

**CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION
DES POULETS, DINDONS ET REPRODUCTEURS :
REVUE DES ÉTUDES SCIENTIFIQUES RELATIVES AUX
QUESTIONS PRIORITAIRES**

Novembre 2013

Comité de chercheurs du Code de pratiques pour la volaille

Karen Schwean-Lardner Ph.D. (présidente)

Directrice de l'unité d'enseignement et de recherche sur la volaille
Département des sciences du bétail et de la volaille
Université de la Saskatchewan

Derek Anderson, Ph.D.

Professeur de nutrition animale
Département des sciences végétales et animales
Nova Scotia Agricultural College

Mike Petrik, D.V.M., M.Sc.

Directeur des services techniques
McKinley Hatcheries Ltd.

Stephanie Torrey, Ph.D.

Chercheuse scientifique en comportement et bien-être de la volaille
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Poultry Welfare Centre, Université de Guelph

Tina M. Widowski B.S., M.S., Ph.D.

Professeure au Département des sciences du bétail et de la volaille
Directrice du Campbell Centre for the Study of Animal Welfare
Université de Guelph

Bianca Kitts (membre d'office)

Jennifer Gardner (membre d'office)

Coordonnatrices des soins aux animaux et de la recherche
Les Producteurs de poulet du Canada



REMERCIEMENTS

Le Comité tient à remercier les personnes suivantes pour leur contribution au présent rapport : Brooke Aitken, rédactrice scientifique; Allison Taylor, secrétaire de rédaction du Code; et les membres anonymes du comité d'examen par des pairs.

Les mises à jour des codes de pratiques rédigés de 2010 à 2013 font partie du projet : répondre aux attentes du marché intérieur et international en matière de bien-être des animaux d'élevage.

Le financement du présent projet a été assuré par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) à même le fonds Agri-flexibilité dans le cadre du Plan d'action économique du gouvernement du Canada (PAE). Le PAE a pour but de renforcer l'économie et d'assurer l'avenir économique du Canada. Pour obtenir plus d'information sur Agri-flexibilité et le Plan d'action économique du Canada, veuillez visiter le www.agr.gc.ca/fra/?id=1277926779921 et www.actionplan.gc.ca/fr. Les opinions exprimées dans le présent document sont celles du Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE) et ne sont pas nécessairement celles d'AAC ou du gouvernement du Canada.

Extraits du mandat du Comité de chercheurs

Contexte

Il est largement admis que les codes, les lignes directrices, les normes ou 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, d'où l'expression « s'appuyant sur la science ».

En restaurant un processus d'élaboration des codes de pratiques, le CNSAE reconnaît la nécessité de mettre en place des moyens plus officiels pour intégrer la participation scientifique au processus d'élaboration des codes de pratiques. L'examen par un Comité de chercheurs des questions prioritaires portant sur le bien-être des animaux à l'étude fournira des informations fort utiles au Comité de rédaction du code dans l'élaboration ou la révision d'un code de pratiques. Étant donné que le rapport du Comité de chercheurs sera rendu public, la transparence et la crédibilité du processus d'élaboration du Code et ses recommandations n'en seront que plus grandes.

Le CNSAE demandera la formation d'un Comité de chercheurs pour chaque code de pratiques en cours d'élaboration. Ce Comité sera composé de 6 spécialistes de la recherche sur les soins et la gestion des animaux à l'étude. Le CNSAE demandera que fassent partie du Comité deux membres de chacune des associations suivantes : 1) l'Association canadienne des médecins vétérinaires, 2) la Société canadienne de science animale, et 3) la section canadienne de la Société internationale d'éthologie appliquée.

Objectifs et buts

Le Comité de chercheurs rédigera un rapport qui fera la synthèse de tous les résultats de la recherche portant sur les questions essentielles des soins aux animaux, telles que déterminées par le Comité de chercheurs et par le Comité de rédaction du code (CRC). Le rapport servira au Comité de rédaction du code pour rédiger l'ébauche d'un Code de pratiques pour l'espèce à l'étude.

On peut trouver le mandat complet du Comité de chercheurs dans le document sur le processus d'élaboration des codes de pratiques applicable aux soins et à la manipulation des animaux d'élevage du CNSAE à l'adresse www.nfacc.ca/processus-delaboration-des-codes#appendix.

**CODE DE PRATIQUES POUR LE SOIN ET LA MANIPULATION DES POULETS,
DINDONS ET REPRODUCTEURS : REVUE DES ÉTUDES SCIENTIFIQUES
RELATIVES AUX QUESTIONS PRIORITAIRES**

**Comité de chercheurs du Code de pratiques pour la volaille
Novembre 2013**

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	1
1. Accouplement Agressif Des Femelles Par Les Mâles Chez Les reproducteurs de poulet à chair ...	2
Conclusions	2
Introduction	2
Causes possibles de l'agression chez les reproducteurs mâles de poulet à chair	3
2. Restrictions Alimentaires Chez Les Poulets et Dindons Reproducteurs	7
Conclusions	7
Introduction	7
Contexte.....	7
Répercussions des restrictions alimentaires	8
Autres méthodes de contrôle du taux de croissance	9
Alimentation restreinte des dindons reproducteurs	11
3. Picage Des Plumes et Cannibalisme Chez Les Poulets et Dindons Reproducteurs	15
Conclusions	15
Introduction	15
Types de picage	15
Causes possibles du picage des plumes et du cannibalisme	16
Prévention et contrôle du picage des plumes et du cannibalisme.....	18
4. Qualité De L'air et De La Litière.....	20
Conclusions	20
Introduction	20
Poussière.....	21
Humidité relative (HR).....	23
Qualité de la litière	23
Ammoniac	24
Dioxyde de carbone (CO ₂).....	25
Capacité des volailles de détecter les gaz nuisibles.....	26
Préférences et évitement des différents gaz.....	26

5. Densité De Peuplement	29
Conclusions	29
Introduction	29
Effet de la densité de peuplement sur la performance	30
Effet de la densité de peuplement sur la mortalité.....	34
Effet d'un peuplement dense sur les caractéristiques de la carcasse.....	34
Effet de la densité de peuplement sur la santé des pieds et des pattes.....	34
Effet de la densité de peuplement sur l'environnement (humidité, qualité de la litière et qualité de l'air).....	35
Effet sur le comportement et préférences de l'espace naturel.....	36
6. Boiterie	39
Conclusions	39
Introduction	39
Notes de démarche.....	40
Boiterie et douleur	40
Types courants de difformité des pattes	41
Causes de la boiterie	42
Sélection génétique.....	43
7. Régimes D'éclairage	47
Conclusions	47
Introduction	47
Intensité de la lumière.....	49
Photopériode	51
Longueur d'onde et source de lumière	54
Éclairage in ovo	55
8. Méthodes D'euthanasie	60
Conclusions	60
Introduction	60
Moyens généraux d'euthanasie	61
Évaluation de la sensibilité	61
Méthodes d'euthanasie physiques.....	61
Étourdissement électrique et étourdissement avec mise à mort	64
Gaz.....	64
Euthanasie en masse	66
Œufs non éclos.....	68
9. Intervention Chirurgicale Sur Les Dindons	70
Conclusions	70
Introduction	70
Traitements du bec.....	71
Traitement des orteils	73

INTRODUCTION

Le présent document a été rédigé par le Comité de chercheurs à partir des questions prioritaires de bien-être. Il est important de prendre note que « volailles à chair » est un groupe très large et comprend le dindon, les poulets à chair et les reproducteurs de poulet à chair. À cause de ces trois espèces, un total de 9 questions prioritaires de bien-être ont été documentées et sont :

1. l'agression des femelles par les mâles chez les reproducteurs de poulet à chair
2. les restrictions alimentaires chez les poulets et dindons reproducteurs
3. le picage des plumes et le cannibalisme chez les poulets et dindons reproducteurs
4. la qualité de l'air et de la litière
5. la densité de peuplement
6. la boiterie
7. les programmes d'éclairage
8. les méthodes d'euthanasie
9. les interventions chirurgicales sur les dindons

La plus grande partie de la recherche documentée dans les sections qui suivent est axée sur les poulets à chair. Même si plusieurs facteurs s'appliquent aussi au dindon, il faut souligner que, même si les conditions de croissance sont souvent les mêmes et si les dindons et les poulets à chair sont biologiquement semblables, ce sont deux espèces différentes. Leur réponse ou le niveau de leur réponse à certaines variables peuvent différer. En même temps que la recherche sur les dindons est limitée, il est important de noter qu'une grande partie est démodé.

1. ACCOUPLEMENT AGRESSIF DES FEMELLES PAR LES MÂLES CHEZ LES REPRODUCTEURS DE POULET À CHAIR

CONCLUSIONS

1. **La cause et le développement de l'accouplement agressif des femelles par les reproducteurs mâles de poulet à chair ne sont pas connus, mais deux facteurs importants semblent être la génétique de la volaille et les premières expériences d'apprentissage.**
2. **L'absence manifeste de parade nuptiale chez les poulets à chair mâles semble contribuer à l'agression des femelles par les mâles pendant l'accouplement et à l'absence de volonté de s'accoupler chez les femelles.**
3. **L'agressivité des mâles pendant l'accouplement semble avoir un fondement génétique, mais l'effet des facteurs de gestion comme l'élevage séparé des mâles et des femelles reste à étudier.**
4. **Dans le peu d'études qui existent, la proportion de femelles par mâle n'a pas d'effet constant sur l'agression des femelles par les mâles pendant l'accouplement.**

INTRODUCTION

Pendant l'accouplement, le reproducteur mâle de poulet à chair a souvent des comportements sexuels de force et de rudesse envers les femelles (Millman et Duncan, 2000b). Ces comportements agressifs sont présents lorsque mâles et femelles interagissent initialement et se produisent plus fréquemment que les comportements agressifs entre mâles (de Jong et coll., 2009). On a observé que les mâles particulièrement agressifs tirent une femelle par la crête d'un groupe tassé dans un coin du poulailler, puis la poursuivent ou lui donnent des coups de bec maintenant qu'elle est égarée (Millman et coll., 2000). En réaction aux mâles, les femelles ont un comportement de crainte comme l'entassement, les postures d'alerte et les cris d'alarme (Millman et coll., 2000), et tentent souvent de fuir les mâles pendant l'accouplement (de Jong et coll., 2009). Les femelles peuvent également être gravement blessées par les mâles et ces blessures mènent souvent à la réforme (Millman et coll., 2000).

Les mesures d'évaluation du bien-être des reproducteurs de poulet à chair pour ce qui est de l'agression comprennent la fonction biologique des animaux (santé et productivité), leur état émotionnel (expériences subjectives) et le naturel (capacité de manifester les comportements importants). La recherche à ce jour s'est largement concentrée sur l'occurrence et la fréquence des comportements agressifs mêmes.

1. Pour ce qui est du fonctionnement biologique, des études ont examiné certains paramètres de production, surtout axés sur la fertilité. Les blessures comme les lésions et les égratignures chez les femelles sont considérées comme des conséquences négatives de l'accouplement agressif des femelles par les mâles, mais ont rarement été mesurées.
2. Pour ce qui est des états émotionnels, les comportements comme la copulation forcée et la fuite des femelles sont considérés comme des indicateurs de détresse chez les poules et sont souvent évalués pour déterminer les différences possibles de l'environnement ou les facteurs génétiques chez les volailles.
3. Pour ce qui est de la vie à l'état naturel, on n'observe pas d'accouplement agressif des femelles par les mâles dans les troupeaux de coqs sauvages, ce qui laisse croire que c'est un comportement anormal.

Bien que l'agression reproducteurs femelles de poulet à chair par les mâles au moment de l'accouplement soit à la fois un problème de production et de bien-être animal, sa cause et son développement ne sont pas clairs. On pense généralement que ce comportement a un fondement génétique. Toutefois, le rôle de la parade réduite ou absente et de l'élevage séparé des mâles et des femelles n'a pas été élucidé et il n'est pas certain que les deux soient liés (Duncan, 2001). Il est possible que l'agression accrue et l'absence de parade soient liées à un trait comme la poitrine hypertrophiée qu'on a souvent sélectionnée dans la production des poulets à chair (Duncan, 2001), mais cela reste à déterminer.

CAUSES POSSIBLES DE L'AGRESSION CHEZ LES REPRODUCTEURS MÂLES DE POULET À CHAIR

Pariade inadéquate par les mâles : Le comportement sexuel des reproducteurs reproducteurs de poulet à chair semble incomplet ou immature alors que les mâles se comportent avec rudesse et les femelles ne réagissent pas aux avances des mâles (de Jong et coll., 2009). Les mâles semblent motivés à copuler, mais ne le communiquent pas aux femelles, soit à cause de leur incapacité ou de leur manque de motivation à manifester un comportement de pariade (Millman et coll., 2000). Certains comportements de pariade, comme la valse, la présentation de nourriture et les avances à grands pas sont peu fréquents ou totalement absents chez les reproducteurs de poulet à chair (de Jong et coll., 2009), contrairement à leur fréquence élevée pendant l'accouplement chez les races pondeuses (Millman et coll., 2000).

D'autres éléments souvent considérés comme faisant parties du répertoire de la parade nuptiale, comme l'ébouriffement des plumes, le chant et le battement d'ailes qui se manifestent sans signal contextuel, peuvent ne pas être reconnus comme tels par la femelle (de Jong, et coll., 2009). On a rarement observé des poules reproducteurs de poulet à chair hébergées avec des mâles prendre une posture sexuelle, ce qui mène à une copulation qui fait souvent suite à une poursuite (Millman et coll., 2000).

L'élevage séparé des reproducteurs mâles et femelles de poulet à chair peut contribuer à l'absence de comportements de parade adéquats chez les mâles (de Jong et coll., 2009), ainsi qu'à la faible réaction des femelles. Le comportement sexuel commence à se développer dès l'âge de cinq semaines et les comportements agressifs dès la première semaine. On a également observé des comportements d'agression chez le coq sauvage élevé sans le sex opposé (Kruijt, 1964, cité par de Jong et coll., 2009), ce qui suggère que l'expérience de l'interaction avec les femelles et de la lutte avec les autres mâles influence le développement du comportement sexuel des volailles mâles. Bien qu'on ait spéculé que c'était là une cause du problème, aucune étude n'a traité systématiquement des effets de l'élevage sans sexe opposé sur les comportements agressifs ou sexuels des reproducteurs de poulet à chair. Le taux de réussite de la pariade est peut-être le plus élevé lorsque les expériences précoces des mâles et des femelles sont les mêmes. On a constaté un taux de réussite plus élevé des tentatives d'accouplement 1) lorsque les deux sexes sont élevés dans des groupes mixtes ou 2) dans des groupes de même sexe que lorsque les uns sont élevés dans un groupe mixte et les autres dans un groupe de même sexe (Leonard et coll., 1993).

Doherty (2006) a découvert que les mâles sexuellement matures hébergés par la suite avec des poules pendant cinq semaines ont plus de comportements de parade lorsqu'on les teste avec des jeunes femelles que les mâles sans cette expérience supplémentaire, ce qui indique que l'apprentissage joue un rôle. Toutefois, il y avait des interactions souche-par-traitement et l'expérience n'élimine pas complètement l'absence de pariade et les comportements agressifs que manifestent les races de reproducteurs de poulet à chair envers les femelles.

Un autre aspect qui peut provoquer des comportements d'accouplement agressifs est la taille physique des mâles qui réduit leur capacité d'accouplement et entraîne de la frustration (Millman et Duncan, 2000b). Les reproducteurs mâles de poulet à chair ont plus de tentatives d'accouplement ratées que les mâles de race pondeuse, soit parce qu'ils sont incapables d'établir un contact cloacal à cause de leur grande taille ou parce que la femelle a réussi à s'échapper (Millman et coll., 2000). McGary et coll. (2003) ont trouvé une fréquence plus élevée d'agression des femelles par les mâles et d'accouplements forcés chez les jeunes mâles que chez les mâles plus vieux, et un effet de la sélection pour un rendement élevé de poitrine. Toutefois, Millman et coll. (2000) ont posé comme hypothèse que bien que la grande taille des mâles rende sans doute l'accouplement difficile, la volonté de la femelle semble plus importante pour déterminer la réussite de l'accouplement. Doherty (2006) a révélé que les caractéristiques morphologiques comme le poids corporel et la taille de la crête et des margeolles des reproducteurs mâles ne permettent pas de prédire leurs comportements sexuels ou agressifs envers les femelles. La relation entre caractéristiques sexuelles et comportement d'accouplement n'est pas directe puisque Bilcick et coll. (2005) ont révélé une corrélation positive entre la fréquence des tentatives d'accouplement et la taille de la

crête, alors que McGary et coll. (2003) ont révélé une relation positive entre la taille de la crête et le comportement reproducteur de certaines souches, mais pas de toutes.

Différences des lignées génétiques : Il existe des différences en matière d'agression généralisée chez les souches de coq sauvage. Lorsqu'on leur présente un modèle de mâle, les reproducteurs mâles de poulet à chair avaient un niveau d'agression inférieur à celui des souches gibier élevées pour les combats de coq et égal ou inférieur à celui des mâles de type pondeuse (Millman et Duncan, 2000c). Les reproducteurs mâles de poulet à chair étaient agressifs à l'égard des femelles alors que les mâles de type gibier n'avaient pas de niveau élevé d'accouplement agressif envers les femelles, mais avaient un niveau de comportement agressif extrêmement élevé lorsqu'on leur présentait un modèle de mâle (Millman et Duncan, 2000b). Si l'accouplement agressif des femelles par les mâles était dû à une augmentation générale de l'agression, on s'attendrait à ce que ces mâles de combat hautement agressifs aient un niveau supérieur d'agression envers les femelles que les reproducteurs mâles de poulet à chair. L'absence de cette réaction fournit une preuve que ce n'est pas l'augmentation généralisée de l'agression qui entraîne les reproducteurs mâles de poulet à chair à agir de façon agressive envers les femelles.

Lorsqu'on leur donne le choix entre un mâle de type à chair et de type pondeuse, les reproducteurs femelles de poulet à chair n'ont aucune préférence constante pour l'une ou l'autre race (Millman et Duncan, 2000a). Toutefois, les femelles ayant de l'expérience ont tendance à choisir les mâles de type pondeuse plutôt que les reproducteurs mâles de poulet à chair. Ainsi, ces auteurs suggèrent que le fait que les femelles évitent les reproducteurs mâle de poulet à chair est dû à l'apprentissage et non à la morphologie ou aux comportements des mâles. Les femelles se débattent rarement pendant les tentatives d'accouplement par des mâles de type pondeuse ou gibier, mais se débattent beaucoup plus souvent pendant les tentatives d'accouplement des reproducteurs mâle de poulet à chair (Millman et Duncan, 2000b).

Outre les différences génétiques mentionnées ci-dessus, certains chercheurs ont trouvé des différences d'accouplement agressif des femelles par les mâles entre les races de reproducteurs de poulet à chair, peut-être à cause des motivations de s'accoupler qui diffèrent (McGary et coll., 2003). D'autres n'ont trouvé entre les souches de reproducteurs de poulet à chair aucune différence de la fréquence des comportements agressifs comme les coups de bec ou la poursuite des femelles, des agressions des mâles par les mâles ou des tentatives d'accouplement (Doherty, 2006; Millman et coll., 2000). Toutefois, les femelles réagissaient différemment aux différentes souches de reproducteurs mâle de poulet à chair, ce qui suggère qu'il peut y avoir des différences subtiles dans les interactions entre mâles et femelles qui jouent un rôle dans l'agression.

Rapport mâles-femelles dans le groupe : Il n'est pas sûr que des différences subtiles du rapport mâles-femelles au sein des groupes de reproducteurs de poulet à chair influencent l'accouplement agressif. On n'a constaté aucune différence de fréquence des accouplements forcés entre les groupes d'un mâle et 10 femelles ou de trois mâles et 10 femelles (Bilcik et Estevez, 2005). Mais le rapport de masculinité peut interagir avec l'expérience; les mâles des groupes 3:10 augmentent la fréquence d'accouplement et des contacts cloacaux après être passés dans des groupes de 1:10, alors que les mâles des groupes 1:10 réduisent la fréquence d'accouplement lorsqu'ils passent dans les groupes 3:10 (Bilcik et Estevez, 2005). De plus, Campo et Dávila (2002) ont découvert un effet du rapport de masculinité sur l'immobilité protectrice, alors que les mâles hébergés dans un rapport 1:1 dans des groupes de 240 (120 mâles et 120 femelles) ont une durée d'immobilité protectrice plus courte que ceux hébergés à un rapport 1:11 (20 mâles et 220 femelles). Cela suggère que la proportion de mâles par femelles dans l'enclos influence la peur et l'agressivité. La durée de l'immobilité protectrice ne différait pas entre les groupes de poules, mais les poules hébergées dans un rapport 1:1 avaient un ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes plus élevé que les poules hébergées dans un rapport 1:11 (Campo et Dávila, 2002).

Facteurs environnementaux : Jusqu'ici, on a peu étudié l'effet de l'environnement sur le développement de l'accouplement agressif des femelles par les mâles chez les reproducteurs de poulet à chair. On a suggéré que la densité de peuplement était un facteur possible qui influence l'agression (de Jong et Guémené, 2011), alors qu'une densité de peuplement plus faible peut améliorer la réussite de la copulation et réduire les dommages aux plumes. Cette recherche est en cours et n'est pas encore concluante. On a exploré le régime d'éclairage comme facteur

possible qui influencerait le comportement des mâles, mais on n'a trouvé aucun effet (Moyle et coll., 2012). Leone et Estevez (2008) ont démontré que le recours aux panneaux dans les troupeaux de reproducteurs de poulet à chair améliore sensiblement la fertilité.

Restrictions alimentaires : Les restrictions alimentaires ont un effet sur la quantité d'agression observée au sein des groupes de poulets à chair (Mench, 1988). Les coups de bec et les menaces sont plus fréquents chez les poussins nourris tous les deux jours que chez ceux nourris à volonté, particulièrement les jours sans aliments. Les agressions se produisent surtout à la mangeoire et après quatre jours d'alimentation complète, l'agression chez les poussins qui avaient été nourris tous les deux jours a baissé à son niveau le plus bas (Mench, 1988). Toutefois, cette étude ne comportait aucune femelle et deux décennies de sélection génétique ont pu rendre ces résultats non pertinents pour les souches de reproducteurs de poulet à chair d'aujourd'hui.

Plus récemment, Millman et Duncan (2000b) ont examiné l'effet des restrictions alimentaires sur l'agression des femelles par les reproducteurs mâles de poulet à chair. Les restrictions alimentaires retardent la maturité sexuelle, mais les comportements sexuels et l'agression des reproducteurs mâles de poulet à chair dont l'alimentation est limitée ne diffèrent en rien de ceux des mâles de type pondeuse nourris à volonté. Une souche de type pondeuse et deux souches différentes de reproducteurs de poulet à chair nourries parcimonieusement ou à volonté présentent des fréquences semblables de copulation, de copulation forcée et de monte, bien que les mâles nourris à volonté étaient plus agressifs (coups de bec et poursuites) que les mâles nourris parcimonieusement (Millman et coll., 2000). Les restrictions alimentaires pendant l'élevage n'ont pas non plus d'effet sur le niveau d'agression des mâles sur un modèle de mâle congelé (Millman et Duncan, 2000c). Dans ces expériences, l'agression à la mangeoire n'a pas été mesurée. S'il y avait eu agression accrue pendant l'alimentation, cela aurait pu indiquer qu'elle est propre à l'alimentation et non pas due à une augmentation générale de l'agression chez les mâles. La plus grande partie des agressions des femelles par les mâles se produit en dehors de la période d'alimentation de sorte que ces problèmes semblent séparés dans le temps et des pulsions. En outre, les mâles et les femelles sont habituellement nourris dans deux zones séparées et on interdit aux mâles l'accès aux mangeoires des femelles. Mais malgré cela, l'agression peut quand même être liée à la frustration due à la faim.

RÉFÉRENCES

- Bilcik, B. et Estevez, I. (2005) Impact of male-male competition and morphological traits on mating strategies and reproductive success in broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science* 92:307-323.
- Bilcik, B, Estévez, I. et Russek-Cohen, E. (2005) Reproductive success of broiler breeders in natural mating systems: The effect of male-male competition, sperm quality and morphological characteristics. *Poultry Science*, 84:1453-1462.
- Campo, J. et Dávila, S. (2002) Influence of mating ratio and group size on indicators of fearfulness and stress of hens and cocks. *Poultry Science* 81:1099-1103.
- de Jong, I.C. et Guémené, D. (2011) Major welfare issues in broiler breeders. *World's Poultry Science Journal* 67:73-82.
- de Jong, I., Wolthuis-Fillerup, M. et Van Emous, R. (2009) Development of sexual behaviour in commercially-housed broiler breeders after mixing. *British Poultry Science* 50:151-160.
- Doherty, C.M. (2006) The effect of learning, morphology and behaviour on female directed aggression in male broiler breeders. M. Sc. Thesis. Guelph Canada: University of Guelph.
- Duncan, I. (2001) Animal welfare issues in the poultry industry: Is there a lesson to be learned? *Journal of Applied Animal Welfare Science* 4:207-221.
- Kruijt, J.P. (1964) Ontogeny of social behaviour in the Burmese Red Junglefowl (*Gallus gallus spadiceus*). Ph.D. Thesis. Groningen NL: University of Groningen.
- Leone et Estevez (2008)
- Leonard, M.L., Zanette, L., Thompson, B.K. et Fairfull, R.W. (1993) Early exposure to the opposite sex affects mating behaviour in White Leghorn chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 37:57-67.
- McGary, S., Estevez, I. et Russek-Cohen, E. (2003) Reproductive and aggressive behaviour in male broiler breeders with varying fertility levels. *Applied Animal Behaviour Science* 82:29-44.
- Mench, J. (1988) The development of aggressive behaviour in male broiler chicks: A comparison with laying-type males and the effects of feed restriction. *Applied Animal Behaviour Science* 21:233-242.
- Millman, S. et Duncan, I. (2000a) Do female broiler breeder fowl display a preference for broiler breeder or laying strain males in a Y-maze test? *Applied Animal Behaviour Science* 69:275-290.
- Millman, S. et Duncan, I. (2000b) Effect of male-to-male aggressiveness and feed-restriction during rearing on sexual behaviour and aggressiveness towards females by male domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 70:63-82.
- Millman, S. et Duncan, I. (2000c) Strain differences in aggressiveness of male domestic fowl in response to a male model. *Applied Animal Behaviour Science* 66:217-233.
- Millman, S., Duncan, I. et Widowski, T. (2000) Male broiler breeder fowl display high levels of aggression towards females. *Poultry Science* 79:1233-1241.
- Moyle, J.R., Yoho, D.E., Whipple, S.M., Donoghue, A.M. et Bramwell, R.K. (2012) Mating behaviour and fertility of broiler breeder males reared on shortened growth cycles. *The Journal of Applied Poultry Research* 21:272-278.

2. RESTRICTIONS ALIMENTAIRES CHEZ LES POULETS ET DINDONS REPRODUCTEURS

CONCLUSIONS

- 1. Le niveau de restriction alimentaire utilisé commercialement réduit le bien-être des volailles à cause de la faim chronique.**
- 2. L'alimentation à volonté des reproducteurs de poulet à chair provoque des problèmes de production et de santé comme la réduction de la fertilité et l'ascite, ainsi qu'une mortalité accrue.**
- 3. On pourrait améliorer le bien-être des reproducteurs de poulets à chair en utilisant la sélection génétique non seulement pour augmenter la production, mais aussi pour soulager les effets secondaires qui y sont associés comme la nécessité de restreindre l'alimentation des reproducteurs.**
- 4. Des régimes de remplacement peuvent améliorer le bien-être des volailles en réduisant le picage des plumes.**

INTRODUCTION

On peut évaluer le bien-être des volailles dont on restreint l'alimentation au moyen de leur fonction biologique, de leurs états émotionnels et de leur capacité de manifester leurs comportements naturels. L'évaluation du bien-être des volailles varie selon la démarche utilisée.

1. On utilise souvent les paramètres de production et de santé pour mesurer la fonction biologique. Les paramètres de production sont la croissance, la prise d'aliments, les caractères de production des œufs et l'âge de la fertilité. Les paramètres de la santé sont la mortalité, les malformations squelettiques et l'ascite, même si on les ignore souvent.
2. Pour ce qui est des états émotionnels, on peut évaluer les pratiques de restriction alimentaire selon les comportements indicateurs de la faim comme l'hyperactivité, le picage stéréotypique, l'accroissement de l'abreuvement et la motivation à s'alimenter. Les mesures physiologiques comme le cortisol et le ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes servent également d'indicateurs du stress.
3. On peut examiner la vie à l'état naturel au moyen du temps passé à manger et à manifester divers autres comportements comme s'asseoir, se lever et chercher de la nourriture.

CONTEXTE

Les reproducteurs de poulet à chair et les dindons reproducteurs peuvent grossir très rapidement grâce à la sélection génétique pour l'indice de conversion. Mais le fait de les nourrir à satiété provoque des problèmes métaboliques et de fertilité et augmente la mortalité (Savory et coll., 1993; Decuyper et coll., 2010). Les problèmes de santé comme l'ascite et les malformations squelettiques (qui peuvent mener à des brûlures au niveau du jarret et des boursouffures au niveau de la poitrine) se produisent chez les reproducteurs de poulet à chair, et la restriction alimentaire peut les réduire considérablement (Mench, 2002). Commercialement, les aliments sont limités, le plus souvent en limitant la quantité d'aliments par jour, ou en fournissant une plus grande quantité (toujours limitée) tous les deux jours (Mench, 2002).

La restriction alimentaire commence dès l'âge de 7 à 10 jours pour certaines souches, et après l'âge de 4 semaines pour d'autres (Leeson et Summers, 2000), avec la restriction la plus sévère pendant le grossissement. Ces restrictions diminuent une fois que les reproducteurs atteignent l'âge de la ponte. Mais avec les lignes commerciales de reproducteurs, il faut maintenir un certain niveau de restriction. Les reproducteurs de poulet à chair nourris à volonté à partir de l'âge de 37 semaines (après le pic de production d'œufs) avaient une production d'œufs réduite et une fertilité et un taux d'éclosion inférieurs à ceux des poulets dont l'alimentation était restreinte selon les recommandations du sélectionneur (Hocking, 1998). Les femelles nourries à volonté après le pic de

production d'œufs avaient un gain de poids rapide et, à l'âge de 60 semaines, avaient le même poids que les poules nourries à volonté tout au long. Mais la production ne baisse pas dans la même mesure avec la restriction alimentaire qu'avec l'alimentation à volonté (Hocking et coll., 2002).

RÉPERCUSSIONS DES RESTRICTIONS ALIMENTAIRES

L'objectif des restrictions alimentaires est de contrôler le gain de poids en vue de favoriser une santé et une productivité optimales. La ration d'aliments peut être aussi basse que 33 % de l'accès à volonté (de Jong et coll., 2002), une quantité que les reproducteurs de poulet à chair peuvent consommer en cinq minutes (Savory et coll., 1993).

