

PHENOTYPAGE A HAUT DEBIT POUR CARACTERISER LE COMPORTEMENT D'UTILISATION DU PARCOURS CHEZ TROIS SOUCHES DE POULETS

Julie M. Collet¹, Claire Bonnefous¹, Karine Germain², Laure Ravon², Ludovic Calandreau³, Vanessa Guesdon⁴, Anne Collin¹, Elisabeth Le Bihan-Duval¹, Sandrine Mignon-Grasteau¹

¹ INRAE, Université de Tours, BOA, 37380 Nouzilly, France

² INRAE, UE EASM, Le Magneraud, CS 40052, 17700, Surgères, France

³ INRAE, CNRS, IFCE, Université de Tours, PRC, 37380, Nouzilly, France

⁴ Junia, Comportement Animal et Systèmes d'Élevage, F-59000 Lille, France

julie.collet@inrae.fr

RÉSUMÉ

Une caractéristique clé de l'élevage de poulets fermiers est de permettre aux poulets de passer du temps à l'extérieur. Néanmoins, l'utilisation du parcours varie entre souches, conditions environnementales et entre individus. Pour vérifier comment les poulets de chair utilisent leur parcours au niveau individuel, nous devons caractériser ce comportement complexe de manière fiable. Nous décrivons ici une nouvelle méthode pour suivre l'utilisation des parcours et testons sa fiabilité sur trois parcours. Nous avons utilisé un système RFID (Radio Frequency Identification) actif pour localiser les poulets dans leur poulailler ou sur neuf zones du parcours, toutes les 30 secondes. Nous avons évalué le comportement d'utilisation du parcours chez 600 poulets appartenant à trois races de poulets de chair utilisés pour la production en extérieur (tous < 40 g de gain de poids quotidien). À partir de ces localisations en temps réel, nous avons créé deux indicateurs synthétiques du comportement des poulets par le biais d'une analyse en composantes principales.

Les deux indicateurs sont cohérents dans le temps et corrélés avec des analyses visuelles indépendantes. Le premier indicateur, PC1, est corrélé avec le temps passé dans le poulailler et la fréquence des changements de zone, tandis que le second, PC2, s'explique par l'exploration du parcours. Ensemble, les indicateurs PC1 et PC2 montrent que l'utilisation du parcours augmente avec l'âge, la température extérieure (au printemps) et ne diffère pas entre mâles et femelles. Les scores quotidiens pour les deux indicateurs étaient répétables entre les individus - en particulier pour le PC1 - ce qui montre la variabilité interindividuelle de l'utilisation de l'aire de répartition. La caractérisation du comportement des poulets de chair sur le parcours avec ces indicateurs fiables et reproductibles fournit de nouveaux outils pour améliorer l'utilisation des parcours dans l'élevage aviaire plein air.

ABSTRACT

High-throughput phenotyping to characterise range use behaviour in three strains of chickens

A key characteristic of free-range chicken farming is to enable chickens to spend time outdoors. However, each chicken may use the available areas for roaming in variable ways. To check how broilers use their outdoor range at an individual level, we need to reliably characterise range use behaviour. Here, we describe a new method to measure chickens' range use and test its reliability on three ranges each containing a different breed. We used an active RFID system to localise chickens in their barn, or in one of nine zones of their range, every 30 seconds and assessed range-use behaviour in 600 chickens belonging to three breeds of slow to medium-growing broilers used for outdoor production (all < 40g daily weight gain). From those real-time locations, we created two synthetic indicators of chickens' range use behaviour via a Principal Component Analysis.

Both indicators were consistent over time and correlated with independent visual scans. The first indicator, PC1, correlated with time spent inside the barn and zone changes frequency, whilst the second, PC2, was explained by exploration of the range. Taken together, PC1 and PC2 indicators showed that range use increased with age, outdoor temperature (in spring), and did not differ between males and females. Importantly, daily scores for both indicators were repeatable among individuals - particularly in PC1 - showing inter-individual variability on range-use. The characterisation of broiler behaviour around their range with these reliable and repeatable indicators provides novel tools to help understand individual variations of range-use in free-range farming.

