



CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES POULETTES ET PONDEUSES :



REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE RELATIVE AUX ASPECTS À MODIFIER

Groupe d'experts scientifique du Code de pratiques des poulettes et pondeuses
Février 2025

■ **Tina M. Widowski, B.S., M.S., Ph.D. (présidente)**
Professeure, Département des sciences animales
et avicoles
Chaire de recherche sur le bien-être de la volaille des
Producteurs d'œufs du Canada
Université de Guelph

■ **Alexandra Harlander, Mag.med.vet, Dr.med.vet,
PD, DECAWBM-AWSEL**
Professeure, Département de biologie animale
Université de Guelph

■ **Mike Petrik D.V.M., M.Sc.**
Professeur associé,
Collège de médecine vétérinaire de l'Ontario,
Université de Guelph
Directeur des services techniques
McKinley Hatchery Inc.

■ **Josiah Mullet Koop B.Sc., M.Sc.**
Rédacteur de recherche

■ **Glen Jennings (d'office)**
Président du Comité de modification du
Code pour poulettes et pondeuses
Producteurs d'œufs du Canada



Remerciements

Le présent rapport représente un travail considérable qui a bénéficié de l'aide et de l'apport de nombreuses personnes. Le Groupe d'experts scientifique tient à remercier les personnes suivantes pour la contribution qu'elles ont apportée à ce rapport : Stephanie Torrey Ph.D., qui a servi à titre de coordonnatrice du comité d'examen par les pairs; les trois experts examinateurs anonymes; et le président du Comité de modification du code, Glen Jennings, des Producteurs d'œufs du Canada, qui a apporté son expertise de l'industrie et fourni de nombreux commentaires judicieux qui ont rendu le texte plus clair et plus pertinent.

Une aide financière a été fournie par Agriculture et Agroalimentaire Canada par l'entremise du programme Agri-assurance du Partenariat canadien pour une agriculture durable.

EXTRAIT DU MANDAT DU GROUPE D'EXPERTS SCIENTIFIQUE

Contexte

Il est largement admis que les codes, les lignes directrices, les normes et la législation portant sur les soins aux animaux devraient tirer profit des meilleures connaissances disponibles. Cette somme de connaissances prend souvent sa source dans la documentation scientifique.

En réinstaurant un processus d'élaboration des codes de pratiques, le CNSAE reconnaît la nécessité de mettre en place des moyens plus officiels pour intégrer l'expertise scientifique au processus d'élaboration des codes de pratiques. L'examen de la recherche par le Groupe d'experts scientifique fournira des informations très utiles au Comité de modification du code, chargé de modifier le *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes et pondeuses*. Étant donné que le rapport sera rendu public, le processus d'élaboration du Code reflétera un processus de transparence, qui n'en sera que plus crédible.

Objectif et buts

Le Groupe d'experts scientifique élaborera un rapport synthétisant les résultats de la recherche portant sur les aspects à modifier¹ définis, énoncés par le Comité technique du code (CTC). Le Comité de modification du code s'en servira pour modifier le *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes et pondeuses*.

Le rapport du Comité scientifique ne comportera pas de recommandations tirées des résultats de la recherche. Son seul but est de présenter une compilation objective et impartiale de l'état de la recherche scientifique.

¹ Définition tirée du [glossaire](#) du Processus d'élaboration des codes de pratiques du CNSAE :

Modification du code : la modification d'un code change, allonge ou raccourcit une section ou une sous-section d'un code de pratiques existant. Elle implique un nombre défini et limité de sujets abordés dans le code en vue de leur modification possible.

Préface

Le document, issu d'une compilation de la recherche réalisée par le Groupe d'experts scientifique (GES), examine la recherche sur trois sujets déterminés par le Comité technique du code (CTC). Le CTC est établi par le groupe de l'industrie responsable (les Producteurs d'œufs du Canada dans le cas de ce Code) et comprend l'expertise suffisante du Comité du code original ou du Comité scientifique. Le comité doit compter des représentantes ou des représentants de l'organisation de producteurs ou du groupe spécialisé de l'industrie concernée et :

- du monde de la recherche ou de la médecine vétérinaire;
- d'une association nationale de défense du bien-être animal;
- d'autres spécialistes au besoin.

Dans le cadre de l'examen quinquennal obligatoire du Code, le CTC du secteur de la production d'œufs a recommandé le lancement de la modification du Code. Il a été déterminé que trois aspects du Code en vigueur (publié en 2017) devaient être modifiés. Toute modification de Code doit être entreprise conformément au [Processus d'élaboration des codes de pratiques](#) du CNSAE, mais il faut souligner que des étapes de la revue de la littérature scientifique peuvent être omises ou modifiées selon les recommandations du CTC. Aux fins de la modification du présent Code, le CTC a déterminé que la revue de la littérature nécessaire devait porter sur les trois aspects à modifier déterminés, à savoir :

- i. l'espace aux mangeoires circulaire pour poulettes et pondeuses;
- ii. l'allocation d'espace minimal aux poulettes dans les systèmes à plusieurs niveaux;
- iii. le nombre maximal de niveaux dans les systèmes à plusieurs niveaux pour poulettes et pondeuses.

Comme dans le [Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes et pondeuses](#) (CNSAE, 2017), les termes « poussin », « poulette » et « poule » sont définis comme suit aux fins du présent rapport :

- Poussin :** Jeune oiseau, entre le moment de l'éclosion et celui où il est complètement emplumé, soit d'habitude entre l'âge de 14 et de 21 jours.
- Poulette :** Jeune volaille domestique femelle complètement emplumée, mais n'ayant pas encore atteint la maturité sexuelle (c.-à-d., n'ayant pas commencé à pondre des œufs).
- Poule :** Volaille domestique femelle ayant atteint la maturité sexuelle (c.-à-d. ayant commencé à pondre des œufs).

**CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION
DES POULETTES ET PONDEUSES :
REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE RELATIVE AUX ASPECTS À MODIFIER**

**Groupe d'experts scientifique du Code de pratiques des poulettes et pondeuses
Février 2025**

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	i
Extrait du mandat du Groupe d'experts scientifique.....	ii
Contexte	ii
Objectif et buts	ii
Préface	iii
1. Espace aux mangeoires circulaires pour poulettes et pondeuses.....	1
Conclusions	1
Introduction	1
Exigences en matière d'espace physique d'alimentation	2
Comportement d'alimentation et interactions de groupes	2
Facilitation sociale, alimentation synchronisée et regroupement dans l'espace	2
Habitudes alimentaires diurnes	3
Compétition et agressions pendant l'alimentation	3
Distribution des ressources et comportement d'alimentation.....	4
Comparaisons des effets de l'allocation d'espace aux mangeoires sur le comportement et le rendement	4
Pondeuses	5
Poulettes	7
Poulets à chair.....	7
Références	12
2. Allocation d'espace aux poulettes dans les systèmes à plusieurs niveaux	14
Conclusions	14
Termes et définitions	14
Densité de peuplement.....	14
Allocation d'espace	14
Taille de groupe	14
Introduction	15
Les défis de la recherche sur les allocations d'espace.....	15
Exigences en matière d'espace physique	16
Exigences en matière d'espace pour les besoins comportementaux.....	17
Locomotion et niveaux d'activité	17
Picage de plumes et agressions	18

Comparaison des effets de l'allocation d'espace sur les indicateurs de bien-être.....	19
Congestion et entassement.....	20
Références	24
3. Nombre maximal de niveaux dans les systèmes à plusieurs niveaux pour poulettes et pondeuses	27
Conclusions	27
Introduction	27
Description du logement en volières : systèmes à plusieurs niveaux	28
Déplacement entre les niveaux	29
Mouvement des oiseaux vers le haut et le bas sur des rampes ou des perchoirs	29
Mouvement vers le haut et le bas dans l'air	31
Facteurs chez les oiseaux influant sur leurs capacités de locomotion	31
Références	33

1. ESPACE AUX MANGEOIRES CIRCULAIRES POUR POULETTES ET PONDEUSES

CONCLUSIONS

- 1. Il existe une relation positive entre les mesures de bien-être et l'espace aux mangeoires. Une superficie minimale aux mangeoires est nécessaire pour assurer le bien-être.**
- 2. L'interaction entre l'espace aux mangeoires, la répartition des mangeoires, la disposition des perchoirs autour des mangeoires et la taille des groupes forme l'environnement de consommation d'aliments des oiseaux.**
- 3. L'analyse biométrique par images numériques de poules aux plumes blanches et brunes montre que les poules brunes sont plus grandes et nécessitent par conséquent plus de place pour accéder à la mangeoire. La taille plus grande des oiseaux influe à la fois sur leurs besoins d'espace physique et leur comportement d'alimentation, notamment sur la compétition et l'espace personnel, ce qui a des répercussions sur l'espace aux mangeoires nécessaire pour assurer le bien-être des poules.**
- 4. En plus de l'espace physique nécessaire au comportement d'alimentation, des facteurs sociaux comme la synchronisation et le regroupement ou, à l'inverse, comme la compétition et la distance sociale influent sur les exigences de l'espace nécessaire au comportement d'alimentation.**
- 5. Des éléments probants issus de la recherche scientifique montrent que la synchronisation du comportement d'alimentation fait qu'au maximum 70 % des poules et des poulettes s'alimentent simultanément, particulièrement dans les grands groupes pour lesquels des mangeoires circulaires sont utilisées.**

INTRODUCTION

L'évaluation des allocations d'espace aux mangeoires et des effets sur le bien-être des pondeuses et des poulettes nécessite de tenir compte du fonctionnement biologique des poules, de leurs états affectifs et de leur vie naturelle (conformément au mandat du comité scientifique du CNSAE, consultable à l'adresse <https://www.nfacc.ca/processus-delaboration-des-codes#annexeB>). Pour tenir compte du fonctionnement biologique de la poule, il faut notamment évaluer des indicateurs de rendement, comme la production d'œufs, le poids corporel et le taux de conversion alimentaire, ainsi que des résultats comme la santé et l'état corporel. Les états affectifs représentent les expériences subjectives des poules et ce qu'elles sont susceptibles de ressentir selon l'allocation d'espace aux mangeoires. En tenir compte consiste notamment à éviter des états affectifs négatifs comme la faim, la douleur et la peur et à fournir aux poules un environnement propice aux états affectifs positifs. La vie naturelle est considérée selon la capacité des poules à interagir avec la mangeoire et leurs congénères d'une façon permettant l'expression des comportements de l'espèce.

La revue de la littérature présentée ici vise à informer sur les exigences en matière d'allocation d'espace aux mangeoires circulaires, pour les poulettes et les pondeuses logées dans des systèmes liberté. Les études portant sur les mangeoires circulaires étant insuffisantes, les recherches sur l'espace aux mangeoires linéaires — particulièrement chez des groupes plus grands que ceux logés dans des cages classiques — seront prises en compte et, dans la mesure du possible, des liens seront établis avec les mangeoires circulaires. Une discussion concernant les allocations d'espace aux mangeoires chez d'autres espèces de volaille commerciale peut apporter un éclairage sur la façon dont l'espace aux mangeoires fourni influence le comportement et le bien-être des poulets. Bien que les poulets à chair, par exemple, diffèrent des pondeuses pour ce qui est de leur taux de croissance et leur appétit, et par conséquent, de leur comportement d'alimentation (Bokkers et Koene, 2003), certaines études

traitant des effets des allocations d'espace des mangeoires circulaires des poulets à chair seront incluses pour donner des éléments de contexte.

Des recherches ont été lancées sur Google Scholar, Web of Science et OMNI, l'outil de recherche de la bibliothèque de l'Université de Guelph. Des techniques d'exploration de citations comme la fonction « cité par » de Google Scholar ont servi à trouver des articles pertinents. Les mots-clés et les expressions clés utilisés étaient : espace, synchronisation de l'alimentation, compétition, agression, comportements agonistiques, facilitation sociale, poules pondeuses, poulettes, plancher, sans cages, aviaire, cages aménagées, et mangeoires circulaires et linéaires. Les opérateurs de recherche « ET/AND » et « OU/OR » ont servi à chercher différentes orthographes des mots-clés individuellement et comme chaînes de recherche. Le dépouillement de la littérature a porté sur des publications examinées par les pairs, des thèses et des avis scientifiques. Des résumés de résultats de recherche ont été triés par titre et les articles dont le résumé correspondait à la portée de notre dépouillement de la littérature ont été utilisés.

EXIGENCES EN MATIÈRE D'ESPACE PHYSIQUE D'ALIMENTATION

Pour déterminer l'espace nécessaire aux animaux, la première étape consiste à utiliser des données biométriques, ou l'espace physique occupé par le corps d'un animal lorsqu'il exprime un comportement donné (Petherick, 2007). Concernant le comportement d'alimentation, on considère que la largeur linéaire du corps est la mesure corporelle pertinente; elle a été déterminée pour différentes souches de pondeuses (Briese et Spindler, 2013; Riddle et coll., 2018) et de futures pondeuses (Giersberg et coll., 2017). Briese et Spindler (2013) ont utilisé des images numériques bidimensionnelles de vue de face de Lohmann brunes (LB) et de poules LSL (Lohmann Selected Leghorns) pour quantifier les largeurs corporelles à 19, 36 et 52 semaines d'âge. Les largeurs corporelles ne différaient pas selon l'âge, mais étaient significativement différentes selon les souches. Le poids corporel et la largeur corporelle étaient respectivement en moyenne de 1,93 kg et 15,3 cm pour les LB et de 1,73 kg et 13,4 cm pour les LSL. Giersberg et coll. (2017) ont employé des mesures similaires pour les Lohmann brunes, les poules Lohmann Tradition et les LSL à 8, 12 et 19 semaines d'âge. Les largeurs moyennes à ces trois âges étaient de 10,8, 10,7 et 13,9 cm pour les poulettes brunes, et de 10,3, 10,4 et 12,6 cm pour les poulettes blanches. À partir d'images fixes tirées d'enregistrements vidéo, Riddle et coll. (2018) ont déterminé l'espace occupé par quatre souches de pondeuses adultes exprimant plusieurs comportements essentiels à 28 semaines d'âge. Au moyen d'images des oiseaux vues d'en haut, ils ont estimé les largeurs moyennes des poules Dekalb blanches (DW), Hy-Line W-36 (W), Hy-Line brunes (HB) et Bovans brunes (BB) respectivement à 15,5, 14,9, 18,6 et 19,3 cm, quand les oiseaux se tenaient debout. Malgré l'absence de différence significative entre les poids corporels des souches de poules dans les enregistrements vidéo (DW : 1,61, W36 : 1,58, HB : 2,06 et BB : 1,98 kg), les poules de souches brunes occupaient nettement plus d'espace que les blanches quand elles se tenaient debout.

COMPORTEMENT D'ALIMENTATION ET INTERACTIONS DE GROUPES

Facilitation sociale, alimentation synchronisée et regroupement dans l'espace

Le comportement d'alimentation est influencé par plusieurs facteurs sociaux qui ont des répercussions sur la façon dont l'espace d'alimentation, la disponibilité des aliments et leur distribution influent sur le bien-être des oiseaux (Petherick, 2007). Parmi les premières recherches, une étude réalisée par Mills et Faure (1989) a montré que les poules mangeaient plus quand elles avaient un contact visuel avec d'autres poules en train de s'alimenter et qu'elles avaient tendance à s'alimenter aux mêmes endroits que leurs congénères, y compris en présence de plusieurs sites d'alimentation. Keeling et Hurnik (1993) ont réalisé une étude similaire sur des poules qui se trouvaient à côté d'une cage contenant un conspécifique ou une cage sans conspécifique. Ils ont constaté le même effet : les poules mangeaient plus quand elles voyaient d'autres poules s'alimenter, même si elles ne se trouvaient pas dans le même espace physique. Ainsi, les pondeuses en petits groupes synchronisent leur comportement d'alimentation dans le temps (Keeling et coll., 2017) et se regroupent dans l'espace (Collins et coll., 2011; Keeling et coll., 2017).

Dans la nature, les animaux synchronisent leur comportement afin d'augmenter la probabilité de trouver des ressources et de réduire le risque de prédation (Keeling et coll., 2017). Étant donné la motivation des pondeuses à

synchroniser leur comportement d'alimentation, Meunier-Salaun et Faure (1984) et Appleby (2004) ont indiqué que l'espace alloué aux mangeoires devait au moins permettre une alimentation synchronisée, ce qui a servi de base de calcul des besoins en espace des mangeoires simples et a été un facteur important pour déterminer les besoins en espace des mangeoires lorsque les poules étaient logées en groupes de relativement petite taille dans des cages classiques. Cependant, la stimulation plus grande des comportements dans les groupes de plus grande taille et les systèmes de logement plus complexes pourrait rendre cette synchronisation moins intéressante. Keeling et coll. (2017) ont étudié l'effet de la taille du groupe sur la synchronisation (dans le temps) et le regroupement (dans l'espace) de l'alimentation, de l'abreuvement, de l'utilisation des perchoirs et du lissage des plumes sur un perchoir chez de futures pondeuses. Sur des groupes de 15, 30, 60 et 120 poulettes, la synchronisation de tous ces comportements diminuait de façon exponentielle avec l'augmentation de la taille du groupe. De tous les comportements mesurés, le regroupement était plus observé lors de l'alimentation mais le regroupement lors de l'alimentation diminuait également significativement avec l'augmentation de la taille du groupe, même si l'espace aux mangeoires restait constant, à 4 cm par oiseau. Les auteurs ont avancé que la capacité de tous les oiseaux à synchroniser leur comportement pourrait être importante pour le bien-être dans les petits groupes, mais moins importante dans les grands. De façon intéressante, Thogerson et coll. (2009a) ont constaté que, dans les cages classiques, il était rare d'observer les cinq poules en train de s'alimenter simultanément, y compris quand l'espace aux mangeoires était plus qu'adéquat, à 12,2 cm/poule. Il faut toutefois indiquer que la compétition pour une ressource limitée est aussi susceptible de réduire la synchronisation (Keeling et coll., 2017).