Effet sur le comportement : Les poulets dont la diète est restreinte sont très motivés à manger. Dans un test de motivation, de Jong et coll. (2003) ont découvert une relation linéaire entre la prise d'aliment par compensation et le niveau de restriction alimentaire. Toutefois, même immédiatement après un repas, les poules dont la diète est restreinte avaient toujours faim et travaillaient davantage pour trouver de la nourriture que les poules nourries à volonté, mais privées de nourriture pendant 72 heures (Savory et coll. 1993).

On associe souvent un niveau d'activité élevé aux reproducteurs de poulet à chair dont l'alimentation est limitée (Kostal et coll., 1992; Savory et Lariviere, 2000). C'est sans doute dû à une motivation alimentaire accrue, car un repas plus copieux influence le temps passé activement à la mangeoire (Savory et Mann, 1999). Les reproducteurs de poulet à chair dont l'alimentation est restreinte passent moins de temps assis et plus de temps debout pendant le grossissement que ceux nourris à volonté (de Jong et coll., 2002; Hocking, 1998; Sandilands et coll., 2005). Le temps passé à marcher différait également (de Jong et coll., 2002; Neilsen et coll., 2003; Savory et Maros, 1993), mais pas dans toutes les études (Hocking, 1998).

Les comportements comme le piquage à la mangeoire, la surconsommation d'eau et le piquage des objets diffèrent également selon le niveau de la restriction alimentaire. À mesure qu'ils vieillissent, la fréquence du piquage sélectif des reproducteurs de poulet à chair dont l'alimentation est limitée augmente (Hocking et coll., 2001; de Jong et coll., 2002), alors qu'elle baisse (Savory et Maros, 1993) ou reste la même (de Jong et coll., 2002) chez ceux qui sont nourris à volonté.

Chaque poulet manifeste une variété de comportements stéréotypiques ainsi qu'une variation de l'activité stéréotypique manifestée (Kostal et coll., 1992). Les reproducteurs de poulet à chair boivent souvent à répétition et piquent de façon stéréotypée (Savory et coll., 1992). Pour combattre cet abreuvement excessif, les producteurs enlèvent souvent l'abreuvoir pour contrôler l'hydratation de la litière (Kostal et coll., 1992). Dans certains cas, cela provoque une réorientation du comportement sur d'autres objets, mais mène parfois à un lissage et à une activité axée sur la litière accrue et de rester debout (Kostal et coll., 1992).

Le temps passé en comportements de confort est en relation inverse du niveau de la restriction, puisque les poulets satisfont d'abord leurs besoins alimentaires, et puis commencent à avoir des comportements de confort (de Jong et coll., 2003). Le niveau d'alimentation peut également influencer les comportements de parade nuptiale; les mâles alimentés à volonté valsaient deux fois plus que les mâles à alimentation restreinte, mais on n'a trouvé aucune différence dans la fréquence de la présentation de nourriture et des avances à grands pas (Millman et coll., 2000).

Effet sur la physiologie : Les mesures physiologiques sont un outil qui sert à indiquer le stress ou les conditions médiocres, mais les changements physiologiques mêmes ne révèlent pas nécessairement ces conditions médiocres. Les concentrations de cortisol plasmatique augmentent en fonction du stress physiologique, mais elles peuvent également être liées aux effets métaboliques des restrictions alimentaires (de Jong et coll., 2002). Les reproducteurs de poulet à chair dont l'alimentation est restreinte ont des concentrations de cortisol plasmatique de base considérablement plus élevées que ceux nourris à volonté (de Jong et coll., 2002; 2003; Hocking, 1998; Hocking et coll., 2001; Savory et coll., 1996). Au contraire, le ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes, qui sert

souvent de mesure du stress chronique, n'est pas sensiblement différent à l'âge de 21 ou 42 jours (de Jong et coll., 2002).

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE DU TAUX DE CROISSANCE

Diètes de remplacement : Les diètes de remplacement peuvent augmenter la satiété en ajoutant des produits alimentaires de moindre qualité comme les écales d'avoine ou de soja pour en réduire la densité d'énergie ou réduire la faim en ajoutant des composants comme le propionate de calcium pour couper l'appétit (D'Eath et coll., 2009). Cela permet aux animaux de terminer leur alimentation à leur gré pendant que les aliments sont disponibles et de manifester les comportements d'alimentation normaux (D'Eath et coll., 2009). Même si les diètes de remplacement peuvent améliorer le bien-être jusqu'à un certain point, la restriction qualitative n'a pas d'effet sur la motivation à s'alimenter globale des poulets (Savory et Lariviere, 2000).

Effet sur le poids corporel et la production : Les données sur le recours aux seuls diluants alimentaires dans la diète des reproducteurs de poulet à chair pour améliorer la conversion alimentaires ou maintenir le poids corporel sont contradictoires (Zuidhof et coll., 1995; Sandilands et coll., 2006). Mais on a souvent trouvé que la combinaison de fibres et de coupe-faim permet de contrôler le gain de poids (Tolkamp et coll., 2005; Sandilands et coll., 2006; Morrissey, 2012). Le fait de réduire le taux de protéine dans la diète peut servir à contrôler le gain de poids. Les poulets nourris au moyen d'une diète à volonté faible en protéines avaient un gain de poids de moitié inférieur à celui des poulets nourris au moyen d'une diète riche en protéines, une différence présente jusqu'à l'âge de 24 semaines (Hocking et coll., 2001). Les diètes de remplacement entraînent une uniformité réduite du poids corporel (Savory et coll., 1996), ce qui peut augmenter la variation du début de la ponte et exiger une gestion supplémentaire des poulets (Savory et coll., 1996).

On a signalé que la courbe de production des œufs était la même chez les poules à régime restrictif de contrôle que chez ceux ayant une diète enrichie d'écales d'avoine et de cosses de soja et de propionate de calcium (Tolkamp et coll., 2005; Morrissey, 2012). La production d'œufs était la plus élevée chez les reproductrices de poulet à chair nourries d'une diète ordinaire diluée avec 15 % d'écales d'avoine moulues comparée à une diète diluée à 30 % ou non diluée (Zuidhof et coll., 1995). On n'a observé aucun effet de ce traitement sur le poids des œufs ou la qualité de la coquille (Tolkamp et coll., 2005).

L'abreuvement était diminué chez les poulets nourris d'une diète faible en protéine à prise restreinte, mais ils avaient un poids corporel inférieur (Hocking et coll., 2001). L'abreuvement (Hocking, 2006) et le temps passé à la source d'eau (Zuidhof et coll., 1995) étaient sensiblement réduits chez les poulets nourris d'une diète diluée avec des écales d'avoine par rapport à la diète de contrôle. L'humidité de la litière était également inférieure avec l'augmentation de la concentration d'écales d'avoine, ce qui menait à une réduction des changements de litière (Hocking, 2006).

Effet sur le comportement : Morrissey (2012) a révélé qu'une diète de 40 % de cosses de soja et de propionate de calcium permettent un état des plumes considérablement meilleur et moins de piquage des plumes que la diète (restrictive) de contrôle. On a observé que les poulets à restrictions alimentaires quantitatives ont une haute fréquence de piquage des objets et passent plus de 50 % de leur temps à manifester ce comportement alors qu'il est quasi inexistant chez les poulets à restrictions alimentaires qualitatives (Sandilands et coll., 2006). À l'inverse, la même étude a révélé qu'il y a peu de différences dans le temps passé assis, un comportement qui sert à indiquer la gravité de la restriction alimentaire (Sandilands et coll., 2006). On a atteint une baisse du piquage stéréotypique des objets et une hausse du temps passé assis à l'âge de 6 et 10 semaines au moyen de diètes à faible densité. Mais cette baisse disparaît à 16 semaines et les poulets passaient quand même au moins 40 % du temps d'observation à piquer des objets, ce qui suggère que la réduction de la faim ou de la frustration est relativement faible (de Jong et coll., 2005). Le temps passé à piquer des objets n'était pas réduit non plus avec la variation de la protéine fournie dans une ration restreinte (Hocking et coll., 2001). En général, on a observé peu de différences dans l'emploi du temps des poulets nourris de différentes rations, mais on a observé une baisse linéaire du piquage avec l'augmentation des concentrations de fibre avec des écales d'avoine et de la pulpe de betterave, mais pas avec le

tourteau de tournesol (Hocking et coll., 2004). On a suggéré que les poulets nourris de pulpe de betterave à sucre jouissent d'un meilleur bien-être à cause de la capacité de rétention d'eau accrue de cet aliment pour animaux qui donne un sentiment de satiété dans le jabot et le gésier (Hocking et coll., 2004); mais les indices physiologiques ne confirment pas systématiquement cette idée (voir plus bas) (Savory et coll., 1996). Les reproducteurs femelles de poulet à chair nourries d'une diète de remplacement ont plus d'aliments à consommer et passent de 30 à 38 % de leur temps à manger (Sandilands et coll., 2006), ce qui est de loin supérieur au temps que passent les poulets à restrictions alimentaires quantitatives.

Lorsqu'on leur offre une diète de contrôle ou de remplacement à volonté, les poulets aiment mieux la diète de contrôle à haute densité que la même diète avec l'ajout de propionate de calcium ou de fibre (Buckley et coll., 2011; Torrey et coll., 2013). Toutefois, lorsqu'on restreint leur alimentation et qu'on leur offre le choix dans un carrefour, les poulets sont incapables d'apprendre à choisir et de montrer une préférence, peut-être à cause de la gravité de leur faim (Buckley et coll., 2011).

Effet sur la physiologie : L'effet des diètes de remplacement sur la physiologie n'est pas manifeste. Dans une expérience, les concentrations de corticostérone étaient supérieures chez les poulets à diète restrictive riche en protéines que chez ceux nourris d'une diète pauvre en protéines ou d'une diète riche ou pauvre en protéines à volonté (Hocking et coll., 2001). Toutefois, dans une expérience semblable, Hocking et coll. (2002) n'ont observé aucune différence des concentrations de corticostérone entre les diètes et les niveaux d'alimentation. Les diètes qui contiennent des écales d'avoine ou du propionate de calcium, ou les deux, n'ont aucun effet sur le niveau des globules blancs (Sandilands et coll., 2006). Le fait d'augmenter la quantité de fibre dans la diète au moyen des écales d'avoine ne provoque aucune variation des concentrations de corticostérone ou de la réponse immunitaire chez les poulets âgés de 16 semaines (Hocking, 2006). L'ajout d'écales d'avoine à la diète réduit le ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes à l'âge de 12 semaines, mais cette différence n'est pas manifeste à l'âge de 20 ou 50 semaines (Zuidhof et coll., 1995). Savory et coll. (1996) ont révélé que les reproducteurs de poulet à chair nourris d'une diète de base à la moulée avec pulpe de betterave non mélassée ajoutée avaient un ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes supérieur tant à 6 qu'à 10 semaines, ce qui suggère que ce type de diète augmente le stress physiologique que les auteurs prétendent associé à son pouvoir absorbant élevé. D'autres résultats indiquent que les poulets à chair nourris de rations avec pulpe de betterave sucrière avaient un ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes inférieur, un compte basophile inférieur et une prévalence de picage dommageable inférieure à ceux des poulets à diète de contrôle ou à rations contenant des écales d'avoine ou du tourteau de tournesol, malgré un poids corporel plus faible (Zaczek et coll., 2003).

Système d'alimentation périodique : Le système d'alimentation périodique sert à limiter la prise d'aliments chez les reproducteurs de poulet à chair en leur donnant environ deux fois la prise quotidienne à volonté estimée tous les deux jours (ou tous les trois jours; Leeson et Summers, 2000). On suggère que les systèmes d'alimentation périodique (tous les 2 ou 3 jours) sont une méthode de contrôle de l'uniformité des troupeaux en réduisant la concurrence pour les aliments (Bartov et coll., 1988). Mais le succès de ces régimes n'est pas évident. Bartov et coll. (1988) ont trouvé une amélioration de l'uniformité avec l'alimentation tous les 3 jours, plutôt que tous les deux jours, et les mâles d'une étude de Mench (2002) étaient plus uniformes avec l'alimentation périodique plutôt que quotidienne. Pourtant, les résultats de certaines études sont contradictoires et ne révèlent aucune différence entre les poulets nourris tous les jours ou tous les deux jours (Bennett et Leeson, 1989; Gibson et coll., 2008). Les poulets nourris tous les jours sont généralement plus lourds que les poulets nourris tous les deux jours parce qu'ils sont en mesure d'utiliser les aliments de manière plus efficace (Bennett et Leeson, 1989). Mais ces résultats ne sont pas constants et Morrissey (2012) n'a observé aucune différence de poids entre les poules nourries tous les jours ou tous les deux jours. Bartov et coll. (1988) ont révélé que les poulettes élevées sur une diète tous les trois jours sont sensiblement et constamment plus légères que celles nourries tous les deux jours malgré une consommation totale d'aliments identique par poulette. Cette différence de poids observée à l'âge de 22 semaines était toujours présente à 35 semaines après une ration quotidienne à partir de l'âge de 23 semaines même si les poulets nourris tous les deux jours gagnaient beaucoup plus de poids pendant ce temps (Bartov et coll., 1988). Les poulets nourris selon une diète tous les deux jours consomment leurs aliments en peu de temps et peuvent rester sans aliments jusqu'à 46 heures (Leeson et Summers, 1985). Ils obtiennent donc sans doute les éléments nutritifs

nécessaires pendant ce temps par catabolisme des réserves corporelles, ce qui réduit l'efficacité de ce système (Leeson et Summers, 1985).

Les poulettes nourries tous les trois jours pondent leur premier œuf beaucoup plus tard, ce qu'on attribue à leur faible poids corporel (Bartov et coll., 1988). L'alimentation tous les deux jours peut également provoquer une baisse de la production des œufs tout au long du cycle de production, ce qui tient sans doute aux effets des restrictions alimentaires pendant le développement ovarien (Gibson et coll., 2008). Toutefois, ces résultats sont équivoques, car d'autres (Morrissey, 2012) n'ont observé aucun effet de l'alimentation tous les deux jours sur la production des œufs.

À cause de l'insulte perçue au bien-être, les régimes alimentaires qui n'offrent pas un accès quotidien aux aliments sont bannis en Suède et au Royaume-Uni (Autorité européenne de sécurité des aliments [EFSA], 2010). Mais il existe peu de données sur les conséquences sur le bien-être de l'alimentation non quotidienne des reproducteurs de poulet à chair. Morrissey (2012) a révélé que les poulets à alimentation périodique piquent davantage pendant les périodes d'alimentation, mais ont un plumage en meilleur état que ceux nourris tous les jours.

Génétique : Il y a un solide lien négatif entre le poids corporel et l'efficacité reproductrice chez les volailles (Decuyper et coll., 2010). Les poulets à chair à croissance rapide ont une mauvaise performance reproductrice, alors que les pondeuses à croissance lente ont été optimisées pour la reproduction. Comme la sélection est axée sur la croissance, on améliore généralement la reproduction reproducteurs de poulet à chair au moyen de techniques de gestion comme les restrictions alimentaires (Decuyper et coll., 2010). Decuyper et coll. (2010) parlent du « paradoxe du reproducteur de poulet à chair » en vertu duquel il semble impossible de maintenir les exigences de production intensive, comme une bonne performance de reproduction et une bonne santé, sans restreindre considérablement la prise d'énergie.

Un moyen de réduire la dépendance aux restrictions alimentaires pour avoir un bon rendement reproducteur est d'inclure des souches à croissance plus lente dans les paramètres de sélection génétique. La pratique qui consiste à accoupler de lourds poulets à chair à des femelles naines à croissance lente est une méthode utilisée avec un certain succès (Heck et coll., 2004). Comme on peut nourrir les poules naines à volonté selon une diète diluée tout en maintenant un niveau de reproduction acceptable (Heck et coll., 2004), le gène récessif lié au sexe pourrait être incorporé pour réduire la nécessité de limiter l'alimentation chez les reproducteurs de poulet à chair sans grands effets secondaires sur leur descendance (Decuyper et coll., 2010). Il faut étudier cette possibilité pour déterminer si elle est praticable dans le secteur avicole canadien.

Enrichissement environnemental : L'amélioration de l'environnement au moyen de balles de copeaux de bois et de paquets de cordes réoriente le comportement du piquage et réduit les réactions de stress chez les poulets à chair reproducteurs à régime restrictif (Hocking et Jones, 2005), mais il n'est pas évident qu'elle atténue la motivation à s'alimenter. L'accès à une litière permet aux poulets de fourrager et réduit le stress du régime restrictif que révèle la faible fréquence du picage des plumes ainsi que les faibles concentrations de corticostérone plasmatique (Hocking et coll., 2005). Il faut maintenir le bon état de la litière pour faciliter ce comportement de recherche de nourriture (Hocking et coll., 2005).

ALIMENTATION RESTREINTE DES DINDONS REPRODUCTEURS

Les restrictions alimentaires servent d'outil dans l'élevage commercial des dindons reproducteurs pour contrôler le poids corporel des lignées mâles en vue d'améliorer la production de sperme et de réduire les effets du stress de la chaleur dans les climats chauds (Hocking, 1999). On peut réduire la prévalence des lésions musculosquelettiques et les troubles liés au poids chez les mâles et femelles au moyen d'un régime restrictif et améliorer ainsi la survie et le bien-être de ces volailles (Hocking, 1999).

Effet sur la production : La conversion alimentaire n'est pas influencée de manière constante dans neuf études que Hester et Stevens (1990) ont examinées pour lesquelles on a ajouté des fibres à une diète à prise limitée ou à

système périodique (tous les deux jours). La consommation d'aliments et le poids à 30 semaines des dindes étaient inversement proportionnels à la maturité sexuelle, mesurée selon l'âge au premier œuf ou l'âge à 25 % de la production : les restrictions alimentaires sont donc un moyen viable de retarder la maturité sexuelle (Voitle et coll., 1973). Les dindes des lignées femelles de dindes à régime restrictif de l'âge de 3 à 16 semaines étaient plus prolifiques au début de la période de ponte, mais il n'y avait aucune différence cumulative importante de la production d'œufs entre les dindes nourries à volonté ou à régime restrictif (Crouch et coll., 1999). Hester et Stevens (1990) ont examiné plusieurs études pour lesquelles les dindes (généralement de souche Large White) avaient un régime restrictif et ont découvert qu'en général, les restrictions alimentaires retardent la maturité sexuelle des reproductrices, mais n'ont aucun effet constant sur la fertilité globale, la ponte, le poids et la production des œufs.

Effet sur le comportement : Les restrictions alimentaires ont des effets semblables sur les comportements des dindes que sur ceux des reproducteurs de poulet à chair, alors que l'activité orale, le picage des murs en particulier, augmente et que la proportion du temps passé assis à lisser leurs plumes baisse (Hocking, 1999).

Effet sur la physiologie : Les concentrations de corticostérone sont supérieures pendant l'élevage à régime restrictif, mais n'ont aucun effet sur le ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes et les niveaux de basophile (Hocking, 1999). Les auteurs suggèrent que les restrictions alimentaires ou bien n'étaient pas aussi grandes que celles imposées aux reproducteurs de poulet à chair ou bien que les dindons sont peut-être mieux adaptés aux demandes physiologiques qu'elles exigent (Hocking, 1999).

RÉFÉRENCES

- Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) (2010) Scientific Opinion on welfare aspects of the management and housing of the grand-parent and parent stocks raised and kept for breeding purposes. *EFSA Journal* 2010; 8:1667. Consultable en ligne à l'adresse : www.efsa.europa.eu
- Bartov, I., Bornstein, S., Lev, Y., Pines, M. et Rosenberg, J. (1988) Feed restriction in broiler breeder pullets: Skip-a-day versus skip-two-days. *Poultry Science* 67:809-813.
- Bennett, C. et Leeson, S. (1989) Research note: Growth of broiler breeder pullets with skip-a-day versus daily feeding. *Poultry Science* 68:836-838.
- Buckley, L., Sandilands, V., Tolkam, B. et D'Eath, R. (2011) Quantifying hungry broiler breeder dietary preferences using a closed economy T-maze task. *Applied Animal Behaviour Science* 133:216-227.
- Crouch, A., Grimes, J., Christensen, V. et Garlich, J. (1999) Restriction of feed consumption and body weight in two strains of Large White turkey breeder hens. 178 1102-1109
- de Jong, I., Enting, H., van Voorst, A. et Blokhuis, H. (2005) Do low-density diets improve broiler breeder welfare during rearing and laying? *Poultry Science* 84:194-203.
- de Jong, I., Van Voorst, A. et Blokhuis, H. (2003) Parameters for quantification of hunger in broiler breeders. *Physiology & Behaviour* 78:773-783.
- de Jong, I., Van Voorst, S., Ehlhardt, D. et Blokhuis, H. (2002) Effects of restricted feeding on physiological stress parameters in growing broiler breeders. *British Poultry Science* 43:157-168.
- D'Eath, R., Tolkamp, B., Kyriazakis, I. et Lawrence, A. (2009) 'Freedom from hunger' and preventing obesity: the animal welfare implications of reducing food quantity or quality. *Animal Behaviour* 77:275-288.
- Decuyper, E., Bruggeman, V., Everaert, N., Yue Li, Boonen, R., de Tavernier, J., Janssens, S. et Buys, N. (2010) The broiler breeder paradox: ethical, genetic and physiological perspectives, and suggestions for solutions. *British Poultry Science* 51:569-579.

- Gibson, L., Wilson, J. et Davis, A. (2008) Impact of feeding program after light stimulation through early lay on the reproductive performance of broiler breeder hens. *Poultry Science* 87:2098-2106.
- Heck, A., Onagbesan, O., Tona, K., Metayer, S., Putterflam, J., Jegou, Y., Trevidy, J.J., Decuypere, E., Williams, J., Picard, M. et Bruggeman, V. (2004) Effects of *ad libitum* feeding on performance of difference strains of broiler breeders. *British Poultry Science* 45:695-703.
- Hester, P. et Stevens, R. (1990) Feed restriction of turkey breeder hens - A review. *Poultry Science* 69:1439-1446.
- Hocking, P. (1998) Welfare and productivity of restricted broiler breeder females fed *ad libitum* or restricted after the peak of egg production. *British Poultry Science* 39:16-17.
- Hocking, P. (1999) Welfare of food restricted male and female turkeys. *British Poultry Science* 40:19-29.
- Hocking, P. (2006) High-fibre pelleted rations decrease water intake but do not improve physiological indexes of welfare in food-restricted female broiler breeders. *British Poultry Science* 47:19-23.
- Hocking, P., Jones, E. et Picard, M. (2005) Assessing the welfare consequences of providing litter for feed-restricted broiler breeders. *British Poultry Science* 46:545-552.
- Hocking, P., Maxwell, M., Robertson, G. et Mitchell, M. (2001) Welfare assessment of modified rearing programmes for broiler breeders. *British Poultry Science* 42:424-432.
- Hocking, P., Maxwell, M., Robertson, G. et Mitchell, M. (2002) Welfare assessment of broiler breeders that are food restricted after peak rate of lay. *British Poultry Science* 43:5-15.
- Hocking, P., Zaczek, V., Jones, E. et Macleod, M. (2004) Different concentrations and sources of dietary fibre may improve the welfare of female broiler breeders. *British Poultry Science* 45:9-19.
- Kostal, L., Savory, C. et Hughes, B. (1992) Diurnal and individual variation in behaviour of restricted-fed broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science* 32:361-374.
- Leeson, S. et Summers, J. (2000) *Broiler breeder production*. Nottingham University Press, Nottingham, England.
- Leeson, S. et Summers, J. (1985) Effect of cage versus floor rearing and skip-a-day versus every-day feed restriction on performance of dwarf broiler breeders and their offspring. *Poultry Science* 64:1742-1749.
- Mench, J. (2002). Broiler breeders: feed restriction and welfare. *World's Poultry Science Journal* 58:23-29.
- Millman, S., Duncan, I. et Widowski, T. (2000) Male broiler breeder fowl display high levels of aggression towards females. *Poultry Science* 79:1233-1241.
- Morrissey, K.L.H. (2012) The effect of dietary alterations on growth, productivity, behaviour and preference of broiler breeder females. M. Sc. Thesis. Guelph Canada: University of Guelph.
- Nielsen, B., Litherland, M. et Nøddegaard, F. (2003) Effects of qualitative and quantitative feed restriction on the activity of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 83:309-323.
- Sandilands, V., Tolkamp, B. et Kyriazakis, I. (2005) Behaviour of food restricted broilers during rearing and lay-effects of an alternative feeding method. *Physiology & Behaviour* 85:115-123.
- Sandilands, V., Tolkamp, B., Savory, C. et Kyriazakis, I. (2006) Behaviour and welfare of broiler breeders fed qualitatively restricted diets during rearing: Are there viable alternatives to quantitative restriction? *Applied Animal Behaviour Science* 96:53-67.
- Savory, C. et Larivière, J.M. (2000) Effects of qualitative and quantitative food restriction treatments on feeding motivational state and general activity level of growing broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science* 69:135-147.
- Savory, C. et Mann, J. (1999) Stereotyped pecking after feeding by restricted-fed fowls is influenced by meal size. *Applied Animal Behaviour Science* 62:209-217.

- Savory, C. et Maros, K. (1993) Influence of degree of food restriction, age and time of day on behaviour of broiler breeder chickens. *Behavioural Processes* 29:179-190.
- Savory, C., Hocking, P., Mann, J. et Maxwell, M. (1996) Is broiler breeder welfare improved by using qualitative rather than quantitative food restriction to limit growth rate? *Animal Welfare* 5:105-127.
- Savory, C., Maros, K. et Rutter, S. (1993) Assessment of hunger in growing broiler breeders in relation to a commercial restricted feeding programme. *Animal Welfare* 2:131-152.
- Savory, C.J., Seawright, E. et Watson, A. (1992) Stereotyped behaviour in broiler breeders in relation to husbandry and opioid receptor blockade. *Applied Animal Behaviour Science* 32:349-360.
- Tolkamp, B., Sandilands, V. et Kyriazakis, I. (2005) Effects of qualitative feed restriction during rearing on the performance of broiler breeders during rearing and lay. *Poultry Science* 84:1286-1293.
- Torrey, S., Arnone A., Morrissey K., Widowski T., Leeson S., Sandilands V., Classen H. (2013) Are qualitatively restrictive diets for broiler breeders palatable? *Poult. Sci.* 92(e-Suppl.1):28.
- Voitle, R., Walter, J., Wilson, H. et Harms, R. (1973) The effect of low protein and skip-a-day grower diets on the subsequent performance of turkey breeder hens. *Poultry Science* 52:543-548.
- Zaczek, V., Jones, E., Macleod, M. et Hocking, P. (2003) Dietary fibre improves the welfare of female broiler breeders. *British Poultry Science* 44:30-31.
- Zuidhof, M.J., Robinson, F.E., Feddes, J.J.R. et Hardin, R.T. (1995) The effects of nutrient dilution on the well-being and performance of female broiler breeders [abstract]. *Poultry Science* 74:441-456.

3. PICAGE DES PLUMES ET CANNIBALISME CHEZ LES POULETS ET DINDONS REPRODUCTEURS

CONCLUSIONS

- 1. Les causes du picage des plumes et du cannibalisme ne sont pas claires, mais une des principales causes du picage des plumes semble être liée au comportement de recherche de nourriture. Ils ont tous deux de multiples facteurs et les facteurs qui influencent leur prévalence sont la faim, la forte densité de peuplement et la prédisposition génétique.**
- 2. Les formes dommageables de picage chez les dindons se produisent sous forme de picage agressif et de picage des plumes. Ces comportements sont réduits chez les dindons en diminuant l'intensité de la lumière ou en ajoutant de la paille ou des objets dans les enclos.**
- 3. On doit insister sur la prévention du picage des plumes, car une fois commencé, il est difficile d'abolir ce comportement.**

INTRODUCTION

Les mesures servant à évaluer le bien-être des poulets et des dindons reproducteurs pour ce qui est du picage des plumes et du cannibalisme sont axées surtout sur la mortalité et les dommages aux plumes ou à la peau. Ainsi, la fonction biologique des animaux (santé et productivité) est l'axe central. Bien que le picage et le cannibalisme chez les dindons soient un grave problème de bien-être, la prévalence et l'effet de ces problèmes de comportement chez les reproducteurs de poulet à chair sont largement inconnus (de Jong et Guémené, 2011). Il est probable que les poulets touchés ressentent de la douleur (Gentle et Hunter, 1991), et vocalisent souvent et s'éloignent, ce qui indique que c'est une expérience aversive. Le fait de manger des plumes est un comportement naturel chez certains types de volailles et le picage sert à établir et affirmer sa dominance dans la nature, mais le niveau de ces comportements dans la production commerciale ne sert sans doute pas cette fin et n'a pas été constaté dans la nature. La plus grande partie de la recherche approfondie sur le développement et les causes du picage des plumes a été faite sur des pondeuses et ce sujet est également examiné dans le *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes, pondeuses et poules de réforme : volaille (pondeuses) – Revue de la littérature scientifique relative aux questions prioritaires*. Il est possible que les mêmes mécanismes soient en jeu dans le picage des plumes de toutes les espèces de volailles. Le présent examen traite de la documentation sur les pondeuses relative aux facteurs qui paraissent semblables chez les reproducteurs de poulet à chair et les dindons.

TYPES DE PICAGE

On peut classer le picage des plumes dans différents types de picage selon sa cause et ses conséquences. Savory (1995) a classé les types de picage comme suit chez les poules pondeuses :

1. picage agressif : axé par les volailles dominantes sur les subordonnées, l'objectif est d'établir et de maintenir la dominance. Il vise habituellement la tête et est donné avec force. Il peut causer des dommages aux tissus et, s'il persiste, peut mener à des blessures graves ou à la mort si la victime ne peut pas fuir.
2. picage des plumes doux sans enlèvement : cause peu ou pas de dommages et peut sembler axé sur des particules de litière ou d'aliments plutôt que sur les plumes mêmes. La victime ignore habituellement ce type de picage.
3. picage des plumes grave entraînant la perte de plumes : la plume est saisie et tirée fermement et cela peut causer des vocalisations et le repli de la victime. La plume peut être enlevée et est parfois mangée. Il en résulte des dommages ou la perte de la plume.
4. picage des tissus dans des régions dénudées : le picage vigoureux est dirigé sur la peau exposée et est souvent persistant. Ce type de picage peut provoquer une hémorragie et l'apparition du sang peut stimuler plus de picage et les autres volailles à s'y mettre. En général, les dommages sont graves et peuvent

entraîner la mort ou la réforme. Toute tentative de la victime pour éviter le picage en s'éloignant est habituellement vaine, car les oiseaux qui piquent la suivront.

5. Cannibalisme cloacal : semblable au picage des tissus, mais distinct. Ce type de picage se produit habituellement peu après le début de la pondaison et peut être lié aux changements hormonaux. Le cannibalisme cloacal est plus susceptible dans les systèmes à plancher où les poules pondent leurs œufs sur le plancher dans des aires encombrées. Le cannibalisme cloacal semble initié à la ponte lorsque se produit un prolapsus de l'utérus partiel mineur et que l'exposition de la membrane muqueuse stimule le picage. Il peut commencer en comportement d'enquête, mais peut rapidement s'aggraver et mener à la mort par hémorragie. Le picage peut continuer après la mort avec l'enlèvement des organes abdominaux.

