



HAL
open science

Relations entre utilisation du parcours, comportement et cognition chez la poule pondeuse élevée en système plein air

Jeanne Seressia

► **To cite this version:**

Jeanne Seressia. Relations entre utilisation du parcours, comportement et cognition chez la poule pondeuse élevée en système plein air. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04325845

HAL Id: dumas-04325845

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04325845>

Submitted on 6 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'Institut Agro Rennes-Angers Site d'Angers Site de Rennes

Année universitaire : 2022-2023

Spécialité : Agronomie

Spécialisation (et option éventuelle) :
Sciences et Ingénierie en Productions
Animales (SIPA)**Mémoire de fin d'études**

- d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers
(Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture,
l'alimentation et l'environnement)
- de master de l'Institut Agro Rennes-Angers
(Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture,
l'alimentation et l'environnement)
- de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

**Relations entre utilisation du parcours, comportement et cognition
chez la poule pondeuse élevée en système plein air**

Par : Jeanne SERESSIA

Soutenu à Rennes le 8 septembre 2023**Devant le jury composé de :**

Président : Pierre-Guy MARNET

Examinatrice : Sophie BRAJON

Rapporteuse : Maryline KOUBA

Maître de stage : Ludovic CALANDREAU

Co-encadrants : Vitor FERREIRA / Vanessa GUESDON

REMERCIEMENTS

À Ludovic CALANDREAU

Directeur de recherche INRAE au sein de l'équipe Cognition-Éthologie-Bien-être animal à l'UMR PRC

À Vitor FERREIRA

Chercheur INRAE au sein de l'équipe Cognition-Éthologie-Bien-être animal à l'UMR PRC

À Vanessa GUESDON

Enseignante-chercheuse en sciences animales à l'école d'ingénieurs JUNIA

À Sophie BRAJON

Enseignante-chercheuse en comportement et bien-être animal à l'UMR PEGASE

À JérémY BERNARD, David GOURICHON, Nathalie MEME et à l'ensemble de l'équipe PEAT

Membres du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours

À Fabien CORNILLEAU

Assistant ingénieur en expérimentation animale au sein de l'équipe Cognition-Éthologie-Bien-être animal à l'UMR PRC

À Auriane FOREAU

Chargée de mission en bien-être animal à l'ITAVI

À Ludivine MARCO

Étudiante en sciences animales à l'Institut Agro Rennes-Angers

À tous les membres de l'équipe Cognition-Éthologie-Bien-être animal

(Juliette COGNIÉ, Rachel DEGRANDE, Noémie HENNES, Aude KLEIBER, Léa LANSADÉ, Julie LEMARCHAND, Christine LETERRIER, Océane LIERHMANN, Céline PARIAS, Romane PHÉLIPON, Alice RUET, Noa TANGUY-GUILLO, Mathilde VALENCHON)

À l'ensemble des interlocuteurs rencontrés

Aux 100 poules étudiées !



Poule pondeuse White Leghorn ayant participé à l'étude

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude pour tout l'accompagnement, l'aide et les précieux conseils que vous m'avez prodigués tout au long de mon stage. Ce fut une expérience riche de nombreux apprentissages, une source inestimable de connaissances et d'expériences, qui m'ont permis d'approfondir ma compréhension des enjeux liés au monde de la recherche, en particulier dans le domaine du comportement animal. Je suis plus que ravie de poursuivre cet apprentissage en collaborant avec vous au cours des trois prochaines années, dans le cadre d'une thèse cette fois !

ENCORE MILLE FOIS MERCI !

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION.....	1
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	3
1. Note éthique.....	3
2. Animaux et conditions d'élevage.....	4
3. Tests comportementaux, cognitifs et observations sur le parcours.....	5
a) Test de biais cognitif.....	6
b) Test de détour.....	7
c) Test d'indices.....	8
d) Test multivarié.....	10
e) Observations sur le parcours.....	11
4. Statistiques.....	12
III. RÉSULTATS.....	13
a) Observations sur le parcours.....	13
b) Test de biais cognitif.....	13
c) Test de détour.....	14
d) Test d'indices.....	14
e) Test multivarié.....	14
IV. DISCUSSION.....	16
V. CONCLUSION GÉNÉRALE.....	20
BIBLIOGRAPHIE.....	21
SITOGRAFIE.....	25
ANNEXES.....	26

RÉSUMÉ

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma du bâtiment d'élevage dans lequel ont été élevées les poules.

Figure 2. Photo d'une poule portant un poncho avec l'acronyme unique « Z ».

Figure 3. Photo du parcours auquel les poules ont eu accès, 14h/jour, à partir de 71 jours d'âge.

Figure 4. Chronologie des différents tests et observations effectués sur les individus suivis.

Figure 5. Schéma de l'arène du test de biais cognitif.

Figure 6. Modélisation 3D du test de biais cognitif et images des différents stimuli positionnés au bout du couloir de l'arène : **(a)** stimulus positif, poussin ; **(b)** stimulus ambigu ; **(c)** stimulus négatif, hibou (HEDLUND *et al.*, 2021).

Figure 7. Schéma de l'arène du test de détour.

Figure 8. Modélisation 3D du test de détour : **(a)** phase d'apprentissage, écran opaque ; **(b)** phase de test, écran grillagé.

Figure 9. Schéma de l'arène du test d'indices.

Figure 10. Modélisation 3D du test d'indices. Dans le cas présenté ici : **(a)** phase d'apprentissage (l'individu doit apprendre que ses congénères sont derrière l'écran bleu, en zone A1) ; **(b)** phase de test avec écrans différents (si l'individu va derrière l'écran bleu en zone A2 il est considéré comme utilisant les indices proximaux, si l'individu va derrière l'écran vert en zone A1 il est considéré comme utilisant les indices distaux) ; **(c)** phase de test avec écrans identiques (si l'individu va en zone A1 il est considéré comme ayant la capacité d'utiliser des indices distaux).

Figure 11. Schéma de l'arène du test multivarié.

Figure 12. Modélisation 3D du test multivarié.

Figure 13. Schéma de l'aire extérieure, constituée d'une zone bétonnée et d'un parcours herbager divisé en quatre zones : A, B, C et D.

Figure 14. Histogrammes comparant **(a)** le nombre de sorties ainsi que **(b)** l'indice d'éloignement entre les individus les moins explorateurs (EXP-) et les individus les plus explorateurs (EXP+). « * » indique une différence significative ($p < 0,05$). Les données sont présentées sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

Figure 15. Histogramme représentant la latence moyenne (sec) qui a été nécessaire aux individus pour franchir la ligne fictive lors du test de biais cognitif, en fonction du stimulus positionné dans l'arène (Miroir / Poussin / Ambigu / Hibou). Deux lettres différentes (A / B / C) indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les données sont présentées sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

Figure 16. Histogrammes comparant **(a)** la latence moyenne d'apprentissage (sec) ainsi que **(b)** la latence moyenne de test (sec) lors du test de détour entre les individus les moins explorateurs (EXP-) et les individus les plus explorateurs (EXP+). « * » indique une différence significative ($p < 0,05$) et « NS » indique une différence non significative ($p \geq 0,05$). Les données sont présentées sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Corrélations entre les variables extraites des tests comportementaux et cognitifs et l'indice d'éloignement et comparaisons entre les individus les moins explorateurs du parcours (EXP-) et les individus les plus explorateurs du parcours (EXP+) pour ces mêmes variables. Une p-value en gras indique une corrélation ou une différence significative ($p < 0,05$). Une p-value en gras et en italique indique une tendance ($0,05 \leq p \leq 0,1$).

LISTE DES ANNEXES

Annexe I. Organigramme général de l'Unité Mixte de Recherche Physiologie de la Reproduction et des Comportements du centre INRAE Val de Loire (Nouzilly).

Annexe II. Aliments distribués aux trois stades de développement des poules pondeuses.

Annexe III. Programmes lumineux et de température suivis à l'intérieur du bâtiment d'élevage.

Annexe IV. Plan de Prophylaxie des Futurs Reproducteurs -PEAT-URA -GABI pour Gallus chair/ponte.

Annexe V. Détail du calcul des coefficients de chacune des cinq zones de l'aire extérieure (zone bétonnée, zone A, zone B, zone C, zone D), mobilisés dans le calcul de l'indice d'éloignement.

Annexe VI. Régressions linéaires pour les corrélations significatives du test multivarié, entre l'indice d'éloignement et **(a)** le temps passé dans le cercle intérieur (sec) ; **(b)** le temps passé dans le cercle extérieur (sec) ; **(c)** le nombre de changements de zone.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

IE : Indice d'Éloignement

UE PEAT : Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours

UMR PRC : Unité Mixte de Recherche Physiologie de la Reproduction et des Comportements

Ce stage de 6 mois s'est déroulé au centre INRAE Val de Loire, au sein de l'Unité Mixte de Recherche Physiologie de la Reproduction et des Comportements (UMR PRC) et plus précisément de l'équipe Cognition-Éthologie-Bien-être animal. L'objectif principal de cette dernière est de mieux comprendre l'univers mental des animaux domestiques d'élevage et notamment celui des oiseaux et des chevaux. L'organigramme général des services de l'UMR PRC est présenté en Annexe I.

I. INTRODUCTION

Aujourd'hui, le bien-être animal constitue une préoccupation croissante. En 2018, il a été défini par l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) comme « un état mental et physique positif de l'animal lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal ». Une bonne santé, un niveau de production convenable ou une absence de stress ne suffisent donc pas pour justifier un état de bien-être satisfaisant, il faut aussi se soucier de ce que l'animal ressent, de sa perception de son environnement.

La forte demande sociétale pour de meilleures conditions de vie des animaux de production incite notamment de plus en plus l'élevage au développement d'alternatives aux systèmes de productions standards, telles que l'élevage plein air, considéré comme plus naturel et respectueux du bien-être animal (CAMPBELL *et al.*, 2016; STADIG *et al.*, 2017). Une étude menée en 2016 dans le cadre du projet ACCEPT - ayant pour objectif de mieux comprendre les mouvements sociétaux connexes à la remise en cause de certaines pratiques d'élevage - met en évidence que 60% des consommateurs interrogés considèrent qu'offrir un accès au plein air (appelé parcours) aux animaux, en complément du bâtiment d'élevage, est une action à conduire prioritairement pour assurer le bien-être animal dans les élevages (MAGDELAINE *et al.*, 2018). Ainsi, les éleveurs avicoles français de poules pondeuses tentent de s'adapter à ces nouvelles exigences citoyennes et s'étaient fixés d'atteindre 50% de productions alternatives à la cage (élevage au sol, plein air, label Biologique, label Rouge) à l'horizon 2022. Un objectif auquel ils sont parvenus, trois ans avant l'échéance prévue, avec 53% de poules élevées dans des systèmes alternatifs, dont 18% en plein air (FILIERES AVICOLES, 2020).

L'opportunité d'un accès à un parcours présente un réel intérêt pour le bien-être des animaux, en permettant l'expression d'un répertoire comportemental plus vaste et complet. Il encourage notamment la locomotion, la recherche de nourriture (fourragement), le bain de poussière et offre aux animaux davantage d'espace et de contrôle sur leurs décisions, comme le choix d'accéder à un parcours extérieur ou au contraire de rester à l'intérieur du bâtiment d'élevage (COOPER et ALBENTOSA, 2003; KNIERIM, 2006; LARSEN *et al.*, 2017), favorisant dès lors la satisfaction d'une partie de leurs besoins individuels. Néanmoins, l'accès au parcours ne garantit pas que l'ensemble des animaux utilisera cet espace de manière homogène. Pour les poules pondeuses et poulets de chair élevés en plein air, l'utilisation du parcours peut varier de 15% à 87% des individus du lot qui utilisent effectivement l'espace (SOSNOWKA-CZAJKA *et al.*, 2007; LARSEN *et al.*, 2017; TAYLOR *et al.*, 2017a; CAMPBELL *et al.*, 2019). En effet, au sein d'un même groupe, certains ne quittent jamais le bâtiment d'élevage bien qu'ils en aient la possibilité tandis que d'autres sont responsables de la plupart des visites du parcours (TAYLOR *et al.*, 2017b; CAMPBELL *et al.*, 2018).

Or, si la plupart des animaux reste à l'intérieur, cela maintient la densité (nombre d'individus par m²) dans les bâtiments d'élevage à des niveaux plus élevés et limite les sources de stimulation ; ce qui peut générer des problèmes de santé et de comportement. Cela peut être notamment propice au parasitisme ainsi qu'au picage de plumes entre les individus, compromettant dès lors leur bien-être (NICOL *et al.*, 1999; ZIMMERMAN *et al.*, 2006; STEENFELDT et NIELSEN, 2015; CAMPBELL *et al.*, 2020).

La sortie des poules sur le parcours peut être influencée par des facteurs externes, autrement dit liés à l'environnement, tels que la densité de peuplement, la couverture végétale, l'enrichissement artificiel ou les conditions météorologiques (TAYLOR *et al.*, 2017b). En effet, une densité d'animaux plus faible et la présence d'arbres sur le parcours se traduisent souvent par une durée d'utilisation prolongée de ce dernier sur la journée et des sorties plus récurrentes (CAMPBELL *et al.*, 2017, 2020). Au contraire, un fort ensoleillement et des températures élevées peuvent induire une diminution des effectifs en extérieur (STADIG *et al.*, 2017). Cependant, ces résultats n'expliquent pas pourquoi les animaux issus d'un même groupe (de mêmes souche, sexe et âge), soumis aux mêmes conditions environnementales, présentent des variations inter-individuelles substantielles d'utilisation du parcours.

Des études récentes suggèrent que la variabilité d'utilisation du parcours extérieur pourrait être reliée à des comportements spécifiques à l'individu ou encore à la façon dont celui-ci perçoit, mémorise les informations de son environnement, autrement dit à ses capacités cognitives (DARMAILLACQ *et al.*, 2018). Ainsi, quelques études ont montré que les poulets de chair qui utilisent le moins le parcours ont des performances cognitives différentes de celles des poulets qui l'utilisent le plus. Les individus qui explorent peu le parcours disposeraient d'une meilleure mémoire spatiale (FERREIRA *et al.*, 2019, 2020a) et seraient plus aptes à inhiber les réponses comportementales impulsives (FERREIRA *et al.*, 2020b). Ces résultats, plutôt contre-intuitifs, pourraient s'expliquer par le fait que les individus qui explorent peu le parcours auraient un profil comportemental et cognitif différents : ils seraient plus vigilants, auraient une plus grande propension à être proches de leurs congénères et mémoriseraient davantage les informations de leur environnement physique ou social (CAMPBELL *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2020a), ce qui limiterait leur motivation à explorer un nouvel environnement tel que le parcours extérieur. D'autres études révèlent que des différences comportementales inter-individuelles sont présentes dès le plus jeune âge et apparaissent constantes au cours du cycle de production. Ainsi, les poussins qui fourragent plus à l'intérieur du bâtiment avant l'accès à un parcours - un comportement exprimé par l'animal lorsqu'il explore son environnement à la recherche de nourriture - utiliseraient par la suite davantage le parcours par rapport aux poussins qui fourragent moins (FERREIRA *et al.*, 2022). Ce résultat suggère l'existence d'un trait de personnalité concernant le comportement exploratoire chez ces animaux, autrement dit un comportement individuel qui est stable au cours du temps et dans différents contextes ou situations mais qui diffère entre les individus d'une même espèce (DALL *et al.*, 2004; RÉALE *et al.*, 2010; CARERE et MAESTRIPIERI, 2013).

Cependant, les liens entre l'utilisation du parcours, le comportement et la cognition restent encore largement méconnus, en particulier chez la poule pondeuse. Par ailleurs, la plupart des études mentionnées ont exploré les différences comportementales et cognitives après l'accès des animaux sur le parcours. Il est donc difficile de savoir si les différences observées sont présentes précocement, avant la sortie des animaux. L'objectif de ce travail était donc d'approfondir la compréhension des relations entre l'utilisation du parcours, le comportement et la cognition chez la poule pondeuse élevée en système plein air et plus précisément, de tester si le comportement et la cognition du jeune animal, avant sa sortie sur le parcours, sont en lien avec son utilisation de ce même parcours lorsqu'il est plus âgé. Dans cette perspective, trois tests destinés à étudier différentes composantes de la cognition, potentiellement importante pour l'utilisation du parcours chez la poule, ont été utilisés et mis en place : le test de biais cognitif, le test de détour et le test d'indices, étudiant respectivement la perception de l'environnement, la flexibilité cognitive et l'orientation spatiale. Par ailleurs, un test multivarié a été appliqué afin d'étudier différents comportements chez ces animaux, tels que la motivation sociale (recherche du contact social avec des congénères), l'exploration, la témérité et le fourragement. Chacun de ces tests a été réalisé avant l'accès des animaux au parcours. Au regard des études menées précédemment, il a été prédit qu'une perception optimiste de l'environnement et le comportement d'exploration, notamment celui de fourragement, seraient positivement corrélés au niveau d'utilisation du parcours. En revanche, ce dernier serait négativement corrélé à la flexibilité cognitive, à l'orientation spatiale ainsi qu'à la motivation sociale.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Note éthique

Cette étude s'intègre dans un projet plus vaste - le projet Vaccibiota - qui s'intéresse à l'effet combiné de la génétique et du microbiote intestinal sur l'immunocompétence, le comportement et la production d'oeufs chez la poule pondeuse. Cependant, ce stage constitue uniquement une étude sur le comportement des animaux.

Par ailleurs, cette étude a été réalisée au Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours (UE PEAT) du centre INRAE Val de Loire, en France, de février à août 2023. Elle a été menée sous l'agrément du comité d'éthique en expérimentation animale INRAE, sous le numéro de projet APAFiS #41335-2023010515226780 v11, en accord avec la législation française en vigueur.

