

Impacts du choix de la souche sur le bien-être des poulets de chair - Résumé

La plupart des souches actuelles de poulets de chair reflètent des décennies de sélection génétique en vue d'obtenir des animaux à croissance rapide, au rendement filet accru, présentant une viande plus maigre et à l'indice de consommation plus faible. **Cette sélection intensive sur les performances zootechniques a eu des répercussions négatives sur la santé et le bien-être des animaux.**

Les poulets à croissance rapide ont un métabolisme de base élevé et une forte demande énergétique, qui peuvent être à l'origine de déficits en oxygène. Ces paramètres occasionnent de fréquentes affections cardiaques et pulmonaires, des ascites, et parfois une mort subite. Les poulets sont également sujets à des troubles au niveau des pattes et des pieds. Leurs scores de locomotion s'en trouvent affectés et leur activité générale perturbée : leur motricité est dégradée, leur accès à la nourriture et à l'eau sont réduits, ils ressentent de la douleur et sont dans l'incapacité d'exprimer leurs comportements naturels. En outre, il a été abondamment démontré que la fréquence d'apparition de myopathies affectant les muscles du bréchet et de lésions cutanées est associée à une croissance rapide et à un rendement filet élevé.

Ces affections douloureuses empêchent non seulement les animaux d'exprimer des comportements pour lesquels ils sont fortement motivés, mais elles sont aussi souvent à l'origine d'un stress chronique, dont les conséquences négatives sur le système immunitaire sont bien connues : il entraîne une immunodépression et une vulnérabilité accrue aux maladies. Ainsi, le recours aux antibiotiques est nettement plus fréquent chez les poulets de chair à croissance rapide que chez ceux à croissance plus lente : par exemple, en 2022, l'usage d'antibiotiques dans les élevages néerlandais de poulets de chair à croissance rapide était neuf fois plus important que dans les élevages d'animaux à croissance plus lente. L'élevage de souches à croissance plus lente, dont la santé et le système immunitaire sont plus robustes, peut donc contribuer de manière significative à la réduction de l'emploi d'antibiotiques en élevage de poulets de chair.

La conformation corporelle et la santé défaillante des poulets à croissance rapide les freinent dans l'expression de leurs comportements naturels comme le perchage, le lissage des plumes ou l'exploration de leur milieu. Cela augmente le temps d'inactivité, délétère pour leur bien-être psychologique. Les animaux issus de souches à croissance lente font mieux face au stress que leurs congénères à croissance rapide, sont plus actifs et expriment un éventail plus large de comportements naturels, ce qui se traduit globalement par un meilleur bien-être psychologique.

Les chercheurs et les associations de protection animale demandent que l'élevage de souches à croissance rapide soit progressivement abandonné et remplacé par l'élevage de souches à croissance plus lente, plus performantes en matière de santé et de bien-être animal. Les entreprises signataires du [Better Chicken Commitment](#) s'engagent à se tourner vers des souches à croissance plus lente afin d'offrir aux consommateurs des produits de qualité supérieure, issus d'animaux en meilleure santé et plus heureux.



Impacts du choix de la souche sur le bien-être des poulets de chair - Revue de la littérature scientifique

Introduction

La plupart des souches actuelles de poulets de chair reflètent des décennies de sélection génétique intensive pour une croissance rapide et une amélioration du rendement filet. Cette recherche d'amélioration des performances zootechniques des animaux a toutefois augmenté leur prédisposition aux maladies (insuffisance cardiaque aiguë et chronique, déformations musculo-squelettiques et pathologies) et a affaibli leur système immunitaire, donnant lieu à un emploi accru d'antibiotiques en élevage. Certaines de ces pathologies affectent également la qualité et l'acceptabilité de la viande et entraînent des pertes économiques et une augmentation du gaspillage alimentaire. Ce document passe en revue les résultats de recherche les plus récents sur les répercussions du choix de la souche sur la santé des poulets de chair, leur bien-être psychologique (notamment leur capacité à résister au stress) et leur capacité à exprimer des comportements naturels (par exemple, l'utilisation d'enrichissement ou le niveau d'activité).



Il est urgent que le secteur du poulet de chair abandonne l'élevage des souches à croissance rapide au profit de souches dont l'intérêt pour le bien-être animal a été démontré, qui affichent notamment de plus faibles taux de mortalité, une amélioration de la locomotion et un niveau d'activité accru des individus. Le [European Chicken Commitment, également appelé Better Chicken Commitment](#) (ECC, ou BCC) incite les entreprises agroalimentaires à adopter une série d'engagements afin d'améliorer le bien-être des poulets de chair, dont l'élevage de souches faisant état de performances satisfaisantes en matière de bien-être animal.

« Les souches actuellement reconnues par le BCC en Europe sont les suivantes : Hubbard Redbro (ne convient pas pour l'élevage plein air), Hubbard Norfolk Black, JA757, JACY57, 787, 957 ou 987, Rambler Ranger, Ranger Classic et Ranger Gold. D'autres souches peuvent être validées, à condition qu'elles répondent aux critères du protocole d'évaluation du bien-être animal de la RSPCA, qu'elles soient acceptées par la certification Label Rouge ou qu'elles soient adaptées à un élevage en plein air tout en présentant un gain moyen quotidien (GMQ) inférieur à 40 g/jour. »

I. Taux de croissance et efficacité alimentaire des souches actuelles de poulet de chair

Les poules et les coqs domestiques (par conséquent, les poulets de chair) sont issus de la domestication du Coq doré sauvage (*Gallus gallus*). Depuis les années 50, les souches actuelles ont été sélectionnées principalement sur des critères d'augmentation de la vitesse de croissance et du rendement filet, et de diminution du taux de gras de la viande et de l'indice de consommation¹.

Les modifications du taux de croissance des poulets de chair au cours de la seconde moitié du XX^e siècle ont été mises en valeur lors d'une expérience de 2005 durant laquelle deux souches de poulets de chair, dont la sélection n'avait pas été modifiée depuis 1957 et 1978, ont été élevées jusqu'à 56 jours puis comparées à une souche commerciale contemporaine (Figure 1)². Entre 1957 et 2005, l'indice de consommation a diminué de 50 % et le taux de croissance a augmenté de plus de 400 %. Une part estimée entre 85 et 90 % de ce dernier chiffre est imputable à la sélection génétique, et le reste à l'alimentation³. De même, il fallait 52 jours pour qu'un poulet américain atteigne 2,26 kg de poids vif en 1992⁴, alors qu'il suffit actuellement de 38 jours pour atteindre un poids d'abattage de 2,5 kg⁵.

En outre, la sélection génétique a entraîné une évolution drastique de la conformation corporelle des animaux (Figure 2). Ainsi, le rendement en filet a régulièrement augmenté, passant d'environ 15 % du poids vif en 1994, à 25 % en 2020⁴. En comparant des souches à croissance lente (Hubbard/ISA) et plus rapide (Cobb 500), une étude a démontré une meilleure performance des souches à croissance lente pour le rendement carcasse (70,4 contre 69,9 %) et la proportion de gras au niveau des ailes (15,6 contre 14,0 %). Toutefois, le rendement filet (25,3 contre 26,7 %) des animaux issus de souches à croissance lente était plus faible que chez les individus à croissance rapide⁶. La priorité donnée à la production de viande de filet a entraîné une modification de la conformation des animaux et un déplacement de leur centre de gravité vers l'avant avec des répercussions sur la morphologie de leurs pattes et leur motricité⁷.

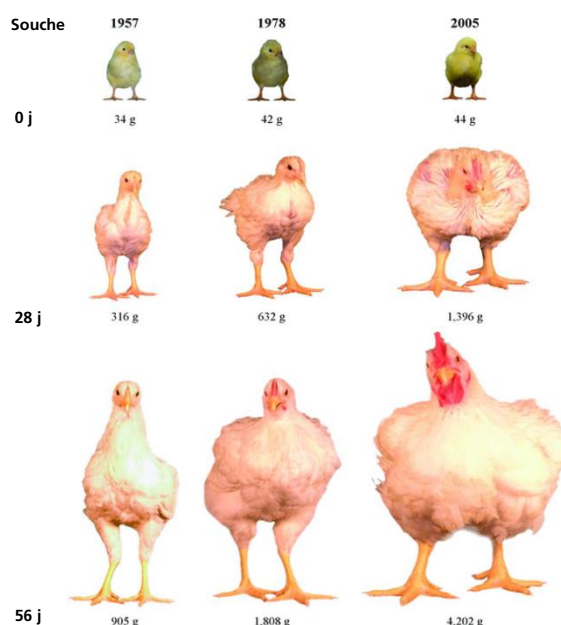


Figure 1. Évolution de la taille atteinte avec l'âge chez deux souches de poulets de chair dont la sélection n'a pas été modifiée depuis 1957 et 1978 (souches témoins), et chez les poulets Ross 308 (2005). (D'après Zuidhof et al., 2014).