Les divisions entre ces classifications ne sont pas toujours nettes. Bien que le picage agressif et le cannibalisme cloacal semblent différents, les autres comportements de picage ne sont pas toujours distincts et peuvent se chevaucher (Savory, 1995). On constate le picage agressif surtout chez les dindons, tandis que le cannibalisme cloacal est un problème des reproducteurs de poulet à chair et, peut-être, des dindons reproducteurs. Le picage des plumes et des tissus est présent chez les deux espèces.

On mesure souvent le picage des plumes par les dommages causés aux volailles, en général sur le dos, la queue, le cou et les ailes. On peut noter chacune de ces régions selon l'importance des dommages ou de la zone de peau dénudée.

CAUSES POSSIBLES DU PICAGE DES PLUMES ET DU CANNIBALISME

On suppose que chez les poules pondeuses, le picage des plumes, outre le cannibalisme cloacal et le picage agressif, est un picage du sol redirigé soit dans le cadre de la recherche d'aliments ou du bain de poussière (Savory, 1995). Le picage des plumes accru sur les planchers nus à caillebotis par rapport aux planchers à litière peut être en relation inverse du picage du sol. Savory (1995) suggère que le picage des plumes représente une inclination sous-jacente au picorage et que les facteurs environnementaux et génétiques influencent la manière de le manifester et sa cible.

Hughes et Grigor (1996) suggèrent que les comportements relatifs au bec sont une partie importante du répertoire de comportements des dindons et qu'un comportement peut se substituer à un autre au moins en partie. Par exemple, la réduction du temps d'alimentation entre 5 et 6 semaines à cause du passage d'une diète en miettes à une diète granulée a été associée à une légère hausse du picage des plumes (Hughes et Grigor, 1996).

Facteurs nutritionnels : Les volailles à régime restrictif (c.-à-d. les reproducteurs de poulet à chair) sont hautement motivées à manger et cela mène souvent au picage des objets ou à une autre recherche d'aliments redirigée (Sandilands et coll., 2005; Savory et Lariviere, 2000). On a constaté que les dommages du picage sont pires lorsqu'on nourrit les poussins nains avec des aliments granulés plutôt qu'avec la moulée ou la moulée diluée (Savory et coll., 1999), ou qu'on nourrit des dindons avec des granulés plutôt qu'avec des miettes (Hughes et Grigor, 1996), sans doute parce que cela limite les occasions de recherche d'aliments. Le fait d'augmenter le picage du sol et le temps passé à s'alimenter (au moyen d'une diète de moulée) réduit le risque de picage des plumes chez les poules pondeuses (Savory, 1995). Les reproducteurs de poulet à chair nourris tous les deux jours n'avaient pas une note des plumes (associée au picage des plumes) différente de ceux nourris tous les jours, mais elle empirait plus rapidement que la note de ceux nourris tous les deux jours (Morrissey, 2012). Lorsque l'alimentation est restreinte, le picage et le grattage sont plus fréquents après l'alimentation qu'avant, ce qui concerne encore la relation entre alimentation et faim, recherche de nourriture et picage (Savory, 1995). Hocking et Jones (2006) ont montré que le fait d'enrichir des reproducteurs de poulet à chair avec des balles de paille ou de corde est sans effet sur l'état des plumes, l'agression ou les autres types de comportement et ont conclu que l'enrichissement environnemental ne suffit pas pour réduire les dommages graves causés aux plumes ou pour atténuer les effets de la frustration due à la faim.

Certains éléments nutritifs peuvent également influencer le niveau de picage des plumes. Les dommages causés par le picage étaient réduits à 4 et 6 semaines chez les poules naines en croissance nourries d'une diète enrichie de L-tryptophane connu pour ses propriétés sédatives (Savory, 1998; Savory et coll., 1999). Le fait d'offrir des diètes de remplacement avec coupe-faim (propionate de calcium) améliore la note des plumes chez les reproducteurs femelles de poulet à chair avant et après le début de la pondaison (Morrissey, 2012). Une source de protéine alimentaire (végétale ou animale) ne semble pas avoir d'effet sur le niveau de picage des plumes chez les pondeuses (Savory, 1998).

On a également supposé que le picage des plumes et le cannibalisme sont issus du fait de manger des plumes. Le fait de manger des plumes est commun chez certains sauvagines pour aider la digestion (Piersma et van Eerden, 1989); toutefois, les oiseaux domestiques ne peuvent pas décomposer la kératine dans le tube digestif et ne peuvent donc pas utiliser les plumes à cette fin. McKeegan et Savory (1999) ont révélé une association entre le fait de manger des plumes et le picage des plumes chez les poulettes pour la ponte, mais cette association n'est pas assez forte pour établir un lien de causalité. On a proposé qu'une fois établi le fait de manger des plumes, si les plumes préférées ne sont pas disponibles sur le sol, cette activité se tourne vers les autres poulettes (McKeegan et Savory, 1999).

Facteurs environnementaux : La densité de peuplement joue sur l'incidence des dommages causés par le picage dans les gros groupes, mais non dans les petits groupes de poules naines en croissance à l'âge de 4 et 6 semaines. Les dommages causés par le picage étaient pires dans les groupes de 20 volailles hébergées à la plus forte densité (186 cm² par volaille) par rapport aux groupes de 10 volailles à densité plus faible (744 cm²) (Savory et coll., 1999). On n'a observé aucun effet de la taille du groupe à une densité de peuplement de 372 cm² par volaille (Savory et coll., 1999). Dans les gros groupes de volailles, comme dans les poulaillers commerciaux, la taille du groupe peut être moins importante que la densité de peuplement. La densité de peuplement accrue peut être liée au taux accru de picage des plumes signalé par Drake et coll. (2010) chez les poules pondeuses hébergées dans des poulaillers à niveaux de dioxyde de carbone ou d'ammoniac plus élevés. D'autres facteurs environnementaux, comme le type et la hauteur des mangeoires et le mois de l'année peuvent influencer le niveau de picage des plumes (Drake et coll., 2010).

Facteurs génétiques : L'incidence du picage des plumes et du cannibalisme varie chez les différentes lignées de volailles (Muir et Craig, 1998; Jendral et Robinson, 2004). La sélection individuelle fondée sur la performance peut mener à une concurrence accrue entre individus (Rodenburg, 2010). Par exemple, la sélection individuelle pour le poids corporel élevé chez les cailles du Japon a provoqué une forte augmentation de la mortalité due à l'agression et au cannibalisme (Muir, 2005). Il peut aussi y avoir des différences du niveau d'agression et de la cible du picage. Il y a également des variations au sein des troupeaux et quelques individus sont généralement responsables de la plus grande partie du picage, bien que ce comportement puisse être transmis dans le troupeau grâce à la facilitation sociale (Cloutier et coll., 2002).

On a étudié les différences entre et au sein des lignées de poules pondeuses et la sélection contre ces comportements a eu des résultats favorables (Muir et Craig, 1998). On a également signalé des différences entre les souches chez les dindons, alors qu'une lignée mâle sélectionnée manifestait un niveau de picage des plumes et de blessures beaucoup plus élevé que les dindons de lignées traditionnelles (Busayi et coll., 2006). La sélection des individus et des lignées de volailles à viande avec un plus faible niveau de picage des plumes et de cannibalisme exige plus de recherche, mais pourrait s'avérer un outil puissant.

Différence des sexes : Les blessures causées par le picage des plumes sont plus fréquentes chez les dindons mâles que femelles (Busayi et coll., 2006). De même, Martrenchar et coll. (2001) ont révélé que les blessures à la tête sont plus fréquentes chez les dindons que chez les dindes à l'âge de 5 semaines et les blessures à la queue se produisent davantage dans les groupes de dindons à la 10e semaine.

PRÉVENTION ET CONTRÔLE DU PICAGE DES PLUMES ET DU CANNIBALISME

On prend souvent des mesures de prévention pour réduire les dommages causés par le picage des plumes et le cannibalisme. L'une d'elles est l'époinçage du bec. L'époinçage du bec est traité de façon plus approfondie dans le *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes, pondeuses et poules de réforme : volaille (pondeuses)* – Revue de la littérature scientifique relative aux questions prioritaires, et la section *Intervention chirurgicale sur les dindons* de cette revue fournira certains renseignements concernant les dindons.

Un autre moyen de réduire le picage des plumes est la faible intensité lumineuse (généralement de 2 à 5 lux pour les dindons) ou des lumières rouges. On a réglé le haut niveau de blessures dues au picage en réduisant l'intensité lumineuse de 10 à 5 lux chez les dindons en croissance (Sherwin et coll., 1999a). Une intensité lumineuse de 5 à 10 lux n'a eu aucun effet sur les blessures dues au picage des dindonneaux dans une expérience (Moinard et coll., 2001), mais était associée positivement dans la comparaison de 5, 10, 36 et 70 lux de lumière fluorescente dans une étude parallèle (Moinard et coll., 2001). Les blessures à la queue et aux ailes étaient moins fréquentes sous la lumière fluorescente que sous la lumière incandescente (Moinard et coll., 2001). À l'inverse, Sherwin et coll. (1999b) n'ont signalé aucune différence des blessures dues au picage aux ailes et à la queue chez les dindons élevés sous la lumière incandescente ou fluorescente.

L'enrichissement environnemental a également été étudié comme mesure de prévention du picage des plumes chez les dindons. On pense qu'un milieu stérile sans stimulation exacerbe le picage des plumes. Les enrichissements environnementaux (des objets fixés à une planche de bois, des longueurs de tuyaux de plastique, 2 panneaux joints avec du papier aluminium entre les deux, des choux et des éclairages locaux complémentaires) pour les dindons réduisent sensiblement les blessures causées par le picage des ailes et de la queue et le nombre de volailles qui ont été détruites ou sont mortes à cause du picage par rapport aux contrôles (Sherwin et coll., 1999a). L'accès à des perchoirs ou à des objets nouveaux réduit également le taux de picage et la mortalité par rapport aux contrôles (Crowe et Forbes, 1999). Le picage et l'interaction avec les enrichissements sont inversement proportionnels, alors que certains de ces enrichissements (perchoirs et objets nouveaux) réussissent mieux à réduire le picage que d'autres (paille et grain répandus) (Crowe et Forbes, 1999). Martrenchar et coll. (2001) ont également constaté une réduction importante des blessures aux ailes, à la queue et à la tête lorsqu'on ajoute de la paille et des objets aux cases des jeunes dindes et dindons, même si l'ajout de perchoirs avait peu d'effet.

RÉFÉRENCES

Busayi, R.M., Channing, C.E. et Hocking, P.M. (2006). Comparisons of damaging feather pecking and time budgets in male and female turkeys of a traditional breed and a genetically selected male line. *Applied Animal Behaviour Science* 96:281-292.

Cloutier, S., Newberry, R.C., Honda, K., et Alldredge, J.R. (2002) Cannibalistic behaviour spread by social learning. *Animal Behaviour* 63:1153-1162

Crowe, R. et Forbes, J. (1999) Effects of four different environmental enrichment treatments on pecking behaviour in turkeys. *British Poultry Science* 40:11-12.

de Jong, I.C. et Guémené, D. (2011) Major welfare issues in broiler breeders. *World's Poultry Science Journal* 67:73-81.

Drake, K.A., Donnelly, C.A. et Dawkins, M.S. (2010) Influence of rearing and lay risk factors on propensity for feather damage in laying hens. *British Poultry Science* 51:725-733.

Gentle, M.J. et Hunter L.N. (1991) Physiological and behavioural responses associated with feather removal in *Gallus gallus* var *domesticus*. *Research in Veterinary Science* 50:95-101.

- Hocking, P.M. et Jones, E.K.M. (2006) On-farm assessment of environmental enrichment for broiler breeders. *British Poultry Science* 47:418-425.
- Hughes, B.O. et Grigor, P.N. (1996) Behavioural time-budgets and beak related behaviour in floor-housed turkeys. *Animal Welfare* 5:189-198.
- Jendral, M. et Robinson, F. (2004) Beak trimming in chickens: historical, economical, physiological and welfare implications, and alternatives for preventing feather pecking and cannibalistic activity. *Avian and Poultry Reviews* 15:9-23.
- Martrenchar, A., Huonnic, D. et Cotte, J.P. (2001) Influence of environmental enrichment on injurious pecking and perching behaviour in young turkeys. *British Poultry Science* 42:161-170.
- McKeegan, D. et Savory, C. (1999) Feather eating in layer pullets and its possible role in the aetiology of feather pecking damage. *Applied Animal Behaviour Science* 65:73-85.
- Moinard, C., Lewis, P.D., Perry, G.C. et Sherwin, C.M. (2001) The effects of light intensity and light source on injuries due to pecking of male domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Animal Welfare* 10:131-139.
- Morrissey, K.L.H. (2012) The effect of dietary alterations on growth, productivity, behaviour and preference of broiler breeder females. M. Sc. Thesis. Guelph Canada: University of Guelph.
- Muir, W.M. (2005) Incorporation of competitive effects in forest tree or animal breeding programs. *Genetics* 170:1247-1259.
- Muir, W.M. et Craig, J.V. (1998) Improving animal well-being through genetic selection. *Poultry Science* 77:1781-1788.
- Piersma, T. et van Eerden, M.R. (1989) Feather eating in Great Crested Grebes *Podiceps cristatus*: a unique solution to the problems of debris and gastric parasites in fish-eating birds. *Ibis* 131:477-486.
- Rodenburg, T.B. (2010). Response to van Rooijen: 'Is feather pecking in laying hens a by-product of artificial selection?' *Applied Animal Behaviour Science* 122:134-135.
- Sandilands, V., Tolkamp, B. et Kyriazakis, I. (2005) Behaviour of food restricted broilers during rearing and lay-effects of an alternative feeding method. *Physiology & Behaviour* 85:115-123.
- Savory, C. (1995) Feather pecking and cannibalism. *World's Poultry Science Journal* 51: 215-219.
- Savory, C. (1998) Feather pecking damage in growing bantams is influenced by dietary tryptophan concentration but not dietary protein source. *British Poultry Science* 39:S17-S18.
- Savory, C. et Lariviere, J.-M. (2000) Effects of qualitative and quantitative food restriction treatments on feeding motivational state and general activity level of growing broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science* 69:135-147.
- Savory, C., Mann, J. et MacLeod, M. (1999) Incidence of pecking damage in growing bantams in relation to food form, group size, stocking density, dietary tryptophan concentration and dietary protein source. *British Poultry Science* 40:579-584.
- Sherwin, C., Lewis, P. et Perry, G. (1999a) The effects of environmental enrichment and intermittent lighting on the behaviour and welfare of male domestic turkeys. *Applied Animal Behaviour Science* 62: 319-333.
- Sherwin, C.M., Lewis, P.D. et Perry, G.C. (1999b) Effects of environmental enrichment, fluorescent and intermittent lighting on injurious pecking amongst male turkey poults. *British Poultry Science* 40:592-598.

4. QUALITÉ DE L'AIR ET DE LA LITIÈRE

CONCLUSIONS

1. **La poussière, l'humidité, la température et l'ammoniac peuvent influencer la qualité de l'air et de la litière.**
2. **Les températures élevées, la faible humidité et une forte ventilation augmentent la quantité de poussière en suspension dans l'air. Les petites particules de poussière se déposent dans les voies respiratoires inférieures des poulets à chair, ce qui peut les irriter et mener à une augmentation des troubles pulmonaires.**
3. **Les températures et l'humidité élevées combinées à une forte densité de peuplement peuvent compromettre la santé des pattes et la mortalité des poulets à chair. La combinaison de la température, de l'humidité et de la densité de peuplement particulières qui influencent les volailles à chair varient selon leur taille et leur espèce.**
4. **Les conditions du milieu, comme le type d'abreuvoir, l'humidité, le taux de ventilation et la densité de peuplement peuvent influencer l'humidité de la litière. On considère que l'humidité de la litière contribue puissamment à l'incidence de la dermatite du coussinet plantaire.**
5. **L'ammoniac est un irritant. Les volailles domestiques peuvent le détecter à 5 ppm et des concentrations supérieures à 25 ppm peuvent causer des dommages à court terme au tissu respiratoire et aux pieds, et des ulcérations cornéennes. On peut observer une réduction de la fonction immunitaire à un niveau d'exposition inférieur à 25 ppm.**

INTRODUCTION

La qualité de l'air et de la litière est étroitement liée à la densité de peuplement, mais dans le présent rapport, nous avons tenté de séparer ces deux questions. Dans certains cas, le lecteur trouvera d'autres explications dans la section *Densité de peuplement*.

Les mesures pour évaluer le bien-être des poulets à chair, des reproducteurs de poulet à chair et des dindons pour ce qui est de la qualité de l'air et de la litière peuvent comprendre la fonction biologique des animaux (santé et productivité) et leur état émotionnel (expériences subjectives). En ce qui concerne la vie à l'état naturel, les problèmes liés à la qualité de l'air et de la litière sont une conséquence de l'hébergement à l'intérieur et n'existent pas dans l'habitat naturel. La recherche à ce jour est largement axée sur :

1. Pour ce qui concerne le fonctionnement biologique, les études examinent les paramètres de production comme le taux de croissance, la mesure de la réponse au stress, comme les concentrations de corticostéroïde sanguin et fécal et les paramètres de santé, comme l'occurrence des brûlures au niveau du jarret, des lésions aux pattes et à la peau, des dommages aux yeux, la santé respiratoire et la mortalité.
2. Peu d'études ont été consacrées aux états émotionnels, mais on pense que les lésions à la peau et le stress thermique augmentent l'inconfort et la douleur. On a également mesuré le degré d'aversion des gaz comme indicateur de l'inconfort.

Plusieurs types de contaminants de l'air et de la litière influencent les volailles et ils sont souvent étroitement liés les uns aux autres, ce qui fait qu'il est difficile de déterminer quels facteurs causent le plus de problèmes (de Jong et coll., 2012).

POUSSIÈRE

La poussière peut influencer considérablement la qualité de l'air au sein d'un système de production de volailles (Lai et coll., 2012; Takai et coll., 1998). La poussière dans les poulaillers provient de nombreuses sources dont les aliments, les fèces, les ordures, les débris de plume et les microorganismes (Lai et coll., 2012; Takai et coll., 1998). Madelin et Wathes (1989) ont examiné la poussière au microscope et découvert que les squames de la peau composent la plus grande partie des particules de poussière pendant la période de croissance, même si la quantité de débris alimentaires et fécaux augmente avec le temps. Le duvet ou les fragments de plume composent environ 5 % des particules de poussière. Les facteurs environnementaux comme la ventilation, les pratiques d'alimentation, les matériaux de la litière et le manutention du fumier peuvent tous influencer les concentrations de poussière (Takai et coll., 1998). Plusieurs méthodes peuvent réduire la poussière comme l'augmentation du taux de ventilation pour enlever la poussière en suspension dans l'air ou la réduction de l'émission ou de la création de poussière de ses sources (Takai et coll., 1998). Les systèmes de brumisation servent couramment pour limiter la poussière en suspension dans l'air dans les poulaillers commerciaux. Le fait d'huiler la litière peut être un moyen efficace de réduire la poussière dans les poulaillers des poulets à chair, bien qu'à des concentrations de plus de 16 ml d'huile/m²/j, on ait observé des effets négatifs sur la qualité du coussinet plantaire (de Jong et coll., 2012).

La composition, la concentration et la taille des particules aéroportées sont toutes des caractéristiques importantes de la poussière et de l'effet qu'elle a sur la qualité de l'air. Des bactéries pathogènes, des virus, des endotoxines et d'autres substances sont présents dans les particules de poussière (Takai et coll., 1998). Les particules de poussière peuvent également absorber l'ammoniac et les odeurs, et la poussière est connue pour transporter et exacerber les odeurs (Takai et coll., 1998).

Les particules en suspension dans l'air sont souvent classées selon leur taille; plus petites que 10 µm (poussière grossière), plus petites que 5 µm (poussière fine) et plus petites que 1,0 µm (Lai et coll., 2012). Les particules entre 1 µm et 10 µm sont les plus fréquentes (plus de 90 %) dans les poulaillers (Lai et coll., 2012). Les particules d'un diamètre d'environ 1,1 µm se déposent plus souvent dans les poumons et les sacs alvéolaires abdominaux et post-thoraciques des poulets; un plus grand nombre de particules plus grosses (diamètre de 3,7 à 7 µm) et plus petites (diamètre de 0,3 µm) se déposent dans la portion antérieure du système respiratoire, les plus petites particules voyageant plus profondément que les plus grosses (Collins et Algiers, 1986). La plus grande partie de la matière particulaire (environ 94 %) des poulaillers commerciaux de poulets à chair du Texas était assez grosse pour être capturée par le système respiratoire supérieur avant d'être inhalée dans les poumons (Redwine et coll., 2002). Ces grosses particules se déposent souvent dans le nez et les yeux tandis que les petites particules se distribuent dans l'ensemble du système respiratoire (Corbanie et coll., 2006). Des expériences sur les aérosols ont révélé qu'une taille de 5 µm est le point limite pour le dépôt dans les voies respiratoires supérieures et inférieures des poulets à chair âgés de 2 semaines, alors que pour les poulets âgés de 4 semaines, le point limite est de 10 µm à cause du diamètre supérieur des voies respiratoires (Corbanie et coll., 2006). Les poulets âgés d'une journée font exception à cela, puisqu'ils ont un grand nombre de particules supérieures à 5 µm dans les voies respiratoires inférieures. On pense que cela est dû à la respiration par la bouche et au pépiement des oisillons, ce qui permet à plus de particules d'atteindre les voies respiratoires inférieures (Corbanie et coll., 2006). Les fortes concentrations d'ammoniac peuvent aussi causer des dommages aux cils de l'appareil mucociliaire et nuire à la capacité de la volaille de dégager les bactéries et la poussière de ses poumons (Nagaraja et coll. 1983).

Facteurs environnementaux et leur effet sur la poussière : Le programme d'éclairage est en relation directe avec la concentration de poussière dans les poulaillers : on a observé qu'elle est 4 fois supérieure pendant les périodes éclairées que pendant les périodes d'obscurité (Calvet et coll., 2009). Les températures élevées influencent également le niveau de poussière. Dans les salles maintenues à 2 °C de plus que la température de production normale des semaines 3 à 7, le niveau de poussière inspirable était sensiblement supérieur à celui des salles maintenues à température normale (Al-Homidan, 1998).

Le taux de ventilation joue également sur la concentration de poussière présente dans le poulailler. La ventilation élimine toute la poussière accumulée, mais remet en suspension celle qui s'était déposée sur les surfaces (Calvet et coll., 2009). Le taux de ventilation est fonction du niveau d'humidité : toute réduction du taux de ventilation (en hiver, par exemple) entraîne généralement une augmentation de l'humidité et donc un taux de poussière plus bas. À l'inverse, d'autres auteurs suggèrent que la concentration de poussière pourrait être plus élevée en hiver, car le taux de ventilation en hiver est de beaucoup inférieur pour conserver la chaleur (Takai et coll., 1998). La concentration de poussière est inférieure dans les poulaillers aux planchers mouillés ou au taux d'humidité élevé, car cela aide les particules de poussière à s'agglomérer (Takai et coll., 1998).

On a constaté que la litière ne contribue que très peu à la poussière en suspension dans l'air et agit surtout comme réservoir (Madelin et Wathes, 1989). La litière lie la poussière lorsqu'elle est mouillée, mais la litière fine peut contenir de petites particules, et la litière de mauvaise qualité (moisie ou dégradée) peut augmenter le niveau de poussière (Takai et coll., 1998). Les volailles qui grattent et se déplacent dans la litière projettent également les particules dans l'air (Madelin et Wathes, 1989). Redwine et coll. (2002) ont découvert que la concentration totale de particules dans l'air augmente avec l'âge des volailles et Calvet et coll. (2009) ont signalé une interaction positive entre la concentration de poussière et le poids et l'indice d'activité des volailles. Calvet et coll. (2009) ont également constaté une forte augmentation de la concentration de poussière pendant la photopériode à l'âge d'environ 20 jours.

Effet de la poussière sur le fonctionnement biologique : On peut considérer la poussière comme un danger pour la santé avec les moyens cernés par Harry (1978) et résumés par Carpenter et coll. (1986). Lorsqu'on l'inhale, la poussière peut irriter les voies respiratoires et cela peut réduire la résistance aux maladies respiratoires. La poussière peut agir comme porteur de bactéries non pathogènes ou, plus important encore, pathogènes. Le nombre de bactéries en suspension dans l'air augmente rapidement pendant les 4 premières semaines d'élevage, les staphylocoques étant l'espèce prédominante pendant la période de croissance (Madelin et Wathes, 1989).

La poussière provoque une hyperplasie plus ou moins grave de l'épithélium bronchothélial et des cellules de la glande muqueuse (Carpenter et coll., 1986). Ces changements étaient semblables à ceux observés chez les poulets à chair ordinaires qui n'avaient aucun signe apparent de maladie clinique. Les parabronchioles sont souvent altérées par l'exsudat dans le canal médullaire et les fortes infiltrations mononucléaires périphériques. Les foyers lymphoïdes sont plus discrets dans les poumons des volailles respirant de l'air filtré et plus diffus chez ceux qui respirent un air non filtré. Les poulets à chair élevés dans un air filtré avaient deux fois plus de changements structurels et de réaction lymphocytaire dans leurs poumons que ceux élevés dans des isolateurs qui sont relativement sans poussière. Ceux élevés dans un air non filtré avaient une réaction trois à quatre fois plus forte et les auteurs ont précisé qu'ils s'attendaient à ce que les volailles élevées commercialement manifestent des lésions 10 à 20 fois plus graves.

On a également observé des dommages causés par la poussière dans les atriums avec une expansion et souvent une fusion des atriums (Carpenter et coll., 1986). Le stress physique imposé aux poumons peut être responsable des muscles spiraux dans les parois des atriums. L'infection dans les poumons réduit le transfert d'oxygène, ce qui peut aussi mener à l'ascite chez les reproducteurs de poulet à chair (Issac et coll., 2010). Une réduction de la poussière par filtration de l'air réduit la gravité de la réaction structurelle et lymphocytaire dans le tissu pulmonaire des volailles (Carpenter et coll., 1986).

HUMIDITÉ RELATIVE (HR)

Plusieurs facteurs influencent l'humidité relative dans les poulaillers, dont l'humidité extérieure, le nombre, le type et la gestion des abreuvoirs, la densité, la taille et l'âge des volailles, la température et la ventilation (de Jong, et coll., 2012). La température et l'humidité relative (HR) dans un poulailler influencent la santé et la mortalité. Toutefois, Jones et coll. (2005) signalent que les entreprises de production surveillent ou contrôlent rarement l'humidité relative. À densité de peuplement élevée, le fait de maintenir la température et l'humidité relative dans les limites recommandées est associé à la mesure dans laquelle on maintient la santé des poulets à chair (Jones et coll., 2005). L'humidité et la température élevées, et le pourcentage du temps que ces variables dépassaient la fourchette recommandée par les sélectionneurs, influençaient les conditions comme la dermatite du coussinet plantaire, les anomalies de la démarche, la déviation médiale, la mortalité et la concentration de corticostéroïdes (Jones et coll., 2005). Une faible humidité peut également influencer la santé. Par exemple, un niveau d'humidité relative inférieur aux 50 % recommandés pendant la semaine 1 du cycle de production a été associé à une moins bonne démarche dans la semaine 6 (Jones et coll., 2005).

Effet de l'humidité relative sur le fonctionnement biologique : Le pourcentage de poulets à chair morts pendant la période de croissance est en relation directe avec l'humidité et la température élevées des semaines trois à cinq (Dawkins et coll., 2004). La mortalité est également plus faible en été qu'en hiver (Dawkins et coll., 2004) alors que le taux de ventilation est réduit pour conserver la chaleur dans le poulailler, ce qui peut mener à une humidité et une température plus élevées dans le poulailler.

QUALITÉ DE LA LITIÈRE

La qualité de la litière est directement liée à l'humidité. Dawkins et coll. (2004) ont révélé que 56 % de la variation de l'humidité de la litière s'explique par les caractéristiques de la conception comme la position du radiateur et le nombre d'abreuvoirs par millier de volailles. Des variables comme le type d'abreuvoirs, l'humidité, la saison, la ventilation, la consistance et la quantité des matières fécales et la densité de peuplement influencent l'humidité de la litière (Berg, 2004; Shepherd et Fairchild 2010). Les différents types de litière ont des qualités d'absorption différentes qui peuvent provoquer des différences d'humidité (Mayne, 2005).

Même si la faible humidité de la litière augmente la concentration de poussière, l'humidité de la litière est la principale cause de dermatite du coussinet plantaire (de Jong et coll., 2012). On a observé que la litière à particules fines réduit l'incidence de la dermatite du coussinet plantaire. Les petites coupelles, les diètes à digestibilité plus grande, une combinaison de température et d'humidité que prévient la condensation, et une densité de peuplement plus faible sont des facteurs qui peuvent aider à maintenir bas le taux d'humidité de la litière (Mayne, 2005).

Effet de l'humidité de la litière sur le fonctionnement biologique : L'humidité de la litière est directement liée aux coussinets plantaires sales, aux pattes notées en valgus et aux jarrets abimés des poulets à chair (Dawkins et coll., 2004). Une étude rétrospective a révélé que les lésions au coussinet plantaire et les brûlures noires au niveau du jarret à l'abattage étaient plus nombreuses dans les troupeaux ayant une litière humide, grasseuse, collante et/ou croustillante (Allain et coll., 2009).

La dermatite du coussinet plantaire est un gros problème dans la production des dindons et on pense que plusieurs facteurs l'influencent (Shepherd et Fairchild, 2010). Une litière humide a des effets importants sur le développement de la dermatite du coussinet plantaire, les poulets exposés à une litière humide propre développant des signes de dermatite du coussinet plantaire à peine une semaine après l'exposition (Youssef et coll., 2011). La litière humide d'eau et d'ammoniac ou d'acide urique ne provoque pas un taux de dermatite plus élevé qu'une litière humide d'eau seulement, ce qui indique que c'est l'humidité plutôt que les contaminants dans la litière qui agit sur la santé des coussinets plantaires. La gravité de la dermatite du coussinet plantaire, mesurée selon les notes externes, augmente avec le nombre de jours que les dindons ont passés sur une litière humide, mais ce n'est pas le cas des notes histologiques (Youssef et coll., 2011).

AMMONIAC

L'ammoniac est un irritant, mais ne cause pas d'étourdissement, contrairement aux molécules comme le dioxyde de carbone (Wathes et coll., 2002). L'ammoniac peut influencer sur les membranes muqueuses des yeux et des voies respiratoires, de même que sur l'équilibre acido-basique du sang et les systèmes olfactifs et gustatifs (Wathes et coll., 2002).