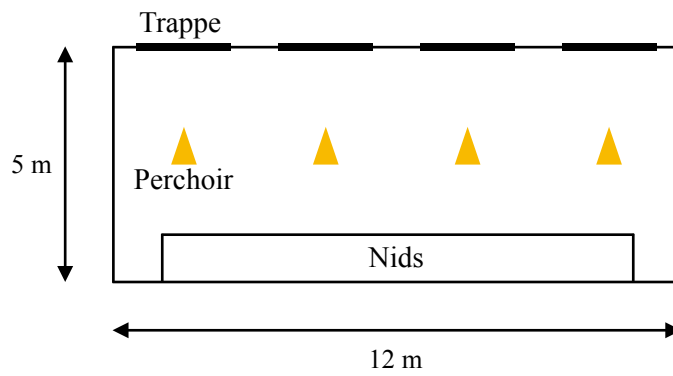


Figure 1. Schéma du bâtiment d'élevage dans lequel ont été élevées les poules.



Figure 2. Photo d'une poule portant un poncho avec l'acronyme unique « Z ».

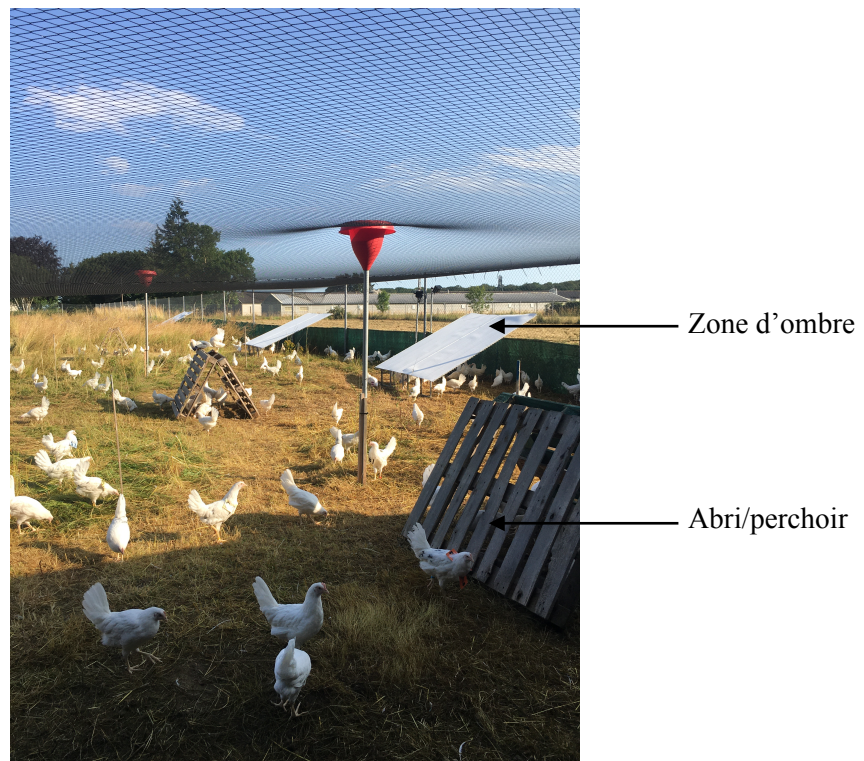


Figure 3. Photo du parcours auquel les poules ont eu accès, 14h/jour, à partir de 71 jours d'âge.

2. Animaux et conditions d'élevage

Initialement, un total de 600 poules pondeuses, *Gallus gallus domesticus*, de souche White Leghorn (poules blanches) participaient au projet Vaccibiota. Ultérieurement, une sélection a été réalisée à partir de 57 jours d'âge (dans le cadre du projet Vaccibiota), conservant ainsi 450 poules. Elles ont été élevées et suivies de leur premier jour de vie jusqu'à leur abattage à l'âge de 155 jours, au sein du centre INRAE de Nouzilly, d'avril à septembre 2023. Les animaux ont été placés dans le bâtiment d'élevage dès le jour de leur éclosion. Ce dernier disposait de quatre perchoirs et de huit nids (*Figure 1*). La densité de peuplement à l'intérieur du bâtiment a évolué pour passer de 10 poules/m² à 7,5 poules/m² à partir de 57 jours. Les animaux avaient un accès *ad libitum* à la nourriture et à l'eau dans le bâtiment d'élevage et des copeaux de bois constituaient la litière. Différents aliments ont été distribués à trois stades de développement des animaux, afin de répondre au mieux à leurs besoins (*Annexe II*). Le traitement lumineux ainsi que la gestion de la température d'élevage ont été réalisés conformément à la réglementation en vigueur (RCE 848/2018 et RCE 2020/464, *Annexe III*). La prévention des maladies a été menée selon le Plan de Prophylaxie des Futurs Reproducteurs -PEAT-URA -GABI pour Gallus chair/ponte, modèle de référence des élevages d'INRAE (*Annexe IV*).

Dans le cadre de la présente étude, 100 poules ont été sélectionnées aléatoirement parmi les 600 initiales pour être confrontées aux différents tests comportementaux et cognitifs. Afin de les identifier, elles avaient une étiquette alaire portant l'inscription de leur numéro d'identification individuel. Elles portaient par ailleurs une bague colorée au niveau de la patte (8 mm à partir de 8 jours d'âge, 10 mm à partir de 30 jours d'âge, 16 mm à partir de 57 jours d'âge) ainsi qu'une tâche de bombe de couleur noire sur le corps pour faciliter leur identification. Enfin, lorsque leur taille l'a permis (à 57 jours d'âge), des ponchos rectangulaires en plastique, de différentes couleurs et possédant des acronymes uniques, ont été placés autour du cou des animaux, permettant de les différencier plus aisément sans pour autant influencer leur comportement (*Figure 2*). Pour s'adapter à la croissance des poules, deux dimensions de ponchos ont été utilisées : 13*5 cm de 57 à 70 jours d'âge puis 20*8,5 cm à partir de 71 jours d'âge.

À compter de 71 jours d'âge, tous les individus ont pu accéder, suite à l'ouverture automatisée de quatre trappes (200 cm de large par 50 cm de haut), à un parcours herbager de 45*12 m soit 540 m² (*Figure 3*). Il était uniformément enrichi de quatre abris/perchoirs ainsi que de quatre zones d'ombre (bâche en plastique de 200 cm de large par 250 cm de haut) afin d'encourager la sortie des animaux, même en période de forte chaleur. L'accès au parcours était libre entre 8h30 et 22h30.

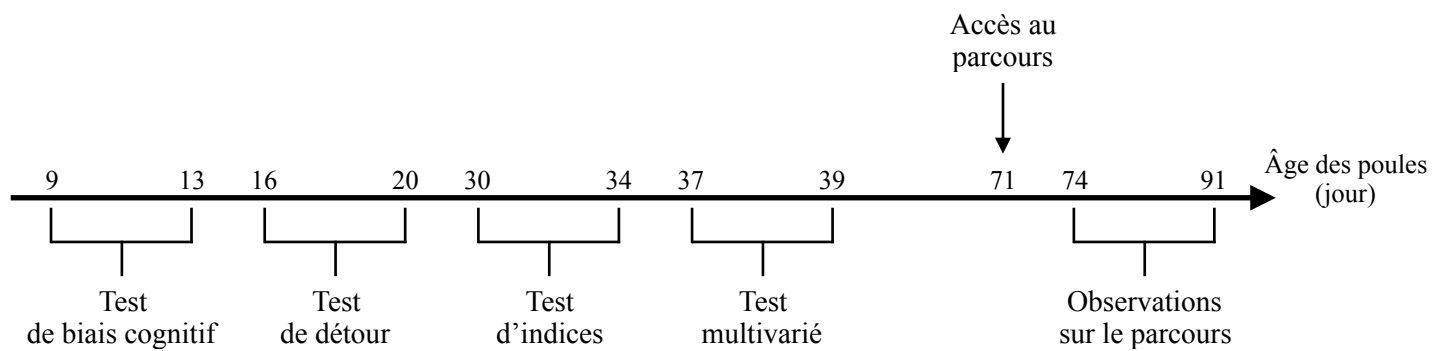


Figure 4. Chronologie des différents tests et observations effectués sur les individus suivis.

3. Tests comportementaux, cognitifs et observations sur le parcours

L'ensemble des tests comportementaux et cognitifs ont pris place avant que les animaux n'aient la possibilité d'accéder au parcours, de 9 à 39 jours d'âge. Les tests de biais cognitif, de détour et d'indices ont été réalisés sur une durée de 5 jours consécutifs, à raison de vingt individus par jour. Le test multivarié se répartissait quant à lui sur 3 jours consécutifs, au cours de chacun desquels 33 à 34 individus étaient testés. L'ordre des tests a été planifié en considérant notamment la motivation sociale des animaux, particulièrement prononcée en début de vie (MCBRIDE *et al.*, 1969; SUAREZ et GALLUP, 1983).

Avant d'être testés, le matin même, les animaux étaient installés dans des cages d'attente dissociées du reste du troupeau, pour des raisons de praticité et afin de limiter le stress avant le début des tests. Ils avaient accès à de la nourriture et de l'eau. Ils étaient ensuite prélevés dans cet espace et conduits individuellement dans une salle adjacente chauffée (24°C en moyenne) et éclairée artificiellement (120 lx en moyenne), où les tests avaient lieu. Plusieurs expérimentateurs ont été impliqués dans les différents tests mais chaque test a mobilisé les mêmes personnes, dont les rôles étaient inchangés. Une caméra (Panasonic HC-VX870), fixée au-dessus des dispositifs expérimentaux (couvrant les arènes dans leur totalité) et raccordée à un écran, permettait le suivi et l'enregistrement des tests sans aucune interférence avec l'expérimentateur. Un paravent était par ailleurs positionné entre les arènes et les expérimentateurs afin d'éviter tout contact visuel avec les animaux pendant le déroulement des tests.

Afin d'étudier le lien entre les comportements exprimés lors des tests et la sortie sur le parcours, le niveau individuel d'utilisation du parcours a été observé sur 7 jours non-consécutifs, de 74 à 91 jours d'âge. Répartis sur 4 semaines distinctes, cela permettait d'évaluer plus justement le niveau d'utilisation du parcours des animaux. De plus, cette approche a permis de réduire les éventuels biais météorologiques.

Une frise chronologique recense l'ensemble des tests et observations effectués sur les individus suivis (*Figure 4*).

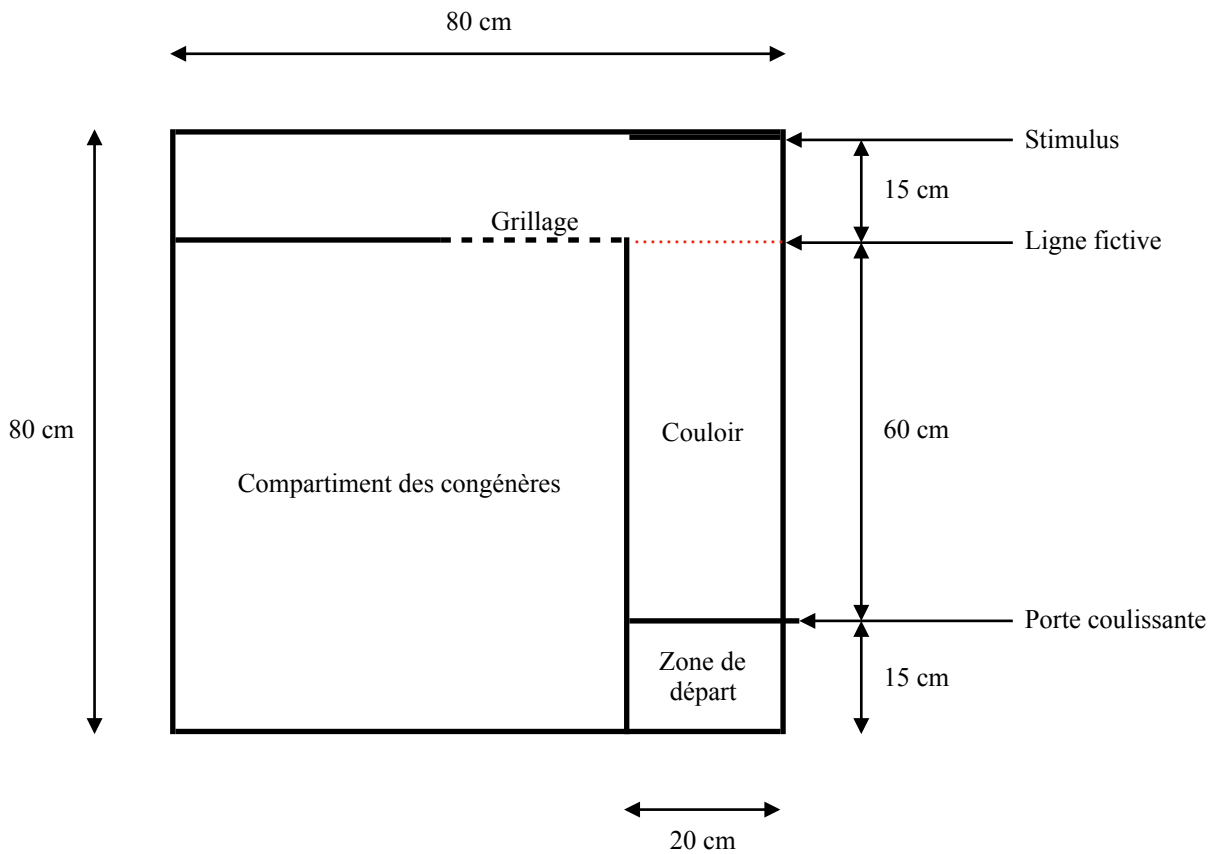


Figure 5. Schéma de l'arène du test de biais cognitif.

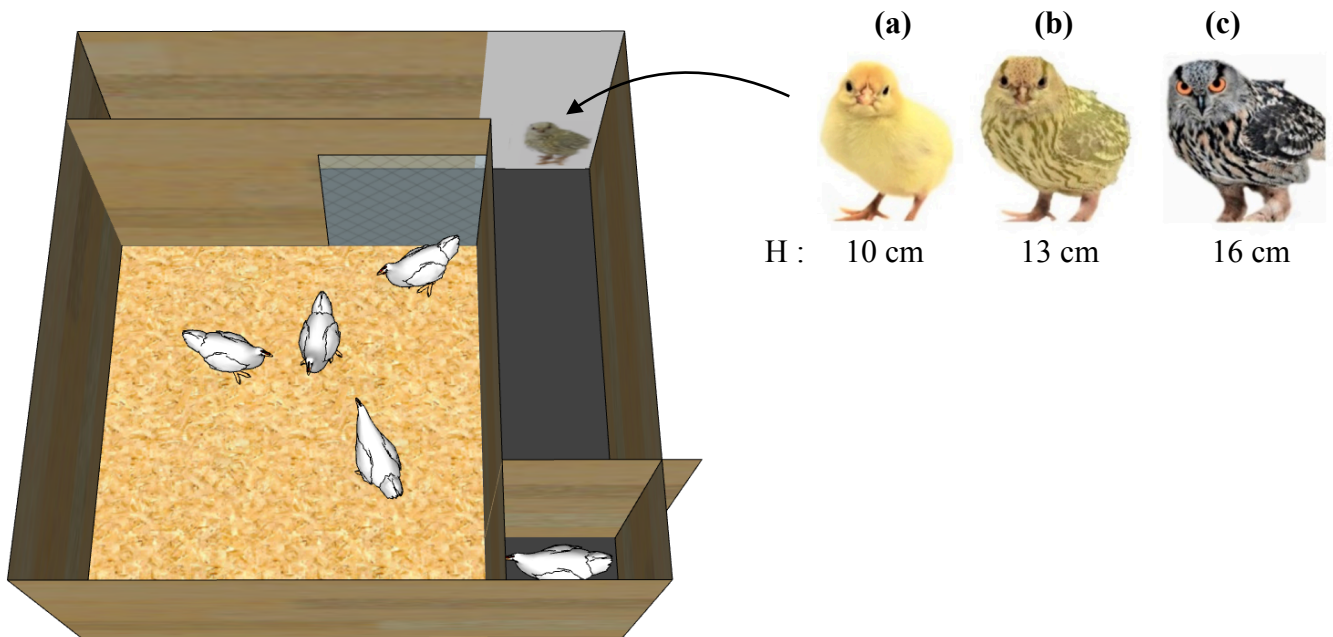


Figure 6. Modélisation 3D du test de biais cognitif et images des différents stimuli positionnés au bout du couloir de l'arène : **(a)** stimulus positif, poussin ; **(b)** stimulus ambigu ; **(c)** stimulus négatif, hibou (HEDLUND *et al.*, 2021).

a) Test de biais cognitif

Le test de biais cognitif s'est inspiré des protocoles établis par HEDLUND *et al.* en 2021 et 2022. Il permet de caractériser comment les animaux perçoivent des informations positives, négatives ou même ambiguës éventuellement présentes dans leur environnement. Il se déroule dans une arène où l'animal peut rejoindre des congénères et, sur son trajet, ce dernier est exposé à des stimuli de différentes natures. Ce test a été réalisé lorsque les animaux étaient âgés de 9 à 13 jours.

Le test s'est déroulé dans une arène carrée (80 cm de côté) construite en bois solide (*Figure 5*). Dans le prolongement d'une zone de départ, accessible après l'ouverture d'une porte coulissante, se présentait un couloir droit à l'extrémité gauche duquel l'individu testé pouvait rejoindre quatre congénères (choisis aléatoirement parmi les individus ne prenant pas part à cette étude et changés entre chaque stimulus), servant d'attraction sociale. Par ailleurs, au bout du couloir étaient disposés des stimuli variables (*Figure 6*) : un miroir (stimulus contrôle, très positif, perçu comme un congénère), une image d'un poussin (stimulus positif), une image d'un hibou (stimulus négatif, perçu comme un prédateur; GORDON *et al.*, 2013) ou une image croisant un poussin avec un hibou (stimulus ambigu, conçu par le programme Morpheus Photo Morpher v.3.17 Standard). L'image du poussin a été ajustée de telle sorte qu'il soit de la même taille que les individus testés. Les tailles du stimulus ambigu et du hibou étaient croissantes, afin de favoriser l'effet de peur. Toutes les images ont été imprimées en couleur sur un fond blanc.