INTRODUCTION

L'accès à un parcours libre en élevage est une demande essentielle des consommateurs européens (Van Loo, et coll., 2014) qui l'associent à un meilleur bien-être animal, en particulier chez les volailles. Plusieurs études ont montré que les poulets qui utilisent davantage le parcours ont de meilleurs niveaux d'indicateurs de bien-être que les poulets qui utilisent peu le parcours. Les poulets qui vont plus souvent et plus loin sur le parcours présentent de meilleures scores de qualité de marche, d'emplumement et d'autres indicateurs de santé (Taylor, et coll., 2018). Les résultats sont plus ambigus chez les poules pondeuses. En effet, si plusieurs études ont constaté un meilleur plumage chez les grandes utilisatrices du parcours (Hartcher, et coll., 2016), d'autres indicateurs cliniques de bien-être ne varient pas avec l'utilisation du parcours (Wurtz, et coll., 2023) et le taux de corticostérone est même plus élevé chez les grandes utilisatrices (Larsen, et coll., 2018). Il existe donc de grandes disparités dans l'utilisation du parcours entre les troupeaux mais aussi entre les individus au sein d'un même troupeau, ce qui suggère que des facteurs environnementaux et individuels interviennent dans ce comportement.

Les conditions environnementales ont des effets considérables sur l'utilisation des parcours. Les poulets de chair utilisent les parcours plus fréquemment par temps modérément chaud, avec de faibles précipitations et peu de vent (Taylor, et coll., 2017a). Les conditions météorologiques expliquent jusqu'à 35 % de la variabilité de l'utilisation des parcours chez les poulets de chair à croissance lente (Sztandarski, et coll., 2021). La présence et la disposition d'arbres sur le parcours jouent également un grand rôle (Lubac, et coll., 2003). Au-delà des tendances des troupeaux, une grande partie du comportement d'utilisation des parcours varie selon les individus (Taylor, et coll., 2017b), il est donc crucial de comprendre le comportement individuel des poulets lié à l'utilisation des parcours.

Au sein d'un troupeau, la façon dont les poulets explorent et exploitent leur territoire est un comportement complexe qui peut être associé à leur âge et à leur morphologie. L'utilisation des parcours augmente ainsi avec l'âge (Campbell, et coll., 2020, Taylor, et coll., 2017a) et il a été observé chez des poulets de chair à croissance rapide que les animaux les plus légers avant l'accès au parcours étaient ceux qui allaient le plus loin sur le parcours (Taylor, et coll., 2020). L'utilisation du parcours est également associée aux traits de personnalité et aux comportements des oiseaux comme la recherche de nourriture chez le poulet de chair (Ferreira, et coll., 2021) ou au tempérament craintif chez les poules pondeuses (Hartcher, et coll., 2016). Enfin, si le lien entre motivation sociale et utilisation des parcours n'est pas clair, les poulets de chair qui utilisent peu le

parcours semblent préférer rester plus près de leurs congénères que ceux qui l'utilisent beaucoup (Bonnefous, et coll., 2023).

Pour mesurer avec précision l'utilisation individuelle des parcours, il faut suivre de manière cohérente un grand nombre d'individus, à l'intérieur et à l'extérieur du poulailler, pendant la durée d'élevage. Les scans obtenus par observation directe ou analyse vidéo permettent de suivre les mouvements des poulets sans aucun investissement technologique, mais sont chronophages et donc limités aux petites populations et dans le temps (Stadig, et coll., 2017). L'identification par radiofréquence (RFID) passive a grandement amélioré notre compréhension de l'utilisation des parcours en enregistrant des informations automatiquement sur les poulets. Ces systèmes enregistrent l'identité des poulets lorsqu'ils passent dans des trappes (Campbell, et coll., 2020). La RFID passive est souvent utilisée aux portes des poulaillers pour enregistrer l'entrée et la sortie des poulets, ou peut être placée sur le parcours, pour distinguer les animaux qui partent loin sur le parcours de ceux qui restent à proximité du poulailler (Taylor, et coll., 2020). Les données de suivi permettent de connaître le temps que les animaux ont passé à l'extérieur ou le nombre de fois où ils sont sortis. La principale limite de cette technologie est que les informations sur les déplacements des poulets se limitent au nombre de trappes et à leur emplacement sur le parcours, car les animaux ne sont captés qu'à proximité immédiate des antennes.

Pour surmonter cette limite, nous utilisons dans cette étude un système RFID actif permettant de suivre avec précision chaque oiseau dans le poulailler et sur le parcours. Nous pouvons ainsi décrire les comportements individuels sur le parcours et de les combiner en indicateurs d'utilisation du parcours. Nous avons testé ce système sur trois races de poulets de chair utilisés pour la production en plein air. Nous avons tout d'abord décrit les comportements observés et les avons combinés pour créer deux indicateurs synthétiques d'utilisation du parcours. Enfin, nous avons utilisé ces indicateurs pour comprendre comment les poulets utilisent leur parcours en fonction de différents facteurs (âge, sexe, conditions météorologiques).

1. MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été menée à l'unité expérimentale UE 1206 EASM de l'INRAE, France, de février à juin 2021. Elle a reçu l'approbation du comité d'éthique (APAFIS#28675-2020120215483186 v3) dans le cadre du projet PPILOW qui a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de l'accord de subvention N°816172.

1.1. Animaux, logement et système RFID actif

Les détails de la population utilisée et des méthodes peuvent être trouvés dans Bonnefous et al. (2023). Brièvement, trois races de poulets de chair à croissance lente à moyenne utilisées pour la production en plein air ont été élevées : (i) S757N, souche Hubbard de poulets Label à cou nu, avec un taux de croissance de 26 g/jour ; (ii) JA757, poulet Hubbard certifié, avec un taux de croissance de 36 g/j ; et (iii) Double-fin, une race expérimentale développée à partir d'un croisement entre poule pondeuse et poulet de chair, avec un taux de croissance de 16 g/j. Les durées d'élevage de ces races étaient respectivement de 85, 71 et 99 jours. Il est important de noter que nous ne pouvons pas comparer directement ces trois races, car elles ont été élevées sur un terrain différent avec une couverture arborée distincte.

Les poussins de toutes les races sont arrivés à l'âge de 1 jour, après avoir été vaccinés contre les maladies de Marek et de Gumboro et contre la bronchite infectieuse. Les poussins de chaque race ont été hébergés dans des poulaillers distincts abritant 734 oiseaux certifiés, 735 Label, et 771 double fin, avec un sex ratio équilibré. La densité intérieure moyenne allait de 16,8 à 24,5 kg/m². Tous les poulets avaient un accès *ad libitum* à l'eau et à un aliment biologique commercial, formulé pour la souche Label. Les oiseaux Label sont arrivés 14 jours avant les deux autres. À partir de 36 jours d'âge, tous les poulets ont eu un accès libre 24 heures sur 24 à un parcours arboré de 50 m × 50 m (1 parcours par groupe). La répartition inégale des arbres sur chaque parcours ne permet pas une comparaison directe des 3 génotypes. A 29 jours, 100 poulets mâles et 100 poulets femelles par souche ont été choisis au hasard et équipés d'une puce RFID sur l'aile. Les puces émettent des signaux toutes les 10 secondes, qui peuvent être captés par sept antennes situées autour du parcours et dans le poulailler. Les signaux RFID ont été mesurés depuis le jour où les poulets ont eu accès au parcours jusqu'à la veille de l'abattage (84 j en label, 70 j en certifié et 98 j pour les double fin).

Nous avons d'abord créé un modèle permettant de localiser les poulets sur le parcours toutes les 30 secondes dans neuf zones de tailles différentes (Fig. 1). Nous avons écarté les données des animaux les jours où ils ont été soumis à d'autres tests susceptibles de perturber leur comportement, (ii) lorsque les animaux ont été détectés très peu de fois au cours d'une journée, et (iii) lorsqu'un expérimentateur se déplaçait sur le parcours.

1.2. Mesures de l'utilisation du parcours et analyses des facteurs qui l'affectent

Nous avons créé cinq mesures quotidiennes à partir des données brutes qui pouvaient être associées au comportement d'utilisation de l'espace (Tableau 1). Nous avons calculé la répétabilité de toutes les mesures quotidiennes (Stoffel, et coll., 2017). Nous avons calculé les différences entre souches et parcours

avec une ANOVA sur le score moyen par oiseau sur tous les jours enregistrés.

Pour comprendre comment les mesures d'utilisation du parcours étaient corrélées entre elles et si elles étaient redondantes, nous avons effectué une analyse en composantes principales (ACP, Venables and Ripley, 2002) sur les moyennes standardisées de tous les oiseaux d'un parcours.

Comme les deux premiers axes de l'ACP, PC1 et PC2, expliquaient une grande partie de la variance et qu'ils étaient à la fois similaires pour les différentes souches et reproductibles d'un jour à l'autre, nous avons poursuivi la description de l'utilisation des territoires à l'aide de ces deux indicateurs. Nous avons finalement vérifié la fiabilité des deux indicateurs en testant les corrélations de Spearman entre les scores individuels des deux ACP et l'indice de distance obtenu indépendamment par des observations visuelles (Bonnefous, et coll., 2023).