La concentration d'ammoniac augmente à mesure que les poulets à chair grossissent (Madelin et Wathes 1989; Redwine et coll., 2002). Une litière humide accélère le processus de libération de l'ammoniac de la litière (Nagaraj et coll., 2007). La diète a une grande influence sur la composition des fèces et, donc, de la litière. Le fait de réduire les protéines crues et le contenu en phosphore de la diète réduit le contenu en azote et en phosphore de la litière, mais n'influence pas les concentrations d'ammoniac, l'humidité de la litière ou le pH de sa surface (Ferguson et coll., 1998).

Le type de ventilation et la saison expliquent près de 75 % de la variation d'ammoniac en suspension dans l'air (Dawkins et coll., 2004). On a observé que les concentrations sont supérieures en hiver, ce qui correspond au taux de ventilation inférieur en cette saison (Redwine et coll., 2002). Toutefois, les concentrations d'ammoniac mesurées sur une période de 24 heures en été et en hiver dans des poulaillers commerciaux hébergeant de 12 000 à 14 000 volailles au Royaume-Uni dépassaient les 40 ppm pendant les périodes hivernales (Wathes et coll., 1997).

Les fortes concentrations d'ammoniac, tout comme le taux d'humidité élevé de la litière, causent du stress mesuré selon les corticostéroïdes fécaux (Dawkins et coll., 2004). La variation des corticostéroïdes fécaux chez les poulets à chair s'explique largement par la température dans la première semaine, l'humidité dans la cinquième semaine, la saison et le taux de ventilation (Dawkins et coll., 2004). Les concentrations de corticostéroïdes étaient également plus faibles en été qu'en hiver, même si la surchauffe peut se produire en été et devrait être considérée comme un événement possiblement stressant.

Effet de l'ammoniac sur le fonctionnement biologique : On pense que l'ammoniac est lié à la santé des volailles. Nagaraja et coll. (1983) ont découvert que l'exposition prolongée à des concentrations d'ammoniac dans l'air de 10 et 40 ppm entraîne une production excessive de mucus, emmêle les cils et réduit le nombre de cils des tissus trachéaux des dindons alors que les tissus trachéaux des contrôles non exposés au NH₃ semblaient normaux. Par contre, Beker et coll. (2004) n'ont trouvé aucune différence dans la note des lésions dans les tissus trachéaux et pulmonaires des poulets à chair exposés à 0, 30 ou 60 ppm d'ammoniac des jours 1 à 21. Dans un autre rapport, les tissus des poumons, de la trachée et des sacs alvéolaires des poulets à chair exposés à 0, 25, 50 ou 75 ppm des jours 1 à 28 ne montraient aucun signe d'inflammation lors de l'examen au jour 49 (Miles et coll., 2006). Ces auteurs suggèrent que l'ammoniac étant fortement soluble dans l'eau, on peut l'enlever efficacement des membranes muqueuses du système respiratoire.

La santé oculaire est une autre préoccupation associée au concentration d'ammoniac. Des lésions cornéennes se développent après exposition à des concentrations d'ammoniac supérieures à 25 ppm, les concentrations plus grandes ayant des effets plus graves (Olanrewaju et coll., 2007). Les poulets à chair élevés dans des concentrations d'ammoniac de 25, 50 et 75 ppm de l'âge de 1 à 28 jours avaient des lésions cornéennes à l'âge de 14 jours, et certaines volailles à 50 ou 75 ppm avaient des ulcérations cornéennes, alors que les volailles élevées à 25 ppm avaient moins de dommages que celles élevées à 50 ou 75 ppm (Miles et coll., 2006). Après une exposition à un cadre semblable au cadre commercial sans ammoniac additionnel, on a constaté une guérison des lésions oculaires. On a également observé une kératoconjonctivite clinique et une uvéite antérieure chez les volailles exposées à 50 et 75 ppm d'ammoniac pendant une semaine, alors que celles exposées à 25 ppm n'avaient aucun signe d'uvéite antérieure (Miles et coll., 2006). On a observé une kératite après une semaine chez les volailles exposées à 75 ppm d'ammoniac; on a observé une kératite aussi grave chez les volailles exposées à 25 ppm après trois semaines. La concentration d'ammoniac interagit un peu avec l'intensité de l'éclairage; le fait

de réduire cette intensité intensifie les résultats de la concentration d'ammoniac (Olanrewaju et coll., 2007), peut-être à cause du temps de contact accru avec la litière.

Les volailles élevées à 25 ppm d'ammoniac avaient un gain de poids inférieur à celui des volailles élevées à ces concentrations plus faibles (Miles et coll., 2004). Bien que Beker et coll. (2004) n'aient découvert aucun effet important sur le taux de croissance, le ratio gain:moulée des poulets à chair exposés à 60 ppm d'ammoniac était sensiblement inférieur à celui des volailles exposées à 0 ppm, les volailles à 30 ppm étant intermédiaires. Les handicaps de croissance et de l'utilisation alimentaire causés par l'exposition à l'ammoniac peuvent être dus aux réductions du développement, de la fonction du petit intestin et des mécanismes de défense intestinaux (Wei et coll., 2012). Pour confirmer cela, Wang et coll. (2010) ont également révélé que les niveaux d'immunoglobuline étaient réduits à 13 ppm, que la formation d'anticorps de la maladie de Newcastle étaient réduits à 26 ppm, alors que le taux de croissance des poulets à chair était réduit à 52 ppm par rapport aux contrôles (0 ppm).

La dermatite du coussinet plantaire est une ulcération qui touche la surface plantaire de la patte. La brûlure du jarret est la même ulcération, mais au jarret plutôt qu'à la patte. On pense que ces lésions indicatrices sont causées par un traumatisme tissulaire dû à un effet de brûlure chimique de l'ammoniac de l'urée dans la litière (Berg, 2004). À un taux d'ammoniac aéroporté de 1,3 à 29,8 ppm, les concentrations d'ammoniac supérieures étaient liées à des coussinets plus sales et à moins de volailles aux jarrets intacts (Dawkins et coll., 2004). L'état des coussinets était meilleur en été qu'en hiver, plus de volailles ayant une note de démarche de zéro et moins de volailles ayant les pieds sales (Dawkins et coll., 2004), peut-être à cause de la ventilation accrue qui réduit l'humidité relative et les concentrations d'ammoniac. La brûlure du jarret n'était pas liée aux concentrations d'ammoniac ou aux notes de litière, mais la dermatite du coussinet plantaire était liée à ces deux mesures (Haslam et coll., 2006).

Une enquête clinique sur 11 000 dindons dans 66 troupeaux en Allemagne a révélé que la dermatite du coussinet plantaire était répandue chez les dindons (Krautwald-Junghanns et coll., 2011). À l'âge de 16 semaines, l'incidence chez les dindes était le double de celle des dindons. On a pu remarquer des changements constants entre groupes d'âge au sein des troupeaux, mais non entre les troupeaux, ce qui laisse croire que les causes sont liées à la gestion ou à l'environnement. Des enquêtes de la même étude ont révélé qu'à l'abattage, seulement 2,1 % des dindons et 0,6 % des dindes étaient sans lésions aux coussinets.

Modifications de la litière : Le traitement de la litière avec des produits chimiques comme le chlorure d'aluminium, le sulfate de fer ou l'alun peut réduire jusqu'à 97 % de la production d'ammoniac atmosphérique (Do et coll., 2005), avec une réduction de la volatilisation de l'ammoniac surtout à cause de la baisse du pH de la litière (Choi et Moore, 2008a). Le sulfate de fer, bien qu'efficace pour réduire l'ammoniac atmosphérique, provoque une augmentation du taux de mortalité due à la toxicité du fer, chez les volailles de moins de 21 jours en particulier (Do et coll., 2005). L'addition de sulfate de fer ou de chlorure d'aluminium réduit également la teneur en eau de la litière (Do et coll., 2005). Choi et Moore (2008b) recommandent un taux d'application de chlorure d'aluminium de 200 g/kg ou moins parce que ce taux améliore efficacement les paramètres environnementaux sans réduire la prise d'aliments et les signes de boiterie constatés à un taux de 300 g/kg de litière.

DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

On a mesuré les concentrations de CO₂ ambiant à 400 ppm (Purswell et coll., 2011). Le dioxyde de carbone est demeuré constant tout au long de la période de croissance (Madelin et Wathes, 1989), mais était supérieur en hiver qu'en été, sans doute à cause de la ventilation réduite (Wathes et coll., 1997). On a découvert que le taux de ventilation pour contrôler l'humidité maintient les concentrations de CO₂ à un niveau raisonnable (Purswell et coll., 2011). Le type de plancher, la profondeur de la litière ou le grillage surélevé n'influencent pas les concentrations de dioxyde de carbone (Madelin et Wathes, 1989).

Effet de le dioxyde de carbone sur le fonctionnement biologique : Les niveaux jusqu'à 6 500 ppm de CO₂ pendant la période de croissance n'influencent pas la performance de croissance (Purswell et coll., 2011). Ils n'influencent pas non plus les données sur la carcasse.

CAPACITÉ DES VOLAILLES DE DÉTECTER LES GAZ NUISIBLES

Les volailles disposent de mécanismes chimiosensibles spécialisés dans leur système olfactif et leur bec qui leur permettent de détecter les gaz nuisibles. La réponse commune à l'arrivée d'ammoniac, de dioxyde de carbone ou de sulfure d'hydrogène est l'interruption des comportements courants, et à la fin de cette arrivée, les volailles sont tournées vers l'arrivée d'air propre. Ces réponses démontrent la capacité des volailles domestiques de détecter une stimulation gazeuse et d'y réagir (McKeegan et coll., 2005).

Les poudeuses peuvent détecter la présence d'ammoniac à 5 ppm dans un appareil d'essai et changer de comportements (McKeegan et coll., 2005). On a observé des mouvements pour se libérer et la fermeture et le clignement des yeux à 20 ppm. Les fortes concentrations d'ammoniac ont été associées à des concentrations de corticostéroïdes fécaux plus élevées dans les poulaillers des poulets à chair, mais on n'a pas cherché à quel niveau se produit cette réponse (Dawkins et coll., 2004).

Les réponses comportementales des poules poudeuses suggèrent que les volailles domestiques peuvent détecter des niveaux de CO₂ de 10 ppm comme le démontrent la mandibulation (ouverture du bec) et l'interruption de l'alimentation (McKeegan et coll., 2005). Wathes et coll. (1997) ont révélé que les niveaux de CO₂ étaient de 750 (0,075 %) à 3 500 ppm (0,35 %) dans les poulaillers commerciaux de Grande-Bretagne. On n'a pas examiné les réponses comportementales au niveau de dioxyde de carbone dans les poulaillers et la plupart des études sont axées sur le recours à cette substance pour l'euthanasie.

PRÉFÉRENCES ET ÉVITEMENT DES DIFFÉRENTS GAZ

Bien que les volailles ne manifestent aucune aversion immédiate à de fortes concentrations d'ammoniac, les tests de réaction d'évitement montrent que les poules domestiques passent moins de temps dans les milieux à concentration d'ammoniac de 20 ppm ou plus (Jones et coll., 2005). Les poulets à chair manifestent une aversion différée aux fortes concentrations d'ammoniac (Wathes et coll., 2002). Moins de la moitié des volailles exposées pendant environ 30 secondes ont manifesté un évitement de l'ammoniac (McKeegan et coll., 2005). Les poulets à chair ont manifesté une motivation à chercher de l'air frais après trente minutes d'exposition à 40 ppm d'ammoniac (Jones et coll., 2003); les auteurs pensent que ce retard est dû à la montée graduelle d'un malaise qui motive ensuite l'animal à chercher de l'air frais (Wathes et coll., 2002).

RÉFÉRENCES

- Al-Homidan, A. (1998) Effect of environmental factors on ammonia and dust production and broiler performance. *British Poultry Science* 39:9-10.
- Allain, V., Mirabito, L., Arnould, C., Colas, M., Le Bouquin, S., Lupo, C. et Michel, V. (2009) Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughterhouse: Relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *British Poultry Science* 50:407-417.
- Beker, A., Vanhooser, S.L., Swartzlander, J.H. et Teeter, R.G. (2004) Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance. *Journal of Applied Poultry Research* 13:5-9.
- Berg, C. (2004) Pododermatitis and hock burn in broiler chickens. In: *Measuring and Auditing Broiler Welfare* (Weeks C.A. and Butterworth, A. eds.). Cambridge, MA: CABI International, pp. 37-50.
- Calvet, S., Van de Weghe, H., Kosch, R. et Estellés, F. (2009) The influence of the lighting program on broiler activity and dust production. *Poultry Science* 88:2504-2511.
- Carpenter, G., Smith, W., MacLaren, A. et Spackman, D. (1986) Effect of internal air filtration on the performance of broilers and the aerial concentrations of dust and bacteria. *British Poultry Science* 27:471-480.
- Choi, I.H. et Moore, P.A. Jr. (2008a) Effect of various litter amendments on ammonia volatilization and nitrogen content of poultry litter. *Journal of Applied Poultry Research* 17: 454-462.

- Choi, I.H. et Moore, P.A. Jr. (2008b) Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter. *Poultry Science*, 87:1955-1963.
- Collins, M. et Algers, B. (1986) Effects of stable dust on farm animals-a review. *Veterinary Research Communications* 10:415-428.
- Corbanie, E., Matthijs, M., van Eck, J., Remon, J., Landman, W. et Vervaet, C. (2006) Deposition of differently sized airborne microspheres in the respiratory tract of chickens. *Avian Pathology* 35:475-485.
- Dawkins, M., Donnelly, C. et Jones, T. (2004) Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427:342-344.
- de Jong, I., Berg, C., Butterworth, A. et Estevez, I. (2012) Scientific report updating EFSA opinions on the welfare of broilers and broiler breeders. European Food Safety Authority. Available at www.efsa.europa.eu/publications.
- Do, J., Choi, I. et Nahm, K. (2005) Effects of chemically amended litter on broiler performances, atmospheric ammonia concentration, and phosphorus solubility in litter. *Poultry Science* 84:679-686.
- Ferguson, N., Gates, R., Taraba, J., Cantor, A., Pescatore, A., Straw, M., Ford, M.J. et Burnham, D.J. (1998) The effect of dietary proteing and phosphorous on ammonia concentration and litter composition in broilers. *Poultry Science* 77:1085-1093.
- Harry, E. (1978) Air pollution in farm building and methods of control: A review. *Avian Pathology* 7:441-454.
- Haslam, S., Brown, S., Wilkins, L., Kestin, S., Warriss, P. et Nicol, C. (2006) Preliminary study to examin the utility of using foot burn or hock burn to assess aspects of housing conditions for broiler chicken. *British Poultry Science* 47:13-18.
- Issac, Y., Abraham, J., Sreeparvathy, George, J. et Balusami, C. (2010) Managemental practices to control ascitis in a flock. *Veterinary World* 3:250-252.
- Jones, T., Donnelly, C. et Stamp Dawkins, M. (2005) Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities. *Poultry Science* 84:1155-1165.
- Jones, E., Wathes, C. et Webster, A. (2003) Strength of motivation of broiler chickens to seek fresh air after exposure to atmospheric ammonia. *British Poultry Science* 44:6-7.
- Jones, E., Wathes, C. et Webster, A. (2005) Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. *Applied Animal Behaviour Science* 90:293-308.
- Krautwald-Junghanns, M.-E., Ellerich, R., Mitterer-Istyagin, H., Ludewig, M., Fehlhaber, K., Schuster, E., Berk, J., Petermann, S. et Bartels, T. (2011) Examinations on the prevalence of footpad lesions and breast lesions in British United Turkeys Big 6 fattening turkeys in Germany. Part I: Prevalence of footpad lesions. *Poultry Science* 90:555-560.
- Lai, H., Nieuwland, M., Aarnink, A., Kemp, B. et Parmentier, H. (2012) Effects of 2 size classes of intratracheally administered airborne dust particles on primary and secondary specific antibody responses and body weight gain of broilers: A pilot study on the effects of naturally occuring dust. *Poultry Science* 91:604-615.
- Madelin, T. et Wathes, C. (1989) Air hygiene in a broiler house: Comparison of deep litter with raised netting floors. *British Poultry Science* 30:23-37.
- Mayne, R. (2005) A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers. *World's Poultry Science Journal* 61:256-267.
- McKeegan, D., Smith, F., Demmers, T., Wathes, C. et Jones, R. (2005) Behavioural correlates of olfactory and trigeminal gaseous stimulation in chickens, *Gallus domesticus*. *Physiology & Behaviour* 84:761-768.

- Miles, D., Branton, S. et Lott, B. (2004) Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. *Poultry Science* 83:1650-1654.
- Miles, D., Miller, W., Branton, S., Maslin, W. et Lott, B. (2006) Ocular responses to ammonia in broiler chickens. *Avian Diseases* 50:45-49.
- Nagaraj, M., Wilson, C., Saenmahayak, B., Hess, J. et Silgili, S. (2007) Efficacy of a litter amendment to reduce pododermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 16:255-261.
- Nagaraja, K.V., Emery, D.A., Jordan, K.A., Newman, J.A. et Pomeroy, B.S. (1983) Scanning electron microscopic studies of adverse effects of ammonia on tracheal tissues of turkeys. *American Journal of Veterinary Science* 44:1530-1536.
- Olanrewaju, H., Miller, W., Maslin, W., Thaxton, J., Dozier, W., Purswell, J. et Branton, S.L. (2007) Interactive effects of ammonia and light intensity on ocular, fear and leg health in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 6:762-769.
- Purswell, J., Davis, J., Luck, B., Kim, E., Olanrewaju, H., Kiess, A. et Branton, S.L. (2011) Effects of elevated carbon dioxide concentrations on broiler chicken performance from 28 to 49 days. *International Journal of Poultry Science* 10:597-602.
- Redwine, J., Lacey, R., Mukhtar, S. et Carey, J. (2002) Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel-ventilated broiler houses under summer conditions in Texas. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 45:1101-1109.
- Shepherd, E.M. et Fairchild, B.D. (2010) Footpad dermatitis in poultry. *Poultry Science* 89:2043-2051.
- Takai H., Pedersen S., Johnsen J.O., Metz J., Koerkamp P.W.G.G., Uenk G.H., Phillips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Hartung J., Seedorf J., Schröder M., Linkert K.H., & Wathes C.M. (1998) Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70:59-77.
- Wang, Y.M., Meng, Q.P. et Guo, Y.M. (2010) Effect of atmospheric ammonia on growth performance and immunological response of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9:2802-2806.
- Wathes, 2004
- Wathes, C., Holden, M., Sneath, R., White, R. et Phillips, V. (1997) Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science* 38:14-28.
- Wathes, C., Jones, J., Kirstensen, H., Jones, E. et Webster, A. (2002) Aversion of pigs and domestic fowl to atmospheric ammonia. *Transactions of the ASAE* 45:1605-1610.
- Wei, F-X., Xu, B. et Hu, X-F. (2012) The effect of ammonia and humidity in poultry houses on intestinal morphology and function of broilers. *Journal Of Animal And Veterinary Advances* 11:3641-3646.
- Youssef, I., Beineke, A., Rohn, K. et Kamphues, J. (2011) Effects of litter quality (moisture, ammonia, uric acid) on development and severity of foot pad dermatitis in growing turkeys. *Avian Diseases* 55:51-58.

5. DENSITÉ DE PEUPEMENT

CONCLUSIONS

1. **On observe des mesures du fonctionnement biologique (p. ex., gain de poids, blessures, note de démarche) inférieures au niveau des volailles individuelles à mesure qu'augmente la densité de peuplement. Ces effets sont généralement linéaires sans seuil de coupure pour les différentes mesures.**
2. **La densité de peuplement influence fortement les conditions environnementales (p. ex., température, humidité relative, ammoniac dans l'air et litière).**
3. **Les poulets à chair préfèrent se coucher près des mangeoires et des abreuvoirs, mais se reposent davantage loin d'eux à mesure qu'augmente la densité de peuplement. Les volailles sont bousculées plus fréquemment et leur repos dérangé plus souvent à mesure qu'augmente la densité de peuplement.**
4. **La gestion a un effet important sur le bien-être des volailles, surtout à forte densité de peuplement.**

INTRODUCTION

Les mesures pour évaluer le bien-être des poulets à chair, des poulets reproducteurs de type à chair et des dindons pour ce qui est de la densité de peuplement peuvent comprendre leur fonction biologique (santé et productivité) et leur état émotionnel (expériences subjectives). Pour ce qui est de la vie à l'état naturel, les problèmes relatifs à la densité de peuplement ne sont pas une préoccupation dans les habitats naturels, mais on peut examiner les comportements et les préférences des volailles pour donner une idée de leur comportement d'espacement naturel. La recherche à ce jour est largement axée sur :

1. Pour ce qui est du fonctionnement biologique, les études ont surtout examiné la croissance ainsi que d'autres paramètres de production comme la santé des pattes, les blessures et la mortalité.
2. Pour ce qui est des états émotionnels, on a utilisé des tests de préférence pour permettre aux volailles d'indiquer la densité qu'elles préfèrent, mais la recherche a en grande partie ignoré leurs expériences subjectives.
3. Pour ce qui est de la vie à l'état naturel, la recherche a commencé d'examiner les comportements des volailles dans des poulaillers ou des cases fortement et faiblement peuplées, ce qui donne une idée de leur comportement d'espacement naturel, mais l'influence de la densité de peuplement n'est pas une préoccupation dans les habitats naturels.

Plusieurs recherches documentaires ont étudié les effets de la densité du peuplement sur le bien-être des poulets à chair (Estevez, 2007; de Jong et coll., 2012). La rentabilité s'accroît à mesure qu'augmente le nombre de volailles par unité d'espace. Cette densité accrue motivée par la rentabilité économique a pour prix une performance et une santé et un bien-être réduits des volailles individuelles, mais le point auquel cela se produit n'est pas toujours le même et dépend de nombreux facteurs. Il est difficile de fixer des limites à la densité de peuplement comme l'indique (Estevez, 2007) :

1. La santé et le bien-être diminuent progressivement avec l'augmentation de la densité et il est donc difficile de fixer une limite à ce qui est acceptable et à partir de quel point elle devient inacceptable.
2. On peut fixer des limites différentes au moyen de mesures différentes.
3. Les conditions d'hébergement et de gestion ont une grande influence sur le bien-être animal, indépendamment de la densité.
4. Les différentes lignées génétiques peuvent exiger des limites différentes.
5. Les études scientifiques ne sont peut-être pas adéquates ou ne représentent pas exactement les conditions commerciales.

La densité maximale qu'indiquent les lignes directrices existantes varie considérablement parce qu'il est difficile de fixer des limites claires. Les lignes directrices existantes vont d'environ 31,7 kg/m² à 41,5 kg/m² selon le poids corporel final et le pays ou l'organisation qui fait la recommandation (Estevez, 2007).

On peut faire de la recherche sur la densité de peuplement soit en changeant la taille du groupe dans une surface donnée ou en changeant la surface pour un groupe de taille donnée. Commercialement, c'est le premier cas qui est le plus susceptible de se produire, car il est plus pratique d'augmenter ou de diminuer le nombre de volailles placé dans un poulailler que de changer la taille du poulailler. Par contre, la recherche scientifique peut utiliser l'une ou l'autre méthode pour manipuler la densité de peuplement d'un groupe de volailles. Les expériences scientifiques sont également souvent effectuées sur des groupes relativement petits comparés à ceux des exploitations commerciales. Il est possible que certains effets de la densité de peuplement soient modifiés à cause de ces limites. On fait également état de la densité de peuplement selon diverses unités. On a tenté de convertir ces unités à des kg/m² chaque fois que c'était possible pour permettre la comparaison d'une étude à l'autre. Le Tableau 1 résume les effets de la densité de peuplement sur le rendement et la mortalité tirés de plusieurs études.

EFFET DE LA DENSITÉ DE PEUPEMENT SUR LA PERFORMANCE

Le fait d'augmenter la densité de peuplement augmente habituellement la rentabilité par unité de surface, mais en général, la rentabilité par volaille diminue à cause de la réduction du taux de croissance (McLean et coll., 2002). Une étude étendue sur 2,7 millions de poulets à chair a démontré une baisse linéaire du taux de croissance à une densité de peuplement accrue de 30 kg/m² à 46 kg/m² (Dawkins et coll., 2004). Puron et coll. (1995) ont déterminé que le fait d'augmenter la densité de peuplement des poulets à chair mâles au-delà de 42,1 kg/m² et des femelles au-delà de 40,1 kg/m² n'a pas augmenté la masse de poulet produite. Puron et coll. (1995) ont également révélé une baisse linéaire du poids vif et de la consommation de moulée à mesure que l'espace par volaille diminue. Dans d'autres résultats, les poulets à chair élevés à une densité de 28,6 kg/m² étaient plus gros que ceux élevés à des densités de peuplement supérieures ou inférieures (Feddes et coll., 2002). Le gain de poids corporel et le poids corporel final étaient également inférieurs chez les poulets élevés à 39,9 kg/m² comparés à 29,9 kg/m², sans doute à cause de la consommation de moulée réduite qu'on constate dans les cases plus densément peuplées (Onbaşilar et coll., 2008). Le poids corporel mesuré aux âges de 28 et 42 jours baisse à mesure que la densité de peuplement augmente, et encore une fois, la prise d'aliments par poulet était inférieure dans les cases plus densément peuplées (Tong et coll., 2012). Les poulets à chair élevés à 30,2 kg/m² étaient plus lourds que ceux élevés à 36,6 kg/m² à l'âge de 43 jours, mais la litière et le régime d'éclairage étaient également différents entre ces deux groupes de sorte qu'il n'est pas certain que la densité de peuplement ait été la seule cause de cette différence de croissance (Meluzzi et coll., 2008). La croissance des dindons était également réduite à une densité de peuplement supérieure, leur poids étant constamment inférieur à environ 50-57 kg/m² qu'à environ 34-36 kg/m² (densité de peuplement inférieure entre l'âge de 12 et 15 semaines) (Martrenchar et coll., 1999).

Bien que le fait qu'une forte densité de peuplement réduit le taux de croissance chez les poulets à chair, ces résultats ne sont pas toujours répétables. McLean et coll. (2002) n'ont trouvé aucun effet de la densité sur le gain pondéral des poulets à chair élevés à 28,2, 33,5 ou 38,5 kg/m². De même, Ravindran et coll. (2006) n'ont trouvé aucun effet de la densité de peuplement sur le gain pondéral ou la prise d'aliments pendant un essai de 35 jours à des densités d'environ 34, 42 et 50 kg/m², et Thomas et coll. (2004) ont révélé un gain de poids plus rapide chez des poulets à chair élevés à 9,6 kg/m², mais aucune différence chez les poulets élevés à 17,8, 27,6 ou 35,8 kg/m². De nombreux éléments de preuve indiquent qu'il est possible que la différence de croissance soit due au moins en partie à l'élevage et aux facteurs environnementaux, et ainsi, que la densité de peuplement en soi ne produise pas de résultats constants.

L'effet de la densité de peuplement sur la croissance semble également différer selon le sexe de la volaille. La forte densité de peuplement (42 kg/m²) influence davantage les poulets à chair mâles jusqu'à l'âge de 35 jours, alors que les femelles ne sont touchées que de l'âge de 36 à 42 jours (42 kg/m²) (Zuowei et coll., 2011).

La prise d'aliments pendant la dernière semaine était significativement inférieure chez les volailles élevées avec une densité finale cible de 40 kg/m² par rapport à ceux élevés à une cible de 28 kg/m², et ceux élevés à 34 kg/m² avaient une prise d'aliments intermédiaire (McLean et coll., 2002). La conversion alimentaire n'était pas différent à une densité de peuplement de divers rapports allant de 23 à 51 kg/m² (Feddes et coll., 2002; McLean et coll., 2002; Puron et coll., 1995; Ravindran et coll., 2006). La consommation d'eau a augmenté avec l'augmentation de la densité de peuplement (Feddes et coll., 2002).

Tableau 1 : Un résumé des résultats de production tirés des études comparant diverses densités de peuplement.

Référence	Sexe des poulets	Comparaison de l'espace alloué (kg/m ² au dépeuplement)	Poids corporel (g au dépeuplement à moins d'avis contraire)	Mortalité (%)	Prise d'aliments (g/poulet)
Puron et coll., 1995†‡	Poulets à chair mâles	24,2	2 604	6,74	5 200
		28,0	2 544	7,68	5 016
		31,6	2 453	8,21	4 933
		33,5	2 509	4,73	5 260
		36,0	2 517	4,67	5 264
		37,6	2 486	5,40	5 167
		41,5	2 588	8,28	5 172
	Poulets à chair femelles	42,1	2 684	7,64	5 229
		42,5	2 528	6,67	5 014
		22,8	2 196	4,89	4 522
		26,3	2 119	4,61	4 336
		30,0	2 096	4,74	4 308
		30,3	2 132	4,00	4 635
		32,5	2 102	4,69	4 584
Feddes et coll., 2002 †‡	Poulets à chair femelles	34,5	2 102	3,53	4 585
		37,1	2 183	5,68	4 369
		40,1	2 238	5,77	4 525
		40,2	2 164	7,15	4 351
		22,9 ^a	1 915	1,7-5,3	2 993
Onbaşilar et coll., 2008 †‡	Poulets à chair mâles	28,6 ^a	1 995		3 183
		34,6 ^a	1 931		3 068
		46,0 ^a	1 898		3 003
		29,9*	2 513	Non déclaré	3 828
Tong et coll., 2012 †‡	Poulets à chair mâles	39,9*	2 279		3 511
		14,5 ^a	1 172	1,33-2,34	2 435*
		19,5 ^a	1 139		2 259*
Meluzzi et coll., 2008 †‡	Poulets à chair mâles	24,2 ^a	1 100		2 150*
		30,2	2 792	1,61	4 739*
McLean et coll., 2002 †	Poulets à chair mâles et femelles	36,6	2 713	3,20	4 524*
		28,2	gain de 2 492 g	La densité n'a aucun effet	4 163
		33,5	gain de 2 467 g		4 086
		38,5	gain de 2 398 g		3 994

Référence	Sexe des poulets	Comparaison de l'espace alloué (kg/m ² au dépeuplement)	Poids corporel (g au dépeuplement à moins d'avis contraire)	Mortalité (%)	Prise d'aliments (g/poulet)
Ravindran et coll., 2006	Poulets à chair mâles	33,1-34,7 42,2-43,0 49,8-50,7	2 028-2 124 2 065-2 108 2 033-2 072	1,19-3,63	2 940-3 033 3 033-3 088 3 051-3 082
Hall, 2001¶	Poulets à chair des deux sexes	33,1, 33,2, 34,4, 34,2 38,1, 38,0, 39,2, 40,1	1 820-2 170 1 790-2 180	6,4 7,0	Non déclaré
Thomas et coll., 2004 †‡	Poulets à chair mâles	9,6 17,8 27,6 35,8	gain de 1 886 g gain de 1 740 g gain de 1 796 g gain de 1 747 g	0,9 1,3 4,3 3,8	3 230 3 016 3 085 4 057
Zuowei et coll., 2011 †‡	Poulets à chair mâles	26,0 42,0	2 599,8-2 679,6 2 746,8-2 847,6	3,3	4 674,6-4 767,0 4 712,4-4 775,4
	Poulets à chair femelles	26,0 42,0	2 163-2 179,8 2 268-2 326,8	1,1	4 019,4-4 179,0 3 990,0-4 086,6
Martrenchar et coll., 1999 †	Dindes de type à griller jusqu'à l'âge de 12 semaines	38,8, 40,3* 48,9, 51,6* 60,1, 62,7*	6 206, 6 450 6 018, 6 348 6 008, 6 271	2,0-5,6	Non déclaré
	Dindons de type à griller jusqu'à l'âge de 12 semaines	33,5, 36,2* 42,3, 46,1* 52,4, 56,6*	8 032, 8 678 7 826, 8 526 7 859, 8 487	2,0-5,6	Non déclaré
	Dindons de type à griller de l'âge de 12 à 16 semaines	33,7, 33,5* 41,5, 42,2* 49,7, 52,4*	13 488, 13 387 12 874, 13 073 12 414, 13 087	2,0-5,6	Non déclaré

* Représente une mesure convertie à partir du document original.