Le test débutait toujours par la présentation du miroir (stimulus très positif), afin de permettre à l'animal testé de s'habituer à l'arène ainsi qu'à la possibilité de rejoindre ses congénères. Cette étape permettait également de s'assurer que les individus avaient une motivation sociale suffisante pour poursuivre le test. Après cela, la moitié des animaux passait avec le poussin (stimulus positif) puis avec le hibou (stimulus négatif) et inversement pour l'autre moitié (répartition aléatoire). En dernier lieu, ils étaient tous confrontés au stimulus ambigu. De cette façon, cela laissait un intervalle d'au moins 1h30 entre les expositions aux différents stimuli pour un même individu. Pour chaque stimulus, le test s'organisait de la manière suivante : l'individu testé était placé dans la zone de départ et après 10 sec, la porte coulissante était ouverte. Il disposait alors de 5 min pour explorer l'enceinte et rejoindre ses congénères en franchissant la ligne fictive au bout du couloir, juste après laquelle se trouvait le stimulus (à une distance de 15 cm). Les animaux ne passant pas la ligne fictive en présence du miroir en moins de 5 min étaient exclus définitivement du test. Pour les autres stimuli, les individus n'atteignant pas la ligne fictive dans ce délai se voyaient alors attribuer le temps maximal de 5 min (300 sec). À chaque fois, la variable mesurée était la latence (secondes) nécessaire à l'individu pour franchir la ligne fictive (avec au moins 50% de son corps). L'individu tout juste testé était ensuite extrait de l'arène, tandis que cette dernière était nettoyée et préparée pour le sujet suivant (procédure identique pour tous les tests).

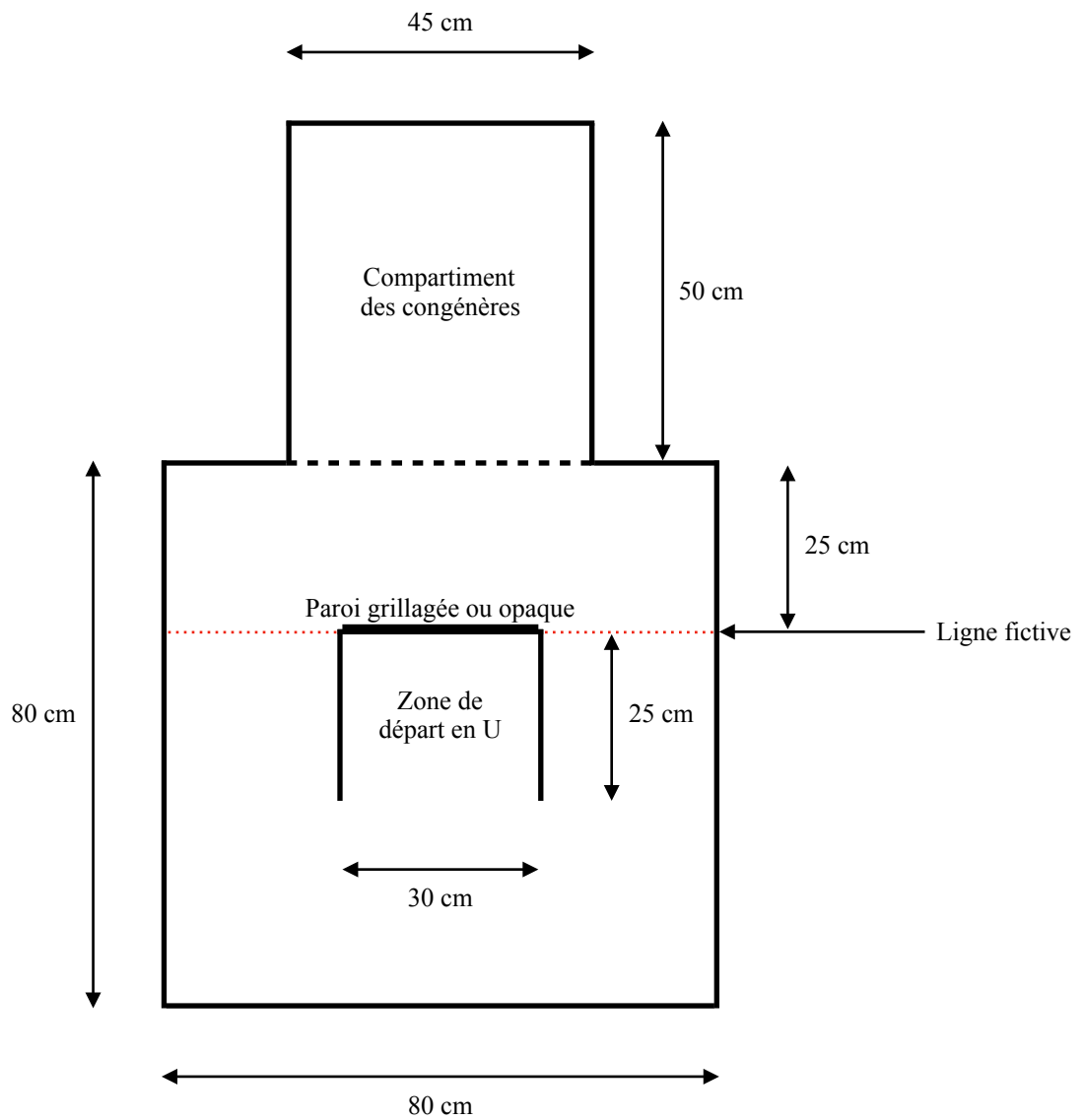


Figure 7. Schéma de l'arène du test de détour.

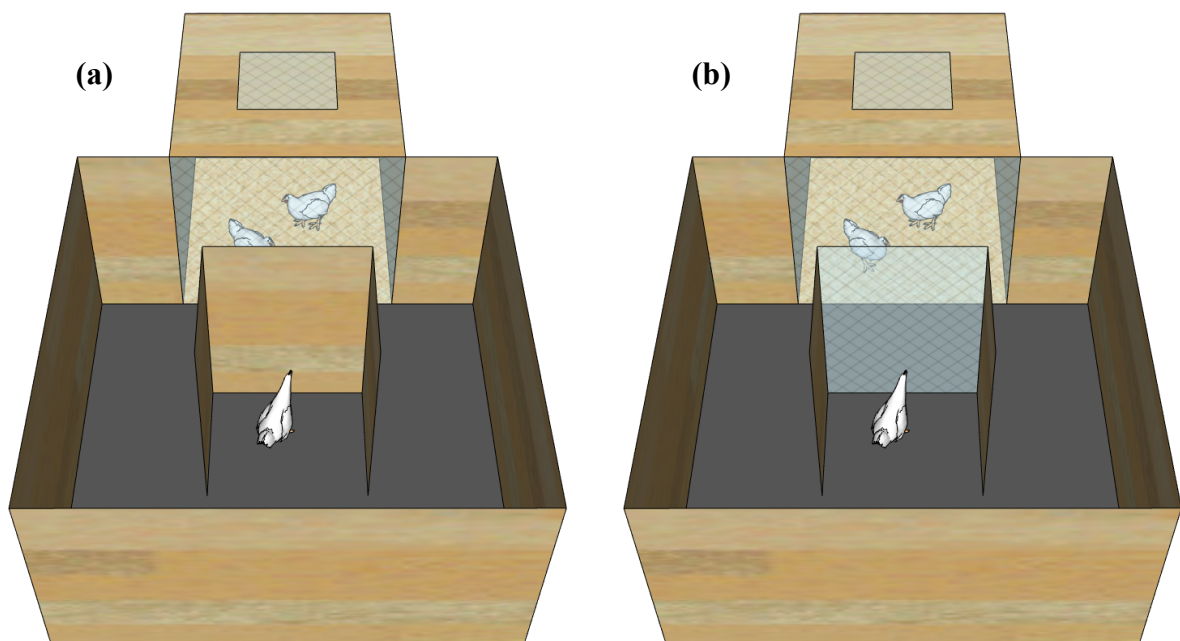


Figure 8. Modélisation 3D du test de détour : (a) phase d'apprentissage, écran opaque ; (b) phase de test, écran grillagé.

b) *Test de détour*

Ce test permet d'étudier la capacité des animaux à s'adapter à une situation nouvelle en faisant appel à leur flexibilité cognitive. Il se déroule également dans une arène où l'animal peut rejoindre des congénères (NORMAN *et al.*, 2019). Il a été conduit lorsque les animaux avaient de 16 à 20 jours d'âge.

L'arène carrée (80 cm de côté) en bois solide contenait en son centre une zone de départ en forme de U (*Figure 7*). La paroi centrale constituait un écran opaque ou grillagé (30 cm de large par 40 cm de haut), empêchant ou permettant, respectivement, à l'animal testé de voir deux de ses congénères présents en face, dans un compartiment juxtaposé à l'arène (50 cm de long sur 45 cm de large). Comme pour le test de biais cognitif, les congénères étaient choisis aléatoirement parmi les individus ne prenant pas part à cette étude et ils étaient changés tous les 5 individus. Une grille recouvrait l'arène afin d'éviter que les animaux ne s'en échappent.

Dans un premier temps, les animaux suivaient un apprentissage, au cours duquel la paroi centrale était totalement opaque. Ainsi, après 30 sec passées dans le compartiment avec ses congénères, il s'agissait de placer l'individu testé au point de départ et de lui laisser 1 min maximum pour contourner les obstacles formés par les parois de la zone en U et rejoindre ses congénères, en franchissant la ligne fictive. Dans la situation où l'individu ne parvenait pas à rejoindre ses congénères dans le temps imparti, l'expérimentateur le dirigeait avec précaution jusqu'à eux. Chaque individu disposait de six essais maximum. Un animal était considéré comme ayant appris la tâche de détour s'il rejoignait ses congénères lors de deux essais consécutifs (l'entraînement était arrêté à ce stade). Les animaux n'ayant pas réussi la phase d'apprentissage étaient retirés de l'expérience et se voyaient assigner la latence d'apprentissage maximale, soit 360 sec.

S'il répondait au critère d'apprentissage, l'individu passait ensuite à la phase de test : la paroi centrale initialement opaque était remplacée par une paroi en grillage métallique au travers de laquelle l'animal était capable de voir ses congénères. Après 2 min de repos dans un compartiment isolé, l'individu testé était placé au point de départ et disposait alors de 5 min maximum pour atteindre ses congénères en effectuant le détour (*Figure 8*).

La latence (secondes) pour que l'individu atteigne la zone proche de ses congénères en franchissant la ligne fictive (avec au moins 50% de son corps) était mesurée.

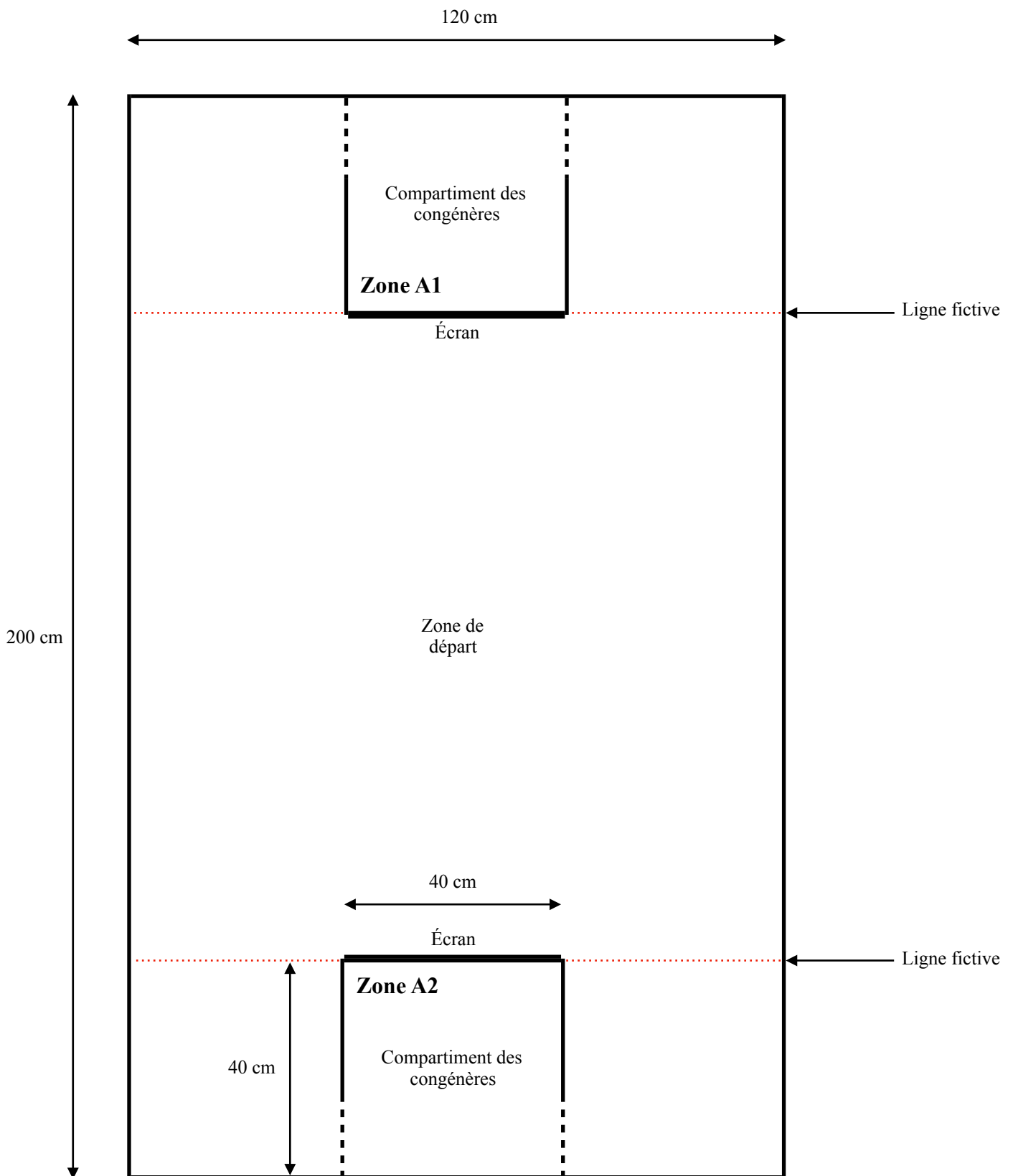


Figure 9. Schéma de l'arène du test d'indices.

c) *Test d'indices*

Le test d'indices est généralement utilisé pour étudier les stratégies d'orientation spatiale chez les animaux. Il permet notamment de déterminer si un animal utilise davantage des indices proximaux (situés au sein d'une arène) ou des indices distaux (situés à l'extérieur de l'arène) pour se déplacer et s'orienter dans un environnement qu'il explore. Il se déroule dans une enceinte où l'animal doit rejoindre des congénères (NORMAN *et al.*, 2019). Ce test a été réalisé lorsque les animaux étaient âgés de 30 à 34 jours.

L'enceinte de test était rectangulaire (200 cm de long sur 120 cm de large), en bois solide (*Figure 9*). Deux écrans opaques en PVC (40 cm de large par 65 cm de haut), l'un bleu et l'autre vert ou tous les deux blancs selon les conditions de test, étaient positionnés de part et d'autre de l'arène (zone A1 et zone A2). Un compartiment grillagé fixé derrière chaque écran pouvait contenir deux congénères (choisis aléatoirement et changés chaque 5 individus). Une grille recouvrait l'arène afin d'éviter que les animaux ne s'échappent.

Le test d'indices était constitué de deux phases : un apprentissage et un test. Ce dernier était lui-même subdivisé en deux conditions : écrans différents (vert et bleu) et écrans identiques (blancs).

Lors de la phase d'apprentissage, l'objectif était de permettre à l'individu testé de mémoriser l'emplacement de ses congénères, qui est resté constant tout au long du processus d'apprentissage. Pour ce faire, l'individu était placé avec deux de ses congénères dans un compartiment grillagé : derrière l'écran bleu ou derrière l'écran vert et en zone A1 ou en zone A2 (couleur de l'écran et zone équilibrées entre les individus, répartition aléatoire). Au bout de 30 sec, l'individu testé était sorti du compartiment des congénères pour être placé au centre de l'arène, la tête orientée soit vers une paroi soit vers l'autre afin d'éviter qu'il n'apprenne à retrouver ses congénères en partant systématiquement du même côté et de s'assurer qu'il utilise les repères disponibles pour s'orienter. Il disposait alors d'1 min maximum pour explorer l'arène. Lorsqu'il ne parvenait pas à rejoindre ses congénères, l'expérimentateur l'y dirigeait avec précaution. Chaque individu disposait de six essais maximum et était considéré comme ayant appris la tâche lorsqu'il allait derrière l'écran (en franchissant la ligne fictive) où se trouvaient ses congénères en moins d'1 min, lors de deux essais consécutifs (l'entraînement était arrêté à ce stade). Tout animal n'ayant pas atteint le critère d'apprentissage était classé comme n'ayant pas appris la tâche et n'était pas testé par la suite. La latence d'apprentissage maximale de 360 sec lui était par ailleurs attribuée.

Pour la phase de test, les congénères étaient préalablement retirés de l'arène afin d'éviter que l'individu testé ne s'oriente à partir d'éventuels indices sensoriels (sons, odeurs). L'étape de test en condition 1 prenait alors place suivie, après 2 min de repos dans un compartiment isolé, du test en condition 2. Quelle que soit la condition de test, l'individu testé était placé dans la zone de départ et disposait alors de 2 min pour se déplacer. Le test s'arrêtait lorsqu'il franchissait la ligne fictive d'un des deux écrans.