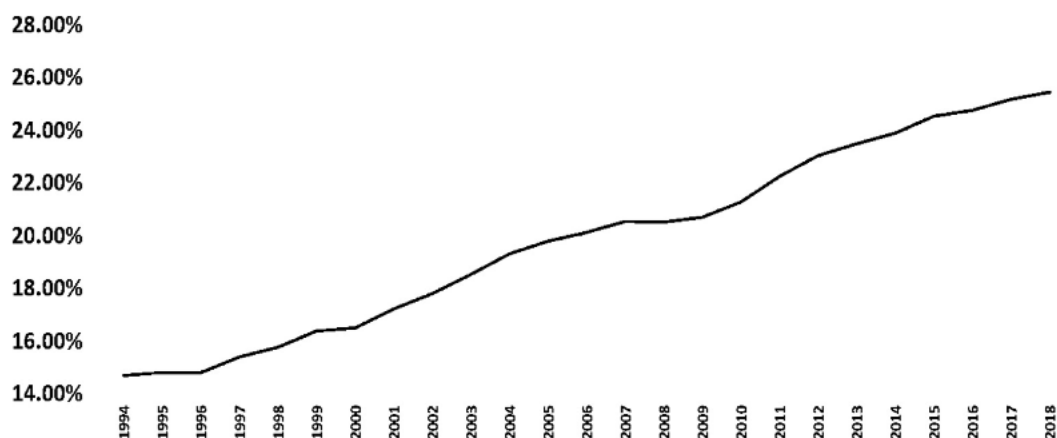


Figure 2. Rendement filet après désossage (% du poids vif), entre 1994 et 2018. Chiffres issus du secteur américain du poulet de chair (D'après Maharjan et al., 2021).

La viande de volaille est la plus consommée au niveau mondial. Entre 2019 et 2021, les Européens ont consommé en moyenne 24,2 kg de volaille par habitant⁸. Aux États-Unis, la consommation moyenne est encore plus élevée et atteint 49,4 kg par habitant. Entre 1960 et 2004, l'indice des prix à la consommation de la volaille aux États-Unis a augmenté deux fois moins vite que celui de l'ensemble des produits : la viande de poulet se distingue ainsi d'autres sources de protéines animales par son caractère toujours plus abordable². Si cette pression de sélection a permis de proposer de la viande de poulet à prix bas aux consommateurs, elle est également à l'origine de nombreuses conséquences néfastes sur la santé et le bien-être des poulets, que nous passons en revue dans la suite de ce document : la réduction de l'activité des animaux, la dégradation de la santé de leurs pattes, l'augmentation de l'usage des antibiotiques, la multiplication des troubles musculosquelettiques (y compris les myopathies affectant les muscles profonds), l'apparition de problèmes métaboliques et physiologiques (notamment des ascites), la dégradation de leur fonction immunitaire, la réduction de leur bien-être psychologique et leur incapacité d'exprimer des comportements significatifs.

II. Impacts du choix de la souche sur le bien-être physique

1. Pathologies cardiaques

La sélection pour une croissance rapide et une moindre consommation d'aliment engendre des lignées d'animaux au métabolisme de base élevé et à la demande énergétique importante, avec un risque de déficits en oxygène. Cette forte demande en dioxygène augmente la pression de l'artère pulmonaire (créant alors de

l'hypertension artérielle pulmonaire ou HTAP) et le travail du cœur. Ces conditions provoquent une hypertrophie du ventricule droit, éventuellement accompagnée d'arythmie, d'une augmentation de la pression dans la cage thoracique et la cavité abdominale, et d'une accumulation de liquide dans cette dernière (on parle d'ascite) (Figure 4)^{9,10}. L'arythmie peut parfois entraîner de la fibrillation ventriculaire, une insuffisance cardiaque aiguë, et conduire au décès de l'animal (« syndrome de la mort subite »)¹¹.

La prévalence exacte de maladies comme l'ascite et le syndrome de la mort subite est difficile à estimer du fait de la variabilité des conditions d'élevage entre les exploitations, et de la confidentialité de leurs données. En 1996, une enquête réalisée au niveau mondial a fait état d'un taux moyen de 4,7 % d'incidence de la mortalité de poulets de chair due aux ascites¹²; une étude plus récente a conclu que les taux de mortalité due à l'ascite varient entre 5 % (au sein de lots de poulets de chair) et 20 % (au sein de lots de poulets à rôtir, plus lourds)⁹.

Les ascites touchent les poulets de chair à croissance rapide aux quatre coins du globe : la vitesse de croissance élevée de ces animaux est de fait considérée comme l'un des principaux facteurs de risque pour le développement de cette maladie^{13,14}. En 2020, une étude a relevé une incidence de 27 % de l'arythmie cardiaque chez les souches à croissance rapide, contre seulement 1 % chez les souches à croissance lente¹⁵. La mortalité liée aux ascites est également plus élevée chez les poulets de chair mâles¹⁶. Une forte densité nutritionnelle de l'aliment, la distribution de granulés, l'alimentation ad libitum, un éclairage continu et une température ambiante basse représentent des facteurs supplémentaires de risque d'ascite et/ou de syndrome de mort subite¹⁶.

Le risque d'insuffisance cardiaque est associé à des mécanismes physiologiques et métaboliques, eux-mêmes corrélés à la croissance rapide des poulets de chair¹⁷. L'étude de Zhang et al. a utilisé une souche contemporaine de poulet de chair à croissance rapide (Ross 708) et une souche rustique, à croissance plus lente (Illinois), afin d'évaluer, sur le plan génétique, leur différence de développement cardiaque et d'apparition de problèmes cardiaques. L'étude a permis de démontrer que le développement du cœur et du système immunitaire étaient plus lents pour la souche à croissance rapide. L'équipe de recherche a supposé que l'expression des gènes différait entre les deux souches en grande partie du fait d'un taux plus élevé de destruction cellulaire (dûe à l'accumulation de graisse), accompagnée d'une prolifération cellulaire plus faible, et du stress oxydatif (généralement dû à un métabolisme élevé au niveau cellulaire). Le lien étroit entre la croissance rapide et le

développement du système cardiaque et du système immunitaire a ainsi été démontré.

Une étude de 2021 portant sur les causes de mortalité de six souches distinctes de poulets de chair a montré qu'en comparaison d'autres souches à croissance plus rapide, seule la souche à croissance lente (souche cou-nu, certifiée Label Rouge) présentait globalement une mortalité significativement plus faible, sans aucun décès lié à des maladies métaboliques¹⁶ (Figure 3). Les souches 1957 (Hubbard/ISA), à croissance lente, et Cobb-500, à croissance rapide, ont été comparées dans le cadre d'une autre étude⁶. Une mortalité globale de 5,6 % a été relevée pour la souche à croissance rapide, dont 2,1 % liés à des problèmes cardiaques et circulatoires. La mortalité de la souche à croissance lente était de 1,5 %, dont 0,4 % lié à des problèmes cardiaques.

Mortalité	AA	AF	CO	HU	IS	RO	LR
Totale							
n	26	14	29	24	26	35	5
Pourcentage ¹	9.63	5.19	10.74	8.89	9.63	12.96	1.85
AS²							
n	13	3	15	11	15	12	0
Pourcentage	4.81	1.11	5.55	4.07	5.56	4.44	0.00
Pourcentage/Total	50.00	21.43	51.72	45.83	57.69	34.29	0.00
MS³							
n	6	4	7	5	8	7	0
Pourcentage	2.22	1.48	2.59	1.85	2.96	2.59	0.00
Pourcentage/Total	23.07	28.57	24.14	20.83	30.77	20.00	0.00
Autres⁴							
n	7	7	7	8	3	16	5
Pourcentage	2.59	2.59	2.59	2.96	1.11	5.92	1.85
Pourcentage/Total	26.93	50.00	24.14	33.34	11.54	45.71	100.00

¹ 270 animaux de départ pour chaque souche
² Ascites
³ Syndrome de la mort subite
⁴ Y compris euthanasies en cours d'élevage

Figure 3. Causes de mortalité de plusieurs souches de poulets de chair (mâles) : Arbor Acres (AA), Avian Farms (AF), Cobb-500 (CO), Hubbard (HU), ISA (IS), Ross (RO) et Label Rouge (LR) (d'après Gonzales et al., 2021)

2. Troubles locomoteurs

Les poulets de chair à croissance rapide sont sujets à des troubles au niveau des pattes et des pieds. La chondronécrose bactérienne avec ostéomyélite, le « syndrome des pattes tordues », la dégénérescence osseuse du fémur, les brûlures aux tarses et les pododermatites font partie des affections qu'ils peuvent rencontrer. Elles affectent négativement la qualité de leur locomotion et leur activité générale, dégradent leur motricité, réduisent leur capacité à accéder à la nourriture et à l'eau, occasionnent des douleurs et les empêchent d'exprimer leurs comportements naturels¹⁵. De multiples facteurs sont associés aux problèmes de pattes et aux troubles locomoteurs chez les poulets de chair ; le taux de croissance et le génotype ont toutefois été identifiés

comme étant les plus significatifs¹⁸. Des travaux ont montré que des poulets de chair issus de souches hybrides, à croissance plus lente (GMQ inférieur à 50 g/jour^{19,20}) présentent moins de risques de développer des problèmes locomoteurs que ceux à croissance rapide^{20,21}.

Troubles musculosquelettiques

Il a été montré que la chondronécrose bactérienne avec ostéomyélite (ou BCO pour *bacterial chondronecrosis with osteomyelitis*) est la cause la plus fréquente de problèmes majeurs de pattes chez les poulets de chair, bien que des lacunes en termes de connaissances disponibles sur cette maladie subsistent^{22,23}. Une étude australienne portant sur 20 élevages de poulets de chair a relevé des lésions imputables à la BCO chez 28 % des oiseaux autopsiés (y compris les animaux euthanasiés en cours de période d'élevage et ceux retrouvés morts)²⁴. Elle survient en raison de la formation de microfractures causées par la croissance rapide des os. Cette croissance précipitée provoque une ischémie localisée qui favorise la prolifération de bactéries opportunistes¹³ (Figure 4). La croissance disproportionnée des muscles pectoraux s'accompagne d'un déplacement du centre de gravité des animaux et entraîne un développement plus important du fémur, ce qui rend cet os particulièrement vulnérable à la chondronécrose bactérienne²³.