^a Indique des densités ajustées pour la mortalité.

† Indique que l'étude a révélé des différences importantes de poids corporel dues à la densité de peuplement.

‡ Indique que l'étude a révélé des différences importantes de la prise d'aliments dues à la densité de peuplement.

¶ Indique que l'étude a révélé des différences importantes de la mortalité dues à la densité de peuplement.

EFFET DE LA DENSITÉ DE PEUPEMENT SUR LA MORTALITÉ

La densité de peuplement peut influencer la mortalité. Le taux de mortalité global des poulets à chair élevés à une densité finale cible de 28 à 40 kg/m² n'était pas différent (McLean et coll., 2002). Il n'était pas différent entre les poulets à chair hébergés à des densités de peuplement de 46,0, 34,6, 28,6 et 22,9 kg/m² (Feddes et coll., 2002) ou entre les dindons hébergés à des densités calculées de 34-39, 42-52 ou 50-63 kg/m² (Martrenchar et coll., 1999). Par contre, Hall (2001) a signalé que les poulets à chair élevés à une densité finale cible de 40 kg/m² avaient un taux de mortalité quotidien supérieur à la fin de la période d'élevage que ceux élevés à une densité cible de 34 kg/m². Un plus grand nombre de poulets à chair était également détruit pour des problèmes aux pattes dans une densité de peuplement plus élevée à la fin de la période d'élevage (Hall, 2001).

EFFET D'UN PEUPEMENT DENSE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE LA CARCASSE

La densité de peuplement peut influencer certaines caractéristiques de la carcasse des volailles. À forte densité, les volailles peuvent se grimper les unes sur les autres, ce qui cause des égratignures et des ecchymoses, mais cet effet était mineur sur le classement, la contamination et la condamnation de la carcasse (Feddes et coll., 2002). Les ecchymoses sur les ailes et les pattes étaient plus nombreuses sur les volailles peuplées à une densité finale cible de 40 kg/m² comparée à 34 kg/m² (Hall, 2001). Les ampoules au bréchet et les brûlures au jarret étaient également plus nombreuses à des densités plus fortes, peut-être à cause de l'activité réduite et de la litière humide. Par contre, McLean et coll. (2002) n'ont trouvé aucun effet sur la note du jarret et l'ensemble des notes était globalement faible. La densité de peuplement n'avait aucun effet sur le poids et la qualité de la carcasse (p. ex., rendement de la poitrine, rendement du gras abdominal, la force de cisaillement et le taux de perte d'eau) (Ravindran et coll., 2006; Tong et coll., 2012). Chez les dindons, la densité n'était pas liée aux ampoules dans une expérience, mais l'était dans une autre, avec plus de dindons élevés à 33,5-36,2 kg/m² n'ayant pas de lésions que ceux élevés à 49,7-56,6 kg/m² (Martrenchar et coll., 1999). Les égratignures et les croûtes sur les pattes et les hanches des dindons étaient plus nombreuses à la densité la plus forte (Martrenchar et coll., 1999).

EFFET DE LA DENSITÉ DE PEUPEMENT SUR LA SANTÉ DES PIEDS ET DES PATTES

Les lésions au coussinet plantaire et au jarret étaient plus fréquentes chez les poulets à chair en groupes peuplés à 40 kg/m² que chez celles des groupes à moins de 30 kg/m² (Ventura et coll., 2010; Zuowei et coll., 2011). La note de démarche (0 étant une démarche normale et 2, une grave réduction de la capacité de marcher) était également supérieure chez les poulets à chair élevés dans des cases à 42 kg/m² comparées aux cases à 26 kg/m² (Zuowei et coll., 2011). Dans une large étude commerciale, on a trouvé une augmentation linéaire du pourcentage de volailles ayant une note de démarche de 0 (capacité de marcher normale) avec la réduction de la densité de peuplement (Tableau 2) (Dawkins et coll., 2004). Chez les dindes, les notes de démarche sont liées à des densités de peuplement plus fortes, en particulier chez les femelles (Martrenchar et coll., 1999).

Tableau 2 : Notes de démarche, taux de bousculade et de croissance à chaque densité de peuplement (adapté de Dawkins et coll., 2004).

	30 volailles/m ²	34 volailles/m ²	38 volailles/m ²	42 volailles/m ²	46 volailles/m ²
Pourcentage de volailles ayant une note de démarche de 0	80,8	74,2	76,1	68,0	61,1
Bousculades par minute	0,316	0,431	0,455	0,566	0,618
Taux de croissance (g/jour)	50,3	49,9	49,7	48,8	47,7

EFFET DE LA DENSITÉ DE PEUPEMENT SUR L'ENVIRONNEMENT (HUMIDITÉ, QUALITÉ DE LA LITIÈRE ET QUALITÉ DE L'AIR)

Dans une étude étendue sur 10 entreprises de poulets de chair commerciales de Grande-Bretagne et du Danemark, Dawkins et coll. (2004) ont découvert que la densité de peuplement est moins importante pour le bien-être des poulets que le contrôle de leur environnement. Cette étude touchait 2,7 millions de poulets dans 114 poulaillers à une densité de peuplement allant de 30 à 46 kg/m². Les différences d'effet de la densité de peuplement sur les mesures du bien-être des volailles étaient considérablement inférieures aux différences entre entreprises. Bien que la densité de peuplement extrêmement forte joue sur le bien-être des poulets, dans certaines limites, elle semble moins importante que d'autres facteurs comme l'environnement, la nutrition et la génétique (Dawkins et coll., 2004).

Les facteurs de gestion, qui varient d'une entreprise à l'autre et qui semblent influencer profondément la capacité des poulets de maîtriser les fortes densités de peuplement, étaient surtout ceux qui touchent l'humidité de la litière et l'ammoniac dans l'air (Dawkins et coll., 2004). Les taux élevés d'humidité de la litière et d'ammoniac étaient liés à davantage de coussinets sales et de pattes en valgus et à moins de volailles sans défaut externe au jarret. La variation des corticostéroïdes fécaux s'explique en grande partie par la température, l'humidité, la saison et le type de ventilation. Comme les concentrations de corticostéroïdes sont directement associées à la mortalité et que la mortalité est également directement associée à l'humidité et à la température pendant les semaines 3 à 5, les auteurs suggèrent que le stress que vivent les volailles et le risque qu'elles meurent dépendent du contrôle de l'environnement. Dans une publication complémentaire de la même étude, Jones et coll. (2005) signalent qu'une partie importante de la variation de la santé et du bien-être des poulets à chair s'explique par le temps que les gérants passent à maintenir la température et l'humidité relative aux niveaux recommandés. Les facteurs primordiaux relatifs à la ventilation et au contrôle de l'air, qui varient aussi considérablement d'une entreprise à l'autre, comprennent la position des éléments de chauffage, le nombre d'abreuvoirs par millier de volailles, la saison et le type de ventilation.

Même si l'étude de Dawkins et coll. (2004) indique que l'environnement dans lequel les volailles vivent est plus important pour leur bien-être que la densité de peuplement, cette densité peut influencer l'environnement (de Jong et coll., 2012). À mesure que la densité de peuplement augmente, la circulation d'air au niveau des volailles baisse souvent, ce qui ralentit la dissipation de la chaleur corporelle par l'air. De même, davantage de volailles signifie davantage d'humidité dans l'air provenant de l'évaporation respiratoire et de la quantité de selles. Une densité de peuplement plus forte provoque plus de halètement profond pendant les semaines cinq et six (on ne l'observe pas pendant les semaines un à quatre), et on observe moins ce halètement profond chez les poulets à chair logés à 28,2 kg/m² plutôt qu'à 33,5 ou 38,5 kg/m² (McLean et coll., 2002).

Le fait de placer plus de volailles dans une surface donnée augmente l'humidité relative; Jones et coll. (2005) ont signalé que l'humidité à 6 semaines était considérablement inférieure dans les poulaillers peuplés à 30 kg/m² que dans les poulaillers peuplés à 34 à 46 kg/m². La densité de peuplement a un important effet sur l'état de la litière dans les cases des poulets à chair. La note de litière et l'humidité de la litière étaient considérablement plus élevées dans les cases peuplées à une densité finale cible de 40 kg/m² comparées à celles peuplées à 28 kg/m² (McLean et coll., 2002).

EFFET SUR LE COMPORTEMENT ET PRÉFÉRENCES DE L'ESPACE NATUREL

La distribution spatiale chez les volailles d'une case varie avec la densité de peuplement. À une faible densité de peuplement, les poulets à chair tentent d'atteindre une faible densité de traitement et à une forte densité, ils tentent de minimiser les perturbations des autres poulets (Arnould et Faure, 2003; Buijs et coll., 2010), le changement de comportement s'amorçant à 33 kg/m². On a observé que les poulets à chair sont distribués inégalement sur le plancher même quand ils sont élevés à une faible densité avec de l'espace disponible (Arnould et Faure, 2003). Lorsque l'espace disponible ne limite pas leurs choix, les poulets à chair préfèrent se coucher près des mangeoires et des abreuvoirs. La distribution des poulets dans l'espace disponible semble plus liée à l'emplacement de la nourriture et de l'eau à une faible densité, mais à une forte densité, les poulets restent surtout dans les aires sans mangeoires et abreuvoirs (Arnould et Faure, 2003). La différence de densité est encore plus prononcée à mesure que les poulets vieillissent, et les poulets élevés à une densité de 33 à 56 kg/m² manifestaient une préférence plus marquée pour la partie périphérique de la case que ceux élevés de 6 à 23 kg/m² (Buijs et coll., 2010). Cela peut s'expliquer par le fait que les poulets cherchent un abri et à se dissimuler (Cornetto et coll. 2002), mais on pense également qu'il est plus probable qu'ils recherchent ces aires moins bousculées dans les groupes à forte densité (Arnould et Faure, 2003). Par contre, Febrer et coll. (2006) signalent que les poulets ne tentent pas de se fuir les uns des autres à une densité de peuplement de 30 à 46 kg/m², et semblent se rassembler pour le repos ou pour manifester des comportements de confort. Au moyen de modèles informatiques générés à partir des données sur la surface utilisée pour différentes activités et la synchronisation des modèles de comportement, Bokkers et coll. (2011) ont déterminé qu'il ne faut pas dépasser une densité de peuplement de 39,4 kg/m² pour permettre la libre expression des comportements des poulets à chair. Des études à petite échelle ont apporté des éléments de preuve que le recours à des panneaux verticaux (Cornetto et Estevez, 2001) et à des barrières à perchoir (Ventura et coll., 2012) réduit les perturbations parmi les volailles et favorisent une utilisation plus égale de l'espace des poulaillers, mais ils n'ont pas été testés dans les exploitations commerciales.

La densité de peuplement n'influence pas le pourcentage de temps passé couché, mais la fréquence de ce comportement était supérieure à une densité finale cible de 40 kg/m² qu'à 34 kg/m² (Hall, 2001). Les perturbations mettent fin aux périodes de couchage des dindons plus souvent à une forte densité de 52 à 62 kg/m² qu'à une densité plus faible de 34 à 39 kg/m² (Martrenchar et coll., 1999). Les perturbations sont également plus fréquentes vers la fin de l'étape de l'élevage alors qu'on atteint la densité de peuplement cible (Buijs et coll., 2011; Hall, 2001; Martrenchar et coll., 1999). Les bousculades sont également plus nombreuses avec l'augmentation de la densité de peuplement de 30 kg/m² à 42 et 46 kg/m² (Febrer et coll., 2006). Cela n'est pas étonnant puisque le nombre accru de volailles par unité d'espace peut mener à ce qu'elles se grimpent dessus ou se rentrent dedans lorsqu'elles se déplacent dans la case.

On n'a observé aucun effet de la densité de peuplement sur les autres comportements comme l'alimentation ou l'abreuvement chez les poulets à chair à des densités de 34 à 40 kg/m² (Hall, 2001) ou de 28 à 40 kg/m² (McLean et coll., 2002) ou chez les dindons à une densité de 34 à 63 kg/m² (Martrenchar et coll., 1999). Le pourcentage de temps passé à marcher ou debout et de changements de position ne varie pas de 34 à 63 kg/m² chez les dindons à griller (Martrenchar et coll., 1999).

Les dindons introduits dans une case petite ou grande contenant 5 dindons étaient la cible de comportements agressifs (coups de bec, menaces), mais les coups de bec et les menaces étaient plus nombreuses dans la petite case (Buchwalder et Huber-Eicher, 2004). Si le dindon pouvait faire retraite de 150 cm, il recevait beaucoup moins de coups de bec au cou et à la tête. Pour que les dindons puissent faire retraite sur cette distance, ils ont besoin d'un peuplement inférieur à 1 dindon/m² (Buchwalder et Huber-Eicher, 2004). Cette étude était axée sur des cases de différentes tailles comparées aux densités de peuplement en soi, et il est possible que ces résultats soient différents dans des groupes plus nombreux. En outre, dans des conditions commerciales, on introduit rarement de nouvelles volailles dans un troupeau établi.

RÉFÉRENCES

- Arnould, C. et Faure, J. (2003) Use of pen space and activity of broiler chickens reared at two different densities. *Applied Animal Behaviour Science* 84:281-296.
- Bokkers, E.A.M., de Boer, I.J.M., et Koene, P. (2011) Space needs of broilers. *Animal Welfare*, 20:623-632.
- Buchwalder, T. et Huber-Eicher, B. (2004) Effect of increased floor space on aggressive behaviour in male turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Applied Animal Behaviour Science* 89:207-214.
- Buijs, S., Keeling, L., Vangestel, C., Baert, J. et Tuytens, F. (2011) Neighbourhood analysis as an indicator of spatial requirements of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 129:111-120.
- Buijs, S., Keeling, L., Vangestel, C., Baert, J., Vangeyte, J. et Tuytens, F. (2010) Resting or hiding? Why broiler chickens stay near walls and how density affects this. *Applied Animal Behaviour Science* 124:97-103.
- Cornetto, T.L., Estevez, I. (2001) Influence of vertical panels on use of space by domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 71:141-153
- Cornetto, T.L., Estevez, I., Douglass, L. (2002) Using artificial cover to reduce aggression and disturbances among domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 73:325-336.
- Dawkins, M., Donnelly, C. et Jones, T. (2004) Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427:342-344.
- de Jong, I., Berg, C., Butterworth, A. et Estevez, I. (2012) Scientific report updating EFSA opinions on the welfare of broilers and broiler breeders. European Food Safety Authority. Available at www.efsa.europa.eu/publications.
- Estevez, I. (2007) Density allowances for broilers: Where to set the limits? *Poultry Science* 86:1265-1272.
- Febrer, K., Jones, T., Donnelly, C. et Stamp Dawkins, M. (2006) Forced to crowd or choosing to cluster? Spatial distribution indicates social attraction in broiler chickens. *Animal Behaviour* 72:1291-1300.
- Feddes, J., Emmanuel, E. et Zuidhof, M. (2002) Broiler performance, bodyweight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science* 81:774-779.
- Hall, A. (2001) The effect of stocking density on the welfare and behaviour of broiler chickens reared commercially. *Animal Welfare* 10:23-40.
- Jones, T.A., Donnelly, C.A. et Stamp Dawkins, M. (2005) Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities. *Poultry Science* 84:1155-1165.
- Martrenchar, A., Huonnic, D., Cotte, J., Boilletot, E. et Morisse, J. (1999) Influence of stocking density on behavioural, health and productivity traits of turkeys in large flocks. *British Poultry Science* 40:323-331.
- McLean, J., Savory, C. et Sparks, N. (2002) Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour. *Animal Welfare* 11:55-73.
- Meluzzi, A., Fabbri, C., Folegatti, E. et Sirri, F. (2008) Effect of less intensive rearing conditions on litter characteristics, growth performance, carcass injuries and meat quality of broilers. *British Poultry Science* 49:509-515.
- Onbaşilar, E., Poyraz, Ö. et Çetin, S. (2008) Effects of breeder age and stocking density on performance, carcass characteristics and some stress parameters of broilers. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 21:262-269.
- Puron, D., Santamaria, R., Segura, J. et Alamilla, J. (1995) Broiler performance at different stocking densities. *Journal of Applied Poultry Research* 4:55-60.

- Ravindran, V., Thomas, D., Thomas, D. et Morel, P. (2006) Performance and welfare of broilers as affected by stocking density and zinc bacitracin supplementation. *Animal Science Journal* 77:110-116.
- Thomas, D.G., Ravidran, V., Thomas, D.V., Camden, B.J., Cottam, Y.H., Morel, P.C.H et Cook, C.J. (2004) Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics and selected welfare indicators of broiler chickens. *New Zealand Veterinary Journal* 52:76-81.
- Tong, H., Lu, J., Zou, J., Wang, Q. et Shi, S. (2012) Effects of stocking density on growth performance, carcass yield, and immune status of a local chicken breed. *Poultry Science* 91:667-673.
- Ventura, B., Siewerdt, F. et Estevez, I. (2010) Effects of barrier perches and density on broiler leg health, fear and performance. *Poultry Science* 89:1574-1583.
- Ventura, B., Siewerdt, F. et Estevez, I. (2012) Access to barrier perches improves behavior repertoire in broilers. *PLoS ONE* 7:e29826.
- Zuowei, S., Yan, L., Yuan, L., Jiao, H., Song, Z., Guo, Y. et Lin, H. (2011) Stocking density affects the growth performance of broilers in a sex-dependent fashion. *Poultry Science* 90:1406-1415.

6. BOITERIE

CONCLUSIONS

- 1. Les changements de démarche chez les poulets à chair et les dindons après l'administration d'analgésiques et de médicaments anti-inflammatoires suggèrent que la boiterie clinique cause de la douleur. Les changements de démarche sont manifestes, mais on ne sait pas s'ils sont dus à la douleur, aux changements de conformation ou aux deux.**
- 2. Les volailles ayant une moins bonne capacité de marcher s'allongent davantage et passent moins de temps aux activités qui exigent qu'elles se tiennent debout que les volailles ayant une meilleure capacité de marcher.**
- 3. Dans la plupart des cas, la boiterie est un problème à multiples facteurs et sa cause peut être propre au site et au contexte. Malgré ces influences, les volailles plus vieilles et plus lourdes ont généralement plus de difficulté à marcher que les volailles plus jeunes et plus légères. On a déterminé un seuil de 1,25 kg à 54 jours pour les poulets à chair, seuil à partir duquel ils boitent davantage à mesure qu'ils grossissent.**
- 4. La sélection génétique causant un taux de croissance plus rapide et un pourcentage accru de viande de poitrine a modifié la répartition du poids et augmenté la charge pondérale sur une ossature immature. Ces changements ont provoqué des troubles de la démarche et des pathologies des pattes.**

INTRODUCTION

La boiterie se caractérise par une démarche et une posture anormales ainsi que par une capacité de marcher réduite. La boiterie chez les volailles à chair est complexe et comporte de multiples facteurs. Les effets combinés du poids, de l'intégrité squelettique, de la nutrition, du programme d'éclairage et de la maladie influencent les cas de boiterie chez les volailles à chair. « Boiterie » et « faiblesse des pattes » servent à décrire plusieurs troubles qui peuvent toucher le squelette, les muscles, les tendons, la peau ou le système nerveux et causer des blessures ou des défauts de la façon de marcher.

Les mesures d'évaluation du bien-être des volailles à chair pour ce qui est de la boiterie comprennent la fonction biologique des animaux (santé et productivité), leur état émotionnel (expériences subjectives) et le naturel (capacité de manifester les comportements importants). La recherche à ce jour est largement axée sur la pathologie et les causes de la boiterie.

1. Pour ce qui est du fonctionnement biologique, des études se sont penchées sur certains paramètres de production, surtout axés sur la croissance et la morbidité. La boiterie a un effet économiquement important dans la production des volailles à cause de la réforme ou de la mort et des pertes de production.
2. Pour ce qui est des états émotionnels, on évalue souvent la capacité de marcher. On pense qu'une boiterie modérée à grave est douloureuse comme le suggère les améliorations de démarche à la suite du recours à des analgésiques.
3. La sélection génétique intensive des volailles à chair modernes pour la croissance rapide et la conformation de la carcasse est un des facteurs de la boiterie.

La boiterie grave touche le bien-être des volailles à chair à cause de la douleur aux pattes et de la capacité de marcher réduite (Bradshaw et coll., 2002). La boiterie chez les volailles peut avoir des causes infectieuses, moins courantes, mais qui rendent les volailles extrêmement boiteuses, et des causes non infectieuses, notamment des troubles du développement, dégénératifs et métaboliques; ces dernières sont plus courantes et causent une immobilité moindre que les causes infectieuses (Butterworth et coll., 2003; Gentle, 2011).

La documentation examinée dans la présente section est axée sur les rapports récents puisque la génétique des volailles et les conditions dans lesquelles elles sont élevées changent fréquemment, ce qui modifie certains problèmes et causes de la boiterie (Bradshaw et coll., 2002).

NOTES DE DÉMARCHE

Kestin et coll. (1992) ont été les premiers à utiliser les notes de démarche. En général, la volaille est placée dans une case ou un corridor de test; un observateur s'approche alors d'elle par derrière, jusqu'à ce qu'elle commence à bouger, et note le mouvement selon les critères décrits plus bas. Ces notes sont largement utilisées pour évaluer les problèmes aux pattes, et la note des mâles est supérieure. Garner et coll. (2002) ont légèrement modifié ces notes pour en améliorer l'objectivité. Les volailles ayant une note de 4 ou 5 servent rarement en recherche pour des raisons d'éthique et sont habituellement réformées à la ferme (Bradshaw et coll., 2002).

Tableau 3 : Notes de démarche modifiées tirées de Garner et coll. (2002).

Note de démarche	Traits identifiables
0	Aucune réduction, locomotion souple.
1	Anomalie détectable, mais non identifiable, instable pendant la marche, mais fuit facilement l'observateur.
2	Anomalie identifiable, mais le défaut a peu d'effet sur le fonctionnement biologique de la volaille. La volaille fait souvent des pas courts, rapides et instables d'une patte.
3	Anomalie identifiable qui handicape la fonction de la volaille. La volaille s'éloigne de l'observateur lorsqu'il l'approche ou la touche, mais ne court pas.
4	Fonction gravement réduite, mais peut toujours marcher.
5	Boiterie totale, la volaille ne peut pas marcher.

BOITERIE ET DOULEUR

Les volailles cliniquement boiteuses semblent ressentir de la douleur quand elles marchent. Le traitement des volailles ayant des anomalies de la démarche avec un anti-inflammatoire non stéroïdien (AINS) augmente la vitesse et la capacité de marcher de la volaille et fait baisser la note de démarche (McGeown et coll., 1999; Nääs, et coll., 2009). De même, les dindons de type à griller traités aux analgésiques (butorphanol) à l'âge de 7 semaines passent sensiblement plus de temps à prendre du poids sur leurs pattes que les volailles de contrôle (Butchwalder et Huber-Eicher, 2005). Les dindons adultes traités à la betaméthasone, un stéroïde qui réduit la douleur en agissant sur les processus inflammatoires, passent plus de temps debout et à marcher que les dindons de contrôle (Duncan et coll., 2001). Ainsi, le fait de fournir un analgésique et des anti-inflammatoires améliore la capacité de se déplacer de la volaille. Les poulets à chair boiteux choisissaient également la moulée contenant du carprofène (un AINS) davantage que les volailles saines et la quantité de carprofène ingérée augmente avec la boiterie (Danbury et coll., 2000), ce qui suggère une perception consciente de la douleur. Les notes de démarche diminuent avec l'ajout d'un AINS à la ration (Danbury et coll., 2000). Par contre, Siegel et coll. (2011) ont signalé que les poulets à chair ayant une note de démarche de 2, 3 ou 4 ne choisissent pas la moulée avec carprofène.

Les poulets à chair ayant une note de démarche de 3 se reposent plus et se tiennent moins debout que ceux ayant une note de 2 (Skinner-Noble et Teeter, 2009). Les poulets à chair se couchent davantage à mesure que leur capacité de marcher se détériore, et les volailles boiteuses se couchent souvent avec une patte étendue presque à angle droit par rapport à leur corps (Weeks et coll., 2000). Les poulets et dindons à chair qui souffrent de boiterie passent également moins de temps à faire des activités qui exigent de se tenir debout (Duncan et coll., 2001; Skinner-Noble et Teeter, 2009), un comportement qui correspond à la douleur chronique ressentie en station debout (Nääs et coll., 2009). La marche diminue également chez les poulets à chair boiteux et à mesure que les

volailles vieillissent (Weeks et coll., 2000). Les poulets à chair boiteux se nourrissent couchés presque la moitié du temps, ce qui augmente avec l'âge, tandis que le temps passé debout à manger diminue (Weeks et coll., 2000).

Bien que les comportements manifestés par les volailles indiquent de la douleur, les différences de démarche peuvent être causées par les changements morphologiques associés au centre de gravité modifié par la grosse poitrine et les pattes courtes par rapport au poids corporel. Les changements de conformation peuvent entraîner des modifications de la locomotion qui ne sont pas douloureuses (Corr et coll., 2003 b; Gentle, 2011). Réalité que corrobore également Seigel et coll. (2011) chez les poulets à chair qui avaient une note de démarche faible, mais qui ne choisissaient pas la moulée traitée à l'AINS. On a observé que les volailles ayant une note de démarche de 2 et 3 avaient un ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes semblable, ce qui suggère qu'il n'y avait aucune différence de stress physiologique entre les deux groupes (Skinner-Noble et Teeter, 2009). Les différences pathologiques étaient également absentes du nerf sciatique et des muscles avoisinants entre les deux notes de démarche (Skinner-Noble et Teeter, 2009). Une compréhension plus approfondie des conditions qui influencent la capacité de marcher est essentielle pour permettre l'évaluation de la douleur qu'elles causent (Gentle, 2011).

TYPES COURANTS DE DIFFORMITÉ DES PATTES

Les difformités de pattes ont des pathologies et des causes uniques qui se chevauchent. Les difformités en valgus, un type courant de boiterie chez les poulets à chair, peuvent apparaître dès l'âge de 10 à 14 jours (Randall et Mills, 1981). Cette difformité est causée par une flexion latérale sans torsion de l'extrémité tibio-tarsienne distale et du tarso-métatarsien proximal (Randall et Mills, 1981). À mesure qu'augmente l'angulation des deux os (genou cagneux), le tendon se déplace éventuellement et s'appuie sur l'aspect postéro-latéral de l'articulation intertarsienne. Certaines volailles récupéreront et s'amélioreront avant que le tendon glisse, mais une fois le tendon déplacé, les volailles passent la plus grande partie de leur temps accroupie et la mort ou la réforme s'ensuit normalement (Randall et Mills, 1981). Des ecchymoses et l'infection subséquente de l'aspect postérieur de l'articulation intertarsienne accompagnent aussi souvent le déplacement du tendon (Randall et Mills, 1981). La difformité en varus est causée par la déviation interne de la patte et entraîne l'apparence des pattes arquées si les deux pattes sont touchées (Randall et Mills, 1981).

La dissection des dindons adultes a révélé une angulation légère ou modérée en valgus des articulations intertarsiennes chez toutes les volailles (Duncan et coll., 2001). La perte destructrice de cartilage, la dégénérescence antitrochantérienne en particulier, était également courante chez les dindons et était la plus grave dans les articulations de la hanche (Duncan et coll., 2001). La rupture partielle ou totale des ligaments intra-articulaires du genou et des articulations intertarsiennes se produit également chez les dindons (Duncan et coll., 2001).

La dyschondroplasie tibiale (DT) est une maladie du squelette qui provient du découplage de la prolifération des chondrocytes du cartilage de conjugaison pendant l'allongement de l'os et l'ossification de l'os enchondral (Cook, 2000). Cela cause une masse de cartilage non calcifié dans l'extrémité proximale de l'os tibiotarsien (et autres os longs). Toute déficience de plusieurs vitamines solubles dans l'eau ou de manganèse ou de zinc peut causer une chondrodysplasie. Le rachitisme et la nécrose de la tête fémorale peuvent également se produire lorsque diminue la minéralisation de l'os (Cook, 2000). On sait que le rachitisme précède plusieurs états pathologiques, dont la DT, l'ostéomyélite, la nécrose de la tête fémorale et l'ascite chez les poulets à chair (Dinev, 2012).

CAUSES DE LA BOITERIE

La boiterie chez les poulets à chair, les reproducteurs de poulet à chair et les dindons est habituellement un problème aux causes multiples, et est souvent propre au site et au contexte (Bradshaw et coll., 2002). La toxicité, les déficiences et les déséquilibres des éléments nutritifs, la génétique, les agents pathogènes, les mycotoxines et les pratiques de gestion influencent tous la croissance et le développement du squelette (Cook, 2000). Le régime d'alimentation, l'âge et le génotype influencent tous la note de démarche des reproducteurs de poulet à chair, mais une grande partie des variations étaient dues au poids des volailles (Kestin et coll., 2001) ou à l'âge auquel elles ont été évaluées (Knowles et coll., 2008). En général, les poulets à chair plus vieux (plus de 35 jours) et plus lourds ont plus de difficulté à marcher et obtiennent une note de démarche plus élevée (Nääs et coll., 2009). Kestin et coll. (2001) ont révélé qu'il existe un seuil à environ 1,25 kg à l'âge de 54 jours auquel les volailles boitent davantage à mesure qu'elles grossissent, un phénomène constant d'un génotype à l'autre. La faiblesse des pattes est généralement mineure à l'âge de 4 semaines, mais la note de démarche se détériore d'environ 0,45 point par semaine (Sørensen et coll., 2000). Les poulets à chair plus vieux (28, 35 et 49 jours) avaient des forces verticales de pointe très différentes dans chaque patte lorsqu'on les mesure au moyen d'un système de plateforme de mesure de force, ce qui prédispose peut-être les volailles à la boiterie (Nääs et coll., 2009).

Même si une diète à énergie et à densité de protéine plus faibles améliorerait la quantité et la qualité des os par rapport aux poulets à chair du même âge nourris selon une diète à énergie et à densité de protéine plus fortes, ces améliorations disparaissaient lorsqu'on comparait des volailles d'un même poids corporel (Leterrier et coll., 1998). Les poulets à chair nourris selon une diète de faible densité avaient une incidence plus basse de difformités des os à l'âge de 42 jours, mais pesaient également moins (Leterrier et coll., 1998).