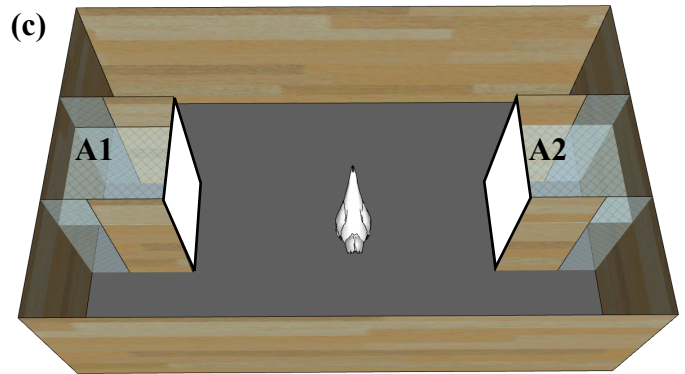
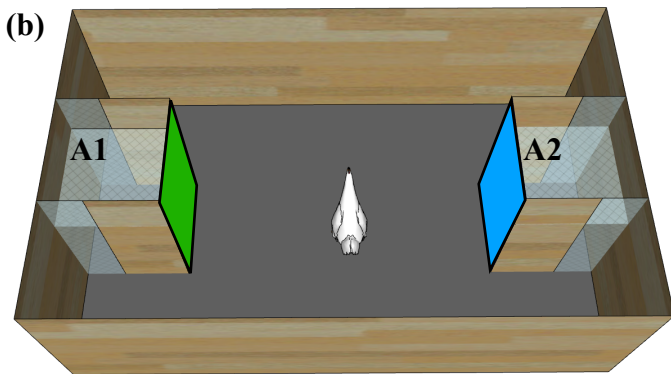
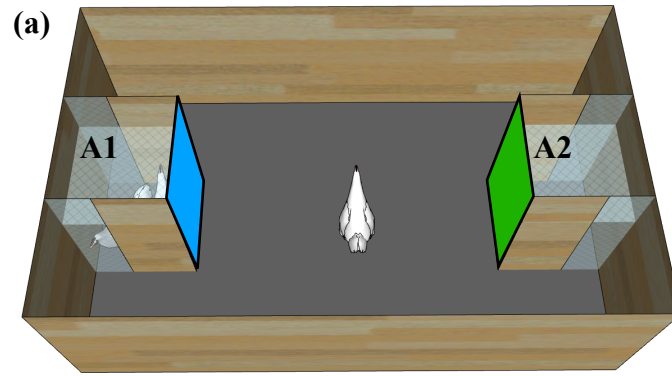


Figure 10. Modélisation 3D du test d'indices. Dans le cas présenté ici : **(a)** phase d'apprentissage (l'individu doit apprendre que ses congénères sont derrière l'écran bleu, en zone A1) ; **(b)** phase de test avec écrans différents (si l'individu va derrière l'écran bleu en zone A2 il est considéré comme utilisant les indices proximaux, si l'individu va derrière l'écran vert en zone A1 il est considéré comme utilisant les indices distaux) ; **(c)** phase de test avec écrans identiques (si l'individu va en zone A1 il est considéré comme ayant la capacité d'utiliser des indices distaux).

La moitié des individus passait dans un premier temps le test avec écrans différents puis le test avec écrans identiques et inversement pour l'autre moitié (répartition aléatoire). La condition avec écrans différents avait pour objectif de mettre en situation de conflit les indices proximaux et les indices distaux et déterminer lesquels étaient choisis par l'individu testé. Ainsi, les écrans étaient inversés par rapport à leur position initiale : si l'écran bleu ou vert était en zone A1 durant l'apprentissage, il passait en zone A2 pour le test et inversement. Un animal était considéré comme priorisant les indices proximaux s'il passait derrière l'écran appris en phase d'apprentissage et utilisait donc la couleur des écrans pour retrouver ses congénères. En revanche, il faisait appel aux indices distaux s'il allait dans la zone assimilée en phase d'apprentissage et utilisait donc la position globale de ses congénères pour les retrouver. La condition avec écrans identiques, quant à elle, avait pour objectif d'évaluer la capacité de l'individu à utiliser les indices distaux lorsqu'ils étaient les seuls mis à sa disposition. Un individu qui allait du côté où ses congénères se trouvaient durant l'apprentissage était considéré comme utilisant les indices distaux (*Figure 10*). Ainsi, la combinaison des deux conditions de test permettait de savoir s'il existait une préférence pour un type de mémoire spatiale et si certains individus étaient plus performants que d'autres lors de l'utilisation des indices distaux. Ces derniers requerraient des mécanismes cognitifs plus complexes (FERREIRA *et al.*, 2020a).

La latence (secondes) pour franchir la ligne fictive (avec au moins 50% du corps) était mesurée. En phase de test, la couleur de l'écran choisi et sa zone étaient par ailleurs identifiées.

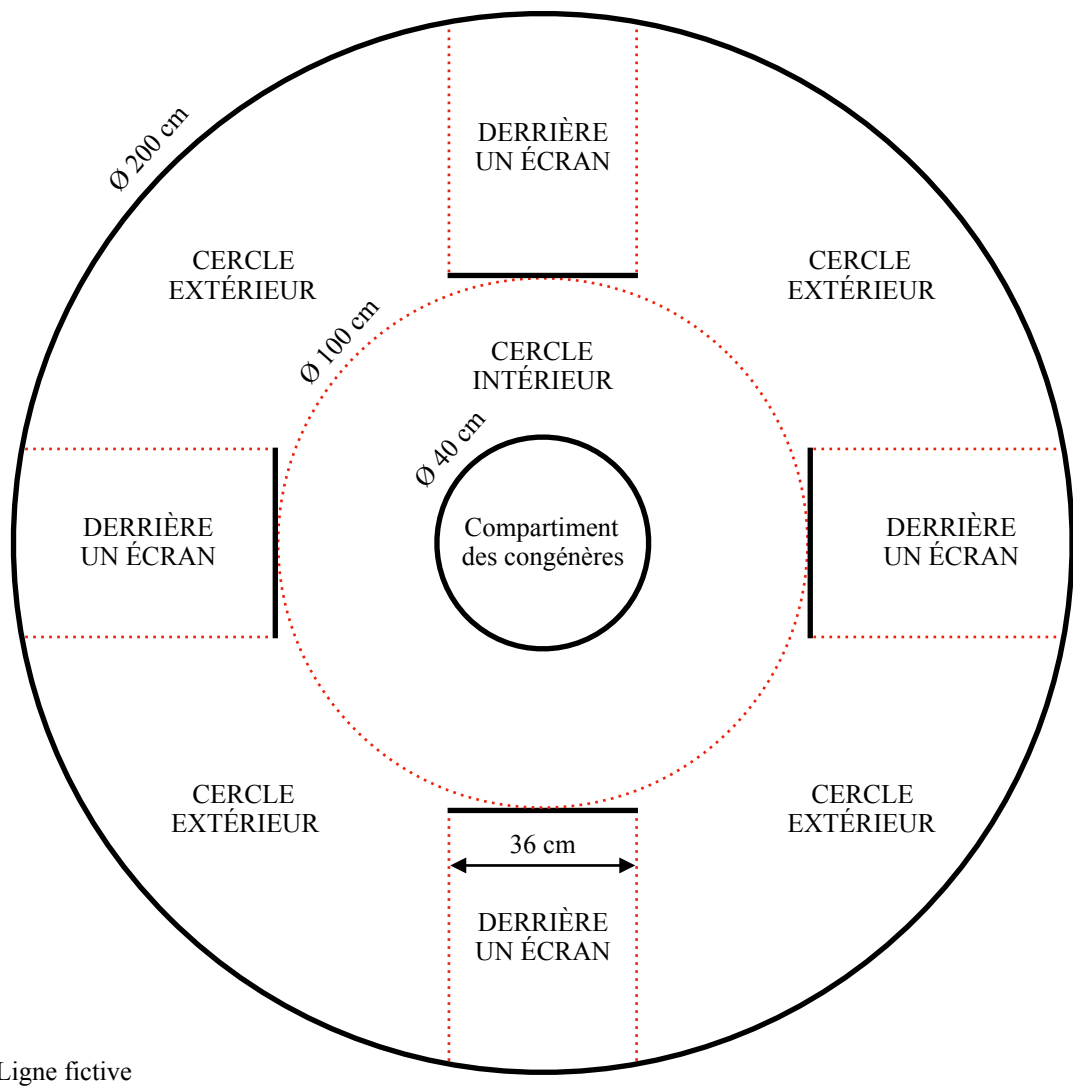


Figure 11. Schéma de l'arène du test multivarié.

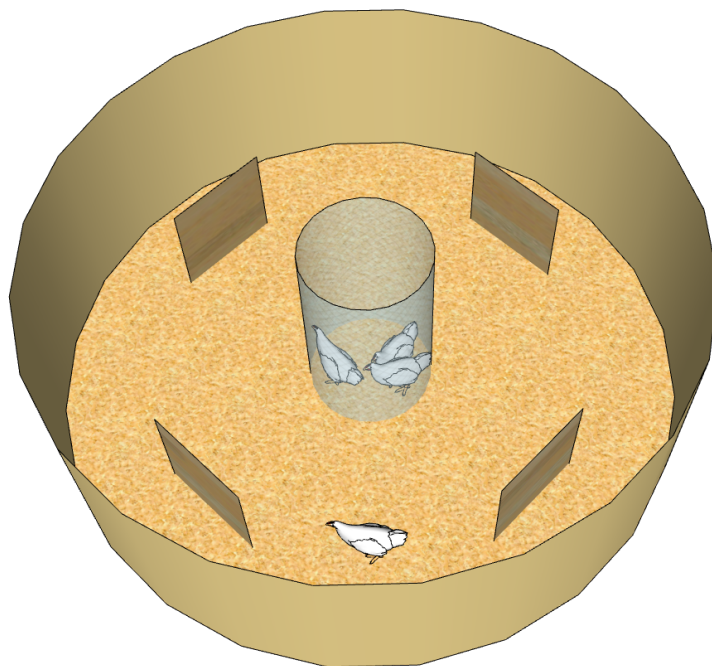


Figure 12. Modélisation 3D du test multivarié.

d) Test multivarié

L'objectif du test multivarié est de mesurer l'expression de plusieurs comportements de l'animal, de manière indirecte, tels que son degré de motivation sociale, d'exploration et de témérité à partir de son utilisation de l'arène, ou directe, tel que le fourragement (ZIDAR *et al.*, 2018; BONNEFOUS *et al.*, 2023). Le test a été conduit lorsque les animaux étaient âgés de 37 à 39 jours.

Le dispositif expérimental se présentait comme suit : l'arène de test était circulaire (200 cm de diamètre) et constituée d'une paroi en plastique souple (*Figure 11*). En son centre, une cage grillagée (40 cm de diamètre) était prédisposée à accueillir trois congénères de l'individu testé (choisis aléatoirement et changés chaque 5 individus). Quatre écrans identiques (36 cm de côté) étaient positionnés dans l'arène, opposés les uns aux autres. Ils formaient ainsi un cercle incomplet de 100 cm de diamètre. Des copeaux de bois étaient répandus sur le sol et une grille recouvrait l'arène afin d'éviter que les animaux ne s'en échappent.

Au début du test, l'animal testé, avec trois de ses congénères, était placé dans le compartiment central pendant 3 min afin de le familiariser à l'arène. Après ce temps d'habituation, l'individu testé était placé au point de départ prédéfini et disposait alors de 5 min pour explorer l'arène de test (*Figure 12*). L'arène était divisée en trois zones virtuelles afin d'observer son utilisation de l'enceinte : dans la zone « cercle intérieur » il était considéré proche de ses congénères, dans la zone « cercle extérieur » il n'était plus considéré en proximité directe avec ses congénères mais pouvait maintenir un contact visuel avec eux et dans la zone « derrière un écran » il n'était plus considéré à proximité de ses congénères et n'avait pas de contact visuel possible avec ces derniers. Les variables mesurées étaient les suivantes : le temps passé par l'individu dans chacune des trois zones (secondes), le nombre de changements de zone ainsi que le temps total consacré au fourragement (l'animal picore ou gratte le sol avec ses pattes en position debout, secondes). L'individu était considéré comme étant dans une zone particulière lorsqu'au moins 50% de son corps était situé dans cette zone.

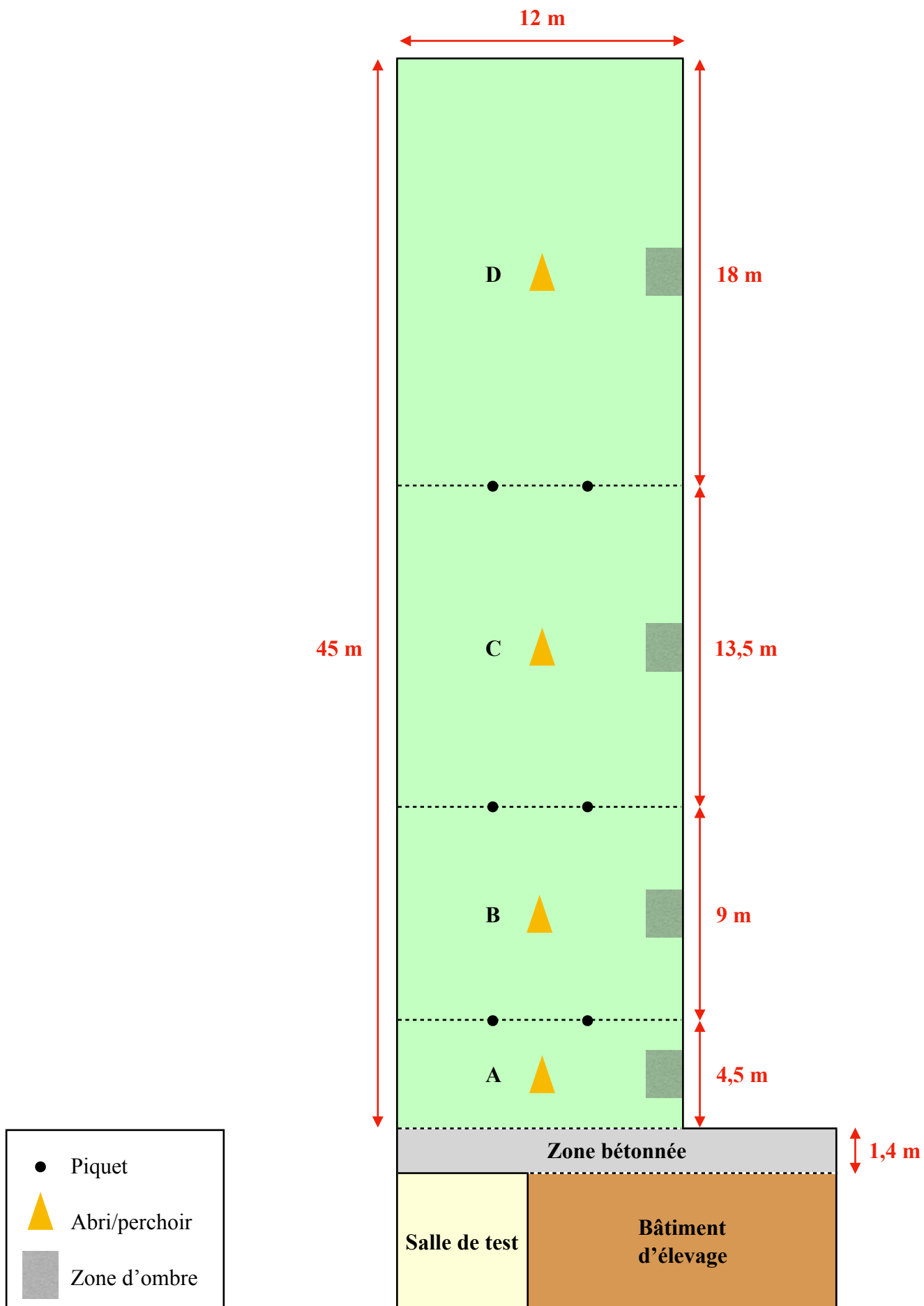


Figure 13. Schéma de l'aire extérieure, constituée d'une zone bétonnée et d'un parcours herbager divisé en quatre zones : A, B, C et D.

e) Observations sur le parcours

Les poules ont eu accès au parcours à partir de 71 jours d'âge. Afin d'évaluer le niveau d'utilisation du parcours de chaque individu, la méthode du scan sampling a été utilisée. Elle consiste essentiellement à relever ce que fait un individu à un instant donné. Les mesures (scans) ont ici débuté trois jours après la sortie des animaux sur le parcours, à partir de 74 jours d'âge, et se sont achevées à 91 jours d'âge. Les scans ont été réalisés sur 7 jours non consécutifs (espacés de 1 à 3 jours), 8 fois par jour à intervalles réguliers (9h00, 10h00, 11h00, 12h00, 14h00, 15h00, 16h00 et 17h00), totalisant ainsi 56 scans.

Pour ce faire, l'observateur se positionnait à l'intérieur du parcours puis, après quelques minutes de latence (temps d'habituation des animaux à sa présence) et en s'efforçant de minimiser la perturbation des poules, recensait sur une fiche de prise de vue l'identité ainsi que la localisation des animaux présents sur l'aire extérieure (*Figure 13*) : au niveau de la zone bétonnée devant le bâtiment d'élevage ou sur l'une des quatre zones du parcours A, B, C, D (de la plus proche à la plus éloignée du bâtiment d'élevage). Ces dernières étaient progressivement plus longues afin de mieux distinguer la variabilité inter-individuelle d'utilisation du parcours entre les poules, qui ont davantage tendance à rester à proximité du bâtiment (TAYLOR *et al.*, 2017b). Si un individu ne se trouvait dans aucune zone au moment du scan, il était par déduction considéré à l'intérieur du bâtiment. Les quatre zones étaient délimitées à l'aide de piquets en bois. Elles étaient par ailleurs équitablement enrichies d'un perchoir/abri ainsi que d'une zone d'ombre afin de ne pas favoriser l'utilisation d'une zone du parcours vis-à-vis d'une autre.

À partir des données recueillies, un indice d'éloignement (IE) par animal a été calculé (FERREIRA *et al.*, 2019, 2020a) :

$$\begin{aligned} \text{IE} = & \text{nombre de fois vu dans la zone bétonnée} * X_0 \\ & + \text{nombre de fois vu dans la zone A} * X_A \\ & + \text{nombre de fois vu dans la zone B} * X_B \\ & + \text{nombre de fois vu dans la zone C} * X_C \\ & + \text{nombre de fois vu dans la zone D} * X_D \end{aligned}$$

X_X étant des coefficients croissants en fonction de l'éloignement de la zone par rapport au bâtiment. Ces derniers ont été appréciés à partir des longueurs des différentes zones et en considérant que l'animal présent dans une zone en avait parcouru la moitié ainsi que les zones précédentes (Cf détail des calculs en *Annexe V*). Ainsi, un indice d'éloignement élevé correspondait à une utilisation importante du parcours (nombre élevé de sorties sur le parcours et/ou éloignement important du bâtiment d'élevage lors de ces dernières).

