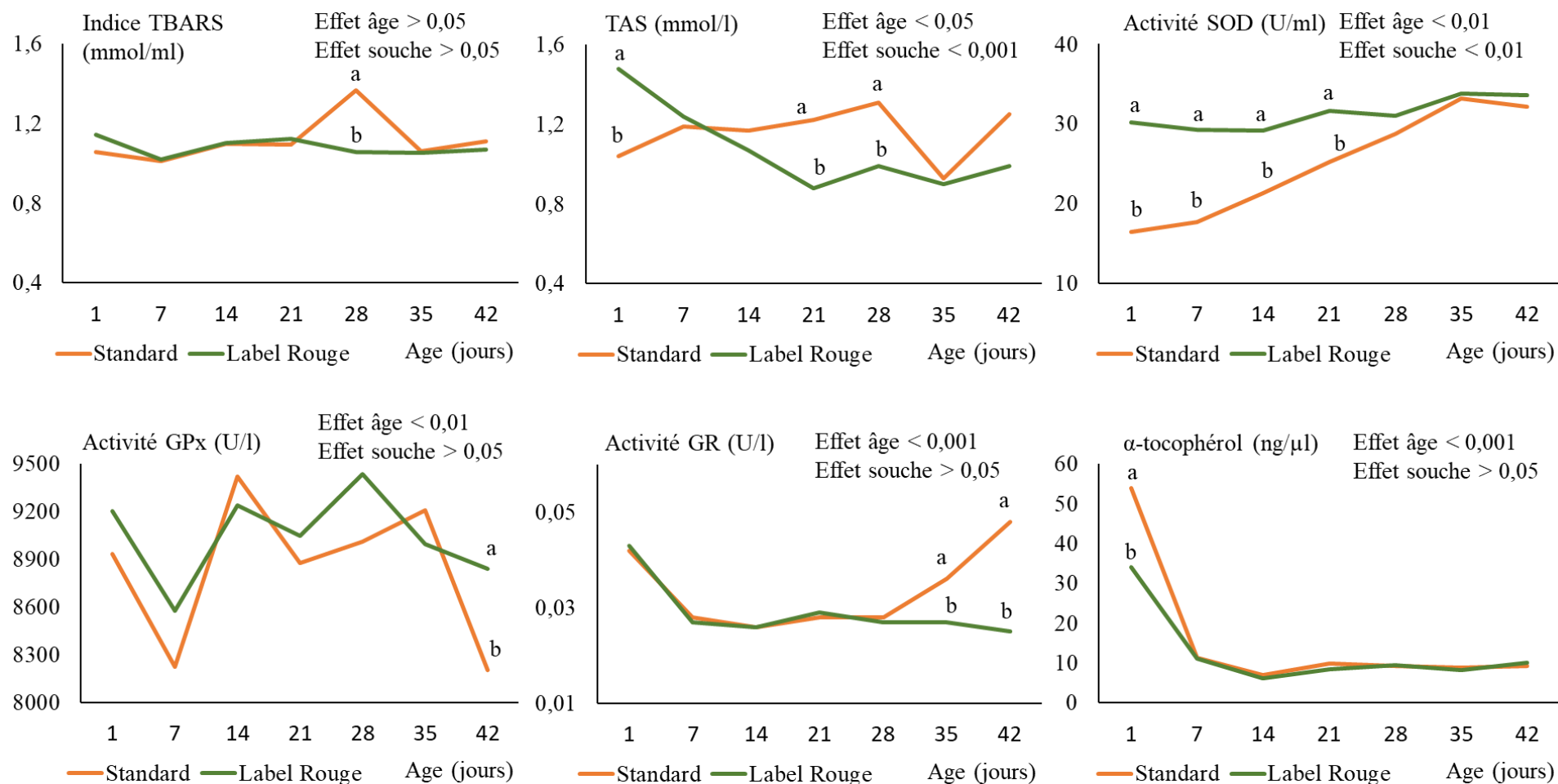


Figure 2. Effet de l'âge et de la souche sur l'évolution de marqueurs du statut antioxydant dans le plasma de poulet

TBARS = Thio-Barbituric Acid ; TAS = Total Antioxidant Status ; SOD = Super Oxide Dismutase ; GPx = Glutathion Peroxydase ; GR = Glutathion Reductase
a, b : effet significatif de la souche à un âge donné avec $P < 0,05$