D'autres facteurs comme la saison (au R.-U. : septembre est le pire, mars le meilleur), l'ajout de blé entier à la ration, un plus grand nombre d'heures d'obscurité, la densité de peuplement, le recours aux antibiotiques et la présence de granules poussiéreuses ou broyées ont également été associés à une moins grande prévalence de troubles des pattes (Knowles et coll., 2008).

Causes infectieuses : Les maladies infectieuses peuvent causer des problèmes du squelette chez les poulets à chair, les reproducteurs de poulet à chair et les dindons. Les agents concernés comprennent le réovirus, *Mycoplasma synoviae*, les rétrovirus et le *Staphylococcus aureus*, et touchent en général les tissus mous et l'interligne articulaire et non le squelette (Cook, 2000). Le *Staphylococcus aureus* est une des principales causes infectieuses de la nécrose cartilagineuse (nécrose de la tête fémorale ou nécrose du tibia) qui a été isolée dans les os des pattes des poulets à chair boiteux (Butterworth et coll., 2001). Récemment dans les troupeaux canadiens, on a également trouvé que l'*Enterococcus cecorum* cause l'arthrite et l'ostéomyélite qui mènent à la boiterie d'un grand nombre de poulets à chair et de reproducteurs de poulet à chair (Stalker et coll., 2010).

Causes physiques : Dans certains cas, la boiterie est due à des dommages physiques à la patte des volailles. On pense que l'introduction de nouveaux mâles agressifs dans un troupeau établi de reproducteurs de poulet à chair entraîne la rupture des tendons gastrocnémiens (Crespo et Shivaprasad, 2011). Les états chroniques qui mènent à des dommages au tendon peuvent le prédisposer à la rupture lorsqu'il est soumis au stress supplémentaire des sauts sur le sol ou par-dessus la mangeoire et l'abreuvoir.

Régimes alimentaires : Les restrictions alimentaires peuvent aider à réduire certains troubles du squelette, et si le taux de croissance est considérablement réduit, la maladie du squelette peut être considérablement réduite. On associe les restrictions alimentaires précoces plus importantes pendant une période prolongée à une meilleure capacité de marcher et une moins grande prévalence de DT chez les poulets à chair (Su et coll., 1999). Bien que plusieurs effets semblent liés au poids corporel des poulets, les restrictions alimentaires précoces réduisent la prévalence de DT, alors que le fait de les commencer plus tard est lié à une meilleure capacité de marcher (Su et coll., 1999).

L'alimentation séquentielle (utiliser des rations différentes pendant une période de 1 ou 2 jours) des reproducteurs de poulet à chair améliore la note de démarche moyenne par rapport aux poulets de contrôle, mais l'incidence des anomalies graves n'est pas différente (Leterrier et coll., 2008). L'alimentation séquentielle agit en réduisant la croissance précoce qu'on juge un facteur des anomalies aux pattes (Leterrier et coll., 2008). Un poids corporel inférieur provoque moins de stress aux articulations des pattes et augmente l'activité motrice. Le recours aux diètes séquentielles des jours 8 à 28 a provoqué la réduction de la croissance précoce sans que le poids corporel à l'abattage diffère de celui des poulets de contrôle (Leterrier et coll., 2008).

On a exploré l'alimentation ponctuelle comme méthode possible pour réduire la faiblesse des pattes. On associe un plus petit nombre de repas par jour à l'amélioration de la capacité de marcher et à un moins grand nombre de brûlures du jarret chez les poulets à chair (Su et coll., 1999). La DT était supérieure chez les poulets nourris à volonté par rapport à ceux auxquels on servait aussi des repas (Su et coll., 1999). Bien qu'un plus petit nombre de repas ait été associé à un poids corporel inférieur, les effets sur la boiterie étaient toujours apparents lorsque ce facteur était contrôlé et les poulets auxquels on servait moins de repas avaient une meilleure conversion alimentaire (Su et coll., 1999).

On a également considéré les perchoirs pour atténuer la faiblesse des pattes et la DT, mais les résultats ne sont pas constants, certains auteurs trouvant une amélioration des lésions de DT (Tablante et coll., 2003) et des lésions au coussinet plantaire (Ventura et coll., 2010), alors que d'autres n'ont constaté aucun effet (Mench et coll., 2001; Su et coll., 2000). Il faut examiner plus à fond l'effet des perchoirs.

Des concentrations élevées d'azote alimentaire se sont avérées une cause potentielle de dermatite du coussinet plantaire chez les dindons, mais une recherche récente a suggéré que la principale cause de cette maladie est la litière humide, de sorte qu'une haute teneur en protéines alimentaires n'est pertinente que dans la mesure où elle augmente la prise d'eau et, ainsi, l'eau libérée et l'humidité de la litière (Youssef et coll., 2011a). Des niveaux élevés de tourteau de soya, de potassium et d'oligosaccharides ont un effet sur la gravité de la dermatite du coussinet plantaire, mais on ne le constate que sur une litière humide (Youssef et coll., 2011b).

Causes environnementales : L'environnement dans lequel les volailles vivent, la température et l'humidité en particulier, a sans le moindre doute une influence sur leur bien-être, notamment sur la santé de leurs pattes et de leurs pieds. Ce sujet fait l'objet d'une discussion plus approfondie dans la section *Qualité de l'air et de la litière*.

L'environnement dans lequel les volailles sont incubées et élevées influence également la santé de leurs pattes. Les poulets à chair incubés dans un appareil multiétapes (les embryons à six âges différents) avaient un pourcentage plus élevé d'orteils croches et de notes de démarche de 1 ou 2, tandis que ceux incubés dans un appareil à une seule étape avaient un plus fort pourcentage de notes de démarche de 0 (Oviedo-Rondón et coll., 2009). Les incubateurs multiétapes fournissent sans doute un environnement suboptimal pendant les dernières étapes de l'incubation en particulier alors que les températures élevées et l'hypoxie peuvent influencer le développement osseux. L'incidence des orteils croches suggère que le profil d'incubation touche davantage les mâles que les femelles (Oviedo-Rondón et coll., 2009).

Plusieurs autres facteurs peuvent influencer la boiterie ou la faiblesse des pattes des volailles à chair. Certains de ces facteurs, notamment la qualité de la litière, l'éclairage et la densité de peuplement, sont traités dans les sections respectives du présent rapport.

SÉLECTION GÉNÉTIQUE

Les volailles à chair ont été lourdement sélectionnées pour leur croissance rapide et un taux élevé de viande de poitrine. Les poulets à chair modernes nourris à volonté grossissent presque deux fois plus vite que leurs prédécesseurs avec un pourcentage de poids corporel supérieur dû aux muscles pectoraux (poitrine) (Corr et coll., 2003a). Cette croissance rapide à un poids corporel maximal des volailles impose une forte charge aux os encore immatures, ainsi qu'une répartition modifiée de la masse corporelle qui change les forces agissant sur les os (Corr

et coll., 2003a). On suggère que ces changements morphologiques modifient la démarche pour améliorer la stabilité pendant la marche (Corr et coll., 2003b). Cette démarche modifiée semble inefficace et fatigue vite les volailles, ce qui peut correspondre au faible niveau d'activité qu'on constate chez les poulets à chair modernes, qui les rend moins aptes à atteindre les mangeoires et les abreuvoirs (Corr et coll., 2003b).

Kestin et coll. (2001) ont révélé que le taux de croissance et le poids vif des volailles sont une cause majeure de la boiterie chez les reproducteurs de type à chair. La sélection pour une croissance rapide et un poids vif élevé ont placé des charges d'un poids anormalement élevé sur les os et les articulations relativement immatures des volailles. Les poulets à chair à croissance rapide avaient une incidence sensiblement supérieure de DT et de difformités en valgus que leur contrepartie à croissance lente (Shim et coll., 2012). Les volailles ayant une note de démarche de 3 étaient plus lourdes et avaient une poitrine de conformation plus recherchée que celles ayant une note de démarche de 2, ce qui peut indiquer que les premières sont déséquilibrées ou ont un poids concentré à l'avant (Skinner-Noble et Teeter, 2009). Les volailles ayant une note de démarche de 3 avaient un angle de poitrine supérieur à celles ayant une note de démarche de 2 tandis que le pourcentage de rendement de la poitrine était semblable (Skinner-Noble et Teeter, 2009). Par conséquent, le ratio masse:longueur semble lié aux différences des notes de démarche.

La comparaison de la *Gallus karabachensis* (Giant Junglefowl) et des poulets à chair commerciaux a révélé que la première a une capacité de génération de force supérieure et des muscles plus longs qui se contractent plus rapidement, et ces deux facteurs indiquent une fonction locomotrice améliorée, mais pas nécessairement les articulations ayant une capacité de mouvement supérieure (Paxton et coll., 2010). Les poulets à chair commerciaux avaient une masse de muscles adducteurs et une masse de muscles rotateurs médiaux supérieures à celles de la *Gallus karabachensis*, qui sont toutes deux liées au support de la hanche, même si cela varie selon les lignées commerciales (Paxton et coll., 2010).

Kestin et coll. (1999) ont examiné les différences de prévalence et de pathologie de la faiblesse des pattes entre les grandes lignées commerciales de poulets à chair. Bien qu'il y ait eu des différences entre les lignées commerciales de la prévalence de la faiblesse des pattes, des notes de démarche, de DT, d'os et de pattes déformées et de brûlures du jarret, cette recherche a été effectuée il y a plus de 10 ans et ces différences peuvent avoir changé ou disparues, ou les deux.

Les éléments de preuve indiquent qu'il y a des différences au niveau du génome entre les poulets à chair sains et les poulets à chair devenus boiteux ou susceptibles de le devenir (Butterworth et coll., 2003). Les grandes entreprises de sélection ont cerné certaines causes de la boiterie et utilisé la sélection génétique pour en contrôler l'incidence. Les pathologies de la boiterie ont donc changé pendant les dernières années.

RÉFÉRENCES

- Bradshaw, R., Kirkden, R. et Broom, D. (2002) A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broiler in relation to welfare. *Avian and Poultry Biology Review* 13:45-103.
- Buchwalder, T. et Huber-Eicher, B. (2005) Effect of the analgesic butorphanol on activity behaviour in turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Research in Veterinary Science* 79:239-244.
- Butterworth, A., Reeves, N., Harbour, D., Werrett, G. et Kestin, S. (2001) Molecular typing of strains of *Staphylococcus aureus* isolated from bone and joint lesions in lame broiler by random amplification of polymorphic DNA. *Poultry Science* 80:1339-1343.
- Butterworth, A., Reeves, N., Knowles, T. et Kestin, S. (2003) Differences in the expression of genes in lame and normal broiler chickens identified by subtraction hybridisation. *Animal Welfare* 12:661-667.
- Cook, M. (2000) Skeletal deformities and their causes: Introduction. *Poultry Science* 79:982-984.
- Corr, S., Gentle, M., McCorquodale, C. et Bennett, D. (2003a) The effect of morphology on the musculoskeletal system of the modern broiler. *Animal Welfare* 12:145-157.
- Corr, S., Gentle, M., McCorquodale, C. et Bennett, D. (2003b) The effect of morphology on walking ability in the modern broiler: A gait analysis study. *Animal Welfare* 12:159-171.
- Crespo, R. et Shivaprasad, H. (2011) Rupture of gastrocnemius tendon in broiler breeder hens. *Avian Diseases* 55:495-498.
- Danbury, T., Weeks, C., Waterman-Pearson, A. et Kestin, S. (2000) Self-selection of the analgesic drug carprofen by lame broiler chickens. *Veterinary Record* 146:307-311.
- Dinev, I. (2012) Rickets: prevalence of its forms and association with other pathological conditions in broiler chickens. *World's Poultry Science Association* 68:239-243.
- Duncan I.J.H., Beatty, E.R., Hocking, P.M. et Duff, S.R.I. (1991) Assessment of pain associated with degenerative hip disorders in adult male turkeys. *Research in Veterinary Science* 50:200-203.
- Garner, J.P., Falcone, C., Wakenell, P., Martin, M. et Mench, J.A. (2002) Reliability and validity of a modified gait scoring system and its use in assessing tibial dyschondroplasia in broilers. *British Poultry Science* 43:355-363.
- Gentle, M.J. (2011) Pain issues in poultry. *Applied Animal Behaviour Science* 135:252-258.
- Kestin, S., Gordon, S., Su, G. et Sørensen, P. (2001) Relationships in broiler chickens between lameness, liveweight, growth rate and age. *Veterinary Record* 148:195-197.
- Kestin, S.C., Knowles, T.G., Tinch, A.E. et Gregory, N.G. (1992) Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Veterinary Record* 131:190-194.
- Kestin, S., Su, G. et Sorensen, P. (1999) Different commercial broiler crosses have different susceptibilities to leg weakness. *Poultry Science* 78:1085-1090.
- Knowles, T.G., Kestin, S.C., Haslam, S.M., Brown, S.N., Green, L.E., Butterworth, A., Pope, S.J., Pfeiffer, D. et Nicol, C.J. (2008) Leg disorders in broiler chickens: Prevalence, risk factors and prevention. *PLoS ONE*, 3, e1545.
- Leterrier, C., Rose, N., Constantin, P. et Nys, Y. (1998) Reducing growth rate of broiler chickens with a low energy diet does not improve cortical bone quality. *British Poultry Science* 39:24-30.
- Leterrier, C., Vallée, C., Constantin, P., Chagneau, A., Lessire, M., Lescoat, P., Berri, C., Baéza, E., Bizeray, D. et Bouvarel, I. (2008) Sequential feeding with variations in energy and protein levels improves gait score in meat-type chickens. *Animal* 2:1658-1665.
- Mc Geown, D., Danbury, T., Waterman-Pearson, A. et Kestin, S. (1999) Effect of carprofen on lameness in broiler chickens. *Veterinary Record* 144:668-671.

- Mench, J.A., Garner, J.P. et Falcone, C. (2001) Behavioural activity and its effects on leg problems in broiler chickens. Proceedings 6th European Symposium Poultry Welfare, Zollikofen, Switzerland, 1-4 September: 152-156.
- Nääs, I.A., Paz, I.C.L.A., Baracho, M.S., Menezes, A.G., Bueno, L.G.F., Almeida, I.C.L. et Moura, D.J. (2009) Impact of lameness of broiler well-being. *Journal of Applied Poultry Research* 18:432-439.
- Oviedo-Rondón, E., Wineland, M., Funderburk, S., Small, J., Cutchin, H. et Mann, M. (2009) Incubation conditions affect leg health in large, high-yield broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 18:640-646.
- Paxton, H., Anthony, N., Corr, S. et Hutchinson, J. (2010) The effects of selective breeding on the architectural properties of the pelvic limb in broiler chickens: a comparative study across moderna and ancestral populations. *Journal of Anatomy* 217:153-166.
- Randall, C. et Mills, C. (1981) Observations on leg deformity in broiler with particular reference to the intertarsal joint. *Avian Pathology* 10:407-431.
- Shim, M.Y., Karnuah, A.B., Anthony, N.B., Pesti, G.M. et Aggrey, S.E. (2012) The effects of broiler chicken growth rate on valgus, varus, and tibial dyschondroplasia. *Poultry Science* 91:62-65.
- Siegel, P.B., Gustin, S.J. et Katanbaf, M.N. (2011) Motor ability and self-selection of an analgesic drug by fast-growing chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 20:249-252.
- Skinner-Noble, D. et Teeter, R. (2009) An examination of anatomic, physiologic, and metabolic factors associated with well-being of broiler differing in field gait score. *Poultry Science* 88:2-9.
- Sørensen, P., Su, G. et Kestin, S. (2000) Effects of age and stocking density on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science* 79:864-870.
- Stalker, M., Brash, M., Weisz, A., Ouckama, R. et Slavic, D. (2010) Arthritis and osteomyelitis associated with enterococcus cecorum infection in broiler and broiler breeder chickens in Ontario, Canada. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 22:643-645.
- Su, G., Sørensen, P. et Kestin, S.C. (2000) A note on the effects of perches and litter substrate on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science* 79: 1259-1263.
- Su, G., Sørensen, P. et Kestin, S. (1999) Meal feeding is more effective than early feed restriction at reducing the prevalence of leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science* 78:949-955.
- Tablante, N.L., Estevez, I., Russek-Cohen, E. (2003) Effect of Perches and Stocking Density on Tibial Dyschondroplasia and Bone Mineralization as Measured by Bone Ash in Broiler Chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 12:53-59.
- Ventura, B.A., Siewert, F., Estevez, I. (2010) Effects of barrier perches and density on broiler leg health, fear, and performance. *Poultry Science* 89:1574-1583.
- Weeks, C., Danbury, T., Davies, H., Hunt, P. et Kestin, S. (2000) The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. *Applied Animal Behaviour Science* 67:111-125.
- Youssef, I., Beineke, A., Rohn, K. et Kamphues, J. (2011b) Effects of high dietary levels of soybean meal and its constituents (potassium, oligosaccharides) on foot pad dermatitis in growing turkeys housed on dry and wet litter. *Archives of Animal Nutrition* 65:148-162.
- Youssef, I., Beineke, A., Rohn, K. et Kamphues, J. (2011a) Effects of litter quality (moisture, ammonia, uric acid) on development and severity of foot pad dermatitis in growing turkeys. *Avian Diseases* 55:51-58.

7. RÉGIMES D'ÉCLAIRAGE

CONCLUSIONS

1. **L'intensité de la lumière n'influence pas la croissance, l'indice de consommation ou le taux de mortalité des poulets à chair.**
2. **L'intensité lumineuse influence le comportement. Les poulets à chair élevés sous une intensité lumineuse de 1 à 40 lux ont moins de comportements de recherche de nourriture et de lissage des plumes. La synchronisation des comportements se produit à des intensités lumineuses allant de 1 à 40 lux, mais semble plus forte lorsque les poulets sont élevés à une intensité lumineuse de 50 ou 200 lux. L'élevage des volailles à une faible intensité lumineuse peut entraîner l'interruption des périodes de repos et un manque de repos manifeste, et à des périodes d'éveil.**
3. **Les poulets et dindons à griller préfèrent la lumière intense (200 lux) à l'âge de 2 semaines. Ils préfèrent toujours la lumière intense pour les comportements autres que le repos, même si cette préférence diminue à compter de l'âge de 6 semaines.**
4. **La durée du jour change le moment de la croissance des poulets à chair : Une courte durée du jour (14 ou 17 heures de lumière par jour) ralentit la croissance au début de la vie, mais cela est compensé par des gains plus tard (après l'âge approximatif de 3 semaines) de sorte que leur poids corporel final est égal ou supérieur à celui des poulets élevés pendant une longue durée du jour (p. ex., 20 heures ou plus de lumière par jour). La conversion alimentaire est également meilleur chez les poulets ayant des périodes d'obscurité. Le temps passé à s'alimenter est également plus long chez les poulets élevés à 17 heures de lumière par rapport à ceux élevés à une durée du jour de 14, 20 ou 23 heures.**
5. **La mortalité augmente avec une durée du jour accrue et les anomalies des pattes peuvent aussi augmenter.**
6. **À mesure que la durée du jour augmente de 14 à 23 heures, les poulets à chair passent plus de temps à se reposer et moins de temps debout, à marcher et à courir pendant la phase de lumière. Ils passent également moins de temps à manifester des comportements comme le lissage des plumes et les bains de poussière à mesure qu'augmente la durée du jour.**
7. **L'élevage des poulets à chair dans une lumière bleue ou verte peut améliorer certains aspects de la santé et de la production, mais il faut faire davantage de recherche sur les effets sur le bien-être de la lumière monochromatique.**
8. **Très peu de recherche a été faite sur les régimes d'éclairage des dindons et les conclusions sont souvent contradictoires.**

INTRODUCTION

Les mesures pour évaluer le bien-être des poulets et des dindons à griller, pour ce qui est du régime d'éclairage peuvent comprendre la fonction biologique des animaux (santé et productivité) et leur état émotionnel (expériences subjectives). Pour ce qui est de la vie à l'état naturel, les problèmes liés aux régimes d'éclairage sont la conséquence de l'hébergement à l'intérieur où la durée du jour, l'intensité et la qualité de la lumière diffèrent considérablement de celles des habitats naturels dans lesquels ces volailles ont évolué. La recherche à ce jour est largement axée sur :

1. Pour ce qui est du fonctionnement biologique, les études ont examiné certains paramètres de production comme le taux de croissance et la conversion alimentaire, les processus physiologiques, de même que des paramètres, telles la santé des pattes et la mortalité.

2. Pour ce qui est des états émotionnels, on a examiné les préférences des volailles en termes d'intensité lumineuse pour exécuter certaines activités et la durée du jour. Les effets de l'intensité lumineuse sur des états douloureux et la peur ont également été traités.
3. Pour ce qui est de la vie à l'état naturel, on a considéré les scénarios d'activité diurne et les emplois du temps comportementaux. En outre, on pense que les comportements comme les bains de poussière et le lissage des plumes indiquent le confort et qu'ils ne se produisent pas chez les volailles dont le bien-être est pauvre.

La vue est un sens très important chez les volailles domestiques qui ont évolué sous la lumière naturelle. La lumière naturelle est composée de lumière directe du soleil et de la lumière diffuse réfléchiée par les nuages et les autres surfaces (Prescott et coll., 2003). La lumière artificielle a une qualité différente de la lumière naturelle; les poulaillers sont généralement peu éclairés et les variations dans le poulailler peuvent être importantes. La photopériode peut également différer de celle des milieux naturels. Même si la lumière artificielle est différente de la lumière naturelle, il n'est pas toujours nécessaire de reproduire un milieu de lumière naturelle dans le cadre commercial. Prescott et coll. (2003) suggèrent que les critères nécessaires sont ceux qui motivent les volailles ou qui sont essentiels au développement normal de l'œil. Ainsi, bien que différents de la lumière naturelle, les programmes de lumière artificielle n'en répondent pas moins aux besoins des volailles. Pour l'heure, l'effet du manque de lumière naturelle n'est pas bien traité dans la documentation scientifique.

Plusieurs aspects de l'éclairage influencent le bien-être des volailles : l'intensité lumineuse, la durée et la distribution de la lumière, de même que les propriétés de cette lumière comme sa longueur d'onde et sa source. La recherche a démontré que l'intensité, la durée et la couleur peuvent influencer la productivité, la santé et le comportement des volailles, avec les rythmes comportementaux et physiologiques. Ces aspects agissent également les uns sur les autres pour influencer le bien-être des volailles.

L'intensité lumineuse désigne la luminosité de la lumière. Cette intensité se mesure en unités lux, soit l'équivalent des lumens par mètre carré. Le pied-bougie ou le clux sont d'autres mesures communes. Le lux et le pied-bougie sont fondés sur les longueurs d'onde du spectre de la vision humaine, le clux corrige pour le domaine spectral plus large auquel les volailles sont sensibles et dépend de l'irradiance initiale (Lewis et Morris, 2006). Ainsi, le lux et le clux n'ont pas de relation statique. L'intensité lumineuse est facilement manipulable dans les poulaillers intérieures modernes et peut influencer le bien-être et la productivité des volailles. Il faut noter que la recherche publiée à ce jour a été effectuée dans le cadre de petits enclos de recherche.

Il y a deux phases d'éclairage, la photopériode ou la phase lumineuse et la scotopériode ou la phase d'obscurité. Certaines recherches ont traité de la durée du jour chez les poulets à chair, mais il est difficile de comparer les résultats des études à cause des différents programmes testés, du génotype et du sexe des volailles, ainsi que de certaines différences des techniques de production.

La couleur de la lumière change avec sa longueur d'onde (380-435 nm), bleu (435-500 nm), vert (500-565 nm), jaune (565-600 nm), orange (600-630 nm) et rouge (630-790 nm). La lumière émise sur toute la gamme des longueurs d'onde est perçue comme de la lumière blanche (Lewis et Morris, 2000). Avant d'amorcer la discussion sur l'effet des sources de lumière sur les volailles, il faut comprendre que les volailles ont une sensibilité aux longueurs d'onde différente de celle des humains (Prescott et Wathes, 1999). Elles sont sensibles à la lumière ultraviolette, et aux longueurs d'onde courtes, moyennes et longues de la lumière (Osorio et coll., 1999; Prescott and Wathes, 1999).

INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE

Effet de l'intensité lumineuse sur la croissance et la conversion alimentaire : L'intensité lumineuse n'a eu aucun effet sur le gain de poids, la prise d'aliments ou la conversion alimentaire de l'âge de 0 à 35 jours chez les poulets à chair élevés à 1, 10, 20 ou 40 lux (Deep et coll., 2010). La croissance et la conversion alimentaire étaient également les mêmes chez les poulets à chair élevés à 5, 50 ou 200 lux (Mench et coll., 2008).

Effet de l'intensité lumineuse sur le taux de mortalité : La mortalité totale ou la mortalité due à une cause particulière, y compris la maladie de la mort subite (MMS), ne sont pas différentes chez les poulets à chair maintenus à 1, 10, 20 ou 40 lux (Deep et coll., 2010). On a signalé un même taux de mortalité chez les volailles à des intensités lumineuses de 5, 50 ou 200 lux (Mench et coll., 2008).

Effet de l'intensité lumineuse sur le squelette, les pieds et les yeux : On n'a observé aucune différence dans les notes de démarche chez les poulets à chair élevés à 1, 10, 20 ou 40 lux (Deep et coll., 2010) ou à 5, 50 ou 200 lux (Mench et coll., 2008; Blatchford et coll., 2009), ce qui indique que l'intensité lumineuse dans ces fourchettes n'a aucun effet sur la mobilité. On n'a observé aucune différence à l'autopsie en termes d'anomalies des pattes comme les cals, la torsion, la pododermatite, la dyschondroplasie tibiale ou l'érosion fémorale (Blatchford et coll., 2009). Les poulets à chair élevés à 200 lux avaient plus d'ecchymoses aux pattes que les autres (ce qui correspond à l'activité accrue), mais moins d'érosion des jarrets (Mench et coll., 2008; Blatchford et coll., 2009).

À mesure que l'intensité lumineuse augmente de 1 à 40 lux, l'incidence des lésions ulcérotives sévères des coussinets plantaires baisse (Deep et coll., 2010).

Les blessures par coup de bec chez les dindons étaient en relation directe avec l'intensité lumineuse lorsqu'on comparait une intensité lumineuse de 5, 10, 36 et 70 lux (Moinard et coll., 2001).

On a trouvé des yeux plus gros et plus lourds chez les poulets à chair élevés à 1 lux par rapport à ceux élevés à 10, 20 ou 40 lux (Deep et coll., 2010). Les poulets à chair élevés à 5 lux avaient également les yeux plus lourds que ceux élevés à 50 ou 200 lux (Mench et coll., 2008). Les recherches citées ici ne pouvaient pas déterminer si c'est une question de bien-être, mais il est possible que les yeux plus gros causent de la douleur parce qu'ils exercent une pression sur le nerf optique et parce qu'ils peuvent augmenter l'incidence des maladies oculaires comme le glaucome. Cela pourrait toucher davantage les poulets et dindons reproducteurs que les poulets à chair puisqu'on les garde plus longtemps.

Effet de l'intensité lumineuse sur les concentrations de mélatonine : Les programmes d'intensité lumineuse n'ont pas d'effet sur les niveaux de mélatonine sérique; tous les niveaux atteignent un sommet pendant la période d'obscurité et étaient au plus bas pendant la période de lumière (Deep et coll., 2012). À des intensités de 1, 10, 20 et 40 lux, les troupeaux de poulets à chair produisent de la mélatonine selon un schéma diurne significatif.

Effet de l'intensité lumineuse sur le comportement : Les poulets à chair exposés à 17 heures de lumière à 1 lux se reposaient (assis oisifs sur la litière) davantage que ceux élevés à une intensité plus forte (10, 20 ou 40 lux), même si la station debout n'était pas touchée (Deep et coll., 2012). L'activité diurne était inférieure chez les poulets à chair élevés à 5 lux que chez ceux élevés à 50 ou 200 lux (Blatchford et coll., 2009; Mench et coll., 2008). L'intensité lumineuse n'a eu aucun effet sur l'abreuvement et l'alimentation des poulets à chair, mais le comportement de recherche de nourriture était moins fréquent chez les volailles élevées à 1 lux que chez les autres (Deep et coll., 2012). Dans d'autres résultats, les poulets à chair cherchaient de la nourriture davantage à 5 lux qu'à 100 lux (Kristensen et coll., 2007). Le lissage des plumes se produit moins souvent chez les volailles à 1 lux (Deep et coll., 2012). On considère que le lissage des plumes est un comportement de confort dans certains cas et sa réduction soulève une préoccupation possible pour le bien-être des volailles élevées sous une lumière à faible intensité. Les comportements des dindons varient aussi avec l'intensité de la lumière, alors qu'ils se reposent et se perchent plus fréquemment sous une photopériode de 1 lux, alors que d'autres comportements (p. ex., la prise d'aliments, le lissage des plumes) sont plus fréquents dans les milieux plus éclairés (Barber et coll., 2004).

Le pourcentage de temps passé à se reposer ou dormir et aux autres comportements (se tenir debout, manger, boire et autres) pendant une phase obscure de 7 heures ne change pas chez les volailles maintenues à des intensités lumineuses de 1, 10, 20 et 40 lux (Deep et coll., 2012). Pendant la photopériode, les volailles maintenues à 5 lux avaient un comportement de repos total supérieur à ceux maintenus à 50 ou 200 lux, mais cette tendance s'inversait pendant la scotopériode (Alvino et coll., 2009). Pendant la scotopériode, les volailles maintenues à 200 lux avaient le moins de périodes de repos de durée plus longue, alors que le groupe maintenu à 5 lux avait le plus grand nombre de périodes d'une durée plus courte (Alvino et coll., 2009). Les interruptions se produisaient le plus souvent dans le groupe à 5 lux et le moins souvent dans le groupe à 200 lux. Les volailles maintenues à 5 lux semblaient passer plus de temps dans un état d'éveil passif, par opposition à un état de repos, et les périodes de repos dispersées tout au long de la journée (Alvino et coll., 2009). Les volailles maintenues à 50 ou 200 lux avaient des schémas évidents d'éveil et de repos, le repos se produisant plus souvent pendant la scotopériode (Alvino et coll., 2009).

Une des raisons pour élever les poulets à chair sous une faible intensité lumineuse est de réduire la réaction des volailles à la capture. Cette préoccupation peut être pertinente, car les poulets à chair élevés à 200 lux manifestent plus de battements des ailes pendant une capture simulée à 1 lux que les volailles élevées à 5 ou 50 lux, ce qui pourrait provoquer des blessures (Mench et coll., 2008).