Habitudes alimentaires diurnes

Le comportement d'alimentation des poulets n'a pas de répartition uniforme dans la journée. Les pondeuses ont tendance à manger davantage en fin de journée (Savory, 1980), ce qui peut limiter l'espace aux mangeoires aux heures d'alimentation de pointe. Blatchford et Mench (2014) ont constaté que, chez les pondeuses logées dans de grandes cages aménagées, le nombre maximal d'oiseaux s'alimentant simultanément était de 42 pour les cages de 60 oiseaux (70 %). Dans les cages enrichies contenant une fourchette de tailles allant de 28 à 80 oiseaux par groupe, Widowski et coll. (2017a) ont observé que le pourcentage moyen d'oiseaux s'alimentant simultanément était de 35 %, avec au maximum 63 % d'oiseaux se nourrissant simultanément. Dans ces deux études, l'utilisation des mangeoires était à son pic pendant les deux ou trois dernières heures de la période d'éclairage, mais il restait des espaces inoccupés aux mangeoires, ce qui indique que tous les oiseaux n'étaient pas motivés à s'alimenter simultanément.

Compétition et agressions pendant l'alimentation

Bien que les poules puissent être attirées vers les autres au moment de l'alimentation, un espace d'alimentation restreint peut entraîner de la compétition et des agressions. On constate toutefois que plus la taille du groupe augmente, plus les niveaux d'agression diminuent, car les poules semblent passer du maintien de la hiérarchie sociale à un système de tolérance sociale (D'Eath et Keeling, 2003). Cette caractéristique doit être prise en compte dans les cages aménagées et dans les environnements sans cages où les tailles de groupes peuvent considérablement varier. Les distances entre individus peuvent aussi influencer sur la probabilité et la gravité des agressions, mais il est parfois difficile de déterminer le niveau optimal d'espace requis entre les poules pour réduire au maximum les interactions sociales négatives (Keeling, 1995).

Il est possible de s'appuyer sur des mesures du comportement pour évaluer la superficie nécessaire aux mangeoires (Nielsen et coll., 2016). L'utilisation des mangeoires selon le temps passé à la mangeoire et la fréquence à laquelle les poules s'alimentent peuvent indiquer la manière dont le partage de l'espace aux mangeoires influe sur le comportement d'alimentation des membres du groupe, et il a été démontré que ces deux mesures sont influencées par l'allocation d'espace aux mangeoires (Oliveira et coll., 2019) et la conception des mangeoires (Meunier-Salaun et Faure, 1984). Les observations du comportement peuvent aussi servir à mesurer directement les déplacements aux mangeoires et les picages agressifs à la tête qui, bien qu'ils soient des comportements agonistiques normaux, peuvent indiquer de la frustration et de la peur (Duncan et Wood-Gush, 1971). Les agressions sont évaluables indirectement par estimation de l'état du plumage ou du corps, par exemple au moyen de mesures des blessures à la

crête et des dommages des plumes au dos de la tête (Bilcik et Keeling, 1999; Welfare Quality Network, 2019). Cependant, il est parfois difficile de déterminer à partir de mesures indirectes si le comportement agressif est une conséquence de l'espace aux mangeoires ou de la compétition à d'autres aménagements.

DISTRIBUTION DES RESSOURCES ET COMPORTEMENT D'ALIMENTATION

Il a été démontré que l'espace utilisé par les poules dépend non seulement de la quantité disponible, mais aussi de la conception et de la distribution des autres ressources (Leone et Estevez, 2008). Keeling (1995) a examiné le comportement spatial de pondeuses et la difficulté à évaluer les exigences en matière d'espace. Dans les volières et les systèmes au sol ou sur plancher, l'espace utilisé par les poules varie et dépend de la complexité et de la conception du système. C'est pourquoi, comme le montre Keeling (1995), il est difficile de déterminer les exigences en matière d'espace alloué aux ressources.

Sirovnik et coll. (2021) ont étudié le concept de distribution libre idéale (DLI), un modèle théorique servant en écologie comportementale à prédire l'utilisation optimale des ressources dans les populations animales. Dans le cas du comportement d'alimentation, ce modèle suppose que les animaux s'alimentant à une mangeoire seront proportionnels à la distribution de la ressource. Ils ont mis à l'essai des espaces aux mangeoires de 4, 8, 10, 18 et 27 cm/oiseau dans des enclos contenant 20 poules. À 4, 18 et 27 cm/oiseau, les proportions d'utilisation des ressources ne correspondaient pas aux valeurs prédites par le modèle, ce qui laisse penser que d'autres facteurs entrent en jeu, notamment l'agression et le déplacement des autres quand l'espace aux mangeoires fourni est faible ou encore les préférences individuelles et l'attraction sociale quand l'espace fourni est élevé. En revanche, le comportement d'alimentation aux espaces aux mangeoires de 8 et 10 cm correspondait aux valeurs prédites, ce qui permettrait de conclure qu'un espace aux mangeoires de 8 et 10 cm suffit pour que toutes les poules se répartissent proportionnellement à la superficie disponible.

L'effet des plateformes et des perchoirs à l'espace de mangeoire montre la manière dont la complexité et certaines caractéristiques de la conception des différents environnements peuvent influencer sur l'alimentation. À titre d'exemple, Sirovnik et coll. (2018a) ont utilisé deux pondeuses brunes de souche « Nick Chick » dans 8 enclos de 196 poules, ayant chacun un espace aux mangeoires de 8 cm/poule. Les poules ont été mis à l'essai avec deux traitements contenant soit des plateformes soit des perchoirs placés sous la mangeoire. Les résultats ont montré que les agressions et les bousculades diminuaient quand la conception des mangeoires permettait une alimentation à partir de perchoirs. Dans une autre étude, Huon et coll. (1986) ont testé des groupes de trois pondeuses logées dans des enclos avec un plancher couvert de litière avec des mangeoires cloisonnées et non cloisonnées. Ils ont constaté une relation positive entre le temps passé à se nourrir et la longueur de la mangeoire dans ces petits groupes, mais quand les mangeoires étaient divisées en différentes sections pour modifier les distributions des mangeoires, les durées d'alimentation et les séances d'alimentation étaient plus longues pour les mangeoires non cloisonnées, alors qu'elles avaient la même superficie totale de mangeoire que les mangeoires cloisonnées. Dans les cages aménagées, Blatchford et Mench (2014) et Widowski et coll. (2017a) ont montré que l'alimentation se produisait différemment dans chaque quart de la cage, en raison de la disposition d'autres ressources, par exemple des nids. L'emplacement des mangeoires doit tenir compte de l'espacement entre les autres aménagements afin de minimiser les agressions et d'encourager les comportements alimentaires positifs. Ces études montrent qu'il est difficile de décrypter les multiples facteurs influençant sur les comportements d'alimentation et que la variabilité augmente dans les environnements plus complexes.

COMPARAISONS DES EFFETS DE L'ALLOCATION D'ESPACE AUX MANGEOIRES SUR LE COMPORTEMENT ET LE RENDEMENT

Très peu d'études comparent directement les effets de l'allocation d'espaces aux mangeoires sur le comportement et les indicateurs de fonction biologique chez les poulettes et les pondeuses. Le [tableau 1.1](#) synthétise les principaux effets à partir des différentes études. Étant donné que la souche et la taille de groupe peuvent influencer sur les exigences d'espace physique et la synchronisation du comportement d'alimentation, respectivement, les souches et les tailles de groupe des études examinées sont indiquées.

Pondeuses

Thogerson et coll. (2009a, b) ont étudié des groupes de cinq poules Hy-Line W-36 logées dans des cages classiques, qui avaient à leur disposition un espace aux mangeoires de 5,8, 7,1, 8,4, 9,7, 10,9 ou 12,2 cm par poule âgée de 20 à 68 semaines (16 cages/traitement). Quand l'espace était moins grand, les poules passaient moins de temps à s'alimenter et leur alimentation était désynchronisée, mais les auteurs n'ont constaté presque aucune agression et l'absence de mortalité. L'espace aux mangeoires n'influait pas sur le poids corporel, la qualité des plumes, ni l'uniformité du poids corporel. Il avait une incidence sur la production d'œufs et le poids des œufs, mais les différences étaient peu élevées et non linéaires. Les mesures des réactions de stress (ratio hétérophile:lymphocyte, cœur, rate, poids des glandes surrénales) et de l'intégrité osseuse (densité minérale osseuse et contenu minéral osseux) étaient identiques dans tous les traitements. Les taux de conversion alimentaire étaient plus bas chez les poules disposant de moins d'espace aux mangeoires, ce que les auteurs ont attribué à un gaspillage d'aliments plus élevé. Parce que les agressions étaient peu élevées, le poids corporel et l'uniformité étaient similaires, tout comme les mesures du stress; les auteurs en ont conclu que même si un espace aux mangeoires peu élevé entraînait la désynchronisation de l'alimentation, il ne limitait pas l'ingestion d'aliments ni ne nuisait au bien-être des poules.

Oliveira et coll. (2019) ont étudié un seul groupe de pondeuses W-36 blanches logées dans une cage aménagée de 60 oiseaux. Ils ont examiné un espace aux mangeoires de 6,5, 8,5, 9,5 et 12 cm/poule, une surface de plancher de 750 cm²/oiseau étant constamment allouée aux poules. Toutes les poules de la cage étaient équipées d'une étiquette d'identification par radiofréquence (RFID) permettant de suivre leurs comportements individuels. Pour mettre à l'essai les effets de l'allocation d'espace aux mangeoires, ils ont commencé par un espace de 12 cm/poule, puis l'ont réduit en cloisonnant des sections de la mangeoire. Une fois que les poules s'étaient habituées à l'allocation d'espace de 12 cm/poule, les traitements de réduction d'espace ont été appliqués par randomisation, allant de 12 à 6,5, puis à 8,5 et enfin à 9,5 cm/poule. Chaque changement de l'espace aux mangeoires durait sept jours et les données étaient recueillies les jours 3 et 7 de chaque période de traitement pour laisser aux poules deux jours d'acclimatation au nouvel espace aux mangeoires. Le pourcentage le plus élevé de nombre maximal de poules observées à la mangeoire était de 59 % quand l'allocation d'espace à la mangeoire était de 12 cm/poule. La plus haute occupation moyenne de poules à la mangeoire s'observait aussi quand l'espace était de 12 cm/par poule. Dans les espaces aux mangeoires moins grands, la synchronisation du comportement d'alimentation ainsi que la durée globale passée par chaque poule à la mangeoire diminuaient. La fréquence des déplacements vers la mangeoire était plus élevée à 12 cm/poule qu'à 9,5 cm/poule et 8,5 cm/poule, mais elle ne différait pas entre 6,5 cm/poule et 12 cm/poule. Il faut souligner qu'ils ont constaté de grandes variations entre individus autant pour la durée totale passée à la mangeoire que pour la fréquence des déplacements vers la mangeoire. Malgré la fréquence de déplacements vers la mangeoire et la durée d'alimentation plus élevées, à 12 cm/poule, les chiffres ne montraient aucune différence entre l'ingestion d'aliments quotidienne dans les divers traitements. Les chiffres de la production d'œufs et de l'abreuvement également étaient similaires dans les différents traitements.

Widowski et coll. (2017a) ont comparé les comportements d'alimentation de poules Lohmann Selected Leghorn-Lite à deux allocations d'espace de mangeoires linéaires, soit 8,9 cm/poule et 12,8 cm/poule, dans deux tailles de cages aménagées. Quatre tailles différentes de groupes de poules ont servi à appliquer quatre densités de peuplement différentes par traitements de taille de groupe (28 et 40 poules sur 20 880 cm² de plancher de cage et 80 poules sur 41 296 cm² de plancher de cage), ce qui a permis de confondre la taille de groupe, l'allocation d'espace du plancher (520 et 748 cm²) et l'espace aux mangeoires. Ils ont observé que l'alimentation synchronisée (nombre absolu de poules s'alimentant simultanément) était plus élevée quand l'espace à la mangeoire était de 8,9 cm/poule par rapport à 12,8 cm/poule, mais que le pourcentage d'oiseaux du groupe s'alimentant simultanément ne différait pas selon le traitement. Globalement, le pourcentage de poules s'alimentant simultanément atteignait un maximum de 63 % dans tous les traitements, ce qui indiquait que les poules n'utilisaient pas tout l'espace disponible, car le nombre d'oiseaux s'alimentant simultanément n'augmentait pas quand l'espace augmentait. Le pourcentage maximal moyen d'alimentation synchronisée ne différait pas selon le traitement. Globalement, le nombre d'agressions était faible et aucune différence n'a été observée dans la fréquence des picages agressifs entre les espaces aux mangeoires de 8,9 cm/poule et de 12,8 cm/poule pour les tailles de groupe de 40 et 28 poules logées

dans les petites cages aménagées et les groupes de 80 et 55 individus logés dans les grandes cages aménagées. Cependant, quand la surface au sol et l'allocation d'espace aux mangeoires étaient plus petites, les déplacements vers la mangeoire étaient plus nombreux. Widowski et coll. (2017b) ont fourni des mesures relatives à la santé et la production de ces mêmes groupes de poules. Ils n'ont pas constaté de différence selon le traitement pour ce qui est de la production d'œufs, des traits des œufs, de la mortalité, des difformités du bréchet, de la résistance à la rupture du fémur, du tibia et de l'humérus, et de la santé des pieds, et n'ont pas observé de différences significatives dans le poids corporel et l'uniformité. L'état du plumage et la propreté étaient moindres quand la superficie au sol ou l'espace aux mangeoires étaient moins élevés. La consommation d'aliments était supérieure dans les groupes les plus petits, quelle que soit l'allocation d'espace.

Albentosa et coll. (2007) ont aussi étudié les effets de la densité de peuplement des cages aménagées sur le comportement de pondeuses dans un troupeau de poules ISA et Babcock brunes et dans un troupeau de poules Shaver et Hy-Line brunes. La densité de peuplement des cages était de 609 ou 870 cm²/poule pour le troupeau 1, avec des tailles de groupe de 7 à 10 poules, et de 609, 762 et 1 016 cm²/oiseau pour le troupeau 2, avec des tailles de groupe de 6, 8 et 10 poules respectivement. Bien que les auteurs n'aient pas étudié particulièrement l'allocation d'espace aux mangeoires, leurs résultats conduisent à des conclusions similaires à celles de Widowski et coll. (2017a) concernant l'alimentation synchronisée. Malgré un espace aux mangeoires adéquat aux fins d'alimentation synchronisée, toutes les poules ne se nourrissaient pas simultanément. Globalement, l'alimentation des poules semblait davantage synchronisée quand l'espace aux mangeoires augmentait, mais l'utilisation de l'espace fourni n'était pas maximisée. Dans l'ensemble, la synchronisation de l'alimentation semble influencée par l'allocation d'espace aux mangeoires dans les cages aménagées, mais dans tous les espaces fournis, seulement 60 à 70 % des poules s'alimentaient généralement simultanément dans les deux études.

Sirovnik et coll. (2018b) ont évalué l'incidence d'allocations d'espace aux mangeoires de 3,8, 6, 8, 9 et 10 cm/poule, dans des volières quasi commerciales où étaient logées des poules LSL (Lohmann Selected Leghorn) par groupes de 200 poules/enclos (4 enclos/traitement), sur le comportement, l'accès aux mangeoires et la production. Les agressions (picages vigoureux à la tête) et les bousculades aux mangeoires diminuaient quand l'espace aux mangeoires augmentait, mais le facteur de l'âge entraînait aussi en jeu dans les bousculades (plus nombreuses chez les oiseaux les plus jeunes). Les agressions s'observaient à toutes les allocations d'espace aux mangeoires, mais tendaient à diminuer avec l'âge. Les auteurs ont estimé une synchronie (alimentation simultanée) moyenne de 12,2 à 19,2 % de poules et des maximums d'alimentation simultanée de 34,8 % à 65,2 % respectivement pour les espaces aux mangeoires de 3,8 et 10,2 cm. Le traitement n'avait pas d'incidence sur la masse corporelle, l'emplumement, la mortalité (~3,2 %) ni la production d'œufs, mais la consommation de nourriture et le taux de conversion alimentaire (kg d'aliments/kg d'œufs) diminuaient quand l'espace aux mangeoires augmentait. Les auteurs ont indiqué que les densités locales aux mangeoires étaient inversement proportionnelles à l'espace aux mangeoires et qu'elles augmentaient pendant les temps d'alimentation.

Diarra et Devi (2014) — qui communiquent seulement les données de production — ont comparé des espaces aux mangeoires de 5,6, 8,4, 11,2, 14 et 16,8 cm/poule dans des enclos avec plancher équipés de mangeoires en bois logeant des groupes de 20 pondeuses Shaver brunes. Les données recueillies entre 18 et 33 semaines indiquaient que l'uniformité du troupeau et l'âge au premier œuf étaient inférieurs dans les groupes ayant 5,6 et 8,4 cm/oiseau d'espace aux mangeoires comparativement aux groupes disposant de 11,2, 14 et 16,8 cm/oiseau. La production d'œufs par poule et par jour augmentait avec l'espace aux mangeoires jusqu'à 14 cm/poule, mais ne différait pas entre les poules disposant de 16 cm/poule et celles ayant moins d'espace aux mangeoires. L'espace avait une incidence sur la conversion alimentaire, mais elle n'était pas linéaire sur toutes les allocations d'espace.