4. Statistiques

L'ensemble des analyses statistiques a été exécuté à partir du logiciel R version 4.2.1. Préalablement à toute analyse, la normalité des résidus a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk et des évaluations graphiques (histogrammes et Q-Q plots). Pour le test de biais cognitif, la latence pour franchir la ligne fictive a été analysée à l'aide d'un Modèle Linéaire Mixte (package « lmerTest »). Les variables stimulus (miroir/poule/hibou/ambigu), ordre de présentation des stimuli et indice d'éloignement ainsi que leurs interactions ont été initialement incluses dans le modèle en tant qu'effets fixes. Lorsque cela était nécessaire, elles ont été transformées en utilisant la fonction racine afin de se rapprocher d'une distribution normale. L'individu a été considéré comme facteur aléatoire, pour tenir compte des mesures répétées. Les interactions entre les variables explicatives ont finalement été exclues du modèle car elles n'étaient pas significatives, seuls les effets principaux ont été conservés. Lorsque les effets principaux étaient significatifs, des comparaisons ANOVA post-hoc des moyennes marginales estimées (package « emmeans ») ont été effectuées avec ajustement de Tukey pour les comparaisons multiples. Les variables des tests de détour, d'indices et multivarié ne suivaient pas une distribution normale, même après transformation (racine ou log+1). Par conséquent, ces données ont été conservées telles quelles et ont été analysées à l'aide de tests non paramétriques. Le test de Spearman a été utilisé pour étudier les relations entre l'indice d'éloignement et la latence pour franchir la ligne fictive au moment de l'apprentissage (somme des latences de chaque essai) et du test. Relativement au test d'indices, la même méthodologie a été suivie pour la latence d'apprentissage. Le Test de Kruskal-Wallis a par ailleurs permis d'investiguer les relations entre l'indice d'éloignement et le choix fait par les individus lorsqu'ils étaient confrontés à la fois aux indices proximaux et distaux ou encore leur capacité ou non à utiliser les indices distaux lorsque ces derniers étaient les seuls mis à disposition. Pour le test multivarié, le lien entre l'ensemble des variables relevées (temps passé dans les zones « cercle intérieur », « cercle extérieur », « derrière un écran », nombre de changements de zone et temps de fourragement) et l'indice d'éloignement a également été analysé à partir d'un test de Spearman. De plus, une seconde approche a été utilisée pour étudier les résultats : le test de Mann-Whitney U avec simulation de Monte Carlo a permis de comparer les 15 individus les moins explorateurs du parcours (EXP-) avec les 15 individus les plus explorateurs du parcours (EXP+) pour les variables comportementales numériques précédentes et le test du Chi-2 a été utilisé dans le même intérêt pour les variables catégorielles. Pour l'ensemble des tests, une corrélation ou une différence a été considérée comme significative lorsque la p-value (p) était inférieure à 0,05 et comme une tendance lorsqu'elle était supérieure ou égale à 0,05 et inférieure ou égale à 0,1. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

Au cours des expérimentations, 7 individus ont été écartés de l'étude pour différents motifs (décès de l'animal, blessures...), réduisant la taille de l'échantillon à 93 poules.

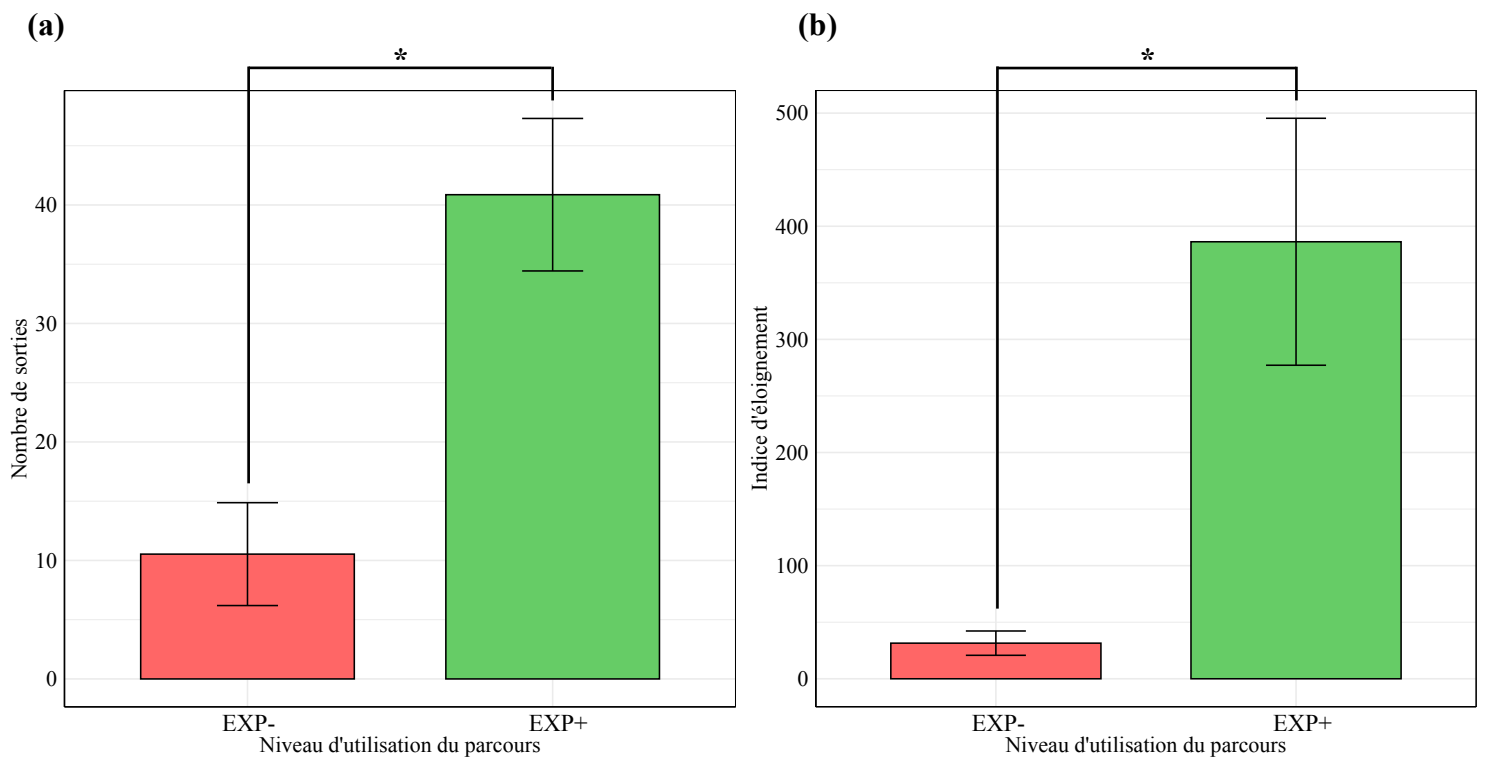


Figure 14. Histogrammes comparant (a) le nombre de sorties ainsi que (b) l'indice d'éloignement entre les individus les moins explorateurs (EXP-) et les individus les plus explorateurs (EXP+). « * » indique une différence significative ($p < 0,05$). Les données sont présentées sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

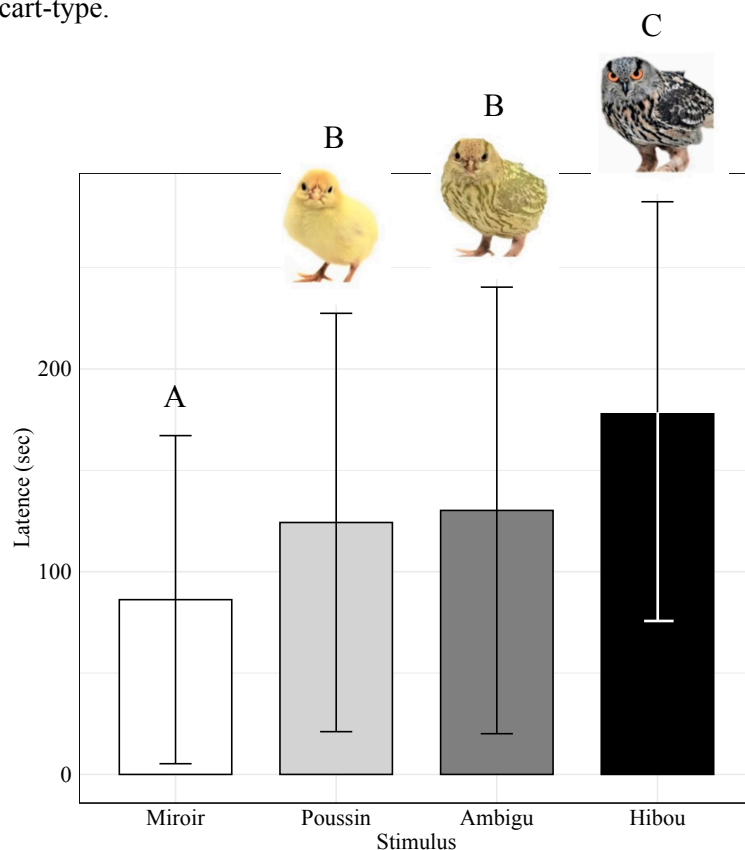


Figure 15. Histogramme représentant la latence moyenne (sec) qui a été nécessaire aux individus pour franchir la ligne fictive lors du test de biais cognitif, en fonction du stimulus positionné dans l'arène (Miroir / Poussin / Ambigu / Hibou). Deux lettres différentes (A / B / C) indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les données sont présentées sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

III. RÉSULTATS

a) *Observations sur le parcours*

Pour les 93 individus observés, la variable indice d'éloignement présentait une forte et significative corrélation avec la variable nombre de sorties ($r_s = 0,92$; $p < 0,001$). Par conséquent, les corrélations ultérieures ont été réalisées uniquement entre les variables extraites des tests comportementaux et cognitifs et l'indice d'éloignement (mesure plus complète et présentant une plus grande variabilité). De plus, les individus extrêmes - les 15 poules les moins exploratrices du parcours (EXP-) et les 15 poules les plus exploratrices (EXP+) - différaient significativement dans leur indice d'éloignement (EXP- : $31,5 \pm 10,7$ / EXP+ : $386,3 \pm 109,1$; $U = 0$; $p < 0,001$) et leur nombre de sorties (EXP- : $10,5 \pm 4,3$ / EXP+ : $40,9 \pm 6,4$; $U = 0$; $p < 0,001$, *Figure 14*).

b) *Test de biais cognitif*

Un total de 87 individus sur 93 poussins ont été testés avec tous les stimuli. En effet, 6 oiseaux n'ont pas franchi en moins de 5 min la ligne fictive en présence du miroir et ont donc été exclus des analyses statistiques. La latence pour franchir la ligne fictive lors du test de biais cognitif était significativement influencée par le stimulus positionné dans l'arène ($p < 0,001$, $n = 87$). L'analyse post-hoc a montré des différences significatives de latence entre chaque stimulus (toutes les $p < 0,05$, $n = 87$), à l'exception de la comparaison entre le poussin et l'ambigu ($p = 0,99$, $n = 87$). La présence du miroir a entraîné la latence la plus faible ($86,2 \pm 80,9$ sec), tandis que les latences du poussin et de l'ambigu étaient intermédiaires ($124,3 \pm 103,2$ sec et $130,2 \pm 110,1$ sec, respectivement). En revanche, la présence du hibou a provoqué la latence la plus importante ($177,9 \pm 104,6$ sec, *Figure 15*). Ni l'ordre de présentation des stimuli, ni l'indice d'éloignement n'ont influencé la latence mesurée ($p = 0,38$ et $p = 0,25$, respectivement, $n = 87$). La comparaison entre les individus les moins explorateurs du parcours et les individus les plus explorateurs n'a révélé aucune différence de latence, quelque soit le stimulus considéré (toutes les $p > 0,05$, $n = 29$, Mann-Whitney U).

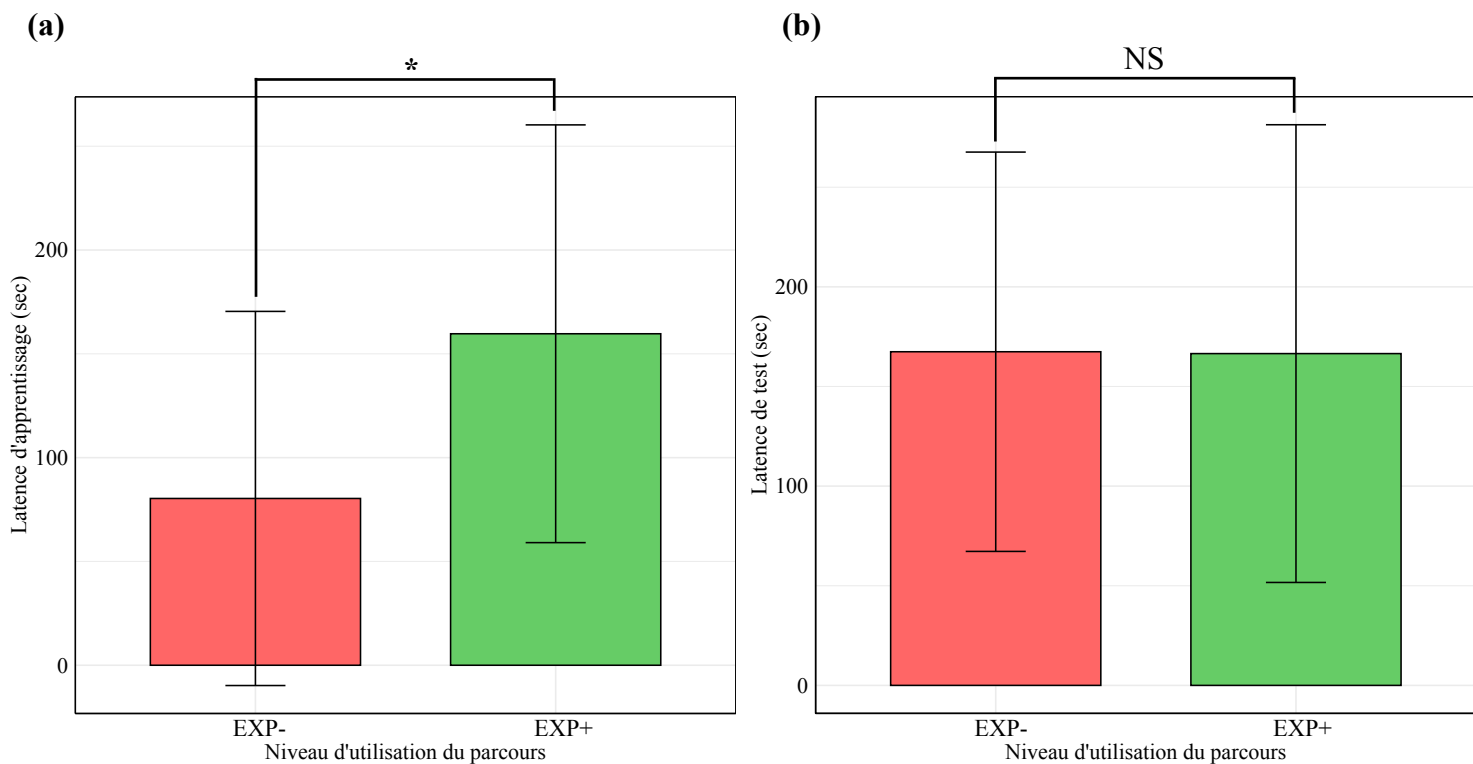


Figure 16. Histogrammes comparant (a) la latence moyenne d'apprentissage (sec) ainsi que (b) la latence moyenne de test (sec) lors du test de détour entre les individus les moins explorateurs (EXP-) et les individus les plus explorateurs (EXP+). « * » indique une différence significative ($p < 0,05$) et « NS » indique une différence non significative ($p \geq 0,05$). Les données sont présentées sous forme de moyenne brute \pm écart-type.

c) *Test de détour*

Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre l'indice d'éloignement et la latence d'apprentissage du test de détour ($r_s = 0,11$; $p = 0,31$, $n = 93$). Cependant, en comparant les extrêmes, la latence d'apprentissage des individus les moins explorateurs du parcours était significativement plus courte que celle des plus explorateurs ($80,3 \pm 90,10$ sec et $159,7 \pm 100,6$ sec, respectivement ; $U = 50$; $p = 0,01$, $n = 30$). Parmi les 80 individus qui ont réussi l'apprentissage, il n'a pas été mis en évidence de corrélation entre l'indice d'éloignement et la latence lors du test ($r_s = -0,12$; $p = 0,27$, $n = 80$, *Figure 16*). De plus, il n'y avait aucune différence significative de latence de test entre les individus les moins explorateurs et les individus les plus explorateurs ($U = 100$; $p = 0,94$, $n = 28$).

d) *Test d'indices*

Aucune relation significative n'a été mise en évidence entre l'indice d'éloignement et la latence d'apprentissage ($r_s = 0,07$; $p = 0,51$, $n = 93$). De plus, la latence d'apprentissage des poules les moins exploratrices du parcours ne différait pas significativement de celle des plus exploratrices ($U = 98$; $p = 0,54$, $n = 30$). Parmi les 93 individus testés, 44 n'ont pas passé la phase d'apprentissage et 5 ne se sont pas déplacés au cours d'au moins l'une des deux conditions de test. Ils ont donc été retirés et les analyses suivantes ont été réalisées sur les 44 individus restants. Aucune corrélation n'a été trouvée entre l'indice d'éloignement des individus et leur choix entre les indices distaux et les indices proximaux pour s'orienter ($H = 0,13$; $p = 0,71$, $n = 44$) ou encore leur capacité à utiliser des indices distaux ($H = 1,23$; $p = 0,27$, $n = 44$). De la même manière, pour ces deux dernières variables, il n'y avait pas de différence significative entre les animaux les moins explorateurs et les animaux les plus explorateurs ($\chi^2 = 0,25$; $p = 0,62$; $\chi^2 = 0,05$; $p = 0,83$, respectivement, $n = 13$).

e) *Test multivarié*

Les analyses qui suivent ont été réalisées sur les 93 individus testés. L'indice d'éloignement tendait à être négativement corrélé avec le temps passé dans le cercle intérieur ($r_s = -0,17$; $p = 0,10$, $n = 93$). À l'inverse, l'indice d'éloignement était significativement et positivement corrélé au temps passé dans le cercle extérieur ($r_s = 0,23$; $p = 0,03$, $n = 93$). Il existait également une corrélation significative positive entre l'indice d'éloignement et le nombre de changements de zone ($r_s = 0,21$; $p = 0,04$, $n = 93$, *Annexe VI*). En revanche, aucune corrélation n'a été trouvée entre l'indice d'éloignement et le temps passé derrière un écran ($r_s = 0,07$; $p = 0,52$, $n = 93$) ou encore le temps total consacré au fourrage ($r_s = -0,08$; $p = 0,45$, $n = 93$). Enfin, il n'y avait pas de différence significative entre les individus les moins explorateurs du parcours et les individus les plus explorateurs, et ce pour aucune des variables comportementales résultant du test multivarié (toutes les $p > 0,05$, $n = 30$, Mann-Whitney U).