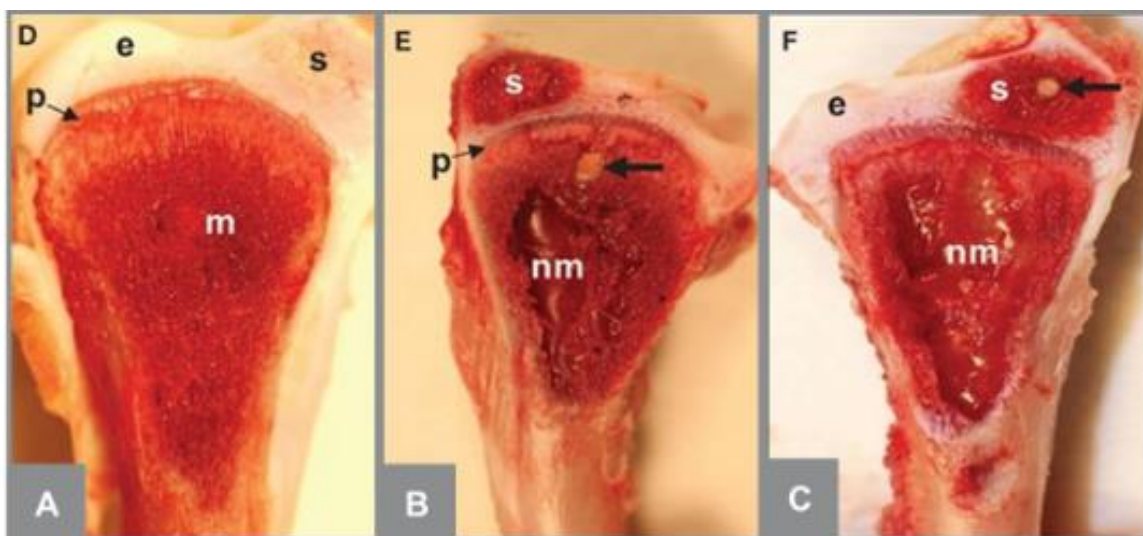


Figure 4. Tête de tibia normale (A). Infection bactérienne ayant détruit une partie de la lame épiphysaire (B, C). Les flèches épaisses indiquent les colonies bactériennes (d'après Wideman et Prisby, 2013).

Les déformations affectant les os et les pattes des poulets (Figure 5) dépendent également de la génétique. Les déformations des pattes sont des anomalies du cartilage épiphysaire, à l'origine de déformations osseuses et, dans les cas graves, de troubles de la locomotion. On peut notamment citer la dyschondroplasie tibiale, la rotation du tibia et la déformation en valgus-varus²⁵. Le gain rapide de poids à un stade précoce représente l'un des principaux facteurs associés à la présence de ces déformations^{26,27}. En intégrant des critères de santé et de bien-être animal dans leur programme de sélection, les entreprises de génétique aviaire ont pu réduire, sans toutefois éliminer, l'occurrence de ces affections^{25,28}.

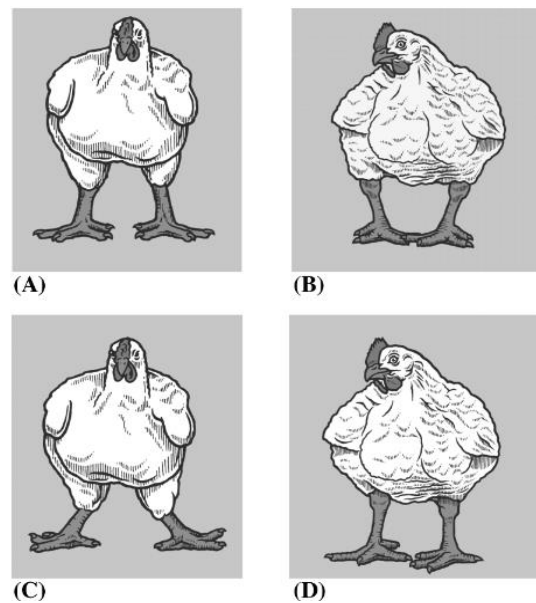


Figure 5. Exemples représentant un poulet normal (A) et des individus présentant trois déformations : (B) pattes arquées vers l'intérieur, (C) pattes arquées vers l'extérieur, (D) pattes présentant une rotation (d'après Siegel et al., 2019).

Dermatites de contact affectant les pattes et les pieds

La dermatite de contact est une inflammation du tissu sous-cutané qui entraîne une hyperkératose, une nécrose ou des ulcérations douloureuses pour les oiseaux atteints²⁵. Couramment rencontrées chez les poulets de chair, les pododermatites, touchant le pied et la pelote plantaire, et les brûlures aux tarses, touchant la partie caudale de l'articulation du jarret, sont deux affections à l'origine de douleurs. Elles sont fréquemment utilisées comme indicateurs de bien-être animal, souvent par évaluation de la gravité des lésions sur une échelle de 1 à 5²⁹.

Des travaux ont montré que plusieurs facteurs influencent l'incidence des pododermatites et des brûlures aux tarses, et sont liés à la qualité du milieu d'élevage (en particulier la qualité de la litière et la densité d'élevage) ainsi qu'à la souche génétique. Plusieurs études récentes^{20,21,30} ont démontré que les souches à croissance plus lente développent moins de pododermatites et de brûlures aux tarses, avec des lésions moins graves. Ainsi, une étude de 2020 a déterminé que la prévalence de brûlures aux tarses (notées 1 ou 2) était plus élevée chez des poulets à croissance rapide, soumis à une densité d'élevage forte, par rapport à des individus à croissance plus lente, qu'ils soient soumis à une densité d'élevage faible ou forte²¹. La prévalence des pododermatites (notées entre 1 et 3) s'élevait à 7 % chez des poulets à croissance



rapide soumis à une densité d'élevage forte, contre 1 % chez leurs congénères à croissance plus lente soumis à une densité d'élevage faible. Une amélioration des scores de pododermatites et de brûlures aux tarses a également été constatée chez la souche JA757, à croissance plus lente, en comparaison aux scores obtenus par les individus issus de trois souches à croissance rapide (Ross 308, Cobb 500 et Hubbard Flex) élevés selon la même densité (8,5 poulets/m²)²⁰. Une autre étude a en outre conclu que, à densité de peuplement égale (29 kg/m²), des animaux de souche à croissance rapide étaient 53,2 % plus susceptibles de développer des brûlures aux tarses que ceux issus de souche à croissance lente³¹.

Motricité

Les affections décrites dans les paragraphes précédents sont fréquemment associées à une mauvaise motricité des poulets, d'autant plus que les animaux présentent actuellement une conformation corporelle déséquilibrée³². La qualité de locomotion est généralement évaluée grâce à une échelle graduée de 1 à 6 (*Bristol scale* ou *Kestin scale*)³³.

Ces 30 dernières années, de nombreuses études visant à comparer la motricité des souches à croissance rapide et des souches à croissance plus lente ont été publiées¹⁵. Une étude de 2019³⁴ a ainsi montré que la souche Ross 308 (à croissance rapide) fait preuve d'une motricité nettement moindre par rapport à la souche Rowan Ranger (à croissance lente). Cette différence donne lieu à plus d'euthanasies en cours d'élevage des oiseaux Ross 308, pour cause de faiblesse des pattes : 8,8 % des poulets issus de cette souche étaient atteints de boiteries (note de 2 à 5 sur l'échelle de Bristol) à la sixième semaine, contre 0,3 % des individus de la souche Rowan Ranger. Dans le cadre d'un élevage sous une densité de 8,5 poulets/m² (18,7 kg/m²), la souche JA757, à croissance lente, fait également état d'une proportion significativement plus élevée de poulets mieux notés pour leur locomotion en comparaison de trois souches à croissance rapide (Ross 308, Cobb 500, Hubbard Flex) (Figure 6)²⁰.

Des travaux ont montré que la souche et la densité d'élevage (considérées séparément ou en prenant en compte leur interaction) ont un effet significatif sur la motricité. Ainsi, Rayner et al. (2020) ont constaté que des lots de poulets à croissance rapide (GMQ égal à 63 g/jour), élevés à une densité de 34 kg/m², présentaient une proportion plus élevée de scores de boiterie supérieurs à 3 sur l'échelle de Bristol que deux souches à croissance plus lente (GMQ égal à 45 et 49 g/jour), élevées respectivement à des densités de 30 et 34 kg/m² (Figure 7)²¹.