Poulettes

Anderson et Adams (1992) ont mesuré le rendement de pondeuses Babcock (blanches) dans des cages d'élevage quand les poulettes étaient élevées avec un espace aux mangeoires de 2,7 ou 5,4 cm/poule, des densités de peuplement de 193 ou 222 cm², et 1 abreuvoir à coupelle par rapport à 2 abreuvoirs à coupelle pour 7 oiseaux. Les poulettes élevées avec un espace aux mangeoires de 2,7 cm par oiseau avaient un poids corporel inférieur à l'âge de 18 semaines, et elles mangeaient plus et prenaient plus de poids pendant la période de ponte comparativement à celles disposant d'un espace aux mangeoires plus grand. Les poules élevées avec un espace aux mangeoires de 5,4 cm/oiseau avaient une conversion alimentaire plus faible pendant la ponte. L'espace aux mangeoires n'avait aucune incidence sur les résultats de la crainte.

Anderson et Adams (1994) ont logé de futures pondeuses Babcock (blanches) soit dans des enclos au sol nu recouvert de litière soit dans des cages d'élevage, puis ont mesuré la production, le développement du squelette et la crainte des oiseaux disposant de différentes allocations d'espace aux mangeoires. Des mangeoires tubulaires (circulaires) ont été placées dans les enclos et des mangeoires linéaires dans les cages, avec des allocations d'espace aux mangeoires de 2,7, 4,0 et 5,4 cm/oiseau dans les deux systèmes. Ils ont constaté un effet positif linéaire de l'augmentation de l'espace aux mangeoires sur le poids corporel de 12 à 18 semaines. Le traitement n'avait pas d'incidence sur la longueur des os, leur solidité, leur contenu minéral, ni la résistance à la rupture, mais les poulettes des enclos avec sol avaient des intestins plus grands, ce qui correspondait à une ingestion d'aliments plus élevée. En appliquant la méthode du test de l'immobilité protectrice pour évaluer la crainte, ils ont constaté que les poulettes passaient de plus longues durées redressées (avaient plus peur) quand elles étaient élevées dans des enclos au sol plutôt que dans des cages, mais que l'espace aux mangeoires n'avait pas d'incidence sur la crainte.

Poulets à chair

Li et coll. (2021) ont comparé le comportement de poulets à chair disposant de mangeoires circulaires à différentes allocations d'espace aux mangeoires et différents nombres d'espaces d'alimentation. Seize groupes de 45 poulets à chair logés dans des enclos identiques étaient soumis à un des quatre traitements suivants : 2,3 cm/oiseau d'espace aux mangeoires avec une mangeoire circulaire, 2,3 cm/oiseau et 4,6 cm/oiseau avec trois mangeoires circulaires partiellement bloquées, et 6,9 cm/oiseau avec trois mangeoires circulaires complètement ouvertes. Le blocage a été effectué sur toutes les fentes adjacentes des mangeoires pour que la proximité entre les oiseaux soit identique dans les traitements à une seule mangeoire et à plusieurs mangeoires. Cela leur permettait d'observer en quoi l'allocation d'espace aux mangeoires et la distribution spatiale autour des mangeoires influent sur les oiseaux. Des dispositifs d'identification par radiofréquence ont servi à suivre et surveiller le comportement des poulets à chair âgés de 5 à 8 semaines. Cette étude n'indiquait pas le poids corporel, mais il faut souligner que les poulets à chair âgés de 5 à 8 semaines sont plus lourds et ont des tailles de poitrines beaucoup plus grandes (larges) que les pondeuses adultes et qu'ils ont besoin par conséquent de plus d'espace entre oiseaux adjacents. Ils ont constaté que la durée d'alimentation quotidienne et le nombre de déplacements à la mangeoire étaient plus élevés pour les poulets à chair ayant accès à un plus grand nombre de mangeoires à plus d'emplacements, malgré une allocation d'espace aux mangeoires identique, à 2,3 cm/oiseau. Le nombre maximal d'oiseaux se nourrissant simultanément suivait la même tendance. Ils ont aussi observé que les poulets n'utilisaient pas toutes les fentes d'alimentation disponibles quand ils se nourrissaient simultanément. Ils ont constaté que la durée d'alimentation quotidienne était plus faible quand les poulets disposaient d'une seule mangeoire au lieu de trois.

Purwell et coll. (2021) ont divisé des poussins à chair sur 24 enclos avec plancher (60 par enclos), qui étaient tous équipés de trois mangeoires tubulaires (circulaires). Ils ont mis à l'essai trois traitements de mangeoire, à 2,3, 4,6 et 6,9 cm/oiseau. Ils ont bloqué partiellement les mangeoires pour obtenir l'espace aux mangeoires souhaité. Quand l'espace augmentait, le gain de poids corporel et la conversion alimentaire (aliments:gain) étaient meilleurs dans la phase de démarrage, et le poids corporel s'améliorait pendant les phases de démarrage et de croissance, mais ces résultats n'étaient pas observés dans les phases ultérieures. La conversion alimentaire globale était inférieure quand l'espace aux mangeoires était de 6,9 cm/oiseau par rapport à 2,3 cm/oiseau.

Tableau 1.1 : Liste des références comparant directement l'allocation d'espace aux mangeoires, avec leurs principales constatations globales.

Type de logement	Référence	Style de mangeoire	Taille de groupe	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Espace aux mangeoires	Effets sur la synchronisation	Mesures de comportement	Mesures biologiques
PONDEUSES								
Cages classiques	Thogerson et coll. (2009a, b)	Linéaire	5	Pondeuses Hy-Line W36 logées dans des cages classiques et âgées de 16,5 à 68 semaines	5,8 cm, 7,1 cm, 8,4 cm, 9,7 cm, 10,9 cm et 12,2 cm/poule	La synchronisation est inférieure quand l'espace aux mangeoires diminue Rare de voir toutes les poules de la cage manger simultanément, même à 12,2 cm/poule	Le temps passé à la mangeoire diminue avec la diminution de l'espace aux mangeoires Très peu d'agressions observées	Aucun effet sur la production d'œufs Aucun effet sur le poids corporel (PC) ni sur l'uniformité du PC Aucun effet sur la qualité du plumage Aucune incidence sur la densité osseuse et le contenu minéral osseux Aucune incidence sur le ratio H:L Plus d'aliments consommés/d'œufs pondus quand l'espace aux mangeoires diminue
Cages aménagées	Oliveira et coll. (2019)	Linéaire	60	Pondeuses W36 logées dans une cage aménagée et âgées de 21 semaines	6,5 cm, 8,5 cm, 9,5 cm et 12 cm/poule	Maximum de 59 % de poules s'alimentant simultanément (à 12 cm). À 6,5 cm, on obtient un maximum de 53 % L'occupation moyenne des poules est la plus élevée à 12 cm/poule	Le temps passé à la mangeoire diminue avec la diminution de l'espace aux mangeoires, le plus bas étant constaté à 6,5 cm	Aucun effet sur la production d'œufs Aucune incidence sur l'ingestion d'aliments

Tableau 1.1 : Liste des références comparant directement l'allocation d'espace aux mangeoires, avec leurs principales constatations globales.

Type de logement	Référence	Style de mangeoire	Taille de groupe	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Espace aux mangeoires	Effets sur la synchronisation	Mesures de comportement	Mesures biologiques
Cages aménagées	Widowski et coll. (2017a, b)	Linéaire	20 à 80 oiseaux par cage	Pondeuses LSL Lite logées dans des cages aménagées de 30 à 60 oiseaux et âgées de 18 semaines	8,9 cm et 12,8 cm/poule	Un maximum de 63 % de poules s'alimentant simultanément L'alimentation synchronisée était supérieure à 8,9 cm/poule	Aucune différence dans la fréquence des picages agressifs Plus grand nombre de déplacements à la mangeoire constatés quand l'espace aux mangeoires et l'allocation d'espace sont plus faibles	Aucun effet sur la production d'œufs ni sur l'uniformité du PC Aucune incidence sur les difformités du bréchet ni d'autres caractéristiques osseuses
Cages aménagées	Albentosa et coll. (2007)	Linéaire	7 à 10 oiseaux par cage	Poules ISA brunes et Babcock élevées sur litière profonde sans perchoirs, puis logées dans des cages aménagées à partir de 16 semaines	12 cm/poule	Les poules ne s'alimentent pas toutes simultanément, même quand l'espace disponible est adéquat	Pas de données	Pas de données
Volière	Sirovnik et coll. (2018b)	Linéaire	200 oiseaux par enclos	Pondeuses LSL dans une conception de volière commerciale, âgées de 21 semaines	3,8 cm, 6 cm, 8 cm, 9 cm et 10 cm/poule	Augmentation de l'alimentation synchronisée avec l'augmentation de l'espace aux mangeoires Un maximum de poules s'alimentant simultanément allant de 34,8 % à 65,2 %	Les agressions diminuent quand l'espace aux mangeoires augmente, mais elles sont observées à toutes les superficies Les bousculades diminuent avec l'augmentation de l'espace aux mangeoires	L'augmentation de l'espace aux mangeoires fait croître la consommation d'aliments et le nombre d'œufs pondus Aucun effet sur le PC Aucun effet sur l'emplumèrent Aucun effet sur la production d'œufs

Tableau 1.1 : Liste des références comparant directement l'allocation d'espace aux mangeoires, avec leurs principales constatations globales.

Type de logement	Référence	Style de mangeoire	Taille de groupe	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Espace aux mangeoires	Effets sur la synchronisation	Mesures de comportement	Mesures biologiques
Volière	Sirovnik et coll. (2018a)	Linéaire	196 oiseaux par enclos	Pondeuses Nick blanches et brunes logées en volière et âgées de 21 semaines – mise à l'essai pour évaluer l'alimentation à partir d'une plateforme ou d'un perchoir	8 cm/poule	Un maximum de 67,4 % de poules s'alimentant simultanément Synchronisation inférieure quand les poules s'alimentent à partir de perchoirs	Les agressions diminuent quand les poules peuvent s'alimenter à partir de perchoirs	Pas de données
Plancher	Diarra et Devi (2014)	Linéaire	20 poulettes par enclos	Pondeuses Shaver brunes logées dans des enclos en sol nu et âgées de 18 semaines	5,6 cm, 8,4 cm, 11,2 cm, 14 cm et 16,8 cm/oiseau	Pas de données	Pas de données	La production d'œufs croît avec l'augmentation de l'espace aux mangeoires, avec un pic à 11,2 cm et une baisse après 14 cm/oiseau L'uniformité est moins bonne à 5,6 cm et 8,4 cm/oiseau La consommation de moulée et le nombre d'œufs pondus étaient les plus bas à 11,2 cm et 14 cm/oiseau
POULETTES								
Cages classiques	Anderson et Adams (1992)	Linéaire	14 poussins par cage pendant l'élevage 4 oiseaux par cage pendant la ponte	Pondeuses Babcock logées pendant l'élevage et la ponte dans des cages classiques (poussin d'un jour à 18 semaines pour l'élevage, puis de 18 à 60 semaines pour la ponte)	2,7 cm et 5,4 cm/oiseau	Pas de données	Les évaluations de la crainte sont identiques	L'espace aux mangeoires de 2,7 cm/oiseau pendant l'élevage donne un PC à 18 semaines inférieur et une ingestion d'aliments plus basse pendant la ponte

Tableau 1.1 : Liste des références comparant directement l'allocation d'espace aux mangeoires, avec leurs principales constatations globales.

Type de logement	Référence	Style de mangeoire	Taille de groupe	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Espace aux mangeoires	Effets sur la synchronisation	Mesures de comportement	Mesures biologiques
Cages et plancher	Anderson et Adams (1994)	Linéaire pour les cages Circulaire pour les enclos au sol	14 poussins par cage	Poulettes Babcock élevées dans des cages poussinières (14 oiseaux/cage) ou des enclos au sol (119 oiseaux/enclos) jusqu'à 18 semaines	2,7 cm, 4,0 cm et 5,4 cm/poule	Pas de données	Aucun effet de l'espace aux mangeoires sur la crainte selon la latence de l'immobilité protectrice	Augmentation linéaire du PC à 18 semaines avec l'augmentation de l'espace aux mangeoires Aucun effet sur la qualité ni la solidité des os
POULETS à CHAIR								
Plancher	Li et coll. (2021)	Circulaire	45 poulets à chair par enclos	Poulets à chair logés dans des enclos au sol	2,3 cm, 3,6 cm et 6,9 cm/oiseau	Les poulets n'utilisaient pas tout l'espace aux mangeoires disponible pour s'alimenter simultanément	La durée d'alimentation quotidienne diminue si une seule mangeoire est disponible, par rapport à trois, même si l'espace aux mangeoires est identique, à 2,3 cm/oiseau	Pas de données
Plancher	Purswell et coll. (2021)	Circulaire	60 poulets à chair par enclos	Poulets à chair logés dans des enclos au sol	2,3 cm, 4,6 cm et 6,9 cm/oiseau	Pas de données	Pas de données	Ingestion d'aliments et gain de poids supérieurs quand l'espace est de 6,9 cm

RÉFÉRENCES

- Albentosa M.J., Cooper J.J., Luddem T., Redgate S.E., Elson H.A. et Walker A.W. (2007) Evaluation of the effects of cage height and stocking density on the behaviour of laying hens in furnished cages. *British Poultry Science* 48:1–11.
- Anderson K.E. et Adams A.W. (1992) Effects of rearing density and feeder and waterer spaces on the productivity and fearful behavior of layers. *Poultry Science* 71:53–58.
- Anderson K.E. et Adams A.W. (1994) Effects of floor versus cage rearing and feeder space on growth, long bone development, and duration of tonic immobility in single comb white leghorn pullets. *Poultry Science* 73:958–964.
- Appleby M.C. (2004) What causes crowding? Effects of space, facilities, and group size on behaviour, with particular reference to furnished cages for hens. *Animal Welfare* 13:313–320.
- Bilcik B. et Keeling L.J. (1999) Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science* 40:444–451.
- Blatchford R.A. et Mench J.A. (2014) The utilization of feeder space by hens housed in enriched colony cages. *Poultry Science* 93 (E-Suppl.1):71. Résumé.
- Bokkers E.A.M. et Koene P. (2003) Eating behaviour, and preprandial and postprandial correlations in male broiler and layer chickens. *British Poultry Science* 44:583–544.
- Briese A. et Spindler B. (2013) Discussion of actual legal minimum requirements for feeder space and perch length in laying hen husbandry in the light of the body widths measured in Lohmann Selected Leghorn and Lohmann Brown laying hens. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 126:163–168.
- Collins L.M., Asher L., Pfeiffer D.U., Browne W.J. et Nicol C.J. (2011) Clustering and synchrony in laying hens: The effect of environmental resources on social dynamics. *Applied Animal Behaviour Science* 129:43–53.
- D'Eath R.B. et Keeling L.J. (2003) Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: from peck orders to social tolerance *Applied Animal Behaviour Science* 84:197–212.
- Diarra S.S. et Devi A. (2014) Response of shaver brown laying hens to different feeding space allowances. *International Journal of Poultry Science* 13:714–717.
- Duncan I.J.H. et Wood-Gush D.G.M. (1971) Frustration and aggression in the domestic fowl. *Animal Behaviour* 19:500–504.
- Giersberg M.F., Kemper N., Hartung J., Schrader L. et Spindler B. (2017) Determination of body width in brown and white layer pullets by image analyses. *British Poultry Science* 58:230–235.
- Huon F., Meunier-Salaun M.C. et Faure J.M. (1986) Feeder design and available feeding space influence the feeding behaviour of hens. *Applied Animal Behaviour Science* 15:65–70.
- Keeling L.J. (1995) Spacing behaviour and an ethological approach to assessing optimum space allocations for groups of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 44:171–186.
- Keeling L.J. et Hurnik J.F. (1993) Chickens show socially facilitated feeding behaviour in response to a video image of a conspecific. *Applied Animal Behaviour Science* 36:223–231.
- Keeling L.J., Newberry R.C. et Estevez I. (2017) Flock size during rearing affects pullet behavioural synchrony and spatial clustering. *Applied Animal Behaviour Science* 194:36–41.
- Leone E.H. et Estevez I. (2008) Space use according to the distribution of resources and level of competition. *Poultry Science* 87:3–13.

- Li G., Zhao Y., Purswell J.L. et Magee C. (2021) Effects of feeder space on broiler feeding behaviors. *Poultry Science* 100:101016.
- Meunier-Salaun M.C. et Faure J.M. (1984) On the feeding and social behaviour of the laying hen. *Applied Animal Behaviour Science* 13:129–141.
- Mills A.D. et Faure J.M. (1989) Social attraction and the feeding behaviour of domestic hens. *Behavioural Processes* 18:71–85.
- Nielsen B.L., de Jong I.C. et De Vries T.J. (2016) The use of feeding behaviour in the assessment of animal welfare. Dans : Phillips C.J.C. (éd.), *Nutrition and the Welfare of Farm Animals* (p. 59–84), Springer.
- Oliveira J.L., Xin H. et Wu H. (2019) Impact of feeder space on laying hen feeding behavior and production performance in enriched colony housing. *animal* 13:374–383.
- Petherick J.C. (2007) Spatial requirements of animals: Allometry and beyond. *Journal of Veterinary Behavior* 2:197–204.
- Purswell J.L., Olanrewaju H.A. et Zhao Y. (2021) Effect of feeder space on live performance and processing yields of broiler chickens reared to 56 days of age. *Journal of Applied Poultry Research* 30:100175.
- Riddle E.R., Ali A.B., Campbell D.L. et Siegford J.M. (2018) Space use by 4 strains of laying hens to perch, wing flap, dust bathe, stand and lie down. *PLoS One* 13:e0190532.
- Savory C.J. (1980) Diurnal feeding patterns in domestic fowls: a review. *Applied Animal Ethology* 6:71–82.
- Sirovnik J., Stratmann A., Gebhardt-Henrich S.G., Würbel H. et Toscano M.J. (2018a) Feeding from perches in an aviary system reduces aggression and mortality in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 202:53–62.
- Sirovnik J., Voelkl B., Keeling L., Würbel H. et Toscano M. (2021) Breakdown of the ideal free distribution under conditions of severe and low competition. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 75:31.
- Sirovnik J., Würbel H. et Toscano M.J. (2018b) Feeder space affects access to the feeder, aggression and feed conversion in laying hens in an aviary system. *Applied Animal Behaviour Science* 198:75–82.
- Thogerson C.M., Hester P.Y., Mench J.A., Newberry R.C., Pajor E.A. et Garner J.P. (2009a) The effect of feeder space allocation on behavior of Hy-Line W-36 hens housed in conventional cages. *Poultry Science* 88:1544–1552.
- Thogerson C.M., Hester P.Y., Mench J.A., Newberry R.C., Okura C.M., Pajor E.A., Talaty P.N. et Garner J.P. (2009b) The effect of feeder space allocation on productivity and physiology of Hy-Line W-36 hens housed in conventional cages. *Poultry Science* 88:1793–1799.
- Welfare Quality Network (2019) Welfare Quality Assessment Protocol for Laying Hens. Version 2.0. Disponible à : <https://www.welfarequalitynetwork.net/en-us/reports/assessment-protocols>.
- Widowski T.M., Caston L.J., Casey-Trott T.M. et Hunniford M.E. (2017a) The effect of space allowance and cage size on laying hens housed in furnished cages, Part II: Behavior at the feeder. *Poultry Science* 96:3816–3823.
- Widowski T.M., Caston L.J., Hunniford M.E., Cooley L. et Torrey S. (2017b) Effect of space allowance and cage size on laying hens housed in furnished cages, Part I: Performance and well-being. *Poultry Science* 96(11):3805–3815.