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le *Tableau 1*.

Tableau 1. Corrélations entre les variables extraites des tests comportementaux et cognitifs et l'indice d'éloignement et comparaisons entre les individus les moins explorateurs du parcours (EXP-) et les individus les plus explorateurs du parcours (EXP+) pour ces mêmes variables. Une p-value en gras indique une corrélation ou une différence significative ($p < 0,05$). Une p-value en gras et en italique indique une tendance ($0,05 \leq p \leq 0,1$).

	Effectif total	Statistiques	EXP-	EXP+	Statistiques
Variables test de biais cognitif					
Latence	129,7 ± 105,1 sec	$p = 0,25$	99,9 ± 77,4 sec	110,1 ± 103,5 sec	$p = 0,81$
Latence miroir			70,8 ± 54,9 sec	82,5 ± 80,2 sec	$p = 0,81$
Latence poussin	<i>Pas d'interaction entre le stimulus et l'indice d'éloignement</i>		104,6 ± 89,9 sec	90,7 ± 96,7 sec	$p = 0,60$
Latence hibou			128,2 ± 68,1 sec	166,5 ± 123,2 sec	$p = 0,93$
Latence ambigu			95,9 ± 88,3 sec	100,5 ± 97,4 sec	$p = 0,34$
Variables test de détour					
Latence apprentissage	134,0 ± 111,9 sec	$r_s = 0,11$ $p = 0,31$	80,3 ± 90,1 sec	159,7 ± 100,6 sec	$p = 0,01$
Latence test	153,4 ± 103,9 sec	$r_s = -0,12$ $p = 0,27$	167,4 ± 100,2 sec	166,5 ± 114,8 sec	$p = 0,94$
Variables test d'indices					
Latence apprentissage	243,9 ± 125,2 sec	$r_s = 0,07$ $p = 0,51$	213,5 ± 139,7 sec	239,9 ± 126,7 sec	$p = 0,54$
Choix indices proximaux/distaux (proximaux : P ; distaux : D)	P : 19/44 D : 25 / 44	$p = 0,71$	P : 1/5 D : 4/5	P : 4/8 D : 4/8	$p = 0,62$
Performance indices distaux (succès : S ; échec : E)	S : 27/44 E : 17/44	$p = 0,27$	S : 3/5 E : 2/5	S : 3/8 E : 5/8	$p = 0,83$
Variables test multivarié					
Temps cercle intérieur	268,2 ± 34,0 sec	$r_s = -0,17$ $p = 0,10$	277,6 ± 35,1 sec	266,6 ± 38,5 sec	$p = 0,27$
Temps cercle extérieur	24,9 ± 26,0 sec	$r_s = 0,23$ $p = 0,03$	16,9 ± 28,7 sec	28,3 ± 30,3 sec	$p = 0,15$
Temps derrière un écran	6,9 ± 11,7 sec	$r_s = 0,07$ $p = 0,52$	5,5 ± 11,8 sec	5,1 ± 9,9 sec	$p = 0,78$
Nombre changements de zone	4,2 ± 4,5	$r_s = 0,21$ $p = 0,04$	3,3 ± 5,5	4,5 ± 4,7	$p = 0,27$
Temps fourragement	79,3 ± 56,2 sec	$r_s = -0,08$ $p = 0,45$	69,3 ± 47,2 sec	82,1 ± 75,1 sec	$p = 0,93$

IV. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'approfondir la compréhension des relations entre l'utilisation du parcours, le comportement et la cognition chez la poule pondeuse de souche White Leghorn élevée en système plein air. Plus spécifiquement, il s'agissait de tester si le comportement et la cognition du jeune animal, avant sa sortie sur le parcours, sont en lien avec son utilisation de ce même parcours quand il est plus âgé. Pour ce faire, une série de tests individuels a été mise en place : le test de biais cognitif, le test de détour, le test d'indices et le test multivarié. Des observations sur le parcours ont également été réalisées afin de caractériser le niveau d'utilisation du parcours de chaque individu. Les résultats ont montré que, lors du test de biais cognitif, les animaux percevaient différemment des stimuli de valence distincte (positive - ambiguë - négative). Néanmoins, la variabilité inter-individuelle dans la perception de ces stimuli n'était pas en lien avec la variabilité d'utilisation du parcours. Par ailleurs, les individus les moins explorateurs du parcours ont appris la tâche de détour au moment de l'apprentissage plus rapidement que les individus les plus explorateurs. Ils n'ont cependant pas été plus performants au moment du test. Le test d'indices, quant à lui, n'a pas conduit à des conclusions significatives ou suggestives. Enfin, le test multivarié a mis en évidence des relations entre l'exploration ainsi que la sociabilité des animaux et l'utilisation du parcours : les individus qui se sont le plus éloignés de leurs congénères et déplacés au sein de l'arène sont également ceux qui ont le plus utilisé le parcours, et inversement. Ces résultats seront discutés de manière séquentielle ci-dessous.

Le test de biais cognitif a mis en évidence que la latence pour traverser le couloir différait en fonction du stimulus positionné dans l'arène. La latence moyenne avec le miroir était significativement plus courte tandis que celle avec le hibou était plus longue, une latence plus importante pouvant être révélatrice d'une vigilance plus prononcée. Les latences avec le poussin et le stimulus ambigu étaient quant à elles intermédiaires. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus dans des études similaires (HEDLUND *et al.*, 2021, 2022). Les individus seraient donc capables de percevoir les stimuli de façon différente et d'adapter leur comportement en fonction de l'interprétation qu'ils en ont. La latence avec le stimulus ambigu ne différait pas de façon significative de la latence avec le poussin. Il se pourrait que les animaux ne discriminent pas ces deux stimuli ou interprètent le stimulus ambigu plutôt positivement, ce qui serait révélateur d'un comportement plutôt optimiste. En revanche, il n'a pas été mis en évidence de relations entre le comportement exprimé au cours du test et l'utilisation du parcours. Les individus les moins explorateurs du parcours et les individus les plus explorateurs ne différaient pas significativement dans leurs latences, quel que soit le stimulus considéré. Ainsi, la variabilité inter-individuelle d'utilisation du parcours ne dépendrait peut-être pas des différences de perception qu'ont les individus des informations présentes dans leur environnement. Dans les études menées jusqu'à présent mobilisant le test de biais cognitif, les animaux n'étaient pas tous soumis aux mêmes conditions.

Dans l'une d'elles par exemple, la perception des différents stimuli a été comparée chez deux groupes de poulets élevés dans des conditions post-éclosion divergentes : un groupe était soumis à des conditions de couvoir stressantes tandis que le second était soumis à des conditions de couvoir non stressantes (HEDLUND *et al.*, 2021). Les résultats ont révélé que la latence pour approcher le stimulus ambigu était plus longue chez les poussins stressés, et ce tant à l'âge de 1 semaine qu'à celui de 10 semaines. Ces observations laissent supposer que le stress du couvoir pourrait induire des niveaux durables de pessimisme. En revanche, dans la présente étude, toutes les poules étaient soumises aux mêmes conditions d'élevage au moment des tests. Il se pourrait donc qu'elles perçoivent leur environnement de façon similaire. Afin de compléter ces résultats, il serait pertinent de refaire le test une fois le parcours rendu accessible, lorsque les individus peuvent être clairement distingués entre les moins explorateurs et les plus explorateurs, et s'exposent à des situations différentes.

En ce qui concerne le test de détour, la latence totale cumulée au cours des essais d'apprentissage était significativement plus courte chez les individus les moins explorateurs du parcours par rapport à celle des individus les plus explorateurs. Une possible explication pourrait être que les poules les moins exploratrices ont appris plus rapidement à faire le détour, ce qui pourrait suggérer qu'elles possèdent des capacités de mémorisation ou d'orientation spatiale dans un nouvel environnement plus développées que les poules les plus exploratrices. Ces résultats sont notamment corroborés par FERREIRA *et al.* (2019) qui ont exposé que, lors d'un test de mémoire spatiale, les poulets les moins explorateurs du parcours avaient atteint le critère d'apprentissage préétabli plus rapidement que les poulets les plus explorateurs. Ils avaient par ailleurs montré une meilleure mémoire spatiale au cours du test ainsi qu'une amélioration de la mémoire spatiale entre deux essais menés sur la même journée. Ainsi, l'utilisation du parcours chez les poules pondeuses pourrait être favorisée par certaines capacités cognitives précoces. Une seconde hypothèse pourrait être que les poules les moins exploratrices du parcours ont davantage de motivation sociale et ont rejoint, par conséquent, plus rapidement leurs congénères dans l'arène. De la même manière, elles resteraient davantage dans le bâtiment d'élevage, où la densité d'individus y est la plus élevée, ce qui réduirait leur utilisation du parcours. En effet, l'isolement social sur le parcours peut être fréquent étant donné que la densité (nombre d'animaux par m²) diminue avec l'augmentation de la distance par rapport au bâtiment (CHIELO *et al.*, 2016; TAYLOR *et al.*, 2020). Si la latence d'apprentissage du détour était positivement corrélée à l'utilisation du parcours, ça n'était en revanche pas le cas avec la latence de test. À l'inverse des travaux de FERREIRA *et al.* (2020b), ce résultat ne démontre donc pas une plus grande flexibilité cognitive chez les poules les moins exploratrices du parcours. En phase de test, les individus étaient positionnés face à un écran grillagé au travers duquel ils pouvaient voir leurs congénères tandis qu'en phase d'apprentissage, l'écran était opaque. Ainsi, il se pourrait que ces deux conditions aient généré des comportements divergents chez les animaux.

Si l'on s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle les animaux les moins explorateurs du parcours ont une motivation sociale supérieure, ce qui expliquerait une latence d'apprentissage plus courte, il se pourrait que cette motivation sociale s'exprime différemment en phase de test, avec l'écran grillagé. Le fait de visualiser leurs congénères a peut-être contenté certains individus testés, restant dès lors immobiles. Il est également possible qu'ils n'aient pas fait preuve de suffisamment de flexibilité cognitive pour parvenir à faire le détour, malgré son apprentissage, détour impliquant qu'ils s'éloignent ponctuellement de leurs congénères. Il pourrait être pertinent de compléter les latences relevées au cours de l'apprentissage et du test avec d'autres mesures comportementales, telles que le temps passé au grillage en gardant un contact visuel avec les congénères ou encore le nombre d'interactions directes avec le grillage, afin d'améliorer la compréhension des résultats obtenus.

Le test d'indices n'a révélé aucune relation entre le comportement exprimé par les animaux dans l'arène et leur niveau d'utilisation du parcours. Néanmoins, la moitié des individus n'a pas rempli les critères d'apprentissage et pour ceux l'ayant satisfait, la répartition du nombre d'individus était proche de ce que l'on pourrait attendre d'une distribution aléatoire. La phase d'apprentissage était donc probablement trop courte pour permettre aux poules d'apprendre le positionnement de leurs congénères et le critère d'apprentissage pas suffisamment exigeant pour attester de l'apprentissage des animaux. Il apparaît dès lors impossible de conclure dans cette étude quant à d'éventuelles relations entre l'orientation spatiale et l'utilisation du parcours. Dans la littérature, les résultats se révèlent parfois contrastés : certaines études ont montré que les individus les moins explorateurs du parcours avaient une meilleure mémoire spatiale que les individus les plus explorateurs (FERREIRA *et al.*, 2019) tandis que d'autres ont révélé l'inverse (CAMPBELL *et al.*, 2018). Ces contradictions incitent à la réalisation d'études supplémentaires afin d'approfondir la compréhension du lien entre l'orientation spatiale et l'utilisation du parcours. Par ailleurs, FERREIRA *et al.* (2020a) a mis en évidence que les poulets préféraient s'orienter en utilisant des indices proximaux (plus proches du sujet) plutôt que des indices distaux (plus éloignés du sujet), lorsque ces derniers étaient mis en situation de conflit. Des différences entre les individus plus ou moins explorateurs ont cependant été constatées lors de l'utilisation des indices distaux seuls, où les poulets les moins explorateurs étaient plus performants. L'utilisation d'indices distaux est considérée comme reposant sur des mécanismes cognitifs plus complexes que l'utilisation d'indices proximaux (WHITE et MCDONALD, 2002; PACKARD et GOODMAN, 2013; LORMANT *et al.*, 2020). Ces résultats suggèrent donc que les tâches cognitives plus exigeantes sont plus efficaces pour révéler les différences cognitives individuelles.

Lors du test multivarié, les analyses ont révélé que les individus ayant passé davantage de temps dans le cercle intérieur au cours du test avaient un faible indice d'éloignement. À l'inverse, plus les individus ont passé du temps dans le cercle extérieur, plus leur indice d'éloignement était élevé. Le nombre de changements de zone effectués par les individus dans l'arène était lui aussi positivement corrélé à l'indice d'éloignement.

Le temps passé dans le cercle intérieur pourrait traduire une volonté des individus de rester à proximité de leurs congénères et par conséquent un certain degré de motivation sociale. Ainsi, les individus restant proches de leurs congénères au cours du test utiliseraient moins le parcours par la suite. Cela concorderait avec l'hypothèse émise précédemment dans le cadre du test de détour, stipulant qu'une forte motivation sociale réduirait l'utilisation du parcours par les poules. Ces résultats confirment ce qui a été mis en évidence par des études antérieures. Par exemple, FERREIRA *et al.* (2020a) ont démontré que lors d'un test de motivation sociale, les individus les moins enclins à l'exploration du parcours avaient tendance à rester davantage à proximité de leurs congénères par rapport aux individus plus enclins à son exploration. Par ailleurs, nos résultats suggèrent que les jeunes animaux s'étant le plus éloignés de leurs congénères et ayant le plus exploré l'arène lors du test multivarié continueraient d'être explorateurs lors de l'accès au parcours, quelques mois plus tard. Ainsi, l'exploration de l'arène serait en relation avec l'exploration du parcours, un comportement donc consistant dans le temps et dans différentes situations (lors de tests individuels et dans le milieu de vie, en groupe) ; ce qui appuie l'existence d'un trait de personnalité du comportement exploratoire chez les poules. Ces résultats s'alignent avec ceux d'autres études, ayant révélé des liens entre comportement d'exploration et utilisation du parcours chez le poulet élevé en plein air (FERREIRA *et al.*, 2021, 2022; BONNEFOUS *et al.*, 2023). En revanche, bien que l'on aurait pu s'y attendre au regard des résultats d'études précédentes (FERREIRA *et al.*, 2021, 2022; BONNEFOUS *et al.*, 2023), aucune relation n'a été démontrée entre le temps passé à fourrager dans l'arène et l'indice d'éloignement. Peut-être que si le fourragement favorise l'activité et l'exploration des animaux, il n'est pas toujours suffisant pour expliquer la sortie des animaux sur le parcours.

Réunis, les résultats mettent en évidence qu'il pourrait exister des relations entre la cognition et le comportement exprimé chez les poules pondeuses à un jeune stade de développement et leur utilisation du parcours par la suite. Notamment, une forte motivation sociale pourrait freiner la sortie des animaux sur le parcours, ces derniers restant à proximité de la majorité de leurs congénères présents à l'intérieur du bâtiment d'élevage. Au contraire, un comportement exploratoire exprimé au cours des tests serait lié à une plus forte utilisation du parcours. L'utilisation du parcours pourrait donc relever d'un compromis entre la motivation de l'individu à rester à proximité de ses congénères et sa motivation à explorer son environnement. Il pourrait s'agir là de deux indicateurs comportementaux précoces du niveau d'utilisation du parcours par les animaux. En revanche, peu de relations ont été identifiées entre la cognition des poules et l'utilisation du parcours. Il se pourrait que les capacités cognitives globales des animaux, avant leur sortie sur le parcours, aient une faible influence sur leur utilisation ou non du parcours. Néanmoins, peut-être que la relation entre cognition et utilisation du parcours peut être plus importante une fois l'accès au parcours.

Il s'agirait de mener d'autres études, en perfectionnant les tests pour extraire plus finement les capacités cognitives souhaitées et en réalisant des tests complémentaires, afin de mieux déterminer l'implication de la cognition dans l'utilisation du parcours.

Plusieurs éléments sont à considérer afin d'enrichir et renforcer cette étude. Il serait intéressant de tester les animaux de manière longitudinale (avant et après la sortie sur le parcours). En effet, peut-être que le fait d'être plus ou moins explorateur du parcours, autrement dit l'interaction entre l'individu et l'environnement extérieur, pourrait induire la mobilisation de capacités cognitives spécifiques et l'expression de certains comportements. Davantage de différences entre les individus les plus explorateurs du parcours et les individus les moins explorateurs pourraient alors être mises en évidence. D'autant plus qu'il a été montré que l'exposition à un environnement enrichi, comme peut le constituer un parcours en extérieur, peut affecter le développement cérébral et la cognition. Cela peut notamment induire un biais de jugement optimiste et améliorer la mémoire spatiale (MOHAMMED *et al.*, 2002). Il serait également pertinent de développer des évaluations cognitives et des suivis comportementaux des animaux au sein de leur groupe, dans le bâtiment d'élevage, afin d'éviter de les isoler de leur environnement social. Cette approche contribuerait à minimiser le stress et à favoriser l'expression de comportements plus spontanés. Enfin, la motivation sociale est particulièrement prononcée chez les jeunes animaux et évolue dans le temps, notamment au cours du développement du poussin. Ainsi, mobilisée au cours des tests cognitifs, elle pourrait influencer les résultats. La motivation alimentaire, moins fluctuante et plus aisément contrôlable, pourrait être utilisée pour des tests futurs.