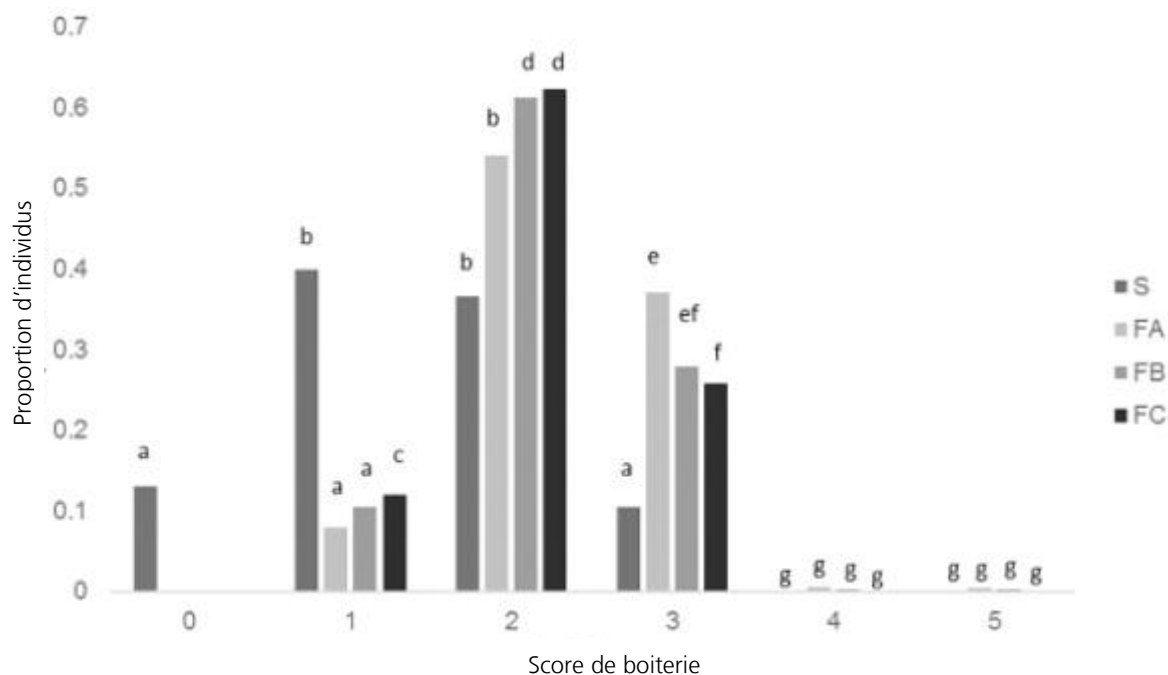


Figure 6. Proportions moyennes de chaque score de boiterie pour les souches Hubbard JA757 (S) et trois souches à croissance rapide anonymisées (Ross 308, Cobb 500, Hubbard Flex). Les lettres distinctes indiquent des différences significatives (d'après Dixon et al., 2020).

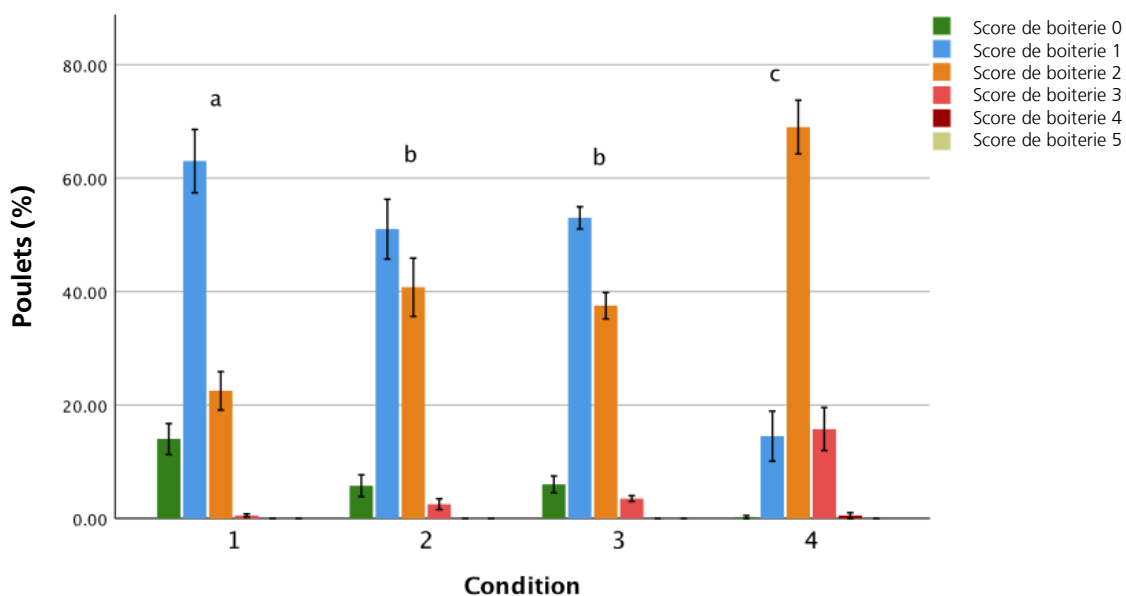


Figure 7. Pourcentage moyen (\pm écart-type) d'individus évalués selon l'échelle de motricité (notés de 0 : marche aisément, à 5 : dans l'incapacité de marcher) au sein de quatre souches différentes (d'après Rayner et al., 2020).

- 1 = Souche A, croissance lente (GMQ : 45 g/jour) ; densité : 30 kg/m².
- 2 = Souche B, croissance lente (GMQ : 49 g/jour) ; densité : 30 kg/m².
- 3 = Souche B, croissance lente (GMQ : 49 g/jour) ; densité : 34 kg/m².
- 4 = Souche C, croissance rapide (GMQ : 63 g/jour) ; densité : 34 kg/m².

3. Peau et muscles

Les affections cutanées les plus fréquentes chez le poulet sont les lésions et les problèmes touchant la peau du bréchet, comme les ampoules (bursite), les boutons (dermatite) ou les brûlures (inflammation). On les observe moins souvent que les dermatites touchant les pattes, mais elles engendrent de plus lourdes conséquences économiques lors de la mise à l'écart de carcasses à l'abattoir. Elles se développent lorsque les oiseaux se trouvent fréquemment au contact de substrats humides. Un mauvais état du plumage, une litière dégradée et un faible niveau d'activité favorisent leur apparition²⁵. Les études démontrent régulièrement que les poulets à croissance plus rapide font état d'une prévalence plus élevée d'irritations au niveau du bréchet et de lésions cutanées^{6,35}. Les différences de qualité du plumage et de niveau d'activité entre les souches à croissance lente ou rapide pourraient expliquer cette différence de prévalence, étant donné que les individus issus de ces dernières passent plus de temps couchés ou assis au contact de la litière, conditions favorables à l'apparition d'irritations de la peau et à l'augmentation de la prévalence de dermatites de contact²⁵.

De nombreux résultats démontrent également le lien entre prévalence de myopathies touchant le bréchet, d'une part, et vitesse de croissance et rendement filet accru d'autre part^{36,37}. Il est estimé que l'augmentation de la fréquence d'apparition de ces myopathies affectant principalement les muscles *Pectoralis major* (muscle pectoral superficiel), et *Pectoralis minor* (muscle pectoral profond), actuellement observée en élevage de poulets, est fortement liée à la vitesse de croissance élevée et à la sélection en faveur d'un meilleur rendement musculaire. La pression de sélection favorisant ces deux paramètres a modifié le métabolisme et la structure musculaire des poulets, créant par là même un dérèglement ou un dysfonctionnement de la structure, du métabolisme ou du processus de réparation des tissus musculaires au niveau du bréchet³⁸. Ces éléments délétères pour la santé et le bien-être animal sont par ailleurs à l'origine de pertes économiques et de gaspillage alimentaire en cas de saisies à l'abattoir.

Les conséquences de la sélection en faveur d'une vitesse de croissance et d'un rendement musculaire accru sont décrites plus en détail dans notre ressource, accessible librement : [Qualité de la viande : enjeux actuels dans la filière poulet de chair - résumé et revue de la littérature](#)

4. Infections internes : les affections gastro-intestinales

Les infections touchant les viscères sont plus ou moins fréquentes dans les lots de poulets de chair et atteignent des organes comme le cœur, le foie, les poumons et les

intestins. Parmi elles, on considère que les maladies gastro-intestinales représentent un problème majeur de bien-être animal en élevage de poulets de chair²⁵. L'incidence d'entérites aviaires dépend de divers facteurs tels que le milieu d'élevage, les choix en matière de génétique ou l'alimentation. En outre, de nombreux agents pathogènes sont susceptibles de perturber l'homéostasie intestinale.

Les lignées commerciales de poulets à croissance rapide ont été principalement sélectionnées en vue d'optimiser leur vitesse de croissance, et leur microbiote est souvent de moindre qualité par rapport aux poulets à croissance plus lente. Le tractus digestif de ces derniers est plus sain du fait de leur communauté microbienne plus diversifiée, avec des niveaux plus élevés de microbiote sain^{25,39}.

Deux études^{40,41} se sont penchées sur des pathogènes spécifiques afin de comparer des souches de poulets à croissance rapide et lente sur le plan de la sensibilité à une infection par *Campylobacter*. Gormely et al.⁴⁰ n'ont constaté aucune différence quant au taux caecal mesuré à 42 jours à partir d'individus de divers génotypes, tandis que Humphrey et al.⁴¹ ont constaté une réaction inflammatoire prolongée chez une souche à croissance rapide, accompagnée de signes de lésions de la muqueuse intestinale et de diarrhées.

Une étude récente a également montré une meilleure résistance à une infection par *Salmonella Typhimurium* et une protection immunitaire accrue dans les premiers stades de vie chez la souche Redbro, à croissance plus lente, par rapport à la souche Ross 308⁴².