2. ALLOCATION D'ESPACE AUX POULETTES DANS LES SYSTÈMES À PLUSIEURS NIVEAUX

CONCLUSIONS

- 1. Peu nombreuses sont les études comparant directement les effets des différentes allocations d'espace d'élevage sur les mesures du bien-être des poulettes en croissance et des poules adultes dans les systèmes sans cages.**
- 2. Les interactions complexes augmentent avec la taille du groupe. C'est pourquoi il est difficile de déterminer l'incidence de la seule allocation d'espace sur le bien-être dans les systèmes sans cages, et très difficile de déterminer les exigences d'espace minimal dans ces systèmes.**
- 3. L'espace physique occupé par les poulettes n'est pas le même pour les souches brunes et blanches (par exemple, la superficie moyenne occupée quand les poules sont en position assise ou debout était, respectivement, de 434,5 cm² et 456 cm² pour les poules à plumes brunes et de 361 cm² et 380 cm² pour les poules à plumes blanches âgées de 18 semaines).**
- 4. Bien que les niveaux d'activité diminuent selon une progression naturelle avec la croissance des poulettes, une allocation d'espace réduite peut restreindre la locomotion. La capacité à réaliser les différentes formes de locomotion (c'est-à-dire le comportement à terre et dans l'air) est cruciale pour le développement des poulettes destinées à des systèmes sans cages pendant leur croissance.**
- 5. Une densité de peuplement élevée pendant l'élevage est un facteur de risque de picage de plumes à la fois dans les phases d'élevage et de ponte de la production et peut nuire à l'état du plumage.**

TERMES ET DÉFINITIONS

La revue de la littérature traite des exigences de surface utile pour les poulettes, généralement exprimées en densités de peuplement ou en allocations d'espace. Ces termes sont souvent confondus et parfois employés incorrectement ou de façon interchangeable. Pour assurer l'exactitude de l'interprétation des résultats, il est essentiel de les définir précisément.

Densité de peuplement

La densité de peuplement désigne le nombre d'animaux par unité d'espace. Dans les résultats des densités de peuplement (c'est-à-dire en oiseaux/m²), une densité de peuplement plus élevée signifie qu'il y a un plus grand nombre d'animaux dans l'unité d'espace, et par conséquent un espace inférieur par animal.

Allocation d'espace

L'allocation d'espace exprime la quantité d'espace disponible par animal (c'est-à-dire en cm²/oiseau). Dans les résultats exprimés ainsi, plus l'allocation d'espace est grande, plus l'espace par animal est grand.

Taille de groupe

La taille de groupe désigne le nombre d'animaux dans un groupe donné. Elle peut désigner le nombre d'animaux dans une cage, un enclos, voire une section de poulailler. Par exemple, si un poulailler est équipé de cages enrichies contenant chacune 30 poules, la taille de groupe est de 30. Dans une volière où le poulailler est divisé en quatre rangées contenant 4 000 oiseaux chacune, la taille de groupe est de 4 000.

INTRODUCTION

L'élevage des poulettes est un moment crucial de leur développement, qui a des effets importants à long terme sur la santé, la productivité et le bien-être des poules adultes (Casey-Trott et coll., 2017; Gunnarson et coll., 2000; Janczak et Riber, 2015), et l'allocation d'espace est un aspect essentiel de la gestion de l'élevage. On manque d'études de qualité donnant des résultats directs de l'effet qu'a l'allocation d'espace dans les systèmes sans cages et, plus particulièrement, dans les systèmes à plusieurs niveaux sur plusieurs indicateurs de bien-être. La présente revue de la littérature discutera des recherches portant sur la manière dont les différentes allocations d'espaces influent sur le fonctionnement biologique (par exemple sur la croissance, la fonction immunitaire, la mortalité), les états affectifs (par exemple sur la peur, la douleur ou des indicateurs indirects comme les comportements associés à ces états, dont l'agression ou le picage de plumes), et la capacité à exprimer les comportements (naturels) de l'espèce.

La revue de la littérature visait à examiner les connaissances pertinentes sur les exigences en matière d'espace pour les futures pondeuses dans les systèmes à plusieurs niveaux, mais certains articles sur les poulettes logées dans d'autres types de systèmes et sur les pondeuses adultes ont été pris en compte s'ils étaient jugés utiles pour éclairer les décisions relatives au logement des poulettes. Des recherches ont été lancées sur Google Scholar, Web of Science et OMNI, l'outil de recherche de la bibliothèque de l'Université de Guelph. Des techniques d'exploration de citations comme la fonction « cité par » de Google Scholar ont servi à trouver des articles pertinents. Les mots-clés et les expressions clés utilisés étaient : densité de peuplement, allocation d'espace, volière, sans cages, cages enrichies, cages aménagées, poulettes, poules pondeuses, production et rendement. Les opérateurs de recherche « ET/AND » et « OU/OR » ont servi à chercher différentes orthographes des mots-clés individuellement et comme chaînes de recherche. Le dépouillement de la littérature a porté sur des publications examinées par les pairs, des thèses et des avis scientifiques. Des résumés de résultats de recherche ont été triés par titre et les articles dont le résumé correspondait à la portée de notre revue de la littérature ont été utilisés.

LES DÉFIS DE LA RECHERCHE SUR LES ALLOCATIONS D'ESPACE

La recherche sur les besoins d'espèce de la volaille et l'interprétation des résultats peuvent représenter un défi. En effet, il est souvent irréaliste de vouloir déterminer avec exactitude les allocations d'espace favorisant le bien-être en raison des nombreux facteurs influant sur le bien-être, d'une part, et des incohérences des approches méthodologiques, d'autre part (Dawkins, 2018). Il existe cependant des techniques permettant d'évaluer le comportement pour comprendre l'utilisation de l'espace et les besoins en la matière de la volaille. L'allocation d'espace doit être adaptée à l'expression des comportements et à l'espace physique (la taille corporelle) des animaux, l'espace « dynamique » qui comprend l'espace nécessaire aux changements de posture. L'équilibre constant entre les forces de répulsion et d'attraction sociale influe sur l'espace entre individus, qui correspond à la distance souhaitée entre conspécifiques (Keeling, 1995). Les distances préférées entre les poules dépendent du comportement exprimé (Keeling, 1994). Des aspects de la synchronisation comportementale et du regroupement chez les pondeuses et les poulettes sont traités dans l'Aspect à modifier 1.

Le fait de changer la taille des groupes peut considérablement influencer sur le comportement des poulettes et des pondeuses (Keeling et coll., 2017). Quand la taille du groupe augmente, la superficie totale et l'espace libre disponible pour les activités augmentent si la densité est constante (Widowski et coll., 2016). À titre d'exemple, dans des groupes de 10, 20 et 40 poulettes logées à une densité d'élevage constante (8 oiseaux/m²), Liste et coll. (2015) ont constaté que la locomotion augmente avec la taille du groupe, ce qu'ils attribuent largement à la part plus grande de la superficie totale de l'enclos dont disposent les oiseaux des grands groupes. La taille de groupe influence le comportement social (Keeling et coll., 2017) et est un facteur qui varie considérablement dans la littérature publiée. Les tailles de groupe des exploitations agricoles commerciales sont également variables et, souvent, les grandes tailles de groupe des volières commerciales ne sont pas comparables aux petites tailles généralement utilisées dans les environnements de recherche. Les méthodologies différentes peuvent aussi produire la confusion de la taille de groupe quand plusieurs allocations d'espace sont mises à l'essai.

EXIGENCES EN MATIÈRE D'ESPACE PHYSIQUE

Des analyses biométriques permettent d'évaluer les exigences en matière d'espace physique. L'espace bidimensionnel et tridimensionnel occupé par un animal selon la posture adoptée ou selon les mouvements réalisés peut être déterminé au moyen de plusieurs techniques d'imagerie (Giersberg et coll., 2017; Mench et Blatchford, 2014; Riddle et coll., 2018; Spindler et coll., 2016). Giersberg et coll. (2017) ont fait état d'une fourchette de mesures de largeur corporelle pour les poulettes âgées de 8 à 19 semaines allant de 10,7 à 13,96 cm et de 10,3 à 13,00 cm, respectivement pour les souches brunes et blanches de futures pondeuses, et ils ont proposé d'utiliser ces mesures pour déterminer l'espace de perchoir et aux mangeoires (voir l'Aspect à modifier 1). Spindler et coll. (2013) ont mesuré l'espace bidimensionnel (superficie au sol) occupé par quatre souches différentes de poulettes âgées de 6 à 18 semaines, quand les oiseaux étaient en position assise ou debout. Les superficies moyennes occupées par les différentes souches à des poids corporels (PC) donnés à 17 et 18 semaines étaient : Lohmann brune (PC 1 450 g) 422 et 448 cm²; Lohmann Tradition (PC 1 500 g) 447 et 464 cm²; et Lohmann Selected Leghorn (PC 1 300 g) 372 et 380 cm², respectivement en position debout et assise. Les souches Dekalb blanches (PC 1 300 g) occupaient 350 cm² en position debout. À partir des dimensions corporelles, les auteurs ont proposé une densité de peuplement de 11 à 14 poulettes/m² pour les systèmes en libre parcours (sans cages). À titre de comparaison, chez les poules pondeuses, Spindler et coll. (2016) ont constaté que la superficie moyenne occupée par les poules pondeuses Lohmann brunes était de 457,12 cm² et de 397,04 cm² pour les poules pondeuses LSL.

Krause et Schrader (2019) ont proposé une méthode de calcul de l'allocation d'espace aux poulettes adaptée du règlement alors en vigueur pour les pondeuses et les poulets à chair. Le calcul prend en compte le poids corporel, l'espace physique (espace occupé par le corps) et l'espace dynamique requis pour les changements de posture et l'expression des comportements, ce qu'ils appellent « espace supplémentaire relatif ». Ils ont calculé l'espace supplémentaire relatif pour les pondeuses et les poulets à chair sous forme de pourcentage de l'exigence de superficie totale (espace supplémentaire relatif = [allocation d'espace totale – espace physique]/allocation d'espace totale) donnée dans les Directives du Conseil de l'Union européenne pour les poules pondeuses (1999/74/EC) et pour les poulets à chair (2007/43/EC), à 60 % d'espace supplémentaire pour les pondeuses et 40 % d'espace supplémentaire pour les poulets à chair. Dans leur calcul de l'allocation d'espace aux poulettes, ils ont supposé qu'elles avaient besoin d'un espace supplémentaire identique à celui des poulets à chair. En se servant d'une fonction du poids corporel pour déterminer l'espace physique occupé par certaines souches en position debout à partir des résultats de Spindler et coll. (2013) plus les 40 % d'espace supplémentaire relatif, ils ont recommandé une densité de peuplement de 9 à 15 poulettes/m². Une densité de 15 poulettes/m² correspond à 666,6 cm²/poulette. Le dernier rapport de l'Autorité européenne de sécurité des aliments sur le bien-être des poules pondeuses se fonde sur cette mesure dans ses recommandations d'espace alloué aux poulettes (EFSA, 2023).

Selon les données biométriques présentées ci-dessus, les souches à plumes brunes prennent plus d'espace que celles à plumes blanches (Giersberg et coll. 2017; Spindler et coll., 2016). Les conclusions de Kozak et coll. (2016a), Kozak et coll. (2016b), Pufall et coll. (2021) et Rentsch et coll. (2023a) montrent aussi des différences dans la locomotion et l'activité entre les souches à plumes brunes et blanches, ainsi que des différences de conformation corporelle qui entraînent des variations dans la superficie occupée par les poules blanches et les poules brunes pour leurs différents mouvements. Par exemple, Riddle et coll. (2018) ont utilisé des images numériques de poules adultes pour déterminer que les poules Hy-Line brunes et Bovans brunes occupaient plus d'espace quand elles étaient debout, en train de s'allonger, de se percher et de prendre un bain de poussière, tandis que les poules Dekalb blanches et Hy-Line W-36 occupaient moins d'espace quand elles battaient des ailes dans une comparaison des mouvements de quatre souches. Il a été estimé que la superficie occupée en position debout était de 60 à 100 cm² (de 89,6 cm² en moyenne) plus élevée par oiseau chez les souches brunes que chez les souches blanches. De plus, Grebey et coll. (2020) ont constaté que les souches à plumes brunes présentaient de plus grandes distances entre individus et nécessitaient plus d'espace de litière pour les bains de poussière que les poules de souches blanches.

EXIGENCES EN MATIÈRE D'ESPACE POUR LES BESOINS COMPORTEMENTAUX

La détermination de l'espace nécessaire aux comportements de l'espèce peut aussi servir à calculer les allocations d'espace. L'expression des comportements est influencée par plusieurs facteurs dont la taille de groupe (Keeling et coll., 2017), la distance entre individus (Riber et coll., 2007), ainsi que la conception du logement et la disposition des ressources (Du et coll., 2022; Collins et coll., 2011). Quelle que soit l'allocation d'espace, on observe que la volaille se regroupe ou qu'elle a un comportement synchrone autour de certaines ressources ou parties du poulailler, ce qui entraîne des densités de peuplement élevées à certains emplacements et de faibles densités à d'autres selon l'heure.

Le groupe scientifique sur la santé et le bien-être des animaux de l'Autorité européenne de sécurité des aliments a mis au point des modèles mathématiques exploratoires en vue d'extrapoler les exigences d'allocation d'espace pour les poules poudeuses adultes à partir de la superficie nécessaire à la réalisation de certains besoins comportementaux, comme se tenir debout, marcher, picorer, prendre des bains de poussière et battre des ailes (EFSA, 2023). Ils ont extrait (et parfois recalculé) les données de dix études publiées après 2010 et réalisées dans des « conditions améliorées » où l'espace n'était pas une limite dans des systèmes sans cages ou en libre parcours. Les modèles examinaient la proportion d'oiseaux exprimant le comportement sélectionné et la superficie requise pour l'expression de ce comportement. En se fondant sur une combinaison d'élicitation de connaissances d'experts (ECE) et de résultats des modèles mathématiques comportementaux, le groupe a recommandé une allocation d'espace de 2 500 cm²/oiseau pour les poules poudeuses adultes. La modélisation de comportement proposée étant une méthode nouvelle d'estimation des exigences en matière d'espace, les auteurs ont indiqué les limites suivantes dans leur rapport : selon le comportement sélectionné, les données ont été extraites de deux à huit études; les diverses études employaient des éthogrammes différents pour quantifier le comportement; les rythmes circadiens et la synchronie comportementale n'ont pas été pris en compte; et les hypothèses concernant les différences entre individus ont pu être simplifiées à l'excès (EFSA, 2023). Bien que cette méthode n'ait pas servi à estimer les allocations d'espace pour des poulettes en cours de croissance, elle est présentée ici à des fins comparatives.

LOCOMOTION ET NIVEAUX D'ACTIVITÉ

Les niveaux d'activité et la locomotion chez les jeunes oiseaux sont importants pour le développement des aptitudes locomotrices qu'ils utilisent tout au long de leur vie (Gunnarson et coll., 2000; Rentsch et coll., 2023b). La capacité des poulettes à rester actives pendant toute la phase d'élevage peut être influencée par l'espace disponible. Quand la poulette grandit, l'espace disponible diminue si l'allocation d'espace reste constante. Pufall et coll. (2021) ont mesuré les niveaux d'activité et la locomotion chez 14 troupeaux de poulettes dans 11 exploitations agricoles commerciales du Canada comportant différents styles de volière d'élevage. Les densités de peuplement variaient de 358,76 cm²/oiseau à 890,62 cm²/oiseau, mais elles n'ont pas été comparées statistiquement. Les auteurs ont constaté la diminution globale de la marche, de la course et des comportements aériens vers la fin de l'élevage et ont avancé que la tendance à la diminution de l'activité et de la locomotion pourrait être liée à la diminution de l'espace disponible à mesure que les poulettes grandissent. Cependant, Kozak et coll. (2016a), qui ont mesuré l'activité physique pendant toute la période d'élevage dans de petites volières réalisées sur mesure où l'espace n'était pas un facteur de limitation, ont montré que les activités à intensité élevée diminuaient dans le cours naturel du développement. De même, Liste et coll. (2015) ont constaté que les poulettes passaient moins de temps à se déplacer et parcouraient des distances plus courtes à l'âge de 15 à 16 semaines comparativement à l'âge de 5 à 6 semaines, quand elles étaient logées dans des espaces non limitants. Dans une étude récente sur les effets des densités de peuplement sur des poulettes élevées dans des enclos au sol sans perchoirs, Fischer (2023) a observé des poulettes Lohmann blanches et Lohmann brunes disposant de deux allocations d'espace, soit 619,1 et 1 248,9 cm²/oiseau. Il a constaté que l'allocation d'espace plus élevée conduisait à l'augmentation de la marche et de la course par rapport à celle moins élevée, mais que ces comportements baissaient quand les poulettes grandissaient dans les deux traitements. Par ailleurs, Jensen (2019) a aussi constaté que la locomotion baissait quand l'allocation d'espace diminuait dans une fourchette allant de 335 à 247 cm²/oiseau chez des poulettes de 14 semaines élevées dans des cages aménagées. Les différences comportementales entre les poulettes et les poudeuses sont susceptibles d'influer sur leurs besoins d'espace. Il se peut que les poulettes

nécessitent davantage d'espace pour la locomotion générale et le comportement de jeu quand elles sont jeunes, comparativement aux poulettes plus âgées ou aux pondeuses.