V. CONCLUSION GÉNÉRALE

Pour conclure, les résultats de la présente étude ont montré que les caractéristiques individuelles d'un individu, à la fois comportementales et cognitives, pourraient partiellement expliquer l'utilisation ou non du parcours. Notamment, la motivation sociale et le comportement exploratoire des animaux pourraient constituer des indicateurs comportementaux précoces de l'utilisation du parcours. En revanche, les liens entre capacités cognitives et utilisation du parcours ne sont pas clairement mis en évidence et méritent d'être mieux étudiés. Des études complémentaires seraient nécessaires pour mieux comprendre les relations entre le comportement ainsi que la cognition des poules pondeuses élevées en système plein air et leur utilisation du parcours. Identifier les différences au niveau comportemental et cognitif présentes au sein d'un groupe de poules pondeuses et connaître leurs liens avec l'utilisation du parcours pourrait permettre, ultérieurement, de proposer un parcours aménagé en tenant compte de cette diversité, afin d'augmenter la proportion d'individus utilisant le parcours.

BIBLIOGRAPHIE

- BONNEFOUS C., CALANDREAU L., LE BIHAN-DUVAL E., FERREIRA V.H.B., BARDIN A., COLLIN A., REVERCHON M., GERMAIN K., RAVON L., KRUGER N., MIGNON-GRASTEAU S., GUESDON V. (2023). *Behavioural indicators of range use in four broiler strains*. Applied Animal Behaviour Science. 260.
- CAMPBELL D.L.M., HINCH G.N., DOWNING J.A., LEE C. (2016). *Fear and coping styles of outdoor-preferring, moderate-outdoor and indoor-preferring free-range laying hens*. Applied Animal Behaviour Science. 185, 73-77.
- CAMPBELL D.L.M., HINCH G.N., DOWNING J.A., LEE C. (2017). *Outdoor stocking density in free-range laying hens: effects on behaviour and welfare*. Animal. 11, 1036-1045.
- CAMPBELL D.L.M., TALK A.C., LOH A.Z., DYALL T.R., LEE C. (2018). *Spatial Cognition and Range Use in Free-Range Laying Hens*. Animals. 8.
- CAMPBELL D.L.M., DICKSON E.J., LEE C. (2019). *Application of open field, tonic immobility, and attention bias tests to hens with different ranging patterns*. PeerJ. 7.
- CAMPBELL D.L.M., BARI M.S., RAULT J.L. (2020). *Free-range egg production: its implications for hen welfare*. Animal Production Science. 61, 848-855.
- CARERE C., MAESTRIPIERI D. (2013). *Animal personalities: who cares and why?* Animal Personalities: Behavior, Physiology, and Evolution. University of Chicago Press. 1-9.
- CHIELO L.I., PIKE T., COOPER J. (2016). *Ranging behaviour of commercial free-range laying hens*. Animals. 6, 28.
- COOPER J.J., ALBENTOSA M.J. (2003). *Behavioural priorities of laying hens*. Avian and Poultry Biology Reviews. 14, 127-149.
- DALL S.R.X., HOUSTON A.I., MCNAMARA J.M. (2004). *The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective*. Ecology Letters. 7, 734-739.
- DARMAILLAC A.S., DICKEL L., AVARGUES-WEBER A., DUBOSCQ J., DUFOUR V., JOZET-ALVES C. (2018). *Cognition animale*. Dunod.
- FERREIRA V.H.B., PEUTEMAN B., LORMANT F., VALENCHON M., GERMAIN K., BRACHET M., LETERRIER C., LANSADE L., CALANDREAU L., GUESDON V. (2019). *Relationship between ranging behavior and spatial memory of free-range chickens*. Behavioral Processes. 166.

- FERREIRA V.H.B., BARBARAT M., LORMANT F., GERMAIN K., BRACHET M., LØVLIE H., CALANDREAU L., GUESDON V. (2020a). *Social motivation and the use of distal, but not local, featural cues are related to ranging behavior in free-range chickens (Gallus gallus domesticus)*. *Animal Cognition*. 23, 769-780.
- FERREIRA V.H.B., REITER L., GERMAIN K., CALANDREAU L., GUESDON V. (2020b). *Uninhibited chickens: ranging behaviour impacts motor self-regulation in free-range broiler chickens (Gallus gallus domesticus)*. *Biology Letters*. 16.
- FERREIRA V.H.B., SIMONI A., GERMAIN K.K., LETERRIER C., COLLIN A., MIGNON-GRASTEAU S., LE BIHAN-DUVAL E., GUETTIER E., LERUSTE H., CALANDREAU L., GUESDON V. (2021). *Working for food is related to range use in free-broiler chickens*. *Scientific Reports*. 11, 6253.
- FERREIRA V.H.B., SIMONI A., GERMAIN K., LETERRIER C., LANSADE L., COLLIN A., MIGNON-GRASTEAU S., LE BIHAN-DUVAL E., GUETTIER E., LERUSTE H., LØVLIE H., CALANDREAU L., GUESDON V. (2022). *Foraging behavior shows individual-consistency over time, and predicts range use in slow-growing free-range male broiler chickens*. *Frontiers in Veterinary Science*. 9.
- GORDON G.G., RICHARD F.N., ALTON L.E. (2013). *Tonic immobility as a reaction to predation: Artificial eyes as a fear stimulus for chickens*. *Psychonomic Science*. 23, 79-80.
- HEDLUND L., PALAZON T., JENSEN P. (2021). *Stress during commercial hatchery processing induces long-time negative cognitive judgement bias in chickens*. *Animals*. 11, 1083.
- HEDLUND L., VAN POUCKE E., JENSEN P. (2022). *Can early environmental enrichment buffer stress from commercial hatchery processing in laying hens?*. *Poultry*. 1, 125-137.
- KNIERIM U. (2006). *Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: a review*. *Wageningen Journal of Life Sciences*. 54, 133-145.
- LARSEN H., CRONIN G.M., GEBHARDT-HENRICH S.G., SMITH C.L., HEMSWORTH P.H., RAULT J.L. (2017). *Individual ranging behaviour patterns in commercial free-range layers as observed through RFID tracking*. *Animals*. 7, 21.
- LORMANT F., CORNILLEAU F., CONSTANTIN P., MEURISSE M., LANSADE L., LETERRIER C., LÉVY F., CALANDREAU L. (2020). *Research Note: role of the hippocampus in spatial memory in Japanese quail*. *Poultry Science*. 99, 61-66.
- MCBRIDE G., PARER I.P., FOENANDER F. (1969). *The social organization and behaviour of the feral domestic fowl*. *Animal Behaviour Monographs*. 2, 125-181.

- MOHAMMED A.H., ZHU S.W., DARMOPIL S., HJERLING-LEFFLER J., ERNFORS P., WINBLAD B., DIAMOND M.C., ERIKSSON P.S., BOGDANOVIC N. (2002). *Environmental enrichment and the brain*. Progress in Brain Research. 138, 109-133.
- NICOL C.J., GREGORY N.G., KNOWLES T.G., PARKMAN I.D., WILKINS L.J. (1999). *Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens*. Applied Animal Behaviour Science. 65, 137-152.
- NORMAN K.I., ADRIENSE J.E.C., NICOL C.J. (2019). *The impact of early structural enrichment on spatial cognition in layer chicks*. Behavioral Processes. 164, 167-174.
- PACKARD M.G., GOODMAN J. (2013). *Factors that influence the relative use of multiple memory systems*. Hippocampus. 23, 1044-1052.
- RÉALE D., DINGEMANSE N.J., KAZEM A.J.N., WRIGHT J. (2010). *Evolutionary and ecological approaches to the study of personality*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 365, 3937-3946.
- SOSNOWKA-CZAJKA E., SKOMORUCHA I., HERBUT E., MUCHAKA R. (2007). *Effect of management system and flock size on the behaviour of broiler chickens*. Annals of Animal Science. 7, 329-335.
- STADIG L.M., RODENBURG T.B., AMPE B., REUBENS B., TUYTTENS F.A.M. (2017). *Effect of free-range access, shelter type and weather conditions on free-range use and welfare of slow-growing broiler chickens*. Applied Animal Behaviour Science. 192, 15-23.
- STEENFELDT S., NIELSEN B.L. (2015). *Welfare of organic laying hens kept at different indoor stocking densities in a multi-tier aviary system: II: live weight, health measures and perching*. Animal. 9, 1518-1528.
- SUAREZ S.D., GALLUP G.G. (1983). *Social reinstatement and open-field testing in chickens*. Animal Learning & Behavior. 11, 119-126.
- TAYLOR P.S., HEMSWORTH P.H., GROVES P.J., GEBHARDT-HENRICH S.G., RAULT J.L. (2017a). *Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens 1: factors related to flock variability*. Animals 7, 54.
- TAYLOR P.S., HEMSWORTH P.H., GROVES P.J., GEBHARDT-HENRICH S.G., RAULT J.L. (2017b). *Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens 2: individual variation*. Animals. 7, 55.
- TAYLOR P.S., HEMSWORTH P.H., GROVES P.J., GEBHARDT-HENRICH S.G., RAULT J.L. (2020). *Frequent range vis- its further from the shed relate positively to free-range broiler chicken welfare*. Animal. 14, 138-149.
- WHITE N.M., MCDONALD R.J. (2002). *Multiple parallel memory systems in the brain of the rat*. Neurobiology of Learning and Memory. 77, 125-184.

ZIDAR J., CAMPDERRICH I., JANSSON E., WICHMAN A., WINBERG S., KEELING L., LØVLIE H. (2018). *Environmental complexity buffers against stress-induced negative judgement bias in female chickens*. Scientific Reports. 8, 5404.

ZIMMERMAN P.H., LINDBERG A.C., POPE S.J., GLEN E., BOLHUIS J.E., NICOL C.J. (2006). *The effect of stocking density, flock size and modified management on laying hen behaviour and welfare in a non-cage system*. Applied Animal Behaviour Science. 101, 111-124.

SITOGRAPHIE

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (2018). *Le bien-être animal en 8 questions*. [Consulté le 14 février 2023].

Disponible à l'adresse : <https://www.anses.fr/fr/content/l'anses-propose-une-définition-du-bien-être-animal-et-définit-le-socle-de-ses-travaux-de-1>.

FILIERES AVICOLES (2020). *Plus d'une poule sur deux élevée hors cage !*. [Consulté le 14 février 2023].

Disponible à l'adresse : <https://www.filières-avicoles.com/actualites/plus-d-une-poule-sur-deux-elevee-hors-cage-!>

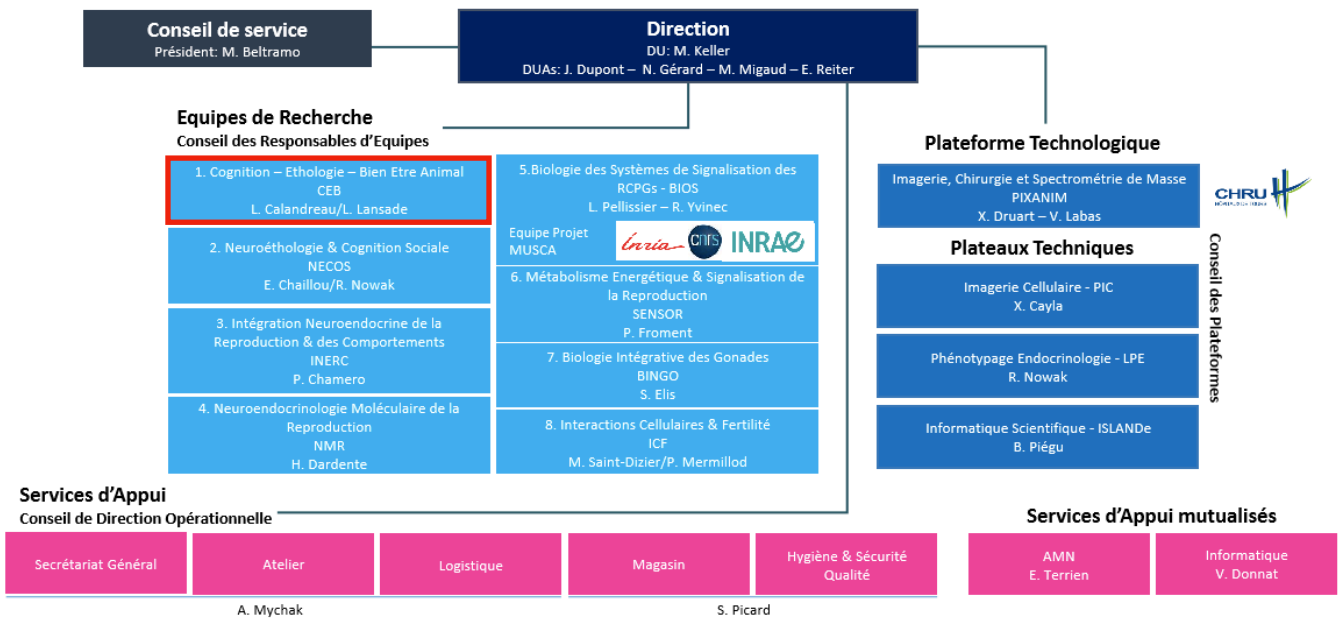
MAGDELAINE P., ROGUET C., DOCKÈS A.C., DELANOUE E. (2018). *La controverse sur l'élevage. Principaux enseignements du projet ACCEPT*. [Consulté le 14 février 2023].

Disponible à l'adresse : https://accept.ifip.asso.fr/docs/publication/magdelaine_tema_n_47_vf.pdf.

ANNEXES

Annexe I. Organigramme général de l'Unité Mixte de Recherche Physiologie de la Reproduction et des Comportements du centre INRAE Val de Loire (Nouzilly).

	Organigramme général des services	Identification : 0085-FE-0457 Date de mise en application : 03/01/2023 N° version : 1 page : ¼	Signature de la direction
	Unité Mixte de Recherche 0085-7247 Physiologie de la Reproduction et des Comportements INRAE-CNRS- Université de Tours-IFCE		



SANDERS Ouest



SANDERS OUEST

Site de Champagné

Le pont d'Étrelles

35370 ÉTRELLES

N° Tél : 02.99.75.76.00

Adhérent QUALIMAT et OQUALIM

Agrément n° : alpha FR 72 054 400

POULETTE REPRO 0-9 TTC

102039 / 102 30102039 / 88

Aliment complet pour poulettes

Cet aliment est strictement réservé à l'espèce ou catégorie d'animaux indiquée.

MODE D'EMPLOI

A distribuer à sec et à volonté de 0 à 9 semaines. Mettre en permanence de l'eau potable à disposition des animaux. Cet aliment a été fabriqué en ayant subi un traitement thermique contrôlé afin de limiter la contamination bactériologique. Il doit être conservé et stocké dans des conditions limitant toute contamination.

Agr. Salm.

Administration interdite 1 jour(s) au moins avant l'abattage.

Dangereux pour les équidés.

Cet aliment contient un additif du groupe des ionophores. Son administration simultanée avec certains médicaments (par exemple la tiamuline) peut être contre-indiquée.

COMPOSITION

F Tourteau d'extraction de soja génétiquement modifié cuit, Son de blé, Tourteau de pression de tournesol partiellement décortiqué, Carbonate de calcium, Tourteau d'extraction de colza, Huile de lin, Phosphate monocalcique, Prémélange d'additifs, Chlorure de sodium.

CONSTITUANTS ANALYTIQUES

Protéine brute	19.1 %
Matières grasses brutes	3.2 %
Cellulose brute	4.7 %
Cendres brutes (mat. minérales)	5.7 %
Phosphore	0.66 %
Calcium	0.89 %
Sodium	0.14 %
Lysine	0.93 %
Méthionine	0.29 %

ADDITIFS

Vitamines

Vitamine A (E 672)	10000 UI/kg
Vitamine D3 (E 671)	3520 UI/kg
Vitamine E (3a700)	20 UI/kg

Oligo-Éléments

Fer (sulfate ferreux, monohydraté) (E1)	35 mg/kg
Iode (iodate de calcium, anhydre) (E2)	1.03 mg/kg
Cuivre (sulfate cuivrique, pentahydraté) (E4)	10 mg/kg
Manganèse (oxyde manganéux) (E5)	65 mg/kg
Zinc (oxyde de zinc) (E6)	55 mg/kg
Sélénium (sélénite de sodium) (E8)	0.30 mg/kg

Acides aminés et analogues

Analogue hydroxylé de la méthionine	0.12 %
-------------------------------------	--------

(total des acides : min. 85% ; acide monomère : min. 65%)

Améliorateurs de digestibilité

4a6 6-phytase EC 3.1.3.26	1504 FYT/kg
4a7 Endo-1,4-bêta-xylanase EC 3.2.1.8	421 TXU/Kg
4a7 Endo-1,4-bêta-glucanase EC 3.2.1.4	188 TGU / kg

Coccidiostatiques

5 1 701 Monensin-Sodium	110 mg/kg
-------------------------	-----------

Substances aromatiques

Mélange de substances aromatiques

Conservateurs

Acides organiques

à utiliser avant fin 10/2013

Dans le cas où le poids net n'apparaît pas, il est indiqué sur le sac ou sur le bon de livraison.

Lot n° 20130405021

SANDERS OUEST

Site de Champagné

Le pont d'Étrelles

35370 ETRELLES

N° Tél : 02.99.75.76.00

Adhérent QUALIMAT et OQUALIM

Agrément n° : alpha FR 72 054 400

POULETTE 10-18 TTC gr

102040 / 048 30102046 / 80

Aliment complet pour poulettes

Cet aliment est strictement réservé à l'espèce ou catégorie d'animaux indiquée.

MODE D'EMPLOI

A distribuer à sec et à volonté de 10 à 18 semaines. Mettre en permanence de l'eau potable à disposition des animaux. Cet aliment a été fabriqué en ayant subi un traitement thermique contrôlé afin de limiter la contamination bactériologique. Il doit être conservé et stocké dans des conditions limitant toute contamination.

Agr. Salm.