5. Taille des organes

Les organes des oiseaux issus de souches contemporaines de poulets de chair sont significativement plus petits (en proportion de leur poids total) et leurs carcasses plus grandes que celles des animaux issus de souches datant de 1957^{3,43}. Rothschild et al.⁴⁴ ont par exemple exploité un sous-échantillon d'oiseaux de souches employées dans le cadre d'un essai à l'Université de Guelph, à savoir une souche conventionnelle C, à croissance rapide (GMQ : 66 g/jour), et trois souches à croissance plus lente, M, H et D (GMQ respectifs : 54, 50 et 46 g/jour). Au poids cible de 2 kg (poids vif), la souche C présentait des poumons et des reins de taille significativement inférieure à ceux des animaux issus des autres souches. Des organes plus petits peuvent avoir un effet négatif sur le bien-être des animaux du fait de leur capacité de fonctionnement altérée, ce qui engendre des affections et des douleurs, une gêne, voire des difficultés respiratoires, délétères pour les animaux⁴⁵. Une étude de 2018 a notamment montré qu'à température ambiante identique, les animaux issus d'une souche Ross de 1972, à

croissance lente, présentaient moins d'hyperventilation que les animaux issus de la souche Ross 308 de 2004⁴⁶. Le manque d'oxygénation peut également conduire à une augmentation de l'apparition de myopathies comme les défauts de « *wooden breast* » et de « *white stripping* »⁴⁷.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour étudier le lien potentiel entre taille des organes, manque d'oxygénation des muscles et pathologies musculaires, ainsi que l'impact des difficultés respiratoires sur le bien-être des poulets de chair.

6. Compétence immunitaire et recours aux antibiotiques

Les répercussions négatives de la sélection en faveur d'une vitesse de croissance accrue sur la fonction immunitaire des animaux ne sont plus à démontrer⁴⁸. En outre, le métabolisme rapide et la conformation corporelle des poulets à croissance rapide entraînent souvent des pathologies à l'origine de douleurs et d'inconfort, notamment les dermatites de contact et des déformations des pattes. Outre le frein qu'elles représentent pour l'expression de comportements fortement motivés, ces affections douloureuses créent souvent un stress chronique⁴⁹, dont les conséquences négatives sur le système immunitaire, immunodépression et vulnérabilité accrue aux maladies, sont bien connues^{50,51}.

Giles et al.⁵² ont étudié la réponse immunitaire de poulets de chair à croissance rapide (Ross 308) et à croissance plus lente (Ranger Classic) suite à une infection par *Eimeria maxima* et ont comparé leurs potentiels respectifs de résistance à la coccidiose. D'après leurs résultats, la réponse immunitaire de la souche à croissance lente était meilleure que celle de la souche à croissance rapide du fait d'une moindre élimination des oocystes (réduisant ainsi la contamination pathogénique de l'environnement) par la souche à croissance lente.

L'augmentation croissante du nombre de pathogènes résistants aux antibiotiques et la nécessité de réduire le recours à ces produits représentent des questions brûlantes à la fois pour la santé humaine, la santé animale et la santé environnementale. L'élevage d'animaux issus de souches à croissance plus lente, dotés d'une santé et d'un système immunitaire plus robustes, contribue à réduire l'usage des antibiotiques. Une analyse des différents systèmes d'élevage de poulets de chair néerlandais, réalisée en 2021, a mis en lumière une synergie positive entre l'élevage de souches à croissance plus lente et la réduction de l'emploi d'antibiotiques⁵³. Plus récemment, les autorités néerlandaises encadrant l'usage responsable d'antibiotiques en élevage ont publié des données nationales concernant les poulets de chair pour l'année 2022 : elles révèlent une utilisation d'antibiotiques neuf fois moindre dans les élevages employant des souches à croissance plus lente que dans les élevages employant des souches à croissance rapide⁵⁴ (Figure 8). Les élevages de poulets à croissance lente affichaient

en moyenne 1,4 dose définie journalière par animal par an et par exploitation, contre 12,4 doses pour les élevages de poulets de chair conventionnels.

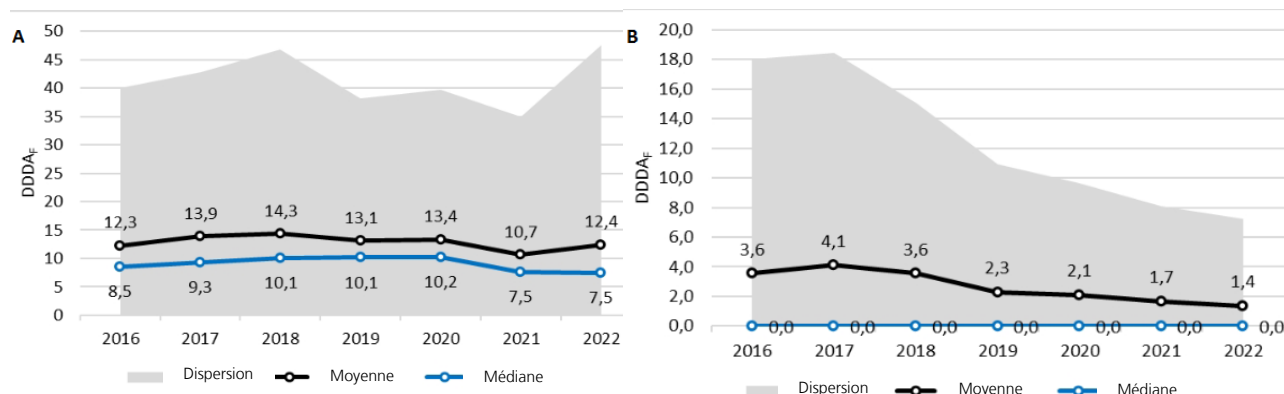


Figure 8. Tendance à long terme de la dose définie journalière d'antimicrobiens par animal par exploitation (DDDAF) pour (A) les poulets de chair conventionnels et (B) les poulets de chair à croissance plus lente aux Pays-Bas. La moyenne et la médiane de la DDDAF sont représentées, ainsi que la dispersion (SDA autoriteit Diergeneesmiddelen).

III. Impacts du choix de la souche sur le bien-être psychologique

La prise en compte de l'état psychologique des animaux apparaît progressivement comme un élément déterminant de leur bien-être. Les préoccupations citoyennes envers cette question reposent sur la sensibilité dont les animaux font preuve et leur capacité à ressentir de la souffrance ; par ailleurs, on comprend de mieux en mieux l'influence mutuelle qui peut s'exercer entre l'état psychologique des animaux, d'une part, leur fonctionnement biologique et leurs possibilités d'exprimer leurs comportements naturels, d'autre part ⁵⁵. La réaction d'un animal face au stress et sa capacité à y résister sont de bons indicateurs de son état psychologique.

Castellini et al.⁵⁶ ont testé l'aptitude de huit souches à s'adapter à un système d'élevage biologique sur la base de divers indicateurs de comportement, de peur (immobilité tonique) et de stress (ratio hétérophiles/lymphocytes et part d'éosinophiles dans le sang). Trois souches à croissance lente (GMQ < 24 g/jour), quatre à croissance intermédiaire (24 < GMQ ≤ 40 g/jour) et une à croissance rapide (GMQ > 41 g/jour) ont été étudiées. Les souches à croissance lente ont fait preuve d'une meilleure réponse au stress que celle à croissance rapide avec un rapport hétérophiles/lymphocytes plus faible et une quantité plus élevée d'éosinophiles dans

le sang. La durée moyenne d'immobilité tonique était également plus faible chez les souches à croissance lente (entre 38 et 62 secondes) en comparaison de celles à croissance rapide (126 secondes), indices d'une réaction de peur moindre et d'une meilleure résistance au stress. Une autre étude s'est aussi basée sur la durée de l'immobilité tonique pour évaluer la réaction de peur chez différentes souches : elle conclut que cette donnée est significativement plus longue chez les souches à croissance rapide Cobb Sasso T88 (50,08 secondes) et Cobb-500 (52,97 secondes) par rapport à la souche à croissance lente Rhode Island Red (28,77 secondes)³⁰.

Des résultats contradictoires ressortent d'autres études mettant en œuvre des tests d'évitement et des tests de l'objet nouveau afin de comparer la réaction de peur chez différentes souches. Ces tests peuvent toutefois être faussés par des facteurs tels que la motivation ou la locomotion des poulets, souvent de mauvaise qualité chez les souches à croissance rapide^{57,58}.

La méthode dite d'évaluation qualitative du comportement (ou QBA pour *Qualitative Behaviour Assessment*⁵⁹) a plus récemment été adoptée pour évaluer le bien-être psychologique des animaux d'élevage. Bien qu'elle soit encore peu répandue, elle fait partie intégrante du protocole d'évaluation du bien-être des poulets de chair *Welfare*

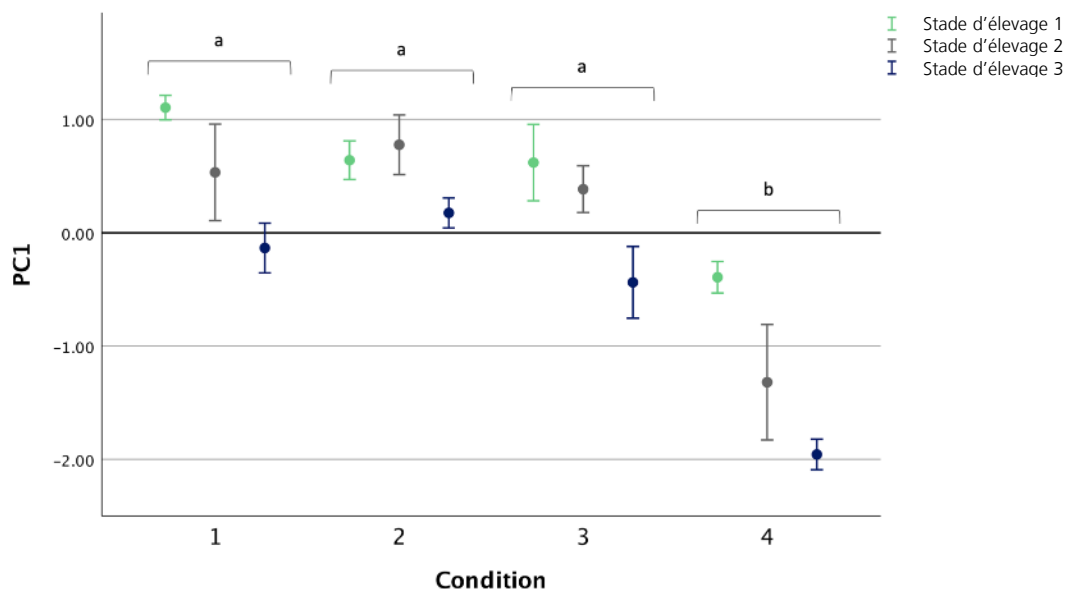


Figure 9. Note moyenne (\pm écart-type) d'évaluation qualitative du comportement pour la composante principale (PC) n° 1 de la méthode QBA, s'échelonnant de « content / actif » à « recroquevillé / stressé » (d'après Rayner et al., 2020).