PICAGE DE PLUMES ET AGRESSIONS

Le picage de plumes est un problème de comportement multifactoriel qui cause du stress et réduit le bien-être du troupeau (van Staaveren et Harlander, 2020). Le picage léger des plumes consiste en picages répétés aux bouts des plumes de congénères sans dommages, tandis que le picage sévère de plumes cause des blessures, car il consiste à piquer et arracher des plumes de congénères d'une manière nuisant à leur plumage ou leur tégument. La lutte contre le picage de plumes pendant l'élevage peut être cruciale pour en réduire les occurrences pendant la période de ponte (Bestman et coll., 2009; Janczak et Riber, 2015). Le picage agressif comprend des picages sur un autre oiseau pendant une rencontre agonistique et il vise généralement la région de la tête. Bien que le comportement agressif soit considéré comme un comportement social normal pendant la compétition ou l'établissement de relations de domination, il n'est pas souhaitable en raison du stress et des blessures qu'il cause aux individus qui le subissent.

Plusieurs études épidémiologiques ont examiné la relation entre les facteurs de gestion, dont la densité de peuplement pendant l'élevage et le risque de picage de plumes ou de mauvais état du plumage pendant l'élevage et/ou pendant la ponte dans les systèmes sans cages. Huber-Eicher et Audigé (1999) ont étudié 64 troupeaux dans des exploitations d'élevage sans cages comportant des tailles de troupeaux allant de 500 à plus de 9 500 poulettes. La prévalence du picage des plumes pendant l'élevage a été déterminée au moyen d'entretiens avec les éleveurs. Les troupeaux élevés à une densité de peuplement de >10 oiseaux/m² étaient six fois plus susceptibles d'être concernés par le picage de plumes. Les auteurs ont également constaté que les troupeaux ne disposant pas de perchoirs étaient quatre fois plus susceptibles de développer un comportement de picage de plumes. Bestman et coll. (2009) ont étudié 28 troupeaux de poulettes biologiques commerciales pour lesquelles ils ont évalué les dommages causés aux plumes pendant les périodes d'élevage et de ponte. Ils ont constaté que 90 % des troupeaux de poulettes présentant des dommages aux plumes pendant l'élevage présentaient également des dommages aux plumes (plumes endommagées ou manquantes sur le dos ou la queue) pendant la période de ponte et qu'une densité de peuplement plus élevée pendant les quatre premières semaines était un facteur de risque de dommages aux plumes. Schwarzer et coll. (2022a) ont mesuré l'état du plumage deux fois pendant la période d'élevage et trois fois pendant la période de ponte sur 30 troupeaux au bec non rogné dans 16 exploitations agricoles commerciales. La densité de peuplement pendant l'élevage (de 12 à 32 poulettes/m²) et la mauvaise qualité de la litière ont été associées à l'état du plumage, les oiseaux élevés à des densités plus élevées ayant un plumage en nettement moins bon état dans le poulailler d'élevage. De plus, le mauvais état du plumage pendant l'élevage était un facteur de risque significatif de mauvais état du plumage pendant la période de ponte. Gilani et coll. (2013) ont mené une étude longitudinale sur 34 troupeaux dans 29 exploitations d'élevage. Le comportement de picage et l'état du plumage ont été mesurés à 1, 8 et 16 semaines dans l'exploitation d'élevage et à 35 semaines pendant la ponte. Ils ont associé plusieurs facteurs de gestion pendant l'élevage au comportement et à l'état du plumage, mais contrairement aux résultats d'autres études, ils n'ont pas constaté que la densité d'élevage influait de manière significative sur les variables des résultats.

Quelques études expérimentales se sont intéressées aux effets de la densité de peuplement sur le picage de plumes pendant la période d'élevage. Hansen et Braastad (1994) ont évalué le comportement de picage et l'état du plumage de poulettes Leghorn blanches élevées dans des enclos sur sable équipés de perchoirs, à des densités de peuplement de 13 et 6,5 poulettes/m², qu'ils ont obtenues en changeant la taille des groupes dans les enclos (195 et 390). Les observations comportementales réalisées à l'âge de 6 et 12 semaines indiquaient que le picage des plumes n'était pas différent à 6 semaines, mais qu'à 12 semaines, le picage de plumes était plus élevé chez les oiseaux logés à la densité la plus grande. L'état du plumage n'était pas différent à 12 semaines, mais les poulettes logées à la densité la plus petite avaient de meilleures plumes sur la queue à 6 semaines. Les auteurs de l'étude n'établissaient pas de distinction entre le picage de plumes léger et le picage sévère des plumes. Nicol et coll. (1999) ont étudié des poulettes et des pondeuses élevées en volière et logées à des densités de 30, 22, 14 et 6 oiseaux/m² de 14 à 30 semaines (groupes de 72, 168, 264 et 368 oiseaux). Le picage léger des plumes était plus élevé chez le groupe à forte densité de peuplement, le picage agressif était le plus élevé chez le groupe à faible densité de peuplement

(principalement autour de la boîte de nid), mais la densité n'avait pas d'incidence sur le picage sévère. La densité de peuplement avait un effet linéaire sur la qualité du plumage, le pire état de plumage étant constaté à 30 oiseaux/m².

Une étude expérimentale réalisée sur une volière commerciale de poulettes (à plusieurs niveaux avec litière et perchoirs), dans laquelle étaient logées 100 000 futures pondeuses Lohmann brunes, a examiné les effets de la densité de peuplement (22,9 par rapport à 18,1 oiseaux/m²) et des enrichissements ajoutés sur l'occurrence du picage de plumes et du picage agressif (Zepp et coll., 2018), la santé et l'état du plumage (Liebers et coll., 2019), et l'ontogénie du picage de plumes pendant les quatre premières semaines de vie (Schwarzer et coll., 2022b). Sur une expérience répétée sur deux lots consécutifs, ils ont utilisé trois groupes expérimentaux : densité de peuplement élevée sans enrichissements, densité de peuplement faible avec ajout d'enrichissements (blocs de picage et balles de luzerne), et densité élevée avec enrichissements. D'après les observations comportementales réalisées pendant l'élevage, les deux groupes de densité de peuplement comportant des enrichissements présentaient moins de picage de plumes et moins de picage agressif que le groupe à densité élevée sans enrichissements (Zepp et coll., 2018). Le picage sévère des plumes était plus élevé dans le groupe à densité de peuplement élevée que dans celui à faible densité pour ce qui est des deux groupes avec enrichissements. Schwarzer et coll. (2022b) ont constaté une différence dans le picage de plumes quand des enrichissements sont ajoutés, mais pas quand la densité de peuplement change, jusqu'à l'âge de 4 semaines. Liebers et coll. (2019) n'ont constaté aucun effet de la densité de peuplement sur les blessures à la tête ni sur l'état du plumage pendant toute la période d'élevage.

COMPARAISON DES EFFETS DE L'ALLOCATION D'ESPACE SUR LES INDICATEURS DE BIEN-ÊTRE

Rares sont les études qui ont comparé directement les effets des différentes allocations d'espace sur les mesures du bien-être et du rendement des poulettes dans les volières. C'est pourquoi le [tableau 2.1](#) synthétise les méthodes et les résultats d'études comparatives réalisées pendant l'élevage dans des systèmes sans cages (enclos au sol et systèmes à plusieurs niveaux) et des cages aménagées contenant de plus grands groupes. Hofmann et coll. (2021) ont élevé des poulettes Leghorn blanches dans des enclos au sol aménagés avec des perchoirs à des densités de 23 et 13 oiseaux/m², avec des tailles de groupe de 46 oiseaux pour mettre à l'essai les effets sur le comportement et la fonction immunitaire pendant la période d'élevage, et déterminer ensuite si certains de ces effets s'observent dans la période de ponte. Ils ont collecté des échantillons de sang et du tissu lymphatique à 16 et 27 semaines pour examiner les niveaux de corticostérone et des paramètres du système immunitaire. Alors que les niveaux de corticostéroïdes étaient identiques, le ratio hétérophile:lymphocyte, un autre indicateur de stress, était plus haut chez le groupe à densité plus élevée. Cette différence s'est maintenue pendant la période de ponte où les poules étaient logées à la même densité. Plusieurs autres indicateurs de la fonction immunologique différaient selon le groupe de traitement. Par ailleurs, les auteurs ont constaté que le lissage des plumes, le picorage et la locomotion — des comportements considérés comme des indicateurs de bien-être positif — étaient inférieurs chez les groupes logés à une densité élevée pendant l'élevage, et que l'effet sur le picorage et le lissage des plumes se poursuivait pendant la ponte. L'état du plumage était moins bon chez les poulettes élevées à des densités de peuplement élevées pendant la phase d'élevage et de ponte. Gast et coll. (2022) ont élevé des poulettes à deux densités de peuplement (indiquées en allocations d'espace de 374 cm² et 929 cm²/oiseau) dans des essais distincts (une densité par essai) et ils ont mesuré la probabilité que les oiseaux soient infectés par *Salmonella* Enteritidis (SE). SE a été inoculée par voie orale à des poulettes Tetra brunes non vaccinées contre SE, à 16 et 19 semaines (après qu'elles ont quitté les enclos d'élevage pour être placées dans une installation d'isolement à l'âge de 16 semaines). Des prélèvements organiques ont indiqué que la densité de peuplement de l'élevage n'avait pas d'incidence sur l'isolement de SE. Il faut toutefois rester prudent sur l'interprétation de ces résultats étant donné que les densités ont été appliquées dans des essais distincts.

Dans des travaux récents, Abraham et coll. (2024) ont mesuré l'effet de deux densités de peuplement (indiquées en allocations d'espace de 619 et 1 249 cm²/oiseau) sur les poids corporels, l'état corporel, l'uniformité et les biomarqueurs du stress chez des poulettes Lohmann brunes et Lohmann blanches logées au sol. Ils ont constaté que les poulettes placées dans la densité de peuplement la plus basse présentaient un poids de bourse séreuse plus élevé,

ce qui peut indiquer un niveau de stress inférieur ou une meilleure fonction immunitaire, mais ils n'ont trouvé aucun effet sur le ratio hétérophile:lymphocyte. La densité de peuplement influait sur l'uniformité chez les deux souches, mais dans des sens opposés : en effet, ils ont observé une amélioration de l'uniformité à l'allocation d'espace la plus basse chez les poules blanches et à l'allocation d'espace la plus élevée chez les poules brunes. Des observations comportementales sur les oiseaux de cette même expérience (placés à des densités de 13 et 6,5 poulettes/m²) ont montré que les poulettes disposant d'une superficie plus grande (1 249 cm²/oiseau) exprimaient plus de comportements de locomotion, de confort et d'exploration, qui sont considérés comme des indicateurs de bien-être positif, que les oiseaux ayant une allocation d'espace basse (densité de peuplement élevée, 619 cm²/oiseau) (Fischer, 2023).

L'espace disponible peut influencer sur l'exercice physique, qui est essentiel pour le développement musculosquelettique des animaux (Casey-Trott et coll., 2017). Peu d'études traitent des effets de la densité de peuplement sur le développement squelettique ou sur les paramètres de rendements des futures pondeuses. Pereira et coll. (2021) ont examiné les effets de l'allocation d'espace d'élevage dans des cages aménagées sur les caractéristiques osseuses et la qualité des coquilles d'œuf pendant la ponte. L'élevage de poulettes Lohmann brunes et Dekalb blanches à une densité de 299 cm²/oiseau ou 247 cm²/oiseau dans de grandes cages aménagées (convertibles) n'avait aucune incidence sur la production d'œufs, la masse des œufs, leur poids ni la qualité de leur coquille pendant la période de ponte. Pour ce qui est des mesures osseuses, les tibias étaient plus lourds chez les poules du groupe à 299 cm²/oiseau que celles du groupe à 247 cm²/oiseau, mais aucun effet n'a été constaté sur la résistance à la rupture du fémur et du tibia. Par ailleurs, Fawcett et coll. (2020) ont mesuré les caractéristiques musculosquelettiques de poulettes élevées avec différentes allocations d'espace dans des cages aménagées (cages convertibles fermées). Des poulettes Dekalb blanches, Lohmann brunes et Lohmann Selected Leghorn-Lite ont été élevées dans de grandes cages d'élevage, équipées d'une plateforme et de perchoirs. Les allocations d'espace de l'âge de 6 semaines à la fin de l'élevage étaient de 247 cm²/oiseau, 270 cm²/oiseau, 299 cm²/oiseau et 335 cm²/oiseau, et elles étaient obtenues par changement de la taille du groupe. La densité de peuplement n'avait pas d'incidence sur les caractéristiques musculosquelettiques globales, sauf sur les muscles des pattes, et l'effet n'était pas linéaire. De plus, l'évaluation du bréchet à la fin de l'élevage et tard dans la période de ponte n'indique aucune différence selon la densité de peuplement. Les auteurs ont avancé que ce résultat s'expliquait probablement par la trop grande densité de peuplement, qui limitait l'exercice physique dans tous les traitements.

CONGESTION ET ENTASSEMENT

Il est parfois difficile d'éviter une forte densité de peuplement dans certaines zones, y compris quand l'allocation d'espace souhaitée est fournie, en raison des phénomènes de congestion ou d'un espacement non uniforme dans tout le poulailler. La répartition des pondeuses dans une volière varie et diffère aussi selon la souche (Ali et coll., 2016), la congestion se produisant souvent dans la zone de litière (Campbell et coll., 2016). Même les pondeuses logées dans des cages enrichies en groupes relativement plus petits que ceux des volières présentaient des variations de densité de peuplement selon la zone : à certains emplacements de la cage, la densité variait de 245 cm²/oiseau à 1 109 cm²/oiseau (Channing et coll., 2001). L'espace inégal et les densités variables dans le poulailler peuvent causer un entassement et un étouffement (Winter et coll., 2022). Ces derniers se produisent en cas de congestion où les oiseaux sont si proches les uns des autres qu'ils suffoquent, ce qui représente une cause très importante de mortalité dans les volières (Mazocco et coll., 2024). Étant donné qu'on ne connaît pas les causes exactes de ce comportement, il est difficile à maîtriser, mais on sait qu'il s'observe généralement plus chez des poules adultes dans des systèmes sans cages comportant des groupes de grande taille (Grey et coll., 2020; Winter et coll., 2022). Les connaissances sur l'entassement pendant l'élevage sont très peu nombreuses, mais Fischer (2023) a toutefois constaté qu'il était plus probable quand les poulettes étaient logées à des densités de peuplement élevées (voir le tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Méthodes et résultats de toutes les études comparatives réalisées à la période d'élevage dans des systèmes sans cages et des cages aménagées (groupes plus grands). Les mesures comportementales comprennent les variables susceptibles d'indiquer un bien-être négatif ou positif (voir le texte).

Référence(s)	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Densité de peuplement (DP) et conversion			Fourchette de taille de groupe	Mesures comportementales	Mesures biologiques
		DP donnée	po ² /oiseau	cm ² /oiseau			
SYSTÈME : ENCLOS AU SOL							
Abraham et coll. (2024) Fischer (2023)	Poulettes Lohmann brunes et Lohmann LSL-Lite élevées dans des enclos au sol sans perchoirs; échantillons prélevés de l'âge de 3 à 12 semaines (Abraham et coll., 2024) de de 8 à 112 jours (Fischer, 2023)	619 et 1 249 cm ² /oiseau	95,9 et 193,6	619 et 1 249	59 poulettes par enclos	Les comportements de locomotion, de confort et d'exploration étaient plus élevés chez les oiseaux logés à une faible DP Les oiseaux logés à une DP élevée présentaient plus de picage de plumes total et une plus grande probabilité d'entassement (Fischer, 2023)	Aucun effet de la DP sur le coussinet plantaire, l'extrémité du bréchet, ni les fractures du bréchet L'uniformité était meilleure à la DP plus basse chez les poulettes brunes et à la DP plus élevée chez les poulettes blanches Aucune différence pour la plupart des paramètres du système immunitaire, dont le ratio H:L Les poulettes logées à une DP basse présentaient un poids de bourse séreuse plus grand (Abraham et coll., 2024) Aucun effet sur la mortalité (Abraham et coll., 2024)
Gast et coll. (2022)	Poulettes Tetra brunes élevées dans des enclos au sol, auxquelles <i>Salmonella</i> Enteritidis a été inoculée à l'âge de 16 et 19 semaines	374 et 929 cm ² /oiseau	58,0 et 144,0	374 et 929	72 poulettes par groupe	Non indiquées	L'isolement de <i>Salmonella</i> Enteritidis à partir de prélèvements organiques n'a pas montré d'effet de la DP chez les poulettes auxquelles SE avait été inoculée à l'âge de 16 et 19 semaines

Tableau 2.1 : Méthodes et résultats de toutes les études comparatives réalisées à la période d'élevage dans des systèmes sans cages et des cages aménagées (groupes plus grands). Les mesures comportementales comprennent les variables susceptibles d'indiquer un bien-être négatif ou positif (voir le texte).