Nous avons enfin analysé l'influence de l'âge, de la température, de la pluviométrie et du sexe sur les indicateurs d'utilisation du parcours en réalisant des modèles mixtes multivariés (Pinheiro and Bates, 2000).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La technologie RFID active utilisée permet de mesurer l'utilisation des parcours en minimisant les perturbations du comportement naturel des poulets. Nous avons observé une forte variabilité individuelle de l'utilisation du parcours dans chacun des 3 génotypes. La différence entre groupes était significative pour toutes les mesures ($p < 0,001$) et les poulets Label étaient systématiquement ceux qui utilisent le plus le parcours. Toutefois, étant donné qu'un seul troupeau a été testé par race et que chaque population se trouvait sur un parcours présentant des niveaux variables de couverture arborée, il est difficile de distinguer l'importance relative des facteurs génétiques et environnementaux dans ces différences. Toutes les mesures d'utilisation de l'aire de répartition étaient répétables dans le temps (Tableau 1). Même pour le caractère le moins reproductible, *zones*, 35 à 41% de la variance était due à la variabilité entre les oiseaux. Il convient de noter que, par construction, *zones* a une variance plus faible car sa valeur ne peut être qu'un nombre entier compris entre 0 et 9.

À partir de ces mesures, en utilisant une ACP, nous avons obtenu deux indicateurs composites fiables et reproductibles, qui caractérisent simplement ce comportement complexe. Pour tous les parcours, les deux premiers axes de l'ACP totale représentaient plus de 89 % de la variance des cinq mesures (Figure 2). Le premier indicateur, PC1, variait en fonction du temps passé par les poulets à l'extérieur, de la sociabilité, et de l'activité (Figure 2). Le second indicateur, PC2, était associé à l'étendue de l'exploration du parcours par les animaux au cours d'une journée donnée (Figure 2). La similarité des

indicateurs entre groupes révèle des schémas d'utilisation des parcours similaires entre ces trois souches de poulets pourtant testées sur trois parcours différents. La principale différence entre les groupes était la corrélation entre le nombre de sorties et les autres mesures. Chez les poulets Label, les sorties étaient positivement corrélées avec le temps passé dans le bâtiment, alors que cette corrélation était négative chez les poulets Certifiés et que les deux caractères étaient indépendants chez les poulets double fin.

La validité des deux indicateurs composites indépendants d'utilisation des parcours par les poulets, est démontrée tout d'abord par la répétabilité élevée des valeurs quotidiennes des animaux pour PC1 et PC2 (0,56 et 0,77 pour PC1 et 0,34 et 0,60 pour PC2), mais aussi par la corrélation modérément à fortement positive avec les scores d'utilisation des parcours obtenus indépendamment par des scans visuels (PC1 : $\rho = 0,76$, $p < 0,001$, PC2 : $\rho = 0,41$, $p < 0,001$, (Bonnefous, et coll., 2023)).

À l'instar d'études antérieures menées sur des poulets de chair et des pondeuses (Campbell, et coll., 2020, Stadig, et coll., 2017), notre étude a révélé que l'utilisation du parcours augmentait avec l'âge. Les deux indicateurs ont augmenté au cours de la croissance des poulets (PC1 : pente = 0.027 ± 0.001 , $p < 0.001$, PC2 : pente = 0.012 ± 0.001 , $p < 0.001$).

Nos résultats ont montré que des températures plus élevées avaient tendance à augmenter l'utilisation des parcours, mesurée par le PC1 (pente = 0.028 ± 0.002 , $p < 0.001$), mais à la diminuer sur le PC2 (pente = -0.017 ± 0.002 , $p < 0.001$), ce qui signifie que plus les températures augmentaient, moins les animaux se déplaçaient entre les zones. Ceci est cohérent avec les résultats de la littérature montrant que les poulets de chair sont plus susceptibles d'aller à l'extérieur lorsque le temps est sec et modérément chaud (Stadig, et coll., 2017, Taylor, et coll., 2017a).

Notre analyse n'a pas révélé d'effet global du sexe sur les indicateurs moyens d'utilisation des parcours (effet mâle sur PC1 = -0.232 ± 0.111 , $p = 0.160$, effet mâle sur PC2 = 0.062 ± 0.055 , $p = 0.445$), bien que les femelles aient présenté des comportements plus extrêmes que les mâles. Des études antérieures ont montré que les mâles peuvent être plus actifs que les femelles lorsqu'ils sont gardés à l'intérieur (Kjaer, 2017), mais aucune différence basée sur le sexe n'a été trouvée dans les visites de parcours chez les poulets de chair (Taylor, et coll., 2017b).