1 = Souche A, croissance lente (GMQ : 45 g/jour) ; densité : 30 kg/m².

2 = Souche B, croissance lente (GMQ : 49 g/jour) ; densité : 30 kg/m².

3 = Souche B, croissance lente (GMQ : 49 g/jour) ; densité : 34 kg/m².

4 = Souche C, croissance rapide (GMQ : 63 g/jour) ; densité : 34 kg/m².



*Quality*²⁹. Dans leur étude de 2020 comparant des souches de divers gains moyens quotidiens, élevées à des densités différentes, Rayner et al. se sont basés sur cette méthode d'évaluation. Des différences significatives dans l'une des composantes sont ressorties de ces travaux : les chercheurs ont estimé que les animaux issus de la souche à croissance rapide (GMQ : 63 g/jour) étaient plus susceptibles d'être en état « recroquevillé / stressé » et moins en état « content / actif », ce qui traduit un état émotionnel plus négatif que le reste de leurs congénères (Figure 9)²¹.

IV. Impacts du choix de la souche sur l'expression des comportements naturels

Les poulets d'élevage descendent du Coq doré sauvage, et un certain nombre de besoins comportementaux ont été conservés au cours de leur domestication, malgré une sélection intensive vers une amélioration de leur productivité. Les animaux sont fortement motivés à exprimer ces comportements quel que soit leur environnement d'élevage⁶⁰. Lorsque les poulets de chair sont en mesure et capables d'exprimer librement des comportements prioritaires (c'est-à-dire sans que leurs mouvements soient limités par des douleurs, par leurs proportions corporelles surdimensionnées ou par leur conformation déséquilibrée), leur bien-être psychologique s'en trouve d'autant plus amélioré. Une croissance rapide peut freiner l'expression de leurs comportements naturels comme le perchage, le lissage des plumes, le picorage, les battements d'ailes ou la réalisation de bains de poussière⁶¹⁻⁶⁴. Il est alors fréquent que le pourcentage de temps que les oiseaux passent inactifs augmente⁵.

Une étude de 2016 a mesuré l'activité des poulets (sur la base du temps passé à l'extérieur, du temps de déplacement et du temps de repos) ainsi que le temps consacré aux comportements de confort : lissage des plumes, réalisation de bains de poussière, étirement des ailes et des pattes (Figure 10)⁶¹. Trois souches à croissance lente (Ancône, Leghorn et un hybride Cornish x Leghorn ; GMQ < 24 g/jour), quatre souches à croissance intermédiaire (Gaina, Robusta Maculata, Kabir, Cou-nu ; 25 < GMQ ≤ 40 g/jour) et une souche à croissance rapide (Ross 308 ; GMQ > 41 g/jour) ont été élevées en claustration (à une densité de 0,1 m²/poulet) avant d'avoir accès à un parcours extérieur (4 m²/poulet) à partir de 21 jours. Les souches à croissance plus lente passaient en moyenne 42 % de leur temps à se déplacer, contre seulement 7 % pour la souche à croissance rapide. En outre, les individus à croissance plus lente passaient en moyenne 39 % du temps au repos tandis que plus de la moitié du temps (55 %) des individus à croissance rapide y était consacré. Les animaux à croissance lente s'éloignaient par ailleurs plus du bâtiment d'élevage (14,7 m) que ceux à croissance rapide (4,9 m). Enfin, le temps consacré aux comportements de confort était moindre chez les poulets à croissance rapide (en

moyenne 0,5 % du temps) par rapport à ceux à croissance lente et intermédiaire (2,0-3,2 % du temps).

		L	A	CL	G	RM	K	NN	R	χ^2
Intérêt initial ¹	%	65 ^c	62 ^c	60 ^c	45 ^{ab}	50 ^b	45 ^{ab}	55 ^b	30 ^a	0.25
Temps passé sur le parcours	% of total time	60 ^d	62 ^d	56 ^c	46 ^{bc}	49 ^{bc}	42 ^b	55 ^c	19 ^a	15
Distance du bâtiment	m	18.1 ^c	17.5 ^c	15.3 ^{bc}	11.6 ^b	15.3 ^b	11.2 ^b	14.5 ^{bc}	4.9 ^a	12.4
S'alimente	%	3.6 ^a	2.1 ^a	3.6 ^a	33.2 ^c	4.5 ^a	18.4 ^b	19.4 ^b	37.0 ^c	13.2
Se déplace	"	71.5 ^d	51.2 ^c	50.6 ^c	25.4 ^b	40.6 ^{bc}	20.3 ^b	35.0 ^b	7.0 ^a	34.1
Se repose	"	21.6 ^a	34.3 ^{ab}	34.9 ^{ab}	40.0 ^{ab}	37.3 ^{ab}	60.2 ^c	45.0 ^{ab}	55.5 ^{bc}	25.1
Confort	"	2.0 ^{ab}	3.0 ^b	3.2 ^b	0.2 ^a	3.1 ^b	1.0 ^{ab}	0.2 ^a	0.5 ^a	2.1
	"	1.2 ^b	9.3 ^c	7.4 ^c	1.0 ^b	14.2 ^d	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	4.2

N : cinq poulets / quatre répétitions par souche

L : Leghorn, A : Ancône, CL : hybride Cornish x Leghorn, G : Gaina, RM : Robusta Maculata, K : Kabir, NN : Cou-nu, R : Ross 308

^{a...d} : les valeurs au sein d'une rangée affichant des exposants différents sont significativement différentes ($p < 0,05$)

¹ : intérêt démontré par les poulets vis-à-vis de l'observateur au cours des cinq premières minutes dans l'enclos

Figure 10. Éthogramme et budget temps (%) de plusieurs souches de poulet de chair (d'après Castellini et al., 2016) Souches à croissance lente : L, A, CL ; Souches intermédiaires : G, RM, K, NN ; Souche à croissance rapide : R

Dans le cadre d'une étude plus large réalisée en 2020²⁰, les comportements de trois souches à croissance rapide (Ross 308, Cobb 500 et Hubbard Flex) et d'une souche à croissance lente (Hubbard JA757) ont été comparés. Les oiseaux JA757, à croissance plus lente, passaient moins de temps que leurs congénères à croissance rapide à se nourrir, à boire et à rester en position assise, et plus de temps à exprimer des comportements actifs (marche, recherche de nourriture, lissage des plumes, bains de poussière et perchage). Malgré un temps d'alimentation plus faible, la souche à croissance lente a globalement consommé plus d'aliment, et la croissance des animaux a pu suivre les courbes standards de croissance de la souche.

Plusieurs études supplémentaires mentionnent un niveau important d'activité et un temps plus long consacré à l'expression des comportements naturels chez les individus à croissance lente. Dans une étude récente menée par Baxter et al., les poulets de souche Redbro, à croissance plus lente, exprimaient ainsi plus de comportements de jeu et passaient beaucoup plus de temps à se percher que leurs congénères de souche Ross 308⁵ (Figure 11).

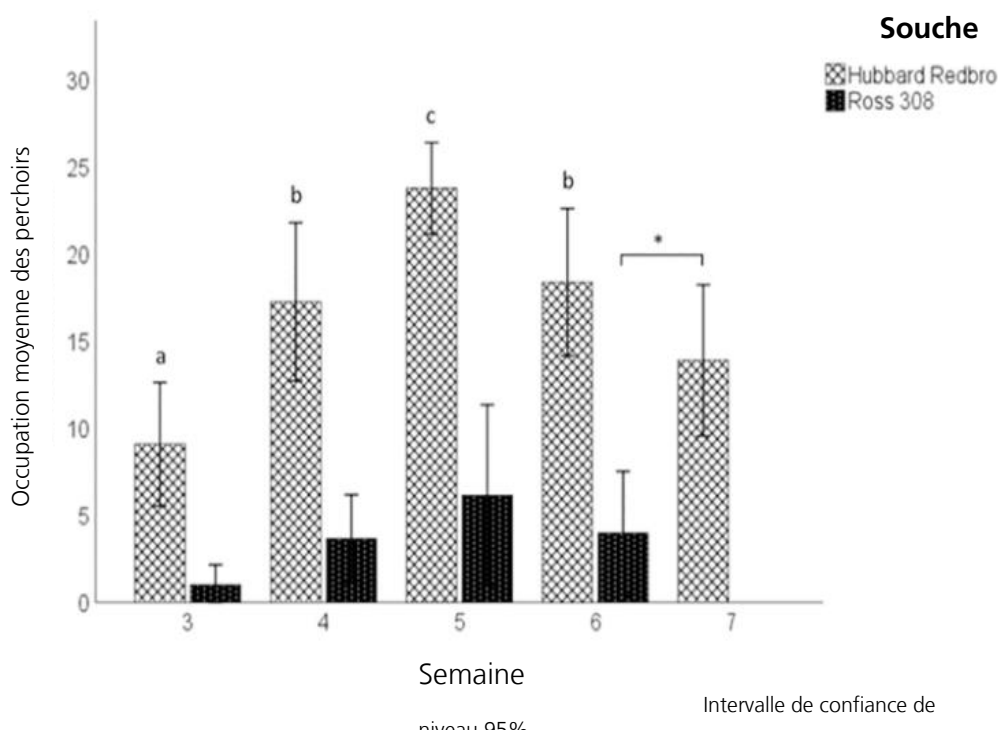


Figure 11. Mesures de l'occupation de perchoirs chez des poulets de souche Redbro et Ross 308. Nombre moyen d'individus perchés sur des plateformes / semaine / souche (Baxter et al., 2021).