Référence(s)	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Densité de peuplement (DP) et conversion			Fourchette de taille de groupe	Mesures comportementales	Mesures biologiques
		DP donnée	po ² /oiseau	cm ² /oiseau			
Hofmann et coll. (2021)	Poulettes Lohmann LSL blanches élevées dans des enclos au sol équipés de perchoirs, de 1 à 17 semaines. Effets mesurés pendant l'élevage, puis à la période de ponte qui suit	23 et 13 oiseaux/m ²	67,4 et 119,2	434,8 et 769,2	46 oiseaux par groupe	Le lissage des plumes et le picorage étaient plus bas à la DP élevée (pendant les périodes d'élevage et de ponte) La locomotion était plus basse à la DP élevée seulement pendant la période d'élevage État du plumage moins bon à la DP élevée	Ratio H:L plus élevé dans les groupes à DP élevée Les poulettes élevées à la DP élevée présentaient un nombre de lymphocytes inférieur dans le sang et les organes lymphatiques Aucun effet de la DP sur la concentration de CORT
Hansen et Braastad (1994)	Poulettes Leghorn blanches élevées dans des enclos sur sable équipés de perchoirs. Données collectées entre l'âge de 6 et 12 semaines	13 et 6,5 poulettes/m ²	119,2 et 238,4	769 et 1 538	390 et 195 pour les densités élevée et basse	Le picage de plumes était plus élevé chez les oiseaux logés à la DP élevée à 12 semaines, mais l'état du plumage était identique Aucune différence pour ce qui est du bain de poussière	La DP n'avait pas d'incidence sur les mesures de mortalité et de production
SYSTÈME : À PLUSIEURS NIVEAUX							
Zepp et coll. (2018) Schwarzer et coll. (2022b) Liebers et coll. (2019)	Poulettes brunes Lohmann Classic élevées dans une volière commerciale avec perchoirs. Les mesures ont été prises entre : - 36 et 120 jours (Zepp et coll., 2018); - 1 jour et 29 jours (Schwarzer et coll., 2022b); - 5 et 17 semaines (Liebers et coll., 2019)	22,9 et 18,1 oiseaux/m ²	67,6 et 85,6	436,7 et 552,5	203 à 230 (jusqu'au dixième jour de vie) 101 à 115 (à partir du onzième jour de vie)	Les enrichissements réduisaient le picage de plumes, quelle que soit la densité Aux deux DP avec enrichissements, le picage de plumes et le picage agressif étaient moins élevés (Zepp et coll., 2018) Les enrichissements avaient une incidence sur le picage de plumes, mais la DP n'en avait pas (Schwarzer et coll., 2022b) Aucun effet de la réduction de la DP sur les blessures à la tête ni sur l'état du plumage (Liebers et coll., 2019)	Aucun effet sur le poids corporel ni l'uniformité pendant la période d'élevage

Tableau 2.1 : Méthodes et résultats de toutes les études comparatives réalisées à la période d'élevage dans des systèmes sans cages et des cages aménagées (groupes plus grands). Les mesures comportementales comprennent les variables susceptibles d'indiquer un bien-être négatif ou positif (voir le texte).

Référence(s)	Étape du cycle biologique et environnement de logement	Densité de peuplement (DP) et conversion			Fourchette de taille de groupe	Mesures comportementales	Mesures biologiques
		DP donnée	po ² /oiseau	cm ² /oiseau			
SYSTÈME : CAGES AMÉNAGÉES							
Pereira et coll. (2021)	Poulettes Lohmann brunes et Dekalb blanches élevées avec des traitements d'allocation d'espace dans des cages aménagées, de l'âge de 1 semaine à 16 semaines. Effets mesurés pendant la période de ponte qui suit	247 et 299 cm ² /oiseau	38,3 et 46,3	247 et 299	91 et 75 oiseaux à la DP élevée et basse	Non indiquées	Aucun effet sur la production d'œufs, la masse des œufs, leur poids, ni la qualité de leur coquille Tibia plus lourd à la DP élevée
Fawcett et coll. (2020) Jensen (2019)	Poulettes Dekalb blanches, Lohmann brunes et LSL Lite élevées dans des cages aménagées, de l'âge de 1 semaine à 16 semaines	247, 270, 299 et 335 cm ² /oiseau	38,3, 41,9, 46,3 et 51,9	247, 270, 299 et 335	91, 83, 75, 67	La locomotion était plus basse quand la superficie diminuait (Jensen, 2019) L'augmentation de la superficie entraînait l'augmentation de la marche et de la course, qui baissaient avec l'âge (Fischer, 2023)	La DP n'avait pas d'incidence sur les mesures du développement musculaire et osseux, sauf pour les muscles des pattes qui étaient plus lourds chez les poulettes logées à une DP basse

RÉFÉRENCES

- Abraham M.E., Robison C.I., Serpa P.B.S., Strandberg N.J., Erasmus M.A., Fraley G.S., Erf G.F. et Karcher D.M. (2024) Cage-free pullets minimally affected by stocking density stressors. *Animals* 14:1513.
- Ali A.B.A., Campbell D.L.M., Karcher D.M. et Siegford J.M. (2016) Influence of genetic strain and access to litter on spatial distribution of 4 strains of laying hens in an aviary system. *Poultry Science* 95:2489–2502.
- Bestman M., Koene P. et Wagenaar J. (2009) Influence of farm factors on the occurrence of feather pecking in organic reared hens and their predictability for feather pecking in the laying period. *Applied Animal Behaviour Science* 121:120–125.
- Campbell D.L.M., Makagon M.M., Swanson J.C. et Siegford J.M. (2016) Litter use by laying hens in a commercial aviary: Dust bathing and piling. *Poultry Science* 95:164–175.
- Casey-Trott T.M., Korver D.R., Guerin M.T., Sandilands V., Torrey S. et Widowski T.M. (2017) Opportunities for exercise during pullets rearing, Part II: Long-term effects on bone characteristics of adult laying hens at the end-of-lay. *Poultry Science* 96:2518–2527.
- Channing C.E., Hughes B.O. et Walker A.W. (2001) Spatial distribution and behaviour of laying hens housed in an alternative system. *Applied Animal Behaviour Science* 74:335–345.
- Collins L.M., Asher L., Pfeiffer D.U., Browne W.J. et Nicol C.J. (2011) Clustering and synchrony in laying hens: The effect of environmental resources on social dynamics. *Applied Animal Behaviour Science* 129:43–53.
- Dawkins M. (2018) Stocking density: Can we judge how much space poultry need? Dans : *Advances in Poultry Welfare* (Mench J.A, éd.). Sawston (Royaume-Uni). Woodhead Publishing, p. 227–242.
- Du X., Qin P., Liu Y., Amevor F.K., Shu G., Li D. et Zhao X. (2022) Effect of key farm management practices on pullet welfare—A review. *Animals* 12:729.
- EFSA [Autorité européenne de sécurité des aliments] – groupe AHAW [Animal Health and Welfare], Nielsen S.S., Alvarez J., Bicout D. J., Calistri P., Canali E., Drewe J., Garin-Bastuji B., Rojas J., Schmidt C., Herskin M., Chueca M., Padalino B., Pasquali P., Roberts H., Spoolder H., Stahl K., Velarde A., Viltrop A., Winckler C., Estevez I., Guinebretiere M., Rodenburg B., Schrader L., Tiemann I., Niekerk T., Ardizzone M., Ashe S., Hempen M., Mosbach-Schulz O., Gimeno C., Van der Stede, Y., Vitali M. et Michel V. (2023) Welfare of laying hens on farm. *EFSA Journal* 21:e07789.
- Fawcett D.L., Casey-Trott T.M., Jensen L., Caston L.J. et Widowski T.M. (2020) Strain differences and effects of different stocking densities during rearing on the musculoskeletal development of pullets. *Poultry Science* 99(9):4153–4161.
- Fischer T. (2023) The impacts of stocking density on behavior of pullets reared in cage-free housing systems. Mémoire de M. Sc., Purdue University. Disponible à : <https://www.proquest.com/dissertations-theses/impacts-stocking-density-on-behavior-pullets/docview/2890698676/se-2>.
- Gast R.K., Jones D.R., Guraya R., Garcia J.S. et Karcher D.M. (2022) Research note: Internal organ colonization by *Salmonella* Enteritidis in experimentally infected layer pullets reared at different stocking densities in indoor cage-free housing. *Poultry Science* 101:102104.
- Giersberg M.F., Kemper N., Hartung J., Schrader L. et Spindler B. (2017) Determination of body width in brown and white layer pullets by image analyses. *British Poultry Science* 58:230–235.
- Gilani A.M., Knowles T.G. et Nicol C.J. (2013) The effect of rearing environment on feather pecking in young and adult laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 148:54–63.
- Grebe T.C., Ali A.B.A., Swanson J.C., Widowski T.M. et Siegford J.M. (2020) Dust bathing in laying hens: Strain, proximity to, and number of conspecifics matter. *Poultry Science* 99:4103–4112.

- Grey H., Davies R., Bright A., Rayner A. et Asher L. (2020) Why do hens pile? Hypothesizing the causes and consequences. *Frontiers Veterinary Science* 7:616836.
- Gunnarson S., Yngvesson J., Keeling L.J. et Forkman B. (2000) Rearing without early access to perches impairs the spatial skills of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 67:217–228.
- Hansen I. et Braastad B.O. (1994) Effect of rearing density on pecking behaviour and plumage condition of laying hens in two types of aviary. *Applied Animal Behaviour Science* 40:263–272.
- Hofmann T., Schmucker S., Grashorn M. et Stefanski V. (2021) Short- and long-term consequences of stocking density during rearing on the immune system and welfare of laying hens. *Poultry Science* 100:101243.
- Huber-Eicher B. et Audigé L. (1999) Analysis of risk factors for the occurrence of feather pecking in laying hen growers. *British Poultry Science* 40(5):599–604.
- Janczak A.M. et Riber A.B. (2015) Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens. *Poultry Science* 94:1454–1469.
- Jensen L. (2019) The effects of stocking density on the growth, behaviour, and welfare of layer pullets in two cage systems. Mémoire de M. Sc., University of Guelph. Disponible à : <http://hdl.handle.net/10214/14771>.
- Keeling L.J. (1994) Inter-bird distances and behavioural priorities in laying hens: The effect of spatial restriction. *Applied Animal Behaviour Science* 39:131–140.
- Keeling L. (1995) Spacing behaviour and an ethological approach to assessing optimum space allocations for groups of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 44:171–186.
- Keeling L.J., Newberry R.C. et Estevez I. (2017) Flock size during rearing affects pullet behavioural synchrony and spatial clustering. *Applied Animal Behaviour Science* 194:36–41.
- Kozak M., Tobalske B., Martins C., Bowley S., Wuerbel H. et Harlander-Matauscheck H. (2016b) Use of space by domestic chicks housed in complex aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 181:115–121.
- Kozak M., Tobalske B., Springthorpe D., Szkotnicki B. et Harlander-Matauscheck A. (2016a) Development of physical activity levels in laying hens in three-dimensional aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 185:66–72.
- Krause E.T. et Schrader L. (2019) Suggestions to derive maximum stocking densities for layer pullets. *Animals* 9:348.
- Liebers C.J., Schwarzer A., Erhard M., Schmidt P. et Louton H. (2019) The influence of environment enrichment and stocking density on the plumage of health conditions in laying hen pullets. *Poultry Science* 98:2474–2488.
- Liste G., Campderrich I., de Heredia I.B. et Estevez I. (2015) The relevance of variations in group size and phenotypic appearance on the behaviour and movement patterns of young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 163:144–157.
- Mazocco C.C., de Castro Junior S.L., Silveira R.M.F., Poletto R. et da Silva I.J.O. (2024) Laying hens: Why smothering and not surviving? – A literature review. *Animals* 14:1518.
- Mench J.A. et Blatchford R.A. (2014) Determination of space use by laying hens using kinematic analysis. *Poultry Science* 93:794–798.
- Nicol C.J., Gregory N.G., Knowles T.G., Parkman I.D. et 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.
- Pereira A., Akbari Moghaddam Kakhki R. et Kiarie E.G. (2021) The effects of different spacing allowances in the pullet phase on the eggshell and bone quality of hens in the laying period. *Revue canadienne de zootechnie* 101:805–808.

- Pufall A., Harlander-Matauschek A., Hunniford M. et Widowski T.M. (2021) Effects of rearing aviary style and genetic strain on the locomotion and musculoskeletal characteristics of layer pullets. *Animals* 11:634.
- Rentsch A.K., Harlander A., Siegford J.M., Vitienes I., Willie B.M. et Widowski T.M. (2023a) Rearing laying hens: The effect of aviary design and genetic strain on pullet exercise and perching behavior. *Frontiers in Animal Science* 4:1176702.
- Rentsch A.K., Ross E., Harlander A., Niel L., Siegford J.M. et Widowski T.M. (2023b) The development of laying hen locomotion in 3D space is affected by early environmental complexity and genetic strain. *Scientific Reports* 13:10084.
- Riber A.B., Nielsen B.L., Ritz C.R. et Forkman B. (2007) Diurnal activity cycles and synchrony in layer hen chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Applied Animal Behaviour Science* 108:276–287.
- Riddle E.R., Ali A.B.A., Campbell D.L.M. et Siegford J.M. (2018) Space use by 4 strains of laying hens to perch, wing flap, dust bathe, stand and lie down. *PLoS ONE* 13:e0190532.
- Schwarzer A., Erhard M., Schmidt P., Zismann M. et Louton H. (2022b) Effects of stocking rate and environmental enrichment on the ontogeny of pecking behaviour of laying hen pullets confined in aviary compartments during the first 4 weeks of life. *Animals* 12:2693.
- Schwarzer A., Rauch E., Bergmann S., Kirchner A., Lenz A., Hammes A., Erhard M., Reese S. et Louton H. (2022a) Risk factors for the occurrence of feather pecking in non-beak-trimmed pullets and laying hens on commercial farms. *Applied Sciences* 12:9699.
- Spindler B., Clauss M., Briese A. et Hartung J. (2013) Planimetric measurement of floor space covered by pullets. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 126:156–162.
- Spindler B., Giersberg M.F., Kemper A.B. et Hartung J. (2016) Spatial requirements of poultry assessed by using a colour-contract method (KobaPlan). *British Poultry Science* 57:23–33.
- Van Staaveren N. et Harlander A. (2020) Cause and prevention of injurious pecking in chickens. Dans : *Understanding the Behaviour and Improving the Welfare of Chickens* (Nicol C., éd.). Londres : Burleigh Dodds Science Publishing, p. 58.
- Widowski T.M., Hemsworth P.H., Barnett J.L. et Rault J.L. (2016) Laying hen welfare I. Social environment and space. *World's Poultry Science Journal* 72:333–342.
- Winter J., Stratmann A., Toscano M.J., Cardwell J.M. et Nicol C.J. (2022) Piling behaviour in British layer flocks: Observations and farmers' experiences. *Applied Animal Behaviour Science* 252:105686.
- Zepp M., Louton H., Erhard M., Schmidt P., Helmer F. et Schwarzer A. (2018) The influence of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive pecking behavior in laying hen chicks. *Journal of Veterinary Behavior* 24:9–18.

3. NOMBRE MAXIMAL DE NIVEAUX DANS LES SYSTÈMES À PLUSIEURS NIVEAUX POUR POULETTES ET PONDEUSES

CONCLUSIONS

- 1. Aucune étude ne traite directement du nombre maximal de niveaux.**
- 2. Le nombre de niveaux est moins important que les moyens par lesquels les oiseaux ont la capacité de se déplacer entre niveaux et la distance maximale en cas de chute.**
- 3. Les poussins, les poulettes et les pondeuses sont des oiseaux terrestres aux aptitudes de vol limitées. Quand elles volent (par battements d'ailes) d'une hauteur de 150 cm ou plus, les poules nécessitent au minimum 2 mètres d'espace pour se poser ou de distance. Sans cet espace, le risque de collision avec des structures ou celui de se poser après une descente plus abrupte et plus risquée augmentent.**
- 4. Les poussins, les poulettes et les pondeuses préfèrent employer des aides au déplacement qui leur permettent d'utiliser leurs pattes pour passer d'un niveau à l'autre. Ces aides réduisent l'incidence des blessures dans les volières. Les rampes ayant un angle de 45 degrés ou moins facilitent le déplacement entre niveaux par rapport aux rampes d'angle supérieur.**
- 5. Il est plus difficile pour les oiseaux de sauter entre des perchoirs placés en diagonale dont l'angle est supérieur à 45 degrés ainsi qu'entre des perchoirs placés à la verticale et l'horizontale quand les distances entre perchoirs sont supérieures à 75 à 80 cm.**
- 6. Les propriétés frictionnelles des surfaces influent sur la capacité des oiseaux à les agripper avec leurs pieds.**
- 7. La souche, l'état de santé et l'état du plumage peuvent influencer sur les capacités des poules et des poulettes à se déplacer correctement dans un système.**

INTRODUCTION

La volaille destinée à la ponte d'œufs (poussins, poulettes et pondeuses) sont issus de la domestication d'une poule de type sauvage, une espèce gallinacée terrestre. Une étude réalisée par Muir (2000) a constaté que les poussins femelles se déplaçaient uniquement au moyen de leurs pattes entre six à huit heures par jour après l'éclosion et qu'ils préféraient le contact avec un sol horizontal quand ils se tenaient sur leurs deux pattes. Kozak et coll. (2016a) ont montré que des poussins âgés d'une à neuf semaines issus de quatre souches communes de poules pondeuses et logés dans un système à plusieurs niveaux passaient la plus grande partie de leur temps de locomotion au sol (52 %) et seulement 1,3 % du temps à des hauteurs de 71 à 159 cm du sol. Quand ils furent au ras du sol, les poussins de type sauvage préfèrent marcher ou courir en s'aidant de leurs ailes (Collias et Collias, 1967) et l'on observe que les poussins domestiques font de même dans les volières commerciales (Pufall et coll., 2021). Les poules de type sauvage adultes se déplacent en passant 70 % de leur temps d'activité à marcher sur le sol en picorant (Collias et coll., 1966) et elles préfèrent établir leur nid près du niveau du sol (Krause et Schrader, 2018). En cas de menace, les galliformes peuvent courir plus vite que leurs prédateurs et utiliser leurs ailes pour voler brièvement dans leur fuite (Dial et Jackson, 2011); ils peuvent chercher à s'élever pour plusieurs raisons, principalement pour se jucher (Jones et Goth, 2008). On a observé que les pondeuses domestiques juchées volaient vers la branche la plus basse d'un arbre et, de là, se déplaçaient vers le haut, branche après branche (Wood-Gush et Duncan, 1976). Pour revenir, elles volaient directement vers le sol (Moinard et coll., 2004).