COMPOSITION

Blé, Son de blé, Orge, Tourteau d'extraction de soja génétiquement modifié cuit, Maïs, Tourteau de pression de tournesol partiellement décortiqué, Tourteau d'extraction de tournesol, Gluten feed de blé, Tourteau de pression de colza, Carbonate de calcium, Drèches de distillerie de blé, Acide Gras d'origine végétale, produit à partir de soja génétiquement modifié, Prémélange d'additifs, Chlorure de sodium, Phosphate monocalcique.

CONSTITUANTS ANALYTIQUES

Fibre brute	15.4 %
Matières grasses brutes	3.5 %
Cellulose brute	5.6 %
Cendres brutes (mat. minérales)	6.2 %
Phosphore	0.53 %
Calcium	1.20 %
Sodium	0.18 %
Lysine	0.67 %
Méthionine	0.25 %

ADDITIFS

Vitamines

Vitamine A (E 672)	15000 UI/kg
Vitamine D3 (E 671)	3750 UI/kg
Vitamine E (3a700)	100 UI/kg

Oligo-Éléments

Fer (sulfate ferreux, monohydraté) (E1)	57 mg/kg
Iode (iodate de calcium, anhydre) (E2)	2.02 mg/kg
Cuivre (sulfate cuivrique, pentahydraté) (E4)	15 mg/kg
Manganèse (oxyde manganéux) (E5)	120 mg/kg
Zinc (sulfate de zinc) (E6)	100 mg/kg
Molybdène (molybdate de sodium) (E7)	0.5 mg/kg
Sélénium (sélénite de sodium) (E8)	0.20 mg/kg

Acides aminés et analogues

Analogue hydroxylé de la méthionine 0.03 %

(total des acides : min. 85% ; acide monomère : min. 65%)

Améliorateurs de digestibilité

4a7 Endo-1,4-bêta-xylanase EC 3.2.1.8	560 TXU/Kg
4a7 Endo-1,4-bêta-glucanase EC 3.2.1.4	250 TGU / kg
4a 1600 3-Phytase EC 3.1.3.8	496 FTU/kg

à utiliser avant fin 10/2013

Dans le cas où le poids net n'apparaît pas, il est indiqué sur le sac ou sur le bon de livraison.

Lot n° 20130405022

SANDERS OUEST

S de Champagne

Le pont d'Etrelles

35370 ETRELLES

N° Tél : 02.99.75.76.00

Adhérent QUALIMAT et OQUALIM

Agrément n° : alpha FR 72 054 400

PONDEUSE INRA TTC mi

102041 / 119 30102041 / 8

Aliment complet pour poules pondeuses

Cet aliment est strictement réservé à l'espèce ou catégorie d'animaux indiquée.

MODE D'EMPLOI

Mettre en permanence de l'eau potable à disposition des animaux.

Cet aliment à été fabriqué en ayant subi un traitement thermique contrôlé afin de limiter la contamination bactériologique. Il doit être conservé et stocké dans des conditions limitant toute contamination.

Agr. Salm.

COMPOSITION

Blé , Tourteau d'extraction de soja génétiquement modifié cuit , Maïs , Carbonate de calcium , Tourteau d'extraction de tournesol partiellement décortiqué , Drèches de distillerie de maïs , Son de blé , Acide Gras d'origine végétale, produit à partir de soja génétiquement modifié , Prémélange d'additifs , Phosphate monocalcique , Chlorure de sodium.

CONSTITUANTS ANALYTIQUES

Protéine brute	17.5 %
Lipides brutes	4.0 %
Cenulose brute	4.2 %
Cendres brutes (mat. minérales)	12.9 %
Phosphore	0.46 %
Calcium	3.90 %
Sodium	0.13 %
Lysine	0.86 %
Méthionine	0.28 %

ADDITIFS

Vitamines

Vitamine A (E 672)	10000 UI/kg
Vitamine D3 (E 671)	2400 UI/kg
Vitamine E (3a700)	100 UI/kg

Oligo-Eléments

Fer (sulfate ferreux, monohydraté) (E1)	20 mg/kg
Iode (iodate de calcium, anhydre) (E2)	0.80 mg/kg
Cobalt (carbonate basique de cobalt, monohydraté) (E3)	0.30 mg/kg
Cuivre (sulfate cuivrique, pentahydraté) (E4)	15 mg/kg
Manganèse (oxyde manganoux) (E5)	80 mg/kg
Zinc (sulfate de zinc) (E6)	40 mg/kg
Sélénium (sélénite de sodium) (E8)	0.30 mg/kg

Acides aminés et analogues

Analogue hydroxylé de la méthionine	0.14 %
-------------------------------------	--------

(total des acides : min. 85% ; acide monomère : min. 65%)

Améliorateurs de digestibilité

4a7 Endo-1,4-bêta-xylanase EC 3.2.1.8	560 TXU/Kg
4a7 Endo-1,4-bêta-glucanase EC 3.2.1.4	250 TGU / kg
4a 1600 3-Phytase EC 3.1.3.8	500 FTU/kg

Colorants

Ester éthylique acide Bêta-apo-8-caroténoïque (E160 f)	1.60 mg/kg
Canthaxanthine (E161 g)	2.00 mg/kg

Antioxygènes

Ethoxyquine (E324)	7 mg/kg
--------------------	---------

à utiliser avant fin 12/2013

Dans le cas où le poids net n'apparaît pas, il est indiqué sur le sac ou sur le bon de livraison.

Lot n° 20130624050

Annexe III. Programmes lumineux et de température suivis à l'intérieur du bâtiment d'élevage.

Éclairage artificiel (avec démarrage et extinction de la lumière progressifs) :

- 24h de lumière de J1 à J6, afin de faciliter la recherche d'eau et d'aliment
- 16h de lumière de J7 à J9
- 8h de lumière à partir de J10

Température ambiante :

- 33°C à J1 et diminution progressive jusqu'à atteindre 20°C à J35

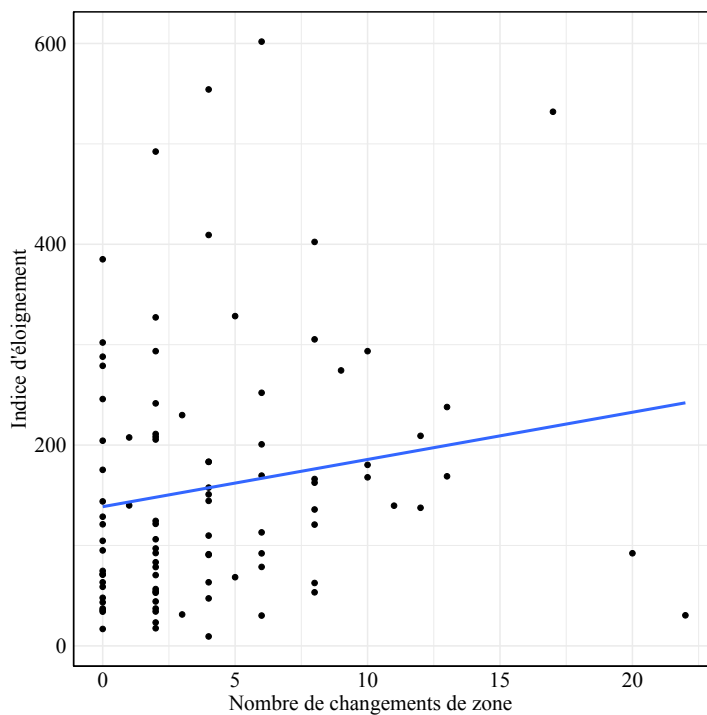
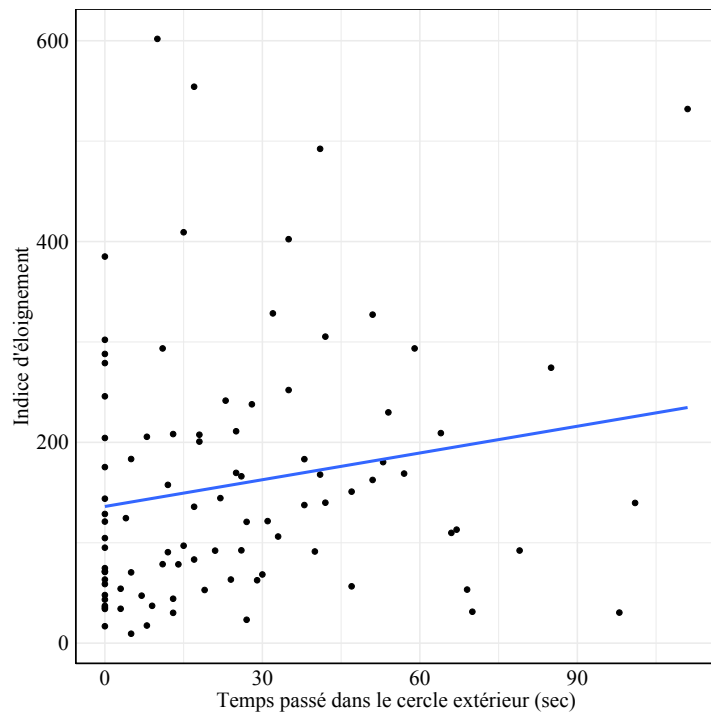
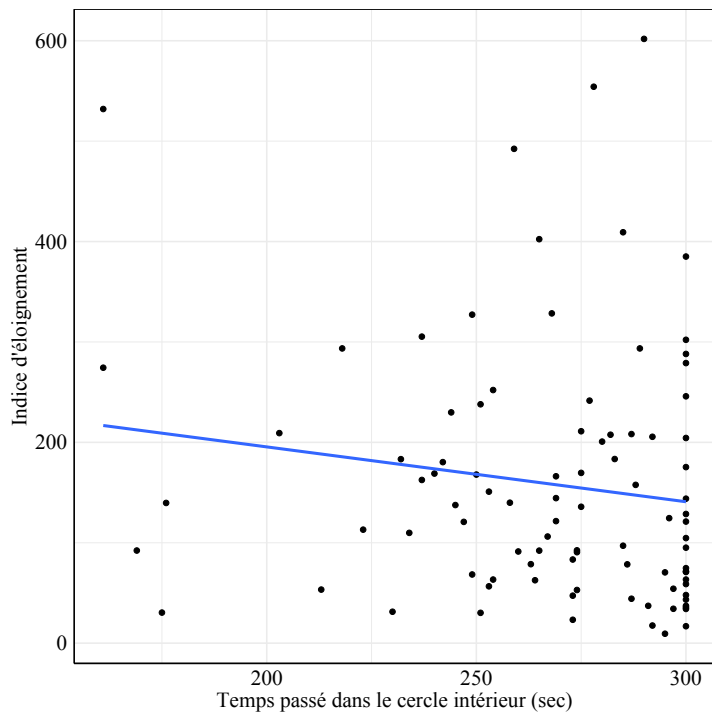
Annexe IV. Plan de Prophylaxie des Futurs Reproducteurs -PEAT-URA -GABI pour Gallus chair/ ponte.

PLAN de PROPHYLAXIE des FUTURS REPRODUCTEURS -PEAT-URA -GABI					
mis à jour le		janv-23		GALLUS CHAIR/PONTE	
AGE: JOURS	SEM.	MALADIE	MEDICAMENT VACCINS	MODALITES D'APPLICATIONS	REMARQUES
J-10	S-2		TH5 OU Formol	Pulvérisation ou fumigation	
J-3	S-1	Insecticide	SOLFAC	Pulvérisation	
1		MAREK	MD VAC LYO	IM au couvoir	
		BRONCHITE INF.	BI MA5	pulvérisation au couvoir	Buse (rouge) TXVK-6
1-2	1	SUPPL NUTRI	G MAG / covibote	1g / L d' eau	
5-7		ANTICOCCIDIEN	PARACOX 8	0,1ml /poussin	
14	2	BRONCHITE INF.	Nobilis IB 4-91	Pulvérisation	Buse (rouge) TXVK-6
19 (chair)	2	GUMBORO	Pouvac Barsine 2	Nébulisation	
21	3	GUMBORO	AVIPRO GUMBORO VAC	Eau de boisson	
22-23-24	4	VITAMINES	MULTI B	Eau de boisson	0,2 ml/litre
28	4	GUMBORO	AVIPRO GUMBORO VAC	Eau de boisson	
36	5	GROSSE TETE INFECT.	NOBILIS RHINO CV	Nébulisation	Buse (inox) TXSS-22
		B.I. - NEWCASTLE	NOBILIS BI MA5-CLONE 30	Nébulisation	le meme jour sans mélanger
63	9	Anémie infectieuse	Avipro Thymovac	Eau de boisson	
71-72-73		VITAMINES	MULTI B	Eau de boisson	0,2 ml/litre
76	11	BRONCHITE INF.	NOBILIS IB 4/91	Pulvérisation	Buse (rouge) TXVK-6
84	12	NEWCASTLE	NOBILIS ND CLONE	Eau de boisson	
98	14	ENCEPHALOMYELITE	MYELOVAX	Eau de boisson	
	18	VERMIFUGE	LEVASOLE	Eau de boisson	1g/10 kg de P Vif
PASSAGE EN BATIMENT REPRO					
Après transfert quand les animaux sont dans les cages repro		NEWCASTLE	} NOBILIS RT PONTE	1 injection en IM par vaccin	
		BRONCHITE INF.		au bréchet après	
		E.D.S.		passage en cage REPRO	
		GROSSE TETE			
		GUMBORO	NOBILIS GUMBORO INAC		
ATTENTION					
- utiliser du thiosulfate pour mettre dans l'eau pour faire vos traitements en eau de boisson sauf pour les vitamines					
-Utiliser des seringues et des aiguilles stériles entre chaque lot					
-Détruire les restes de vaccins non utilisés en ajoutant de l'eau de javel dans les conditionnements					
- Le restant des vaccins non utilisés sont à mettre dans les boites jaune pour incinération					
N.B. = Pas de traitement au Baytril en période de ponte d'œufs de consommations					

Annexe V. Détail du calcul des coefficients de chacune des cinq zones de l'aire extérieure (zone bétonnée, zone A, zone B, zone C, zone D), mobilisés dans le calcul de l'indice d'éloignement.

Zone	Coefficient
Zone bétonnée	$X_0 = 1,4/2 = 0,7$
Zone A	$X_A = 1,4 + 4,5/2 = 3,65$
Zone B	$X_B = 1,4 + 4,5 + 9/2 = 10,4$
Zone C	$X_C = 1,4 + 4,5 + 9 + 13,5/2 = 21,65$
Zone D	$X_D = 1,4 + 4,5 + 9 + 13,5 + 18/2 = 37,4$

Annexe VI. Régressions linéaires pour les corrélations significatives du test multivarié, entre l'indice d'éloignement et **(a)** le temps passé dans le cercle intérieur (sec) ; **(b)** le temps passé dans le cercle extérieur (sec) ; **(c)** le nombre de changements de zone.





Diplôme : Diplôme d'ingénieur agronome
Spécialité : Agronomie
Spécialisation / option : Sciences et Ingénierie en Productions Animales (SIPA)
Enseignant référent : Yannick LE COZLER

Auteur(s) : Jeanne SERESSIA
Date de naissance : 07/07/1999

Organisme d'accueil : Centre INRAE Val de Loire,
UMR PRC, Équipe Cognition, Éthologie, Bien-être
animal

Pages : 20 Annexes : 6

Adresse : 37380 Nouzilly

Année de soutenance : 2023

Maître de stage : Ludovic CALANDREAU

Co-encadrants : Vitor FERREIRA / Vanessa GUESDON

Titre français : Relations entre utilisation du parcours, comportement et cognition chez la poule pondeuse élevée en système plein air

Titre anglais : Relationships between use of the free-range, behavior and cognition in the laying hen reared in an outdoor system

Résumé : Les volailles élevées en plein air ont accès à un espace extérieur, le parcours. Au sein d'un même groupe d'individus, élevés dans les mêmes conditions d'élevage, une grande variabilité inter-individuelle d'utilisation du parcours est souvent observée. Celle-ci peut résulter de différences comportementales et cognitives entre les individus, présentes dès leur plus jeune âge. L'objectif de cette étude était d'améliorer la compréhension des relations entre l'utilisation du parcours, le comportement et la cognition chez la poule pondeuse élevée en système plein air. Pour ce faire, des poules pondeuses de souche White Leghorn (n = 93) ont été confrontées, avant leur accès au parcours, à quatre tests comportementaux et cognitifs : le test de biais cognitif, le test de détour, le test d'indices et le test multivarié. Elles ont par ailleurs été observées sur le parcours afin de déterminer leur niveau d'utilisation de ce dernier. Bien que les variables des tests de biais cognitif et d'indices n'aient démontré aucune corrélation avec l'utilisation du parcours, les résultats mettent en évidence que les individus les moins explorateurs du parcours semblaient avoir appris la tâche de détour plus rapidement que les individus les plus explorateurs, suggérant une meilleure mémorisation spatiale ou une motivation sociale plus prononcée. En revanche, les poules les plus enclines à l'exploration du parcours ont montré une moindre dépendance sociale et ont davantage exploré l'arène du test multivarié.

Abstract : Free-range poultry are provided access to an outdoor space, the range. Within the same group of individuals, reared under the same breeding conditions, a great inter-individual variability in the use of the range is often detected. This can result from behavioral and cognitive differences between individuals, present from an early age. The objective of this study was to improve understanding of the relationships between use of the free-range, behavior and cognition in the laying hen reared in an outdoor system. To that aim, laying hens of the White Leghorn strain (n = 93) were subjected, before their access to the range, to four behavioral and cognitive tests : the cognitive bias test, the detour test, the rotated floor test and the multivariate test. They were also observed on the range to determine their level of use of the range. Although the variables of the cognitive bias and rotated floor tests showed no correlation with the use of the range, outcomes revealed that the individuals who were the least explorers of the range (low rangers) seemed to have learned the detour task more quickly than the more exploratory individuals (high rangers), suggesting a better spatial memorization or a more pronounced social motivation. On the other hand, the hens most prone to exploring the range demonstrated less social dependence and explored the arena of the multivariate test more.

Mots-clés : *Gallus gallus domesticus*, Poules pondeuses, Comportement, Cognition, Plein air, Bien-être animal

Key Words : *Gallus gallus domesticus*, Laying hens, Behaviour, Cognition, Free-range, Animal welfare