En outre, les poulets à croissance lente utilisent plus fréquemment les enrichissements du milieu, notamment les perchoirs, mis à leur disposition¹⁹. Les animaux à croissance rapide ne parviennent pas à sauter et à garder l'équilibre sur les perchoirs, ce qui limite leur utilisation de perchoirs étroits après l'âge de 2 semaines : des plates-formes plus larges doivent donc être mises à leur disposition jusqu'à l'âge de 4 ou 5 semaines. Même dans ces conditions, ces individus passent quatre fois moins de temps à se percher que leurs congénères à croissance lente. En revanche, la sélection des poulets à croissance lente conduit à de meilleurs résultats en termes de bien-être animal : ces oiseaux utilisent beaucoup plus les perchoirs et les plates-formes tout au long de leur vie. Ces résultats mettent en lumière certains des problèmes de santé et de motricité auxquels sont confrontées les souches à croissance rapide^{20,21}. Une étude réalisée en 2021 a par exemple démontré que les poulets à croissance rapide (souche Ross 308) réduisent, ou cessent, d'utiliser les plates-formes au fil des semaines, lorsqu'ils deviennent trop lourds. Au contraire, les poulets Lohmann Dual, à croissance plus lente, utilisent davantage les plates-formes à partir de leur huitième semaine d'élevage⁶⁵.



V. Conclusion

Les souches actuelles de poulets de chair sont le fruit d'une sélection génétique visant principalement à optimiser la vitesse de croissance et le rendement en muscles, en particulier ceux du bréchet. Les individus issus de ce processus souffrent toutefois de nombreux problèmes de santé : affections musculosquelettiques, cardiovasculaires et métaboliques, motricité réduite, organes atrophiés ou immunodépression. En outre, ces animaux expriment moins de comportements naturels (perchage, lissage des plumes ou exploration du milieu), passent plus de temps inactifs et présentent des niveaux de stress et de peur plus élevés que leurs congénères issus de souches à croissance plus lente. Ces conditions sont à l'origine de répercussions sur leur bien-être physique et psychologique, d'une part, mais aussi de conséquences délétères pour la qualité de la viande, qui s'accompagnent de pertes économiques et de gaspillage alimentaire.



Les chercheurs et les associations de protection animale demandent que l'élevage de souches à croissance rapide soit progressivement abandonné et remplacé par l'élevage de souches à croissance plus lente, plus performantes en matière de santé et de bien-être animal.

Dans son avis scientifique consacré au bien-être des poulets de chair (*Welfare of broilers on farm*), publié en 2023, l'EFSA a déterminé **que la sélection génétique représente la principale source des problématiques de bien-être animal dans l'industrie de la volaille**. L'avis indique que la santé et le bien-être des poulets de chair sont intimement liés à leur sélection génétique, dont dépendent plus de la moitié des problèmes de bien-être rencontrés en élevage. L'EFSA recommande que « *la sélection favorise des souches plus robustes, mieux adaptées aux systèmes d'élevage en place et/ou l'élevage d'hybrides à croissance plus lente. Les souches présentant une faible mortalité, moins de problèmes de pattes et une sensibilité moindre aux maladies cardiovasculaires devraient faire l'objet d'une attention toute particulière* »²⁵.

Les entreprises signataires du *Better Chicken Commitment* s'engagent à abandonner les souches à croissance rapide au profit de souches à croissance plus lente, aux performances avérées en matière de bien-être animal, afin d'offrir aux consommateurs

des produits de qualité supérieure, issus d'animaux en meilleure santé et plus heureux, tout en réduisant leur impact en matière de recours aux antibiotiques et de gaspillage alimentaire au sein de la filière.

Références bibliographiques

1. Tallentire, C. W., Leinonen, I., & Kyriazakis, I. (2016). Breeding for efficiency in the broiler chicken: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-16.
2. Zuidhof, M. J., Schneider, B. L., Carney, V. L., Korver, D. R., & Robinson, F. E. (2014). Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry science*, 93(12), 2970-2982.
3. Havenstein, G. B., Ferket, P. R., & Qureshi, M. A. (2003). Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry science*, 82(10), 1509-1518.
4. Maharjan, P., Martinez, D. A., Weil, J., Suesuttajit, N., Umberson, C., Mullenix, G., ... & Coon, C. N. (2021). Physiological growth trend of current meat broilers and dietary protein and energy management approaches for sustainable broiler production. *Animal*, 15, 100284.
5. Baxter, M., Richmond, A., Lavery, U., & O'Connell, N. E. (2021). A comparison of fast growing broiler chickens with a slower-growing breed type reared on Higher Welfare commercial farms. *PLoS one*, 16(11), e0259333.
6. van Middelkoop, K., van Harn, J., Wiers, W. J., & van Horne, P. (2002). Slower growing broilers pose lower welfare risks. *World Poultry*, 5, 20-1.
7. Corr, S. A., Gentle, M. J., McCorquodale, C. C., & Bennett, D. (2003). The effect of morphology on the musculoskeletal system of the modern broiler. *Animal Welfare*, 12(2), 145-157.
8. OECD. Meat consumption (indicator). (2021). <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>
9. Biswas, A. (2019). Pulmonary hypertension syndrome in broiler chickens: a review. *Veterinarski arhiv*, 89(5), 723-734.
10. Nijdam, E., Zailan, A. R., Van Eck, J. H., Decuypere, E., & Stegeman, J. A. (2006). Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders. *Poultry Science*, 85(7), 1303-1308.
11. Olkowski, A. A. (2007). Pathophysiology of heart failure in broiler chickens: structural, biochemical, and molecular characteristics. *Poultry science*, 86(5), 999-1005.
12. Maxwell, M. H., & Robertson, G. W. (1997). 1993 UK broiler ascites survey. *World's Poultry Science Journal*, 53(1), 59-60.
13. Wideman, R. F., & Prisby, R. D. (2013). Bone circulatory disturbances in the development of spontaneous bacterial chondronecrosis with osteomyelitis: a translational model for the pathogenesis of femoral head necrosis. *Frontiers in endocrinology*, 3, 183.
14. Zhang, J., Schmidt, C. J., & Lamont, S. J. (2018). Distinct genes and pathways associated with transcriptome differences in early cardiac development between fast-and slow-growing broilers. *Plos one*, 13(12), e0207715.

15. Hartcher, K. M., & Lum, H. K. (2020). Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World's poultry science journal*, 76(1), 154-167.
16. Gonzales, E., Buyse, J., Takita, T. S., Sartori, J. R., & Decuypere, E. (1998). Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 1. Performance, mortality, and right ventricular hypertrophy. *Poultry Science*, 77(11), 1646-1653.
17. Olkowski, A. A., Wojnarowicz, C., & Laarveld, B. (2020). Pathophysiology and pathological remodelling associated with dilated cardiomyopathy in broiler chickens predisposed to heart pump failure. *Avian Pathology*, 49(5), 428-439
18. Knowles, T. G., Kestin, S. C., Haslam, S. M., Brown, S. N., Green, L. E., Butterworth, A., ... & Nicol, C. J. (2008). Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PLoS one*, 3(2), e1545.
19. Dawson, L. C., Widowski, T. M., Liu, Z., Edwards, A. M., & Torrey, S. (2021). In pursuit of a better broiler: a comparison of the inactivity, behavior, and enrichment use of fast-and slower growing broiler chickens. *Poultry Science*, 100(12), 101451.
20. Dixon, L. M. (2020). Slow and steady wins the race: The behaviour and welfare of commercial faster growing broiler breeds compared to a commercial slower growing breed. *PLoS one*, 15(4), e0231006.
21. Rayner, A. C., Newberry, R. C., Vas, J., & Mullan, S. (2020). Slow-growing broilers are healthier and express more behavioural indicators of positive welfare. *Scientific reports*, 10(1), 15151.
22. Bradshaw, R. H., Kirkden, R. D., & Broom, D. M. (2002). A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian and poultry biology reviews*, 13(2), 45-104.
23. Choppa, V. S. R., & Kim, W. K. (2023). A Review on Pathophysiology, and Molecular Mechanisms of Bacterial Chondronecrosis and Osteomyelitis in Commercial Broilers. *Biomolecules*, 13(7), 1032.
24. Wijesurendra, D. S., Chamings, A. N., Bushell, R. N., Rourke, D. O., Stevenson, M., Marendia, M. S., ... & Stent, A. (2017). Pathological and microbiological investigations into cases of bacterial chondronecrosis and osteomyelitis in broiler poultry. *Avian pathology*, 46(6), 683-694.
25. EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., ... & Michel, V. (2023). Welfare of broilers on farm. *EFSA Journal*, 21(2), e07788.
26. Shim, M. Y., Karnuah, A. B., Anthony, N. B., Pesti, G. M., & Aggrey, S. E. (2012). The effects of broiler chicken growth rate on valgus, varus, and tibial dyschondroplasia. *Poultry Science*, 91(1), 62-65.
27. Tahamtani, F. M., Herskin, M. S., Foldager, L., Murrell, J., Sandercock, D. A., & Riber, A. B. (2021). Assessment of mobility and pain in broiler chickens with identifiable gait defects. *Applied Animal Behaviour Science*, 234, 105183.