Les systèmes de logement pour poussins, poulettes et pondeuses étant de plus en plus complexes, il est crucial de soigneusement réfléchir à leur conception. Si les volières à plusieurs niveaux permettent une liberté de locomotion, elles posent aussi des difficultés. Les oiseaux doivent se déplacer entre niveaux disposés à différentes hauteurs, plus grandes que la hauteur de leur propre corps (fourchette de 30,5 à 41,1 cm pour les pondeuses Hyline W36 debout) (Mench et Blatchford, 2014). Plus précisément, les oiseaux terrestres doivent se déplacer vers le haut et le bas dans l'air (par battements d'ailes) et au sol (par marche, course et sauts) pour trouver des ressources essentielles avec un risque minimal de blessure (Birn-Jefferey et coll., 2014). De même, les pondeuses logées en volière doivent trouver de la nourriture, de l'eau et les boîtes de nid qui sont placées sur plusieurs niveaux.

Aux fins du présent rapport, nous devons examiner la littérature disponible pour déterminer le nombre maximal de niveaux susceptibles d'être considérés comme adéquats dans un système de volière dans la perspective du bien-être animal. La littérature ne propose pas de nombre maximal de niveaux propice au bien-être, mais elle indique plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques à la biologie de l'oiseau qui influencent la capacité des poulettes et des poules à se déplacer verticalement dans des environnements complexes. Ces facteurs sont, entre autres, l'âge (Norman et coll., 2018; Kozak et coll., 2016b; Rentsch et coll., 2023a), la souche (Ali et coll., 2016; LeBlanc et coll., 2018; Pufall et coll., 2021; Rentsch et coll., 2023a), l'expérience en début de vie (Gunnarson et coll., 2000; Colson et coll., 2008; Rentsch et coll., 2023a), la mécanique de la locomotion (Hong et coll., 2024; Leon et coll., 2021), l'état de santé (LeBlanc et coll., 2016) et la distribution des ressources, ainsi que des éléments du système de logement lui-même.

La revue de la littérature visait à compiler les recherches concernant les implications des systèmes de volière à plusieurs niveaux sur le bien-être. Des recherches ont été lancées sur Google Scholar, Web of Science et OMNI, l'outil de recherche de la bibliothèque de l'Université de Guelph. Des techniques d'exploration de citations comme la fonction « cité par » de Google Scholar ont servi à trouver des articles pertinents. Les mots-clés et les expressions clés utilisés étaient : poules pondeuses, poulettes, volaille, hauteur, espace vertical, niveaux, volière, accessibilité des ressources et systèmes à plusieurs niveaux. Les opérateurs de recherche « ET/AND » et « OU/OR » ont servi à chercher différentes orthographes des mots-clés individuellement et comme chaînes de recherche. Si les premières recherches se sont appuyées sur ce cadre, il est vite apparu qu'aucune recherche ne traitait directement de la question de recherche. C'est pourquoi le Groupe d'experts scientifiques est parti de son expertise et ses connaissances pour fournir une série de documents de recherche portant sur les capacités locomotrices des poules pondeuses et les incidences des déplacements verticaux sur le bien-être. La revue de la littérature a porté sur des publications examinées par les pairs, des thèses et des avis scientifiques. Des résumés de résultats de recherche ont été triés par titre et les articles dont le résumé correspondait à la portée de notre revue de la littérature ont été utilisés.

DESCRIPTION DU LOGEMENT EN VOLIÈRES : SYSTÈMES À PLUSIEURS NIVEAUX

Le *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes et pondeuses* du Canada définit un niveau comme un plancher en lattes plat posé au-dessus d'un convoyeur à fumier, permettant au fumier de passer entre les lattes puis sur le convoyeur et augmentant ainsi la propreté du système de volière (CNSAE, 2017). Le nombre maximal de niveaux d'un système de volière, y compris le niveau au sol, est de quatre (CNSAE, 2017). De plus, le Code précise que chaque niveau doit avoir une hauteur minimale de 45 cm, qui fournit aux poules un espace suffisant pour se tenir complètement debout.

Les niveaux des volières peuvent être disposés de différentes manières. On a par exemple des niveaux de type étagère/des sols à lattes plats de la même taille ou des structures en A pyramidales avec des niveaux/des sols à lattes plats de plusieurs tailles qui permettent d'accéder par paliers aux niveaux supérieurs. Certaines conceptions de volière facilitent le déplacement de l'intérieur du système à niveaux, tandis que d'autres le font de l'extérieur du système. Que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur, les volières peuvent fournir des aides au déplacement vers les niveaux, comme des perchoirs, des terrasses/platformes et des rampes — en grillage, en métal ou en plastique — sans convoyeur à fumier dessous. Bien que les perchoirs soient avant tout disposés et utilisés à des fins de repos, ils sont aussi placés stratégiquement dans les volières comme aides au déplacement entre niveaux. Les

terrasses/plateformes sont disposées entre les niveaux à l'horizontale, ce qui permet aux oiseaux de sauter d'un niveau à l'autre. Les rampes sont des surfaces inclinées permettant aux oiseaux de marcher ou de courir entre les niveaux.

Dans une enquête publiée en 2019 sur 33 élevages canadiens de poulettes, van Staaveren et coll. ont constaté que les systèmes à plusieurs niveaux avaient entre un et trois niveaux. Dans une étude similaire portant sur les pondeuses, van Staaveren et coll. (2018) ont trouvé la répartition suivante pour les systèmes à plusieurs niveaux sondés : 36,4 % comportaient deux niveaux, 50 % en comportaient trois et 13,7 % des troupeaux vivaient dans des systèmes à plus de trois niveaux. Les deux études ont été effectuées entre octobre et décembre 2017, avant l'entrée en vigueur du *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes et pondeuses* de 2017. Les deux études ne précisent pas si les éleveurs comptaient ou non le niveau au sol dans leur nombre de niveaux. De plus, l'exigence minimale de 45 cm entre niveaux (avec un convoyeur à fumier en dessous, ce qui nécessite de l'espace) donne une hauteur totale minimale de système d'environ 180 cm (s'il y a quatre niveaux). Dans les faits, la hauteur des systèmes à plusieurs niveaux varie selon la conception choisie.

DÉPLACEMENT ENTRE LES NIVEAUX

Mouvement des oiseaux vers le haut et le bas sur des rampes ou des perchoirs

En raison de la nature terrestre des oiseaux et de la hauteur importante de ces systèmes, le déplacement dans des volières ou systèmes à plusieurs niveaux peut être difficile. Ces oiseaux doivent fournir bien plus d'efforts pour se déplacer vers le haut le long d'une pente ou d'une rampe (surface non plate) que sur une surface plate et ils ont beaucoup plus de difficulté à maîtriser ce mouvement. En effet, grimper leur demande par exemple plus d'effort, car cela se fait contre la gravité (Birn-Jeffery et Higham, 2014). Parce que les pondeuses sont constamment en période de production d'œufs, leurs difficultés à grimper sont probablement plus grandes proportionnellement que celles des oiseaux sauvages. De plus, la proportion de tissus corporels servant à la reproduction influence chez elles la cinématique de la marche (Rose et coll., 2016).

Pour éviter les blessures pendant qu'ils grimpent (Birn-Jeffery et coll., 2014), les oiseaux empêchent les mouvements incontrôlés en se servant de leurs pieds comme premier et dernier contact avec la surface (Pike et Maitland, 2004) tout en maintenant leur équilibre au moyen de leurs ailes (Necker, 2006). Les propriétés frictionnelles de la surface et l'aptitude des oiseaux à agripper les matériaux de la surface par leurs extrémités sont des facteurs essentiels permettant aux oiseaux terrestres sauvages et domestiques de se tenir en toute sécurité et de grimper le long de rampes inclinées sans se blesser (Birn-Jeffery et coll., 2014; LeBlanc et coll., 2018).

Compte tenu de l'effort et du risque de blessure que représente le vol, LeBlanc et coll. (2018) ont mis à l'essai des angles de rampe de 0, 20, 30, 40, 50, 60 et 70 degrés servant à atteindre des plateformes situées à 70 et 160 cm de hauteur et ils ont montré que les poussins et les pondeuses adultes utilisaient principalement la marche pour escalader des pentes/rampes de 40 degrés ou moins. Cependant, pour les pentes plus raides, ils se déplaçaient par course inclinée assistée par les ailes (CIAA) ou ascension aérienne. La structure de la surface, l'âge et l'expérience des oiseaux avaient une incidence sur leur mode de locomotion; cependant, les souches à plumes blanches exprimaient plus de comportements locomoteurs assistés par les ailes que les souches à plumes brunes. De plus, de leur éclosion à l'âge de 9 semaines, les oiseaux préféraient les pentes et les rampes (surfaces planes) aux échelles (espaces vides entre les barreaux) pour grimper à un niveau (Kozak et coll., 2016a). Par ailleurs, Pettersson et coll. (2017a) ont étudié des poules British Blacktail âgées de 8 semaines qu'ils ont observées sur des rampes en grillage ou en échelle inclinées à 45 degrés servant à accéder à une structure de 90 cm de haut. Ils ont montré qu'un plus grand nombre de pondeuses réussissaient à franchir les niveaux verticaux pour atteindre une récompense alimentaire sur une rampe en grillage (lattes en plastique) que sur une rampe en échelle (barreaux en bois). Les comportements mesurés, tels que le nombre moindre d'hésitations, des temps de déplacement plus courts et un plus petit nombre de tentatives, indiquaient ou définissaient la réussite dans cette étude. LeBlanc et coll. (2018), dans un essai sur des oiseaux âgés de 2 à 36 semaines, ont constaté que l'inclinaison de l'angle atteint en course inclinée assistée par les ailes et la tendance à voler au lieu d'utiliser la CIAA augmentaient avec l'âge et l'expérience. Les

souches à plumes blanches présentaient un comportement locomoteur utilisant davantage les ailes que les souches à plumes brunes. Cependant, certains oiseaux étaient incapables de grimper des pentes supérieures à 40 degrés, même par course inclinée assistée par les ailes. Les auteurs ont recommandé des pentes/rampes inférieures à 40 degrés dans les systèmes de logement tridimensionnels pour une locomotion ferme, car cet angle permet aux poussins et aux poules adultes de se déplacer facilement sans l'aide de leurs ailes.

Un consensus se dégage de la littérature : les rampes améliorent efficacement le déplacement entre niveaux verticaux. Pettersson et coll. (2017b) ont réalisé une étude sur 16 installations de ponte commerciales en libre parcours contenant uniquement des souches à plumes brunes. Ils ont observé les oiseaux descendant du premier niveau de systèmes à plusieurs niveaux ou à niveau unique, avec ou sans présence de rampes. Les hauteurs de niveau variaient de 68 à 89 cm dans les 16 troupeaux. Ils ont montré que les oiseaux hésitaient plus à descendre vers la litière à partir du premier niveau dans les volières à plusieurs niveaux sans utiliser de rampes. Les durées de descente plus longues dans les groupes avec rampes indiquaient que ces dernières étaient utilisées par les poules pour accéder à la litière. Rentsch et coll. (2023a) ont mis en place un essai de choix de rampe pour observer la stratégie de locomotion chez des poulettes se déplaçant vers le haut et vers le bas à partir d'une hauteur de 60 cm, ou vers le bas à partir de 120 cm de hauteur. Les rampes fournies pour la hauteur de 60 cm avaient une pente de 27 degrés, tandis que celles pour la hauteur de 120 cm avaient une pente de 48 degrés. Quand elles montaient vers la hauteur de 60 cm, la locomotion aérienne était plus courante. En revanche, quand les poulettes descendaient, elles utilisaient plus la rampe que la locomotion aérienne. Ils remarquèrent que ce n'était cependant pas le cas quand elles descendaient de 120 cm, peut-être en raison du plus grand angle de la rampe. Nannoni et coll. (2022) ont mis à l'essai dans un groupe témoin et trois groupes de traitement plusieurs modifications structurelles dans une volière commerciale de pondeuses, dont deux comportaient l'ajout de rampes. Les observations comportementales ont montré que la proportion d'oiseaux utilisant la marche était plus élevée dans les deux groupes avec rampes (9,3 % et 6,1 %) que dans les groupes sans rampes (0,64 % et 0,4 %). La proportion d'utilisation du vol différait aussi : les vols étaient moins nombreux dans les groupes avec rampes (90,7 % et 93,9 %) que dans les groupes sans rampes (99,4 % et 99,6 %). Cela indiquerait que les rampes étaient utilisées quand elles étaient disponibles, réduisant la nécessité de descendre en volant. Il est intéressant de noter que l'étude n'a pas constaté de différence entre les groupes de traitement pour ce qui est des chutes, des collisions et des poses au sol incorrectes. Par ailleurs, Pullin et coll. (2024) ont indiqué que moins de 4 % de toutes les transitions verticales étaient non maîtrisées, bien que le logement des poules étudiées ne comporte pas de rampes. Stratmann et coll. (2015), quant à eux, ont mesuré l'occurrence des chutes et des collisions dans des volières avec ou sans aides au déplacement. Des pondeuses Lohmann Selected Leghorn (LSL) ont été placées dans une volière à quatre niveaux avec une hauteur de 220 cm avec soit un groupe témoin, soit l'ajout de perchoirs, de plateformes ou de rampes. S'ils n'ont pas constaté de différence entre les groupes à perchoirs ou plateformes, ils ont observé 45 % moins de chutes dans le groupe avec rampes. Une étude récente sur des pondeuses a constaté que les rampes étaient des aides plus efficaces pour le déplacement entre niveaux verticaux, comme le montraient leur utilisation fréquente dans les transitions vers le bas, l'augmentation des transitions immédiatement après le début de la période d'éclairage, la gravité moindre des fractures du bréchet, le meilleur emplumement et la meilleure santé des pieds (Toscano et coll., 2024).

Les perchoirs aussi peuvent aider à monter et descendre dans des systèmes à plusieurs niveaux, mais les études sur les perchoirs ont principalement porté sur les pondeuses adultes. Il a été démontré qu'il était plus difficile pour les poules de monter que de descendre (Moinard et coll., 2004; Scott et Parker, 1994). De plus, la taille, la forme, le matériau et l'espacement des perchoirs sont des facteurs cruciaux de la facilitation des déplacements (Rufener et coll., 2020). Plusieurs études se sont intéressées à l'emplacement des perchoirs et aux aptitudes de déplacement de différentes souches de poules (voir la revue de la littérature du groupe scientifique sur la santé et le bien-être des animaux de l'Autorité européenne de sécurité des aliments, EFSA Panel, 2015). En résumé, quand les distances entre perchoirs dépassaient 75 à 80 cm environ à la verticale, à l'horizontale ou en diagonale (Moinard et coll., 2005; Scott et Parker, 1994; Scott et coll., 1997) ou quand les angles étaient supérieurs à 45 degrés (Scott et coll., 1997), le risque de pose au sol incorrecte augmentait, particulièrement en cas de faible intensité lumineuse (Taylor et coll., 2003; Scott et coll., 1999). Lambe et coll. (2023) l'ont confirmé dans une étude récente, qui a constaté que des pondeuses ISA brunes étaient plus susceptibles de ne pas arriver à se déplacer entre des perchoirs disposés à des angles allant de 45 à 60 degrés.

Mouvement vers le haut et le bas dans l'air

Les mouvements de battements d'ailes chez les galliformes sauvages servaient principalement à fuir des menaces (Tobalske et Dial, 2000). Ils employaient ainsi des mouvements d'ailes de grande amplitude et de vélocité angulaire élevée, à des fréquences de battements d'ailes disproportionnellement élevées pour leur taille. Or, ces mouvements d'ailes vigoureux, conjugués à une charge alaire élevée, réduisent leur maîtrise du vol (Tobalske et Dial, 2007). Ces observations ont été confirmées chez des pondeuses dans des études qui évaluaient leur degré de maîtrise du vol par battements d'ailes en descente ou en déplacement vers le sol à partir d'une plateforme située à 1,5 mètre de hauteur. L'analyse des trajectoires de vol des poules a montré une accélération horizontale extrêmement élevée, indiquant qu'elles étaient à la limite de leur capacité à maîtriser leur trajectoire de vol. En d'autres termes, elles agissaient au maximum de la puissance développée possible pour leur anatomie et utilisaient toute leur énergie disponible et toute leur puissance musculaire pour contrôler leur descente (Leon et coll., 2021). Leon et coll. (2021) ont montré que la vélocité moyenne de descente était de 3,94 m/s. Il est essentiel d'en tenir compte, car une charge répétée à stress élevé peut causer des blessures musculosquelettiques (Verheyen et coll., 2006), ce qui est particulièrement important chez les oiseaux des élevages commerciaux qui ont une prévalence élevée de blessures orthopédiques comme la dermatite des coussinets plantaires (DCP) et les fractures du bréchet (FB). Dans une étude récente, van Staaveren et coll. (2023) ont montré que les oiseaux souffrant de DCP présentaient des vélocités d'atterrissage au sol significativement plus élevées et des forces d'atterrissage au sol maximales par rapport aux oiseaux ayant des fractures du bréchet, y compris quand ils se posaient à partir d'une hauteur de 30 cm.