Effet de l'intensité lumineuse sur les rythmes comportementaux diurnes : Une forte intensité lumineuse peut être un *zeitgeber* (un indice externe qui synchronise l'horloge biologique) plus puissant qu'une faible intensité lumineuse. Les rythmes diurnes des volailles ne varient pas sensiblement à différentes faibles intensités lumineuses, mais peuvent différer des rythmes observés chez les volailles maintenues sous de fortes intensités lumineuses. Plusieurs comportements se produisent d'une manière diurne semblable sous un régime de lumière intense allant de 1 à 40 lux pendant la photopériode (Deep et coll., 2012). Mais les rythmes pour le lissage des plumes, le repos, l'alimentation et la recherche de nourriture des poulets à chair à de fortes intensités lumineuses, soit 200 lux, semblent plus forts que ce ceux à 5 ou 50 lux (Alvino et coll., 2009). La synchronie comportementale est particulièrement importante pour le repos et le sommeil. Si les périodes de repos sont synchronisées, les volailles au repos sont dérangées moins souvent par les membres actifs du groupe et cela leur permet d'avoir des périodes de repos plus longues (Alvino et coll., 2009).

Préférences en matière d'intensité lumineuse : On a trouvé des préférences pour des intensités lumineuses particulières, et ces préférences varient avec l'âge. À l'âge de 2 semaines, les poulets et les pondeuses à chair (Davis et coll., 1999) et les dindonneaux (Barber et coll., 2004) passaient la plus grande partie de leur temps sous la lumière la plus intense disponible (200 lux). Cette préférence pour la lumière vive peut être due à la petite augmentation de température dans le compartiment éclairé intensément. Les préférences s'inversent chez les poulets et pondeuses à chair à l'âge de 6 semaines alors qu'ils passent la plus grande partie de leur temps sous la lumière la plus faible (6 lux; Davis et coll., 1999). Lorsqu'on leur donne le choix entre des intensités lumineuses de 1, 6, 20 et 200 lux, les dindonneaux préfèrent les lumières les plus intenses à l'âge de 2 semaines, mais choisissent les lumières à 20 ou 200 lux à l'âge de 6 semaines (Barber et coll., 2004). Toutes les activités (repos, perchage, alimentation, locomotion, activité axée sur la litière et abreuvement) des dindons et des poulets à chair âgés de 2 semaines se produisent surtout sous une lumière intense, mais à 6 semaines, le repos et le perchage se produisent le plus souvent sous une lumière faible et les autres comportements sous une lumière intense (Davis et coll., 1999; Barber et coll., 2004). Les auteurs suggèrent que les volailles plus âgées entrent dans des milieux particuliers pour exécuter des activités particulières à mesure qu'elles vieillissent et que le temps passé à des comportements actifs baisse. Lorsqu'elles étaient inactives, les volailles plus vieilles préféraient être dans une aire plus faiblement éclairée où elles étaient moins stimulées, et entraient dans les aires intensément éclairées lorsqu'elles étaient actives (Davis et coll., 1999).

PHOTOPÉRIODE

Effet de la durée de la lumière et de sa répartition sur la croissance et la conversion alimentaire : On a toujours pensé que le recours à une lumière constante ou quasi constante optimise la croissance, car elle permet un accès visuel permanent aux aliments et à l'eau. Mais la plus grande partie de la documentation récente infirme cette hypothèse. La longueur de la photopériode interagit avec l'âge en relation avec le gain de poids corporel. À mesure que les volailles vieillissent, elles semblent pouvoir ajuster plusieurs aspects, notamment leur comportement alimentaire, pour compenser les périodes d'obscurité plus longues. La croissance des volailles de moins de 3 semaines était réduite par des durées du jour plus courtes, mais le fait d'allonger la durée du jour à plus de 7 heures n'influait pas le poids corporel entre l'âge de 22 et 35 jours (Lewis et coll., 2009). Lorsqu'on le mesure à 32 et 39 jours, le poids était supérieur chez les poulets à chair élevés à une durée du jour de 20 heures suivie par des durées du jour de 17 et 23 heures, alors que les volailles qui avaient une durée du jour de 14 heures avaient les poids les plus bas (Schwean-Lardner et coll., 2012b). À l'âge de 49 jours, les volailles ayant 17 et 20 heures de lumière étaient plus lourdes que celles ayant 14 ou 23 heures de lumière (Schwean-Lardner, 2012a). Buyse et coll. (1994) et Rozenboim et coll. (1999) ont observé des effets semblables sur le taux de croissance (l'inclusion de l'obscurité entraînant un poids corporel égal ou supérieur à celui sous une lumière quasi constante) les premiers en comparant les programmes d'éclairage quasi continu aux programmes de hausse ou de baisse de la lumière, alors que les seconds ont comparé le poids corporel des poulets à chair à 49 jours sous 23 heures de lumière et 16 heures de lumière. Les poulets à chair ayant une durée du jour de 12 heures avaient la meilleure croissance globale lorsqu'on tenait compte du poids corporel, de la conversion alimentaire, de l'âge, de la viabilité et du génotype, mais le rendement de la poitrine à l'âge de 54 jours était supérieur chez les volailles maintenues à des durées de jour de 21 ou 24 heures (Lewis et coll., 2009). La performance baissait plus rapidement pour les photopériodes de moins de 12 heures que celles de plus de 12 heures. Lorsqu'on compare une période d'obscurité divisée à une période d'obscurité unique, on constate des gains de poids supérieurs chez les poulets à chair élevés selon un régime d'éclairage de 8 heures de lumière, 4 heures d'obscurité, 8 heures de lumière, 4 heures d'obscurité que chez ceux élevés avec 16 heures de lumière, 8 heures d'obscurité (Duve et coll., 2011).

La conversion alimentaire est également influencé par la quantité de lumière à laquelle les volailles sont exposées, mais ne semble pas très influencé par la répartition du régime d'éclairage. Pour ce qui est de la durée du jour, le fait d'ajouter de l'obscurité à un programme d'éclairage (de 14 à 23 heures) améliore la conversion alimentaire (Schwean-Lardner et coll., 2012b), ce qui est en partie lié à des ajustements des comportements : à mesure que les volailles vieillissent, elles peuvent prévoir la période d'obscurité qui vient et ajuster leur prise pour consommer la même quantité d'aliments que les volailles disposant d'une photopériode plus longue. L'obscurité même semble améliorer la conversion alimentaire, car les volailles maintenues sous une lumière quasi constante ne sont jamais les plus lourdes, quel que soit leur âge (Schwean-Lardner et coll., 2012b). La conversion alimentaire n'est pas différent entre les volailles élevées dans une obscurité de 8 heures en 1 ou 2 périodes (Duve et coll., 2011).

L'absence de sommeil peut avoir des conséquences néfastes sur le bien-être des volailles (Blokhuis, 1983) et, chez plusieurs espèces, réduit la vivacité et la productivité (Boerema et coll., 2003), augmente le niveau de stress (Everson et coll., 2008), diminue l'activité neuronale (Fraser et Broom, 1990) et la santé (Speigel et coll., 1999; Everson et Crowley, 2004; Copinschi, 2005). Bien qu'il semble que les volailles puissent dormir pendant la phase lumineuse du jour, la qualité du sommeil diminue (Ayala-Guerrero et coll., 2003; Rattenborg et coll., 2005). Il s'avère qu'une longue durée de la journée, comme 23 heures de lumière, élimine le rythme circadien de la production de mélatonine, un neurotransmetteur engagé dans la production du sommeil, ainsi que de plusieurs activités comportementales, ce qui perturbe les volailles qui tentent de dormir (Schwean-Lardner et coll., 2013b). Cette perturbation, appelée fragmentation du sommeil, peut mener à des conséquences néfastes qu'on trouve avec la privation totale de sommeil, y compris la vivacité réduite et les problèmes de santé (Bonnet, 2005). Le sommeil est aussi très important pour les poussins et les régimes d'éclairage peuvent influencer leur sommeil. Malleau et coll. (2007) ont montré que les poussins se reposent plus lorsqu'on leur fournit un cycle simulée de couvaision (périodes répétées de 40 minutes de lumière et de 40 minutes d'obscurité) que ceux à qui l'on donne de longs cycles quotidiens (19,33 heures de lumière et 4,67 heures d'obscurité).

Il y a peu de recherche sur les programmes d'éclairage utilisés dans la production commerciale de dindons, et la plus grande partie date de plus de 15 ans. Les résultats de la plupart de ces vieilles études étaient incohérents. Davis et Siopes (1985) n'ont trouvé aucune différence dans la prise d'aliments ou la croissance dans la comparaison de programmes d'éclairage de 12, 23 ou 24 heures. Newberry (1992) a obtenu des résultats incohérents, sans différences de poids corporel chez les volailles de 17 semaines dans une expérience et un programme d'éclairage accru produisant des dindons plus lourds que l'éclairage constant utilisé dans une seconde expérience.

Effet de la durée et de la répartition de la lumière sur la mortalité : La mortalité augmente légèrement avec chaque heure ajoutée au-delà de 12 heures (Lewis et coll., 2009). Schwean-Lardner et coll. (2012a) ont obtenu des résultats semblables alors que la mortalité augmentait avec la durée du jour. Le taux de mortalité chez les volailles élevées dans 8 heures d'obscurité et deux périodes obscures de 4 heures séparées par 8 heures de lumière ne différait pas (Duve et coll., 2011). L'incidence de la maladie de la mort subite baissait entre 2 et 10 heures de durée du jour, mais augmentait à mesure que la photopériode s'étirait au-delà de 10 heures (Lewis et coll., 2009).

Sherwin et coll. (1999) ont révélé que la photopériode influence les coups de bec causant blessures, communs dans la production de dindons. On a découvert qu'une photopériode intermittente réduit les blessures dues au picage des plumes, mais aussi que ce programme d'éclairage peut provoquer la cécité qui est de toute évidence un problème de bien-être.

Effet de la durée de la lumière et de sa répartition sur les anomalies des pattes et la dermatite du coussinet plantaire : La durée du jour n'influence pas les anomalies aux pattes chez les poulets à chair (Lewis et coll., 2009). Par contre, Schwean-Lardner et coll. (2013a) ont révélé que les notes de démarche et les lésions au coussinet plantaire à l'âge de 28 jours augmentent de façon linéaire avec la durée du jour, ce qui indique une moins bonne santé du pied chez les poulets à chair élevés sous de plus longues durées de jour. La proportion de dermatite du coussinet plantaire était plus élevée chez les volailles ayant deux périodes de 4 heures par rapport à une période de 8 heures d'obscurité (Duve et coll., 2011).

Quant à la santé du squelette, Hester et coll. (1983) ont révélé qu'un programme d'augmentation réduit les anomalies aux pattes contrairement à un programme de réduction. Une recherche plus récente a révélé que le fait d'augmenter la photopériode produit une meilleure structure des pattes que la photopériode quasi constante ou décroissante (Classen et coll., 1994). C'est important, car les anomalies aux pattes chez les dindons peuvent expliquer une grande partie de la mortalité du troupeau.

Effet de la durée de la lumière et de sa répartition sur le comportement : Les longues durées du jour produisent des volailles plus léthargiques et moins actives. Cela peut contribuer au fait qu'elles passent moins de temps à la mangeoire lorsqu'elles sont maintenues dans une lumière quasi constante, même si elles ont un accès pratiquement illimité à la nourriture. À mesure que la durée du jour augmente de 14 à 23 heures, elles passent de plus en plus de temps au repos pendant la photopériode alors que les volailles élevées dans une photopériode de 14 et 17 heures passent le même temps au repos (Schwean-Lardner et coll., 2012a). Les volailles élevées dans une période de lumière de 23 heures, comparées à celles exposées à 14, 17 ou 20 heures de lumière par jour, réagissent moins à la présence d'un observateur tant à l'âge de 30 que de 47 jours (Schwean-Lardner et coll., 2012a). Cependant, l'immobilité tonique, qui sert à mesurer la peur, ne diffère pas entre les traitements à l'âge de 33 jours (Schwean-Lardner et coll., 2012a).

Les comportements de confort, comme le lissage des plumes, l'étirement, le bain de poussière et le picage de la litière, varient avec la durée du jour. À l'âge de 27 jours, le lissage des plumes diminue de façon linéaire avec l'augmentation de la durée du jour (Schwean-Lardner et coll., 2012a). On a observé une même relation à l'âge de 42 jours, mais le lissage des plumes atteint son sommet à 17 heures de lumière par rapport à 14 heures de lumière (Schwean-Lardner et coll., 2012a). On a observé le lissage des plumes seulement pendant la scotopériode chez les volailles ayant 14 heures de durée du jour à l'âge de 42 jours (Schwean-Lardner et coll., 2012a). Les bains de poussière montrent la même tendance et baissent à mesure que la durée du jour augmente à l'âge de 27 et 42 jours

(Schwean-Lardner et coll., 2012a). On n'a observé aucun bain de poussière chez les volailles élevées à 23 heures de lumière à l'âge de 42 jours. On observe moins d'étirements et de picage de la litière chez les volailles ayant une durée de jour de 23 heures par rapport aux autres groupes (Schwean-Lardner et coll., 2012a).

La durée du jour influence la station debout, la marche et la course. Une durée du jour accrue fait baisser le temps passé debout. Les volailles élevées à 23 heures de lumière se tiennent moins debout tandis que celles élevées avec 14 ou 17 heures de lumière passaient un même pourcentage de temps debout (Schwean-Lardner et coll., 2012a). La quantité de temps passé debout pendant la scotopériode était faible dans l'ensemble, mais les poulets à chair ayant 14 heures de lumière étaient surtout debout pendant la période d'obscurité à l'âge de 42 jours alors que celles ayant 23 heures n'avaient aucune activité pendant la période d'obscurité (Schwean-Lardner et coll., 2012a). La marche suivait la même tendance : à mesure qu'allonge la durée du jour, le temps de marche baisse, bien que les volailles exposées à 14 et 17 heures de lumière y passaient le même temps (Schwean-Lardner et coll., 2012a). On n'a pas observé de course chez les volailles à durée du jour de 23 heures et elle se produisait surtout chez les volailles ayant une durée du jour de 17 heures (Schwean-Lardner et coll., 2012a). La station debout, la marche et la course contribuent sans doute à la santé des os de sorte qu'on peut associer les longues durées du jour à des pattes plus faibles chez les poulets à chair (Schwean-Lardner et coll., 2012a). Toute baisse du mouvement peut également augmenter le taux de kystes au bréchet, de brûlures au jarret ou de lésions au coussinet plantaire (Deaton et coll., 1978; cité par Schwean-Lardner et coll., 2012a).

Les volailles préfèrent manger et boire pendant la photopériode; on pense donc généralement que le fait d'augmenter la scotopériode diminue la prise d'aliments. Mais cette relation n'est pas linéaire, comme l'ont souligné Schwean-Lardner et coll. (2012b). Le temps passé à la mangeoire atteignait son sommet chez les volailles maintenues à 17 heures de lumière par rapport à ceux ayant des durées du jour plus longues (20 ou 23 heures) et plus courtes (14 heures) à l'âge de 27 et 42 jours. Même si elles préfèrent se nourrir pendant la photopériode, les volailles élevées avec de courtes durées du jour apprennent à se nourrir dans l'obscurité dès l'âge de 5 jours (Lewis et coll., 2009). Les poulets à chair ayant 14 heures de lumière, la plus courte durée testée, ont été le seul groupe qu'on a vu se nourrir pendant la scotopériode, même si le nombre de poulets qui avaient ce comportement était faible (Schwean-Lardner et coll., 2012a). Les poulets à chair élevés à une durée du jour de 18 heures consommaient très peu d'aliments pendant la période d'obscurité, alors que ceux ayant une durée du jour de moins de 12 heures consommaient davantage pendant cette période (Lewis et coll., 2009).

La longueur de l'obscurité à laquelle les volailles sont exposées influence leur rythme circadien qui, comme on l'a mentionné, est important pour leur repos et leur bien-être. Le recours à une lumière constante ne permet pas aux volailles de développer un rythme circadien dans leurs comportements d'alimentation (May et Lott, 1992; Ferrante et coll., 2006).

Une autre technique qui a suscité de l'intérêt est la scotopériode divisée, également connue sous le nom d'horaire d'éclairage intermittent, en vertu de laquelle deux courtes périodes d'obscurité sont séparées par des périodes de lumière pendant la journée (soit 4 heures d'obscurité, 8 heures de lumière, 4 heures d'obscurité, 8 heures de lumière). Les poulets à chair élevés selon une période obscure divisée ont un comportement d'alimentation plus intense pendant les 20 premières minutes de la phase de lumière, mais l'activité d'alimentation globale était supérieure chez les volailles élevées avec 8 heures d'obscurité continue et 16 heures de lumière (Duve et coll., 2011). Les volailles exposées à 8 heures d'obscurité continue ont un comportement d'alimentation accru 3 heures avant la scotopériode, ce qu'on n'observe pas chez les volailles ayant deux périodes d'obscurité de 4 heures (Duve et coll., 2011). On pense que cette alimentation accrue permet d'emmagasiner des aliments dans le jabot en préparation pour la scotopériode pendant laquelle les aliments sont moins accessibles.

Préférence en matière de durée et de répartition de la lumière : Les poulets à chair préfèrent que l'obscurité fasse partie de leur programme d'éclairage. Les travaux de Savory et Duncan (1982) avec des poulets à chair et des pondeuses ont montré que les volailles travailleraient activement pour une inclusion d'au moins 4 heures d'obscurité par jour.

LONGUEUR D'ONDE ET SOURCE DE LUMIÈRE

On s'intéresse de plus en plus à la couleur de la lumière et à l'effet correspondant qu'elle a sur le bien-être et la productivité des volailles. La terminologie qui sert à décrire les longueurs d'onde comprend la lumière froide, une lumière allant du bleu au vert, la lumière chaude, une lumière allant de l'orange au rouge et la lumière monochrome, qui est une lumière à une couleur.

Effet de la longueur d'onde et de la source de la lumière sur la productivité : On a testé l'effet de la longueur d'onde et de la source de la lumière dans plusieurs cadres de recherche, souvent avec des résultats incohérents. Par exemple, Rozenboim et coll. (1999) ont révélé que les miniampoules fluorescentes produisent des poulets à chair mâles plus lourds que les tubes fluorescents ou les ampoules incandescentes à 49 jours, tandis que Zimmerman (1988) n'a trouvé aucune différence de gain de poids chez ceux élevés sous des ampoules incandescentes ou fluorescentes. Kristensen et coll. (2006) ont comparé l'éclairage Biolux (type de lampe fluorescente qui comporte une composante ultraviolette) à la lumière chaude et n'ont trouvé aucun effet sur les paramètres de la productivité. Dans la comparaison du recours à la lumière blanche, bleue et rouge dans la production de volailles à chair, on n'a trouvé aucune différence de productivité (JangHo et Ravindran, 2009). Lorsqu'on utilise de la lumière rouge ou blanche pendant la scotopériode, on n'a pas remarqué non plus de différence de productivité (Senaratna et coll., 2009).

Le recours à la lumière verte pour la production de viande a révélé des effets favorables à la productivité. Les tests sur les 3 couleurs monochromatiques (rouge, vert, bleu) produisent des poulets à chair plus lourds sous la lumière verte et les moins lourds sous la lumière bleue (40 poussins par couleur). Les volailles élevées sous la lumière verte avaient une meilleure conversion alimentaire que ceux sous la lumière bleue (Arockiam et coll., 2002). D'autres résultats ont montré que le recours à la lumière verte (Rozenboim et coll., 2004; Cao et coll., 2008) ou verte et bleue (Jing et coll., 2007) comparé à la lumière rouge ou blanche améliore la productivité tôt dans la vie des poulets à chair (0 à 27 jours), mais que le fait de changer la lumière bleue après cet âge améliore la productivité par rapport au recours à la lumière verte (Rozenboim et coll., 2004; Jing et coll., 2007; Cao et coll., 2008). Cette augmentation du taux de croissance semble liée à une augmentation correspondante de la production de testostérone (Jing et coll., 2007; Cao et coll., 2008). Cela contredit ce qu'on a constaté chez les poules pondeuses alors que la lumière rouge accélère le développement sexuel de certaines lignées de poules (Gongruttananun, 2011). Chez les dindons reproducteurs, la lumière rouge n'a aucun effet sur la productivité (Pyrzak et coll., 1987). Le rendement en viande de la carcasse, de la poitrine et du muscle de la cuisse des poulets à chair était également supérieur sous une lumière bleue ou verte que sous une lumière rouge ou blanche (Jing et coll., 2007; Cao et coll., 2008).

Effet de la longueur d'onde et de la source de la lumière sur la santé : Dans une étude, la mortalité était supérieure sous la lumière bleue que sous la lumière rouge ou blanche (Solangi et coll., 2004). On a démontré que le recours à la lumière rouge au début de la vie réduit la boiterie chez les poulets à chair (Prayitno et coll., 1997). Ce qui n'est pas constant dans la documentation et, dans une comparaison de la lumière Biolux et de la lumière chaude, la source n'avait aucun effet sur la boiterie ou les brûlures au jarret (Kristensen et coll., 2006). Les blessures à la queue des dindons étaient moins communes lorsqu'ils étaient élevés sous la lumière fluorescente plutôt que sous la lumière incandescente. Les blessures aux ailes étaient également moins nombreuses sous la lumière fluorescente (Moinard et coll., 2001). Dans une étude semblable, on n'a observé aucune différence du taux de blessures chez les volailles élevées sous la lumière fluorescente ou incandescente (Sherwin et coll., 1999).

La couleur de la lumière peut influencer la capacité des poulets à combattre l'infection. La lumière semble influencer l'activité des splénocytes en rapport avec l'âge, alors que la lumière verte augmente cette activité au début de la vie, et la lumière bleue plus tard dans la vie des poulets à chair (Xie et coll., 2008a). Le développement des lymphocytes T suit la même tendance (Xie et coll., 2008b). La lumière verte au début de la vie et la lumière bleue plus tard semblent améliorer le développement des muqueuses dans l'intestin et le nombre de lymphocytes altérés révèle que ces programmes d'éclairage améliorent le fonctionnement immunitaire. (Xie et coll., 2011).

La production de mélatonine était supérieure sous un éclairage par DEL vert par rapport à la DEL bleue, rouge ou blanche (Jin et coll., 2011).

Effet de la longueur d'onde et de la source de la lumière sur le comportement : Les rapports sur l'effet de la couleur de la lumière sur l'activité des volailles à chair sont incohérents. Prayitno et coll. (1997) ont révélé que l'activité des poulets à chair était plus intense sous la lumière rouge (picorage du sol, étirement des ailes et agression) ou blanche (marche) que sous une lumière bleue ou rouge (période d'observation de 5 minutes une journée par semaine de l'âge de 1 à 8 semaines). Les cailles du Japon élevées avec ou sans lumière ultraviolette complémentaire avaient les mêmes comportements et concentrations de corticostéroïdes à l'âge de 19 jours (Smith et coll., 2005). La comparaison de la lumière blanche, bleue et rouge n'a révélé aucune différence significative de comportement à l'âge de 5 semaines (JangHo et Ravindran, 2009). Khosravinia (2007) a testé les préférences et l'activité des poulets à chair sous différentes couleurs de lumière à l'âge de 1, 2 et 3 semaines (jaune, orange, verte et rouge) et constaté une préférence pour la lumière verte et une activité plus intense sous cette couleur. Dans un programme spécialement conçu pour examiner l'agression, Solandi et coll. (2004) ont observé moins de comportements agonistiques chez les poulets à chair sous la lumière bleue que sous la lumière rouge ou blanche lorsqu'on les observe à l'âge de 2, 4 et 6 semaines.

Préférence en matière de longueur d'onde et de source de lumière : Les poulets préfèrent certains types de lumière. Par exemple, Kristensen (2004) a observé une préférence pour l'éclairage Biolux (lumière presque naturelle par sa couleur et sa composition spectrale) et une lumière chaude (éclairage Lumilux avec des composantes d'une longueur d'onde longue) par rapport à l'éclairage incandescent. Prayitno et coll. (1997) ont constaté que lorsqu'ils ont le choix après une période d'ajustement, les poulets à chair préfèrent généralement la lumière bleue à la lumière rouge ou verte. Seuls les poulets élevés sous la lumière bleue dès le plus jeune âge choisissent une autre couleur plus tard dans leur vie, et ils choisissent alors la lumière verte. Dans une comparaison de poulets à chair exposés à un éclairage D.E.L. chaud (4 100 K) ou froid (6 065 K), les volailles préféraient passer du temps dans les pièces à lumière D.E.L. froide (Riber, 2013).

ÉCLAIRAGE IN OVO

Dans l'incubateur, la source et la lumière même influencent la performance des volailles. Le fait de fournir un éclairage *in ovo* augmente l'activité alimentaire des poulets à chair dans les 2 heures après qu'on ait allumé les lumières sur les œufs incubés dans l'obscurité (Archer et coll., 2009) et produit une meilleure symétrie physique, ce qui suggère un moindre stress lié au développement. On n'a constaté aucun effet défavorable sur la productivité. Dayioğlu et Özkan (2013) ont également noté l'augmentation de la fréquence de l'alimentation avec une croissance précoce supérieure après éclosion chez les poulets à chair alors qu'on utilisait des lampes fluorescentes pendant l'incubation et non une incubation dans l'obscurité. Rozenboim et coll. (2003) ont montré que le poids corporel et le rendement de la viande de poitrine des dindes entre l'âge de 28 et 59 jours sont supérieurs lorsqu'une lumière verte pulsée baigne les œufs plutôt que de les laisser dans l'obscurité dans l'incubateur. Cela pourrait provenir de la prolifération des cellules musculaires adultes (Halevy et coll., 2006). MiaoEn et HowHong (2008) ont testé des lumières DEL de couleur bleue, verte, rouge, ambre ou d'une lumière blanche chaude, et constaté que bien que la photostimulation accélère le développement de l'embryon, la lumière verte produit plus d'anomalies chez les dindonneaux incubés.

RÉFÉRENCES

- Ayala-Guerrero, Mexicano G., et Ramos J.I. (2003) Sleep characteristics in the turkey *Meleagris gallopavo*. *Physiology and Behavior* 78:435-440.
- Alvino, G.M. , Blatchford, R.A. , Archer, G.S. et Mench, J.A. (2009) Light intensity during rearing affects the behavioural synchrony and resting patterns of broiler chickens. *British Poultry Science* 50:275-283.
- Archer, G.S., Shivaprasad, H.L. et Mench, J.A. (2009) Effect of providing light during incubation on the health, productivity and behavior of broiler chickens. *Poultry Science* 88:29-37.
- Archer, G.S., Blatchford, R.A., Corsiglia, C.M., O'Conner, R. et Mench, J.A. (2012) The effects of light intensity on the welfare and performance of broilers. *Poultry Science* 91 (Suppl. 1): 80.
- Arockiam, J.P., Muruganandam, M. et Christopher, S.J. (2002) Colour light effect on growth of broiler chicks. *Journal of Ecobiology* 14:63-66.
- Ayala-Guerrero, G. Mexicano, and J.I. Ramos. 2003. Sleep characteristics in the turkey *Meleagris gallopavo*. *Physiol. Behav.* 78:435-440.
- Barber, C.L., Prescott, N.B., Wathes, C.M., Le Sueur, C. et Perry, G.C. (2004) Preferences of growing duckling and turkey poults for illuminance. *Animal Welfare* 13:211-224.
- Blatchford, R.A., Klasing, K.C., Shivaprasad, H.L., Wakenell, P.S., Archer, G.S. et Mench, J.A. (2009) The effect of light intensity on the behaviour, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. *Poultry Science* 88:20-28.
- Blokhuis, H.J. (1983) The relevance of sleep in poultry. *World's Poultry Science Journal*. 39:33-37.
- Boerema, A.S., Riedstra B. et Strijkstra A.M. (2003) Decrease in monocular sleep after sleep deprivation in the domestic chicken. *Behaviour Processes* 140:1415-1420.
- Bonnet, M.H. (2005) Sleep fragmentation. Pages 103-117 in *Sleep Deprivation Basic Science, Physiology and Behavior*. ed. C.A. Kushida. Marcel Dekker, 270 Madison Avenue, New York, NY 10016.
- Buyse, J., Decuyper, E. et Michels, H. (1994) Intermittent lighting and broiler production. 1. Effects of female broiler performance. *Archiv für Geflügelkunde* 58:69-74.
- Cao, J., Liu, W., Wang, Z., Xie, D., Jia, L. et Chen, Y. (2008) Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *Journal of Applied Poultry Research* 17:211-218.
- Classen, H.L., Riddell, C., Robinson, F.E., Shand, P.J. et McCurdy, A.R. (1994) Effect of lighting treatment on the productivity, health, behaviour and sexual maturity of heavy male turkeys. *British Poultry Science* 35:215-225.
- Copinschi, G. (2005) Metabolic and endocrine effects of sleep deprivation. *Essent. Psychopharmacol.* 6:341-347.
- Davis, G.S. et Siopes, T.D. (1985) The effect of light duration on turkey poult performance and adrenal function. *Poultry Science* 64:995-1001.
- Davis, N.J., Prescott, N.B., Savory, C.J. et Wathes, C.M. (1999) Light intensities in relation to age, strain and behaviour. *Animal Welfare* 8:193-203.
- Dayioğlu, M. et Özkan, S. (2013) The effect of lighted incubation on growth, behaviour, and welfare of broiler chickens. *IX European Symposium on Poultry Welfare, Uppsala, Sweden*. P. 100.
- Deaton, J.W., Reece, F.N. et McNaughton, J.L. (1978) Effect of intermittent light on broilers reared under moderate temperature conditions. *Poultry Science* 57:785-788.
- Deep, A., Schwan-Lardner, K., Crowe, T.G., Fancher, B.I. et Classen, H.L. (2010) Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. *Poultry Science* 89:2326-2333.