- 28.** Tahamtani, F. M., Hinrichsen, L. K., & Riber, A. B. (2018). Welfare assessment of conventional and organic broilers in Denmark, with emphasis on leg health. *Veterinary Record*, 183(6), 192-192.
- 29.** The Welfare Quality Network (2009) Welfare Quality®, Assessment Protocol for Poultry (Broilers, Laying Hens). <https://edepot.wur.nl/233471>
- 30.** Ghayas, A., Hussain, J., Mahmud, A., Jaspal, M. H., Ishaq, H. M., & Hussain, A. (2021). Behaviour, welfare, and tibia traits of fast-and slow-growing chickens reared in intensive and free range systems. *South African Journal of Animal Science*, 51(1).
- 31.** Weimer, S. L., Mauromoustakos, A., Karcher, D. M., & Erasmus, M. A. (2020). Differences in performance, body conformation, and welfare of conventional and slow-growing broiler chickens raised at 2 stocking densities. *Poultry Science*, 99(9), 4398-4407.
- 32.** Caplen, G., Hothersall, B., Murrell, J. C., Nicol, C. J., Waterman-Pearson, A. E., Weeks, C. A., & Colborne, G. R. (2012). Kinematic analysis quantifies gait abnormalities associated with lameness in broiler chickens and identifies evolutionary gait differences. *PloS one*, 7(7), e40800.
- 33.** Kestin, S. C., Knowles, T. G., Tinch, A. E., & Gregory, N. G. (1992). Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *The Veterinary Record*, 131(9), 190-194.
- 34.** Wilhelmsson, S., Yngvesson, J., Jönsson, L., Gunnarsson, S., & Wallenbeck, A. (2019). Welfare Quality® assessment of a fast-growing and a slower-growing broiler hybrid, reared until 10 weeks and fed a low-protein, high-protein or mussel-meal diet. *Livestock Science*, 219, 71-79.
- 35.** van der Eijk, J. A., van Harn, J., Gunnink, H., Melis, S., van Riel, J. W., & de Jong, I. C. (2023). Fast-and slower-growing broilers respond similarly to a reduction in stocking density with regard to gait, hock burn, skin lesions, cleanliness, and performance. *Poultry Science*, 102(5), 102603.
- 36.** Aguirre, M. E., Leyva-Jimenez, H., Travis, R., Lee, J. T., Athrey, G., & Alvarado, C. Z. (2020). Evaluation of growth production factors as predictors of the incidence and severity of white striping and woody breast in broiler chickens. *Poultry science*, 99(7), 3723-3732.
- 37.** Marchewka, J., Sztandarski, P., Solka, M., Louton, H., Rath, K., Vogt, L., ... & Horbańczuk, J. O. (2022). Linking key husbandry factors to the intrinsic quality of broiler meat. *Poultry Science*, 102384.
- 38.** Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019). Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 565-583.
- 39.** Ocejo, M., Oporto, B., & Hurtado, A. (2019). 16S rRNA amplicon sequencing characterization of caecal microbiome composition of broilers and free-range slow-growing chickens throughout their productive lifespan. *Scientific reports*, 9(1), 2506.

- 40.** Gormley, F. J., Bailey, R. A., Watson, K. A., McAdam, J., Avendaño, S., Stanley, W. A., & Koerhuis, A. N. (2014). Campylobacter colonization and proliferation in the broiler chicken upon natural field challenge is not affected by the bird growth rate or breed. *Applied and environmental microbiology*, 80(21), 6733-6738.
- 41.** Humphrey, S., Chaloner, G., Kemmett, K., Davidson, N., Williams, N., Kipar, A., ... & Wigley, P. (2014). Campylobacter jejuni is not merely a commensal in commercial broiler chickens and affects bird welfare. *MBio*, 5(4), 10-1128.
- 42.** Snyder, A. M., Riley, S. P., Robison, C. I., Karcher, D. M., Wickware, C. L., Johnson, T. A., & Weimer, S. L. (2022). Behavior and immune response of conventional and slow-growing broilers to *Salmonella typhimurium*. *Frontiers in Physiology*, 13, 890848.
- 43.** Cheema, M. A., Qureshi, M. A., & Havenstein, G. B. (2003). A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry science*, 82(10), 1519-1529.
- 44.** Rothschild, D., Nascimento dos Santos, M., Widowski, T., Karrow, N. A., Susta, L., Kiarie, E. G., ... & Torrey, S. (2019). A comparison of organ size between conventional and slower growing broiler chickens.
- 45.** Beausoleil, N. J., & Mellor, D. J. (2015). Introducing breathlessness as a significant animal welfare issue. *New Zealand Veterinary Journal*, 63(1), 44-51.
- 46.** Steinfeldt, S., Sørensen, P., & Nielsen, B. L. (2019). Effects of choice feeding and lower ambient temperature on feed intake, growth, foot health, and panting of fast-and slow-growing broiler strains. *Poultry science*, 98(2), 503-513.
- 47.** Kuttappan, V. A., Hargis, B. M., & Owens, C. M. (2016). White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, 95(11), 2724-2733.
- 48.** van der Most, P. J., de Jong, B., Parmentier, H. K., & Verhulst, S. (2011). Trade-off between growth and immune function: a meta-analysis of selection experiments. *Functional Ecology*, 25(1), 74-80.
- 49.** Ninomiya, S. (2014). Satisfaction of farm animal behavioral needs in behaviorally restricted systems: Reducing stressors and environmental enrichment. *Animal Science Journal*, 85(6), 634-638.
- 50.** Hofmann, T., Schmucker, S. S., Bessei, W., Grashorn, M., & Stefanski, V. (2020). Impact of housing environment on the immune system in chickens: A review. *Animals*, 10(7), 1138.
- 51.** Dawkins, M. S. (2016). Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?. *Animal Production Science*, 57(2), 201-208.
- 52.** Giles, T., Sakkas, P., Belkhiri, A., Barrow, P., Kyriazakis, I., & Foster, N. (2019). Differential immune response to *Eimeria maxima* infection in fast-and slow-growing broiler genotypes. *Parasite Immunology*, 41(9), e12660.

- 53.** Vissers, L. S., Saatkamp, H. W., & Lansink, A. G. O. (2021). Analysis of synergies and trade-offs between animal welfare, ammonia emission, particulate matter emission and antibiotic use in Dutch broiler production systems. *Agricultural Systems*, 189, 103070.
- 54.** Autoriteit Diergeneesmiddelen (2022). Het gebruik van antibiotica bij landbouwhuisdieren in 2022. <https://www.autoriteitdiergeneesmiddelen.nl/nl/publicaties/sda-rapporten-antibioticumgebruik>
- 55.** Mendl, M., Mason, G. J. & Paul, E. S. Animal welfare science. in APA handbook of comparative psychology: Perception, learning, and cognition, Vol. 2 793-811 (American Psychological Association, 2017). doi:10.1037/000012-035.
- 56.** Castellini, C., Mugnai, C., Moscati, L., Mattioli, S., Guarino Amato, M., Cartoni Mancinelli, A., & Dal Bosco, A. (2016). Adaptation to organic rearing system of eight different chicken genotypes: behaviour, welfare and performance. *Italian journal of animal science*, 15(1), 37-46.
- 57.** Sans, E. C. D. O., Tuytens, F. A. M., Taconeli, C. A., Pedrazzani, A. S., Vale, M. M., & Molento, C. F. M. (2021). From the Point of View of the Chickens: What Difference Does a Window Make?. *Animals*, 11(12), 3397.
- 58.** Abeyesinghe, S. M., Chancellor, N. M., Moore, D. H., Chang, Y. M., Pearce, J., Demmers, T., & Nicol, C. J. (2021). Associations between behaviour and health outcomes in conventional and slow-growing breeds of broiler chicken. *Animal*, 15(7), 100261.
- 59.** Cooper, R., & Wemelsfelder, F. (2020). Qualitative behaviour assessment as an indicator of animal emotional welfare in farm assurance. *Livestock*, 25(4), 180-183.
- 60.** Rayner, A. C. (2023). The application of positive behavioural measures for commercial broiler production (Doctoral dissertation, University of Bristol).
- 61.** Castellini, C., Mugnai, C., Moscati, L., Mattioli, S., Guarino Amato, M., Cartoni Mancinelli, A., & Dal Bosco, A. (2016). Adaptation to organic rearing system of eight different chicken genotypes: behaviour, welfare and performance. *Italian journal of animal science*, 15(1), 37-46.
- 62.** Bokkers, E. A., & Koene, P. (2003). Behaviour of fast-and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Applied Animal Behaviour Science*, 81(1), 59-72.
- 63.** Ahlman, T., Ljung, M., Rydhmer, L., Röcklinsberg, H., Strandberg, E., & Wallenbeck, A. (2014). Differences in preferences for breeding traits between organic and conventional dairy producers in Sweden. *Livestock Science*, 162, 5-14.
- 64.** Malchow, J., Berk, J., Puppe, B., & Schrader, L. (2019). Perches or grids? What do rearing chickens differing in growth performance prefer for roosting? *Poultry science*, 98(1), 29-38.

- 65.** Malchow, J., & Schrader, L. (2021). Effects of an elevated platform on welfare aspects in male conventional broilers and dual-purpose chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 660602