Hong et coll. (2024) ont montré que des poules à plumes brunes et blanches âgées de 21 semaines, quand elles sautaient et effectuaient des vols par battements d'ailes depuis une structure de 155 cm de haut, descendaient à un angle d'environ 33 degrés et se posaient à environ 239 cm de distance. La distance de pose de 239 cm n'était pas fournie dans l'étude, mais elle a été calculée aux fins du présent rapport au moyen d'une fonction tangente et d'un triangle rectangle permettant de trouver la longueur. Dans une étude connexe (Marmina, 2022), des poules âgées de 37 semaines se posaient à une distance de 270 cm environ. Cela indiquait l'importance de fournir un espace adéquat aux poules pour qu'elles puissent descendre des étages supérieurs directement au sol. La distance de descente des poules dans un système à plusieurs niveaux dépend de sa conception et de la disposition des éléments. La distance verticale entre le sol et le niveau le plus élevé représente la distance de descente potentielle. Il est fondamental de disposer les différents niveaux dans une structure pyramidale d'une manière permettant une descente progressive et évitant que les poules ne sautent du point le plus élevé jusqu'au sol.

FACTEURS CHEZ LES OISEAUX INFLUANT SUR LEURS CAPACITÉS DE LOCOMOTION

Plusieurs facteurs influent sur les capacités des oiseaux à se déplacer dans des systèmes à plusieurs niveaux. Le développement en début de vie des oiseaux est essentiel dans les capacités physiques et cognitives requises pour les déplacements complexes (Gunnarson et coll., 2000; Regmi et coll., 2016; Rentsch et coll., 2023b). Les pondeuses élevées dans des environnements complexes utilisent mieux les niveaux multiples des systèmes que les autres (Colson et coll., 2008; Pullin et coll., 2024; Stratmann et coll., 2022). L'accès aux ressources dans les systèmes à plusieurs niveaux dépend de la locomotion verticale qui, comme nous l'avons indiqué plus haut, peut être favorisée par l'ajout d'aides. Il est toutefois important de souligner que malgré la difficulté représentée par les déplacements verticaux, les pondeuses ont une motivation à parvenir aux niveaux au-dessus du sol, particulièrement pour se jucher la nuit (Olsson et Keeling, 2002; Schrader et Müller, 2009).

Des recherches ont montré que la locomotion était significativement différente chez les poules à plumes blanches et celles à plumes brunes (Kozak et coll., 2016a; Kozak et coll., 2016b; Garant et coll., 2022; Rentsch et coll., 2023a) et que les poules brunes utilisaient moins les niveaux au-dessus du sol et les perchoirs que les poules blanches (Ali et coll., 2016; Ciarelli et coll., 2023; Purdum et coll., 2020). De plus, l'état du plumage a une incidence sur la capacité à se déplacer entre niveaux. Des poules à plumes blanches complètement emplumées passaient plus de temps aux mangeoires surélevées (53,4 %) sur des plateformes à une hauteur de 70 cm par rapport aux poules à plumes brunes (24,0 %). Les oiseaux à plumes brunes préféraient le sol. Cependant, les poules à plumes blanches qui avaient perdu des plumes du vol employaient moins les mangeoires surélevées et les boîtes de nid placées sur

des niveaux ou plateformes, y compris ceux situés à une hauteur de 70 cm, en l'absence de rampes ou de perchoirs pouvant les aider à se déplacer. Cet évitement (saut vers le haut ou le bas, vol par battements d'ailes vers le haut ou le bas) était probablement dû à la difficulté croissante à accéder à ces ressources sans l'aide de rampes ou de perchoirs et sans leurs plumes du vol (Garant et coll., 2022).

L'état de santé des poules influe sur leur capacité à se déplacer correctement. Les poules souffrant de blessures orthopédiques (par exemple de dermatite des coussinets plantaires ou de blessures du bréchet) ou d'un emplumement insuffisant peuvent perdre de leur capacité d'équilibre, même au repos sur des perchoirs (LeBlanc et coll., 2016).

À l'inverse, les systèmes à plusieurs niveaux peuvent aussi poser un risque de blessure (Campbell et coll., 2016; Heerkens et coll., 2016). Par exemple, les chutes de niveaux supérieurs, causées par une mauvaise descente sans l'aide de rampes ou de plateformes, avaient une corrélation avec l'incidence plus élevée de problèmes au bréchet (Stratmann et coll., 2015). Quand elles se posaient à partir d'une hauteur allant de 30 à 170 cm, des pondeuses Lohmann LSL blanches logées en volière étaient exposées à des forces deux à sept fois supérieures à leur poids corporel (van Staaveren et coll., 2023). Ces effets peuvent conduire à des blessures graves, notamment des fractures, des contusions et des traumatismes.

RÉFÉRENCES

- Ali A.B.A., Campbell D.L.M., Karcher D.M. et Siegford J.M. (2016) Influence of genetic strain and access to litter on spatial distribution of 4 strains of laying hens in an aviary system. *Poultry Science* 95:2489–2502.
- Birn-Jefferey A.V. et Higham T.E. (2014) The scaling of uphill and downhill locomotion in legged animals. *Integrative and Comparative Biology* 54:1159–1172.
- Birn-Jefferey A.V., Hubicki C.M., Blum Y., Renjewski D., Hurst J.W. et Daley M.A. (2014) Don't break a leg: Running birds from quail to ostrich prioritize leg safety and economy on uneven terrain. *Journal of Experimental Biology* 217:3786–3796.
- Campbell D.L.M., Goodwin S.L., Makagon M.M., Swanson J.C. et Siegford J.M. (2016) Failed landing after laying hen flight in a commercial aviary over two flock cycles. *Poultry Science* 95:188–197.
- Ciarelli C., Pillan G., Bordignon F., Xiccato G., Birolo M. et Trocino A. (2023) Space use and navigation ability of hens at housing in the aviary for the laying phase: Effect of enrichment with additional perches and genotype. *Poultry Science* 102:102962.
- Collias N., Collias E., Hunsaker D. et Minning L. (1966) Locality fixation, mobility and social organization within an unconfined population of red jungle fowl. *Animal Behaviour* 14:550–559.
- Collias N.E. et Collias E.C. (1967) A field study of the red jungle fowl in North-Central India. *Auk* 69:360–386.
- Colson A., Arnould C. et Virginie M. (2008) Influence of rearing conditions of pullets on space use and performance of hens placed in aviaries at the beginning of the laying period. *Applied Animal Behaviour Science* 111:286–300.
- Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE) (2017) *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes et pondeuses*. Lacombe (AB) : Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage.
- Dial K.P. et Jackson B.E. (2011) When hatchlings outperform adults: Locomotor development in Australian brush turkeys (*Alectura lathami*, Galliformes). *Royal Society Open Science* 278:1610–1616.
- EFSA [Autorité européenne de sécurité des aliments] – groupe AHAW [Animal Health and Welfare], Berg C., Botner A., Browman H., De Koeijer A., Depner K., Domingo M., Edwards S., Fourichon C., Koenen F., More S., Raj M., Sihonen L., Spooler H., Stegeman J.A., Thulke H., Vagsholm I., Velarde A., Willeberg P. et Ducrot C. (2015) Scientific opinion on welfare aspects of the use of perches for laying hens. *EFSA Journal* 13:4131.
- Garant R., Tobalske B.W., BenSassi N., van Stavveren N., Tulpan D., Widowski T., Powers D.R. et Harlander-Matauschek A. (2022) Effects of clipping of flight feathers on resource use in *Gallus gallus domesticus*. *Royal Society* 9:211561.
- Gunnarson S., Yngvesson J., Keeling L.J. et Forkman B. (2000) Rearing without early access to perches impairs the spatial skills of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 67:217–228.
- Heerkens J.L.T., Delezie E., Rodenburg T.B., Kempen I., Zoons J., Ampe B. et Tuytens F.A.M. (2016) Risk factors associated with keel bone and foot pad disorders in laying hens housed in aviary systems. *Poultry Science* 95:482–488.
- Hong G.A.T., Tobalske B.W., van Staaveren N., Leishman E.M., Widowski T., Powers D.R. et Harlander-Matauschek A. (2024) A wing-assisted incline running exercise regime during rearing increases initial flight velocity during descent in adult white- and brown-feathered laying hens. *Poultry Science* 103:103375.
- Jones D.N. et Goth A. (2008) *Mound-builders: Mallee Fowl, Brush Turkeys and Scrubfowl*. Collingwood (Victoria) Australie : CSIRO Publishing.

- Kozak M., Tobalske B., Martins C., Bowley S., Wuerbel H. et Harlander-Matauscheck H. (2016a) Use of space by domestic chicks housed in complex aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 181:115–121.
- Kozak M., Tobalske B., Springthorpe D., Szkotnicki B. et Harlander-Matauscheck A. (2016b) Development of physical activity levels in laying hens in three-dimensional aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 185:66–72.
- Krause E. et Schrader L. (2018) High, low, or familiar? Nest site preferences of experienced laying hens. *British Poultry Science* 59(4):359–364.
- Lambe N.R., Scott G.B. et Hitchcock D. (2023) Behaviour of laying hens negotiating perches at different heights. *Animal Welfare* 6:29–41.
- Leon B.M., Tobalske B.W., Sassi N.B., Garant R., Powers D.R. et Harlander-Matauscheck A. (2021) Domestic egg-laying hens, *Gallus gallus domesticus*, do not modulate flapping flight performance in response to wing condition. *Royal Society Open Science* 8:210196.
- Leblanc C., Tobalske B., Szkotnicki B. et Harlander-Matauscheck A. (2018) Locomotor behavior of chickens anticipating incline walking. *Frontiers in Veterinary Science* 4:233.
- Leblanc S., Tobalske B., Quinton M., Springthorpe D., Szkotnicki B., Würbel H. et Harlander-Matauscheck A. (2016) Physical health problems and environmental challenges influence balancing behaviour in laying hens. *PLoS One* e0153477:1–16.
- Marmina M. (2022) The effects of long-term incline exercise training during development on the fear levels, feather pecking, and motor learning ability of adult laying hens. Mémoire de recherche. University of Guelph (non publié).
- Mench J.A. et Blatchford R.A. (2014) Determination of space use by laying hens using kinematic analysis. *Poultry Science* 93:794–798.
- Moinard C., Rutherford K.M.D., Statham P. et Green P.R. (2005) Visual fixation of a landing perch by chickens. *Experimental Brain Research* 162:165–171.
- Moinard C., Statham P., Haskell M.J., McCorquodale C., Jones R.B. et Green P.R. (2004) Accuracy of laying hens in jumping upwards and downwards between perches in different light environments. *Applied Animal Behaviour Science* 85:77–92.
- Muir G. (2000) Early ontogeny of locomotor behaviour: A comparison between altricial and precocial animals. *Brain Research Bulletin* 53:719–726.
- Nannoni E., Buonaiuto G., Martelli G., Lizzi G., Trevisani G., Garavini G. et Sardi L. (2022) Influence of increased freedom of movement on welfare and egg laying patten of hens kept in aviaries. *Animals* 12:2307.
- Necker R. (2006) Specializations in the lumbosacral vertebral canal and spinal cord of birds: Evidence of a function as a sense organ which is involved in the control of walking. *Journal of Comparative Physiology* 192:439–448.
- Norman K.I., Weeks C.A., Pettersson I.C. et Nicol C.J. (2018) The effect of experience on the subsequent ability of layer pullets to negotiate a ramp transition. *Applied Animal Behaviour Science* 208:92–99.
- Olsson I.A.S. et Keeling L.J. (2002) The push-door for measuring motivation in hens: Laying hens are motivated to perch at night. *Animal Welfare* 11:11–19.
- Pettersson I.C., Weeks C.A., Norman K.I. et Nicol C.J. (2017a) The ability of laying pullets to negotiate two ramp designs as measured by bird preference and behaviour. *Proceedings of the Royal Society of London B* 5:4069.
- Pettersson I.C., Weeks C.A. et Nicol C.J. (2017b) The effect of ramp provision on the accessibility of the litter in single and multi-tier laying hen housing. *Applied Animal Behaviour Science* 186:35–40.
- Pike A.V.L. et Maitland D.P. (2004) Scaling of bird claws. *Journal of Zoology* 262:73–81.

- Pufall A., Harlander-Matauschek A., Hunniford M. et Widowski T.M. (2021) Effects of rearing aviary style and genetic strain on the locomotion and musculoskeletal characteristics of layer pullets. *Animals* 11:634.
- Pullin A.N., Rufener C.B., Millman S.T., Tarlton J.F., Toscano M.J., Blatchford R.A. et Makagon M.M. (2024) Providing elevated structures in the pullet rearing environment affects behaviour during initial acclimation to a layer aviary. *Poultry Science* 103:103357.
- Purdum S., Eusebio P. et Hanford K. (2020) The effects of 2 genetic lines on spatial distribution and use and preference of perch and nest area in an aviary system. *Poultry Science* 99:3328–3333.
- Regmi P., Smith N., Nelson N., Haut R.C., Orth M.W. et Karcher D.M. (2016) Housing conditions alter properties of tibia and humerus during the laying phase in Lohmann white Leghorn hens. *Poultry Science* 95:198–206.
- Rentsch A.K., Harlander A. Niel L., Siegford J.M. et Widowski T.M. (2023b) Rearing laying hens: Environmental complexity and genetic strain affect pullet but not chick performance in T-maze learning task. *Applied Animal Behaviour Science* 265:105997.
- Rentsch A.K., Ross E., Harlander A., Niel L., Siegford J.M. et Widowski T. (2023a) The development of laying hen locomotion in 3D space is affected by early environmental complexity and genetic strain. *Scientific Reports* 13:10084.
- Rose K., Codd J. et Nudds R. (2016) Differential sex-specific walking kinematics in leghorn chickens (*Gallus gallus domesticus*) selectively bred for different body size. *Journal of Experimental Biology* 219:2525–2533.
- Rufener C., Rentsch A.K., Stratmann A. et Toscano M.J. (2020) Perch positioning affects both laying hen locomotion and forces experienced at the keel. *Animals* 10:1223.
- Schrader L. et Müller B. (2009) Night-time roosting in the domestic fowl: The height matters. *Applied Animal Behaviour Science* 121:179–183.
- Scott G.B., Hughes B.O., Lambe N.R. et Waddington D. (1999) Ability of laying hens to jump between perches: individual variation and the effects of perch separation and motivation on behaviour. *British Poultry Science* 40:177–184.
- Scott G.B., Lambe N.R. et Hitchcock D. (1997) Ability of laying hens to negotiate horizontal perches at different heights, separated by different angles. *British Poultry Science* 38:48–54.
- Scott G.B. et Parker C.A.L. (1994) The ability of laying hens to negotiate between horizontal perches. *Applied Animal Behaviour Science* 42:121–127.
- Stratmann A., Frohlich E.K.F., Gebhardt-Henrich S.G., Harlander-Matauschek A. H., Würbel H. et Toscano M.J. (2015) Modification to aviary design reduces incidence of falls, collisions and keel bone damage in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 165:112–123.
- Stratmann A., Guggisberg D., Benavides-Reyes C., Siegford J. et Toscano M.J. (2022) Providing ramps in rearing aviaries affects laying pullet distribution, behaviour and bone properties. *Journal of Applied Poultry Research* 31:100283.
- Taylor P.E., Scott G.B. et Rose P. (2003) The ability of domestic hens to jump between horizontal perches: Effects of light intensity and perch colour. *Applied Animal Behaviour Science* 83:99–108.
- Tobalske B.W. et Dial K.P. (2000) Effects of body size on take-off flight performance in the Phasianidae (Aves). *Journal of Experimental Biology* 203:3319–3332.
- Tobalske B. et Dial K. (2007) Aerodynamics of wing-assisted incline running in birds. *Journal of Experimental Biology* 210:1742–1751.

- Toscano M.J., Jalali A.S, Siegford J.M. et Stratmann A. (2024) Providing ramps during lay has larger impacts on laying hens than ramps at rearing. *Poultry Science* 103:104101.
- van Staaveren N., Decina C., Baes C.F., Widowski T.M., Berke O. et Harlander-Matauschek A. (2018) A description of laying hen husbandry and management practices in Canada. *Animals* 8:114.
- van Staaveren N., Decina C., Baes C.F., Widowski T.M., Berke O. et Harlander-Matauschek A. (2019) Housing and management practices on 33 pullet farms in Canada. *Animals* 9:49.
- van Staaveren N., Tobalske B.W., Brost J., Sharma R., Beaufre H., Elias A. et Harlander-Matauschek A. (2023) Biomechanics of landing in injured and uninjured chickens and the role of meloxicam. *Poultry Science* 102:102793.
- Verheyen K., Price J., Lanyon L. et Wood J. (2006) Exercise distance and speed affect the risk of fracture in racehorses. *Bone* 39:1322–1330.
- Wood-Gush D.G.M. et Duncan I.J.H. (1976) Some behavioural observations on domestic fowl in the wild. *Applied Animal Ethology* 2:255–260.