CONCLUSION

Notre nouvelle méthode de caractérisation de l'utilisation des parcours est précise, fiable, reproductible et résume un comportement complexe en deux dimensions composites simples. Les indicateurs que nous avons décrits ici seront précieux pour la caractérisation détaillée de l'utilisation des parcours chez les poulets de chair au niveau

individuel, et peuvent faciliter la caractérisation génétique de ce comportement. Nous avons également fourni une première estimation de l'utilisation des parcours pour les poulets issus d'une race à double fin, dont l'utilisation est appelée à se développer au cours des prochaines années.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bonnefous C., et coll., 2023. Applied Animal Behaviour Science, 105870
Campbell D. L. M., et coll., 2020. Front Vet Sci, 446
Ferreira V. H. B., et coll., 2021. Scientific Reports, (1), 6253
Hartcher K. M., et coll., 2016. Animal, (5), 847-53
Kjaer J. B., 2017. PLoS One, (8), e0182103
Larsen H., et coll., 2018. animal, (11), 2356-2364
Lubac S., et coll., 2003. Sciences et Techniques Avicoles, 14-23
Pinheiro J. C. and Bates, D. M., 2000. In: Mixed-effects models in S and S-PLUS (Chambers J., Eddy W., Härdle W., Sheather S. and Tierney L.) Springer, New York
Stadig L. M., et coll., 2017. Animal, (6), 1046-1053
Stoffel M. A., et coll., 2017. Methods in Ecology and Evolution, 1639-1644
Sztandarski P., et coll., 2021. Poult Sci, (8), 101265
Taylor P. S., et coll., 2018. Poultry Science, (6), 1861-1871
Taylor P. S., et coll., 2017a. Animals (Basel), (7),
Taylor P. S., et coll., 2017b. Animals (Basel), (7),
Taylor P. S., et coll., 2020. Animal, (1), 138-149
Van Loo E. J., et coll., 2014. Food Policy, 137-150
Venables W. N. and Ripley, B. D., 2002. In: Modern Applied Statistics with S Springer,
Wurtz K. E., et coll., 2023. Applied Animal Behaviour Science, 105978

Table 1: Définitions des mesures quotidiennes, de leur répétabilité (R) et de leurs intervalles de confiance [IC] au sein de chaque population. Toutes les valeurs p pour les répétabilités étaient significativement <0.001.

		Label	Certifié	Double-Fin
	Description	R [CI]	R [CI]	R [CI]
Cabane	Temps passé au poulailler	0.75 [0.71, 0.79]	0.57 [0.50, 0.62]	0.68 [0.63, 0.72]
Sorties	Nombres de sorties du poulailler	0.64 [0.58, 0.69]	0.46 [0.40, 0.52]	0.41 [0.35, 0.46]
Zones	Nombre de zones explorées [0-9]	0.35 [0.30, 0.41]	0.41 [0.35, 0.47]	0.38 [0.32, 0.43]
Sociabilité	Mesure qui augmente avec le temps passé dans des zones avec d'autres oiseaux	0.93 [0.91, 0.95]	0.53 [0.46, 0.59]	0.88 [0.85, 0.90]
Activité	Nombre de changements de zone	0.61 [0.55, 0.66]	0.54 [0.48, 0.60]	0.58 [0.52, 0.63]

Figure 1. Représentation schématique de la position et de la surface des neuf zones du parcours détectées par le système RFID actif

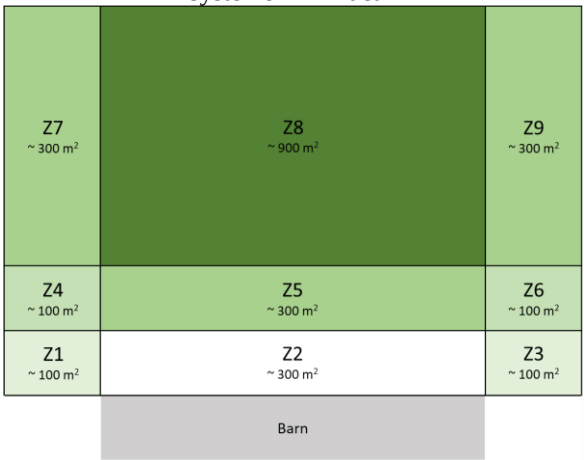


Figure 2. ACP spécifiques à chaque génotype sur les valeurs standardisées des comportements d'utilisation du parcours