- Deep, A., Schwan-Lardner, K., Crowe, T.G., Fancher, B.I. et Classen, H.L. (2012) Effect of light intensity on broiler behaviour and diurnal rhythms. *Applied Animal Behaviour Science* 136: 50-56.
- Duve, L.R., Steinfeldt, S., Thodberg K. et Nielsen, B.L. (2011) Splitting the scotoperiod: Effects on feeding behaviour, intestinal fill and digestive transit time in broiler chickens. *British Poultry Science* 52:1-10.
- Everson, C.A. et Crowley W.R. (2004) Reductions in circulating anabolic hormones induced by sustained sleep deprivation in rats. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 286:E1060-E1070.
- Everson, C.A., Thalacker, C.D. et Hog N. (2008) Phagocyte migration and cellular stress induced in liver, lung, and intestine during sleep loss and sleep recovery. *Am. J. Physiol. Integr. Comp. Physiol.* 295:R2067-R2074.
- Ferrante, V., Lolli, S., Marelli, S., Vezzoli, G., Sirri, F. et Cavalchini, L.G. (2006) Effect of light programmes, bird densities and litter types on broilers welfare. *Proceedings of the XI European Poultry Conference*. Verona, Italy.
- Fraser, A.F. et Broom D.M. (1990) *Farm Animal Behaviour and Welfare*. Baillière Tindall, London England.
- Gongruttanun, N. (2011) Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poultry Science* 90:2855-2863.
- Halevy, O., Piestun, Y., Rozenboim, I. et Yablonka-Reuveni, Z. (2006) In ovo exposure to monochromatic green light promotes skeletal muscle cell proliferation and affects myofiber growth in posthatch chicks. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology* 290:R1062-R1070.
- Hester, P.Y., Elkin, R.G. et Klingensmith, P.M. (1983) Effects of high intensity step up and low intensity step down lighting programs on the incidence of leg abnormalities in turkeys. *Poultry Science* 62:887-896.
- JangHo, S. et Ravindran, V. (2009) The effects of light colors on the behaviour and performance of broiler chickens. *Korean Journal of Poultry Science* 36:329-335.
- Jin, E., Jia, L., Li, J., Yang, G., Wang, Z., Cao, J. et Chen, Y. (2011) Effect of monochromatic light on melatonin secretion and Arylalkylamine N-Acetyltransferase mRNA expression in the retina and pineal gland of broilers. *The Anatomical Record* 294:1233-1241.
- Jing, C., YaoXing, C., ZiXu, W., JunYing, L., Dian, X. et LiuJun, J. (2007) Effect of monochromatic light on broiler growth [abstract]. *Scientia Agricultura Sinica* 40:2350-2354.
- Khosravinia, H. (2007) Preference of broiler chicks for color of lighting and feed. *Journal of Poultry Science* 44:213-219.
- Kristensen, H.H. (2004) *The behaviour and welfare of broiler chickens in different light environments*. Ph.D. Thesis, Samfundslitteratur Grafik, Frederiksberg.
- Kristensen, H.H., Perry, G.C., Prescott, N.B., Ladewig, J., Ersboll, A.K. et Wathes, C.M. (2006) Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science* 47:257-263.
- Kristensen, H.H., Prescott, N.B., Perry, G.C., Ladewig, J., Ersbøll, A.K., Overvad, K.C. et Wathes, C.M. (2007) The behaviour of broiler chickens in different light sources and illuminances. *Applied Animal Behaviour Science* 103:75-89.
- Lewis, P.D. et Morris, T.R. (2000) Poultry and coloured light. *World's Poultry Science Journal* 56:189-207.
- Lewis, P.D. et Morris, T.R. (2006). *Poultry Lighting: the theory and practice*. Northcot, Cowdown Lane, Goodworth Clatford, Andover Hampshire UK.
- Lewis, P.D., Danisman, R. et Gous, R.M. (2009) Photoperiodic responses of broilers. I. Growth, feeding behaviour, breast meat yield, and testicular growth. *British Poultry Science* 50:657-666.
- Malleau A.E., Duncan I.J.H., Widowski T.M. et Atkinson J.L. (2007) The importance of rest in young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 106:52-69.

- May, J.D. et Lott, B.D. (1992) Effect of periodic feeding and photoperiod on anticipation of feed withdrawal. *Poultry Science* 71:951-958.
- Mench, J.A., Archer, G.S., Blatchford, R. A., Shivaprasad, H. L., Fagerberg, G. M. et Wakenell, P. S. (2008) Lighting Programs for Broiler Chickens: Pre- and Post- Hatch Effects on Behavior, Health, and Productivity. *Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers International Livestock Environment Symposium*, Iguassu Falls, Brazil.
- MiaoEn, T. et HowHong, H. (2008) Effect of LED chromatic light sources on hatching of broiler breeder eggs [abstract]. *Journal of the Chinese Society of Animal Science* 37:1-7.
- Moinard, C., Lewis, P.D., Perry, G.C. et Sherwin, C.M. (2001) The effects of light intensity and light source on injuries due to pecking of male domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Animal Welfare* 10:131-139.
- Newberry, R.C. (1992) Influence of increasing photoperiod and toe clipping on breast buttons of turkeys. *Poultry Science* 71:1471-1479.
- Osorio, D., Vorobyev, M. et Jones, C.D. (1999) Colour vision of domestic chicks. *The Journal of Experimental Biology* 202:2951-2959.
- Prayitno D.S., Phillips, C.J.C. et Omed, H. (1997) The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. *Poultry Science* 76:452-457.
- Prescott N.B. et Wathes, C.M. (1999) Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*). *British Poultry Science* 40:332-339.
- Prescott, N.B., Wathes, C.M. et Jarvis, J.R. (2003) Light, vision and the welfare of poultry. *Animal Welfare* 12:269-288.
- Pyrzak, R., Snapir, N., Goodman, G. et Perek, M. (1987) The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology* 28:947-960.
- Rattenborg N. C., Obermeyer W.H., Vacha E. ET Benca, R.M. (2005) Acute effects of light and darkness on sleep in the pigeon. *Physiol. Behav.* 84:635-640.
- Riber, A.B. (2013) Colour temperature of LED lighting used in broiler housing – preference and effects on performance. *IX European Symposium on Poultry Welfare, Uppsala, Sweden*. P. 99.
- Rozenboim, I., Robinzon, B. et Rosenstrauch, A. (1999) Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science* 40:452-457.
- Rozenboim, I., Huisinga, R., Halevy, O. et El Halawani, M.E. (2003) Effect of embryonic photostimulation on the posthatch growth of turkey poults. *Poultry Science* 82:1181-1188.
- Rozenboim, I., Biran, I., Chaiseha, Y., Yahav, S., Rosenstrauch, A., Sklan, D. et Halevy, O. (2004) The effect of green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. *Poultry Science* 83:842-845.
- Savory, C.J. et Duncan, I.J.H. (1982) Voluntary regulation of lighting by domestic fowls in Skinner boxes. *Applied Animal Ethology* 9:73-81.
- Schwean-Lardner, K., Fancher, B.I. et Classen, H.L. (2012a) Impact of daylength on behavioural output in commercial broilers. *Applied Animal Behaviour Science* 137:43-52.
- Schwean-Lardner, K., Fancher, B.I. et Classen, H.L. (2012b) Impact of daylength on the productivity of two commercial broiler strains. *British Poultry Science* 53:7-18.
- Schwean-Lardner, K., Fancher, B.I., Gomis, S., Van Kessel, A., Dalal, S. et Classen, H.L. (2013a) Effect of daylength on cause of mortality, leg health and ocular health in broilers. *Poultry Science*, 92:1-11.

- Schwean-Lardner, K., Fancher, B.I., Laarveld, B. et Classen, H.L. (2013b) Effect of daylength on flock behavioural patterns and melatonin rhythms in broilers. *British Poultry Science* (sous presse).
- Senaratna, D., Samarakone, T., Atapattu, N.S.B.M. et Nayanarasi, H.A.D. (2009) Effect of the colour of light on growth, performance, behaviour and bone parameters of broiler chicken. *Tropical Agricultural Research* 20:185-192.
- Sherwin, C.M., Lewis, P.D. et Perry, G.C. (1999) Effects of environmental enrichment, fluorescent and intermittent lighting on injurious pecking amongst male turkey poults. *British Poultry Science* 40:592-598.
- Smith, E.L., Greenwood, V.J., Goldsmith, A.R. et Cuthill, I.C. (2005) Effect of supplementary ultraviolet lighting on the behaviour and corticosterone levels of Japanese quail chicks. *Animal Welfare* 14:103-109.
- Solangi, A.H., Rind, M.I., Solangi, A.A., Shahani, N.A., Rind, A.N. et Solangi, S.H. (2004) Influence of lighting on production and agonistic behaviour of broiler [abstract]. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 3:285-288.
- Spiegel K., Leproult R. et Van Cauter, E. (1999) Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *The Lancet* 354:1435-1439.
- Xie, D., Wang, Z., Cao, J., Dong, Y. et Chen, Y. (2008a) Effects of monochromatic light on proliferation response of splenocyte in broilers [abstract]. *Anatomia Histologia Embryologia* 37:332-337.
- Xie, D., Wang, Z., Dong, Y.L., Cao, J., Wang, J.F., Chen, J.L. et Chen, Y.X. (2008 b) Effects of monochromatic light on immune responses of broilers. *Poultry Science* 87:1535-1539.
- Xie, D., Li, J., Wang, Z.X., Cao, J., Li, T.T., Chen, J.L. et Chen, Y.X. (2011) Effects of monochromatic light on mucosal mechanical and immunological barriers in the small intestine of broilers. *Poultry Science* 90:2697-2704.
- Zimmerman, N.G. (1988) Broiler performance when reared under various light sources. *Poultry Science* 67:43-51

8. MÉTHODES D'EUTHANASIE

CONCLUSIONS

1. **Très peu de recherche a été faite sur l'humanité des diverses méthodes d'euthanasie.**
2. **Un traumatisme contondant ou un coup de pistolet à tige pénétrante ou non bien appliqués entraîne l'inconscience immédiate menant à la mort.**
3. **La dislocation manuelle du cou est plus efficace que la dislocation mécanique du cou, mais aucune des deux n'entraîne la perte de conscience instantanée.**
4. **L'étourdissement électrique et l'étourdissement avec mise à mort sont des méthodes d'euthanasie complexes qui exigent un équipement et des procédures appropriés pour garantir la perte de conscience immédiate.**
5. **Le dioxyde de carbone est aversif. La concentration et la durée exactes nécessaires pour provoquer l'inconscience et la mort ne sont pas connues avec précision, mais toute concentration supérieure à 20 % pendant un minimum de 5 minutes provoque efficacement la mort. L'introduction de dioxyde de carbone à 100 % pour en augmenter graduellement la concentration dans l'air peut minimiser l'inconfort respiratoire.**
6. **Le gazage de la totalité d'un poulailler au moyen du dioxyde de carbone est un moyen efficace de destruction en masse, mais il y a sans doute détresse respiratoire avant la perte de conscience.**
7. **La mousse à base d'eau peut causer une grave détresse et il faudra donc faire plus de recherche pour utiliser cette méthode. La mousse contenant un gaz inerte réduit le temps nécessaire à la perte de conscience, mais exige également plus de recherche.**
8. **La macération (destruction mécanique), lorsqu'elle est faite soigneusement avec un équipement conçu à cette fin, entraîne la mort instantanée chez les poussins âgés d'un jour et chez les volailles adultes. Lorsque cette technique sert à tuer des volailles adultes, le nombre de volailles qui entrent en même temps dans l'appareil peut en influencer l'efficacité.**

INTRODUCTION

Le mot euthanasie signifie « bonne mort », qu'on quantifie par une douleur et une détresse minimales (American Veterinary Medicine Association [AVMA], 2007). Les techniques utilisées pour euthanasier un animal entraînent une perte de conscience rapide suivie par l'arrêt cardiaque ou respiratoire et la perte ultime de la fonction cérébrale (AVMA, 2007). Seul un animal conscient peut ressentir la douleur; la méthode choisie est moins critique si l'animal est d'abord rendu inconscient, à condition qu'il ne reprenne pas conscience avant la mort (AVMA, 2007). L'évaluation du bien-être d'un animal durant l'euthanasie est axée sur les états émotionnels et sur la minimisation des états désagréables comme la douleur et le stress. La fonction biologique et le comportement naturel de l'animal sont sans importance à ce moment.

Certaines méthodes d'euthanasie exigent qu'on manipule l'animal, et une manipulation appropriée est essentielle pour minimiser la douleur et la détresse (AVMA, 2007). Le choix de la méthode la plus appropriée à la situation dépend de l'espèce, des moyens de maintien disponibles, des compétences du personnel et du nombre et de la taille des animaux (AVMA, 2007). L'AVMA (2007) utilise les critères suivants pour évaluer les effets des méthodes d'euthanasie sur le bien-être et leur applicabilité :

1. la capacité de provoquer la perte de conscience et la mort sans causer de douleur, de détresse, d'anxiété ou d'appréhension,
2. le temps nécessaire pour provoquer la perte de conscience,
3. la fiabilité,

4. la sécurité du personnel,
5. l'irréversibilité,
6. la compatibilité avec les exigences et l'objectif,
7. l'effet émotionnel sur l'observateur ou le préposé,
8. la compatibilité avec l'évaluation, l'examen ou l'utilisation ultérieures des tissus,
9. les médicaments disponibles et la possibilité d'abus humain,
10. la compatibilité avec l'espèce, l'âge et l'état de santé,
11. la capacité de maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement et
12. la sécurité des prédateurs ou des charognards qui consommeraient la carcasse.

MOYENS GÉNÉRAUX D'EUTHANASIE

La mort au moyen de l'euthanasie est causée par un des trois mécanismes de base : l'hypoxie, la dépression directe des neurones nécessaires aux fonctions vitales ou l'interruption physique de l'activité cérébrale et la destruction des neurones nécessaires à la vie (AVMA, 2007). L'intention de l'euthanasie étant d'offrir une bonne mort, la méthode idéale provoquera la perte de conscience immédiate (en moins d'une seconde) et sans équivoque, ou lorsque la perte de conscience n'est pas immédiate, elle doit être provoquée d'une façon non aversive et sans causer d'anxiété, de douleur, de détresse ou de souffrance chez les animaux conscients (Autorité européenne de sécurité des aliments [EFSA], 2004).

ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ

L'évaluation de la perte de conscience ou de l'insensibilité et de la mort cérébrale après l'euthanasie peut être effectuée au moyen d'un électroencéphalogramme (EEG), du potentiel évoqué, des réflexes du tronc cérébral et spinaux et des mesures comportementales comme la vocalisation, la respiration rythmique et le tonus de la mâchoire et des muscles. On considère que l'EEG est l'indicateur le plus fiable parce qu'il enregistre une mesure nécessaire à la conscience, soit l'activité du cortex cérébral (Erasmus et coll., 2010a). On reconnaît l'insensibilité à la distorsion ou à la disparition des rythmes normaux de l'EEG ou à l'augmentation des rythmes anormaux ou à la disparition de tous les signaux. Le potentiel évoqué est issu de l'activité électrique du cortex et l'absence d'activité cérébrale (mesurée avec l'EEG) en réaction à un stimulus indique que la volaille est inapte à recevoir et traiter les stimulus externes.

Bien que l'on considère l'EEG et le potentiel évoqué comme les indicateurs les plus fiables, leur peu d'applicabilité à l'extérieur d'un laboratoire entraîne le recours commun à d'autres mesures comme les réflexes du tronc cérébral et spinaux (Erasmus et coll., 2010a). La perte totale des gestes volontaires et des réflexes involontaires en réaction à un stimulus douloureux indique l'insensibilité. Comme la perception de la douleur s'éteint avec la montée de l'inconscience, l'absence de réflexe à la douleur est un des moyens les plus pratiques pour évaluer l'insensibilité sur le terrain (Erasmus et coll., 2010a). On peut également détecter l'insensibilité complète au moyen de l'absence de réflexes du tronc cérébral, ce qui comprend le réflexe pupillaire à la lumière, le réflexe cornéen ou le réflexe de la membrane nictitante (mouvement de la membrane nictitante sur l'œil) (Erasmus et coll., 2010a).

La crise tonique sert également pour indiquer l'insensibilité, dans le cas de l'étourdissement électrique en particulier. La crise tonique se caractérise par le raidissement et la cambrure du cou, l'extension rigide des pattes, le repliement serré des ailes autour de la poitrine et les mouvements corporels constants (EFSA, 2004). De même, les yeux des volailles seront grands ouverts et ne cligneront pas au toucher et la respiration rythmique sera absente. Le retour de la respiration rythmique et des réflexes de l'œil indiquent une reprise de conscience.

MÉTHODES D'EUTHANASIE PHYSIQUES

Les méthodes d'euthanasie physiques provoquent moins de peur et de détresse chez l'animal et sont plus rapides, indolores, sans cruauté et pratiques que les autres lorsqu'on les utilise correctement (AVMA, 2007). Dans certains

cas, les méthodes d'euthanasie physiques sont les mieux appropriées, mais elles peuvent être esthétiquement déplaisantes et, comme la plupart d'entre elles comportent un traumatisme, elles présentent des risques pour l'animal et l'opérateur (AVMA, 2007). Les méthodes physiques jugées acceptables pour l'euthanasie des volailles sont le coup de fusil, le traumatisme contondant, le pistolet à tige non-pénétrante, la dislocation manuelle du cou, la décapitation et, dans certains cas, la macération.

Traumatisme contondant : Le traumatisme contondant au moyen d'un tuyau de métal cause invariablement l'insensibilité immédiate menant à la mort chez les dindons, les dindes lourdes et les dindons à griller (Erasmus et coll., 2010b). L'efficacité est plus variable chez les dindons à griller que chez les dindons lourds, plusieurs d'entre eux nécessitant une deuxième application, peut-être à cause de la cible plus petite (Erasmus et coll., 2010b).

Pistolet à tige pénétrante ou non : Lorsqu'il est bien utilisé, le coup de pistolet à tige pénétrante cause la cessation immédiate de la respiration, la perte du tonus musculaire du cou et des réflexes oculaires chez les poulets à chair (Raj et O'Callaghan, 2001). On arrive à ce résultat seulement lorsque la tige de 6 mm est placée perpendiculairement au crâne et déclenchée avec une pression d'air de 827 kPa. Une tige plus petite (3 mm) ou une pression d'air inférieure (620 kPa), ou les deux ne provoquent pas l'inconscience et le fait de placer la tige à un angle supérieur à 90° par rapport au crâne (penchée vers le bec) n'étourdit que 4 poulets à chair sur 9 (Raj et O'Callaghan, 2001).

On a examiné l'utilisation du pistolet pneumatique à tige non pénétrante comme méthode d'euthanasie sans cruauté des volailles à la ferme (Erasmus et coll., 2010b). Il provoque invariablement l'insensibilité immédiate lorsqu'il est placé perpendiculairement au crâne directement au-dessus du cortex cérébral. Le pistolet à tige non pénétrante permet d'appliquer une force constante au crâne, quelle que soit la force de l'opérateur.

Le pistolet à tige non pénétrante (diamètre de 8 mm et pression d'air de 758 à 827 kPa) est semblable au traumatisme contondant par le temps final de convulsion et la proportion de volailles qui reprennent conscience, mais est plus sensible pour les petits dindons (Erasmus et coll., 2010b). On a observé une hémorragie microscopique dans le cerveau des dindons euthanasiés avec un pistolet à tige non pénétrante d'un diamètre de 8 mm et une pression d'air de 724 à 827 kPa, tout comme pour le traumatisme contondant (Erasmus et coll., 2010c). La fracture du crâne était plus grave lorsqu'on utilisait un pistolet à tige non pénétrante plutôt qu'un traumatisme contondant pour les dindons lourds et les dindons à griller (Erasmus et coll., 2010c).

Le recours au coup de pistolet à tige pénétrante ou non provoque de violents battements d'ailes involontaires et des convulsions cloniques qui peuvent être dangereuses pour l'opérateur.

Dislocation manuelle du cou : Bien que rarement examinée scientifiquement, la dislocation manuelle du cou est une méthode d'euthanasie reconnue par l'AVMA (2007) et l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) (2010). L'OIE (2010) recommande que la dislocation manuelle du cou soit utilisée avec des volailles conscientes seulement si leur poids est inférieur à 3 kg et s'il faut tuer un petit nombre de volailles et qu'on ne dispose d'aucune autre méthode. Il y a deux formes de dislocation du cou, manuelle et mécanique. La méthode de dislocation manuelle du cou est appliquée en saisissant la volaille à la base du crâne et en tirant rapidement le cou pour séparer la colonne vertébrale de la base du cerveau. La dislocation du cou mécanique comporte le recours à un instrument comme une pince-étau ou une pince Burdizzo appliquée au cou pour écraser et séparer la colonne vertébrale.

Erasmus et coll. (2010 b) ont révélé que les dindons à griller euthanasiés par dislocation du cou manuelle donnaient des signes de sensibilité (halètements et réflexes) en moyenne pendant 43 secondes après la procédure. Gregory et Wotton (1990) ont également trouvé que moins de 10 % des volailles qui subissent une dislocation du cou donnent des signes de commotion et que 25 % des volailles qui subissent une dislocation du cou manuelle ne donnent pas immédiatement de signes de changement de leur potentiel évoqué visuel (PEV), avec une moyenne de 105 secondes avant la perte de PEV. De même, Erasmus et coll. (2010b) ont noté la présence de réflexes oculaires chez tous les dindons à griller euthanasiés par dislocation du cou manuelle. Même avec les signes de

sensibilité pendant un moment après la procédure, la dislocation du cou entraîne invariablement la mort en environ 140 secondes et aucune autre procédure n'est nécessaire (Erasmus et coll., 2010a). Dawson et coll. (2007) signalent que la cessation des convulsions cloniques et que le temps de relaxation du muscle cardiaque mesurés par électrocardiographe (ECG) se produisent en moyenne pendant 128 et 154 secondes, respectivement, après la dislocation des dindons à griller.

La dislocation mécanique par écrasement du cou provoque la rupture des vaisseaux sanguins et l'épanchement du sang sous le peu du crane (Erasmus et coll., 2010c). Il se produit une hémorragie au site de la dislocation, ce qui mène à une réduction de la circulation sanguine et de l'apport en oxygène au cerveau (Erasmus et coll., 2010c). La mort est sans doute provoquée par une hypoxie et une ischémie cérébrales, et ne semble pas instantanée. Les dindes tuées à l'aide d'une pince Burdizzo avaient toutes des réflexes visibles de la membrane nictitante pendant une moyenne de 106 secondes après la procédure (Erasmus et coll., 2010b). De même, le potentiel évoqué visuel restait pendant 192 et 245 secondes, respectivement, lorsqu'on utilisait les démarches ventrales et dorsales d'écrasement avec un appareil mécanique pour les poulets à chair (Gregory et Wotton, 1990).

Décapitation : La décapitation est la séparation du cou près de la tête. Cette méthode retient peu l'attention dans la documentation scientifique, mais un rapport sur les volailles anesthésiées révèle que la décapitation ne cause pas immédiatement l'insensibilité de la voie corticale optique du poulet vers un stimulus visuel (Gregory et Wotton, 1986). L'onde de réaction normale persistait pendant environ 30 secondes après la décapitation. Cette méthode était sensiblement plus rapide pour la perte d'activité EEG spontanée que les méthodes dans lesquelles une ou deux veines carotides ou jugulaires, ou les deux sont coupées (Gregory et Wotton, 1986). On ignore si ces réactions durables sont associées à un processus cognitif du cerveau ou la durée de l'insensibilité avec cette méthode. Une préoccupation majeure de la décapitation est le potentiel de contamination due au sang répandu (EFSA, 2004).

Macération : L'OIE (2010) considère que la macération est une méthode d'euthanasie acceptable pour les poussins d'un jour et les œufs. Le recours à une machine, conçue spécialement avec des lames ou des projections rotatives, cause la fragmentation immédiate et la mort des volailles d'un jour et des œufs embryonnés (AVMA, 2007). Il faut être prudent pendant l'introduction des volailles pour éviter le calage de l'équipement, le rebondissement des volailles sur les lames ou leur suffocation avant la macération (OIE, 2010). On ne dispose d'aucun document scientifique à considérer sur la macération.

Elle sert occasionnellement pour la destruction des pondeuses en fin de cycle et constitue une autre option pour l'abattage en masse à la ferme. Une évaluation de cette procédure (effectuée sur des volailles vivantes et mortes) a révélé que le temps moyen pour qu'une volaille passe dans le macérateur est de 1,53 seconde (Rouvinen-Watt et coll., 2004). Les volailles vivantes passent à travers en un peu moins de temps, soit une moyenne de 1,28 seconde. Près des 70 % des volailles vivantes entrent dans le macérateur tête première lorsqu'on les introduit une à la fois, mais ce chiffre tombe à 43 % lorsqu'on introduit deux volailles à la fois et, lorsqu'on en introduit 3 à la fois, au moins une n'entre pas tête première (Rouvinen-Watt et coll., 2004). Lorsqu'on introduit une poule vivante, environ 35 % vocalisent, mais plus de 20 % des volailles mortes vocalisent, sans doute à cause de la compression des cordes vocales lorsque la volaille passe dans la machine (Rouvinen-Watt et coll., 2004). La vocalisation augmente considérablement à environ 60 % lorsque deux volailles vivantes sont introduites et au moins une volaille vivante sur trois vocalise quand on en introduit trois.

ÉTOURDISSEMENT ÉLECTRIQUE ET ÉTOURDISSEMENT AVEC MISE À MORT

L'étourdissement électrique à la tête seulement consiste en l'application d'un courant électrique à travers la tête de la volaille. Les volailles sont habituellement à l'envers et maintenues dans un cône ou un étrier. La superficie de l'électrode en contact avec la tête, les propriétés électriques du matériau de l'électrode, la crête de tension ou la tension crête à crête de l'étourdisseur, la fréquence du courant et la pression appliquée influencent toutes l'efficacité de l'étourdissement électrique (EFSA, 2004). Les propriétés des étourdisseurs, comme la tension, le courant, la forme d'onde et la fréquence, varient et sont donc difficiles à comparer et à uniformiser. De plus, la profondeur et la durée de l'inconscience provoquée au moyen d'une variété de combinaisons de formes d'onde et de fréquences n'ont pas été déterminées, pas plus que les effets cumulatifs de l'étourdissement électrique et de la coupe des vaisseaux sanguins à l'abattage (EFSA, 2004).

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (2004) recommande que lorsqu'on utilise un étourdisseur à tension constante (110 V valeur efficace [VE]) à 50 Hz AC, la volaille maintenue soit exposée à une VE minimale ou à un courant moyen de 240 mA pour les poulets et de 400 mA pour les dindons pendant un minimum de 7 secondes. En outre, le coupage du cou doit être effectué dans les 15 secondes de la fin de l'étourdissement.

Si l'étourdissement est réalisé au moyen d'un étourdisseur à tension variable à courant constant qui fournit une onde sinusoïdale et utilise des électrodes à faible impédance, le courant de VE minimum recommandé est de 100 mA à une fréquence de 50 Hz, de 150 mA à 400 Hz et de 200 mA à une fréquence de 1500 Hz (EFSA, 2004). Dans ces cas, le courant doit être appliqué pendant au moins 1 seconde et les deux artères carotides tranchées dans les 20 secondes de la fin de l'étourdissement.

On peut constater la réussite d'un étourdissement par l'apparition immédiate d'une crise tonico-clonique, d'une période distincte de crise tonique, de l'apnée pendant la crise tonique ou l'absence de battements des ailes pendant l'hémorragie, ou les deux (EFSA, 2004).

L'étourdissement électrique par bain d'eau et l'étourdissement avec mise à mort par bain d'eau sont des méthodes communes utilisées dans l'abattage des volailles, mais ne sont pas pratiques à la ferme.

L'étourdissement avec mise à mort au moyen d'électrodes sèches est une méthode qui n'est pas utilisée dans un cadre commercial, mais qu'on développe pour les poulets et qui pourrait être pratique à la ferme. En général, l'application à la tête seulement sert à provoquer l'inconscience et est immédiatement suivie par l'application à la tête et au cloaque des électrodes placées au préalable. On ne doit utiliser l'étourdissement à la tête que sur des volailles maintenues, car il cause des battements d'ailes (Raj et coll., 2001). Lorsqu'on utilise un étourdisseur à tension constante, un courant d'une VE minimale de 240 mA à 50 Hz AC doit être appliqué sans interruption pendant au moins 5 secondes à travers la tête pour étourdir et 5 autres secondes à travers le corps pour tuer les poulets (EFSA, 2004). Si on utilise un étourdisseur à tension variable/courant constant, il faut appliquer un courant d'une VE minimale de 150 mA à 50 Hz AC pendant 1 seconde à travers la tête pour étourdir et une 1 seconde à travers le corps (EFSA, 2004).

GAZ

Le gazage est une méthode d'euthanasie jugée acceptable pour les volailles (AVMA, 2007; EFSA, 2004; OIE, 2010). Le gazage limite la quantité d'oxygène dans les poumons et le cerveau (hypoxie) ou touche directement le système nerveux central. Les gaz les plus utilisés pour l'étourdissement des volailles sont le dioxyde de carbone (CO₂), l'argon (Ar) et l'azote (N₂) (Alphin et coll., 2010). Le dioxyde de carbone touche directement le système nerveux central (par hypercapnie) et déplace l'oxygène de l'air pour causer l'hypoxie tandis que l'azote (N₂) et l'argon (Ar) ne déplacent que l'oxygène. Les gaz et les mélanges gazeux ne causant pas immédiatement l'inconscience doivent être donnés de façon à équilibrer la perte de conscience et le déplacement d'oxygène (Alphin et coll., 2010). Si les gaz tuent les volailles de façon relativement rapide, ils peuvent être jugés

acceptables malgré leur caractère aversif, en particulier lorsqu'ils servent pour prévenir la propagation d'une maladie.

Dioxyde de carbone et mélanges gazeux : Le dioxyde de carbone a un effet anesthésique, une caractéristique désirable pour une méthode d'euthanasie. Mais c'est un gaz acide et une substance aversive pour de nombreux animaux et de nombreuses volailles, de même qu'un puissant stimulant respiratoire (Raj, 1996; Sandilands et coll., 2011). Les dindons exposés à 72 % de CO₂ suffoquent, vocalisent et branlent la tête, et plus de la moitié d'entre eux évitent ou tentent d'éviter ce gaz (Raj, 1996). Le remplacement de l'air atmosphérique par du CO₂ est également accompagné par des halètements et un branlement de la tête à environ 47 secondes et 38 secondes après induction du gaz, respectivement, chez les poulets à chair (Gerritzen et coll., 2004). McKeegan et coll. (2006) ont observé des troubles respiratoires chez les poulets à chair lorsqu'on diffuse du CO₂ dans l'air ou dans de l'azote (N₂), le plus grand nombre de poulets donnant des signes de troubles respiratoires à 25 % de CO₂. Même à une faible concentration (10 %) de CO₂ dans l'air, on a observé le branlement de la tête et les troubles respiratoires, et les volailles étaient plus réticentes à se nourrir en présence de ce gaz à mesure qu'augmentait sa concentration (McKeegan et coll., 2006). Les mêmes réactions observées avec les deux gaz porteurs suggèrent que la réaction des volailles est due au CO₂ même (McKeegan et coll., 2006).

L'argon est moins aversif que le CO₂ : plus de dindons acceptaient d'entrer dans une chambre d'alimentation remplie d'argon ou d'argon et de CO₂, que de CO₂ et d'air (Raj, 1996). On n'a observé aucun signe de détresse respiratoire chez les dindons exposés à des concentrations létales d'argon (Raj, 1996). Les poulets à chair avaient moins d'aversion à des mélanges gazeux à fortes concentrations (90 %) d'azote ou d'argon avec de faibles concentrations de CO₂ qu'au CO₂ dans l'air, mais il semble que tous les mélanges gazeux étaient aversifs (Sandilands et coll., 2011).

Le recours au CO₂ à 100 % pour augmenter graduellement le CO₂ dans l'air est recommandé pour prévenir l'inconfort possible chez les volailles (Gerritzen et coll., 2004). Pour tuer toutes les volailles, on suggère qu'il faut un niveau d'au moins 40 % de CO₂ dans l'air pendant 30 minutes (Gerritzen et coll., 2004), mais Turner et coll. (2012) ont découvert que l'exposition à des concentrations croissantes de plus de 20 % pendant au moins 5 minutes assure une mort cérébrale irréversible chez les pondeuses. Après les premières réactions à l'exposition de CO₂, les poulets à chair perdaient leur posture en moyenne 172 secondes après induction de 100 % de CO₂ à l'âge de 6 semaines, et on notait l'apparition de convulsions de 177 secondes à 700 secondes. Les pondeuses perdaient leur posture environ 120 secondes après le début de l'arrivée de CO₂, une réaction qu'on juge liée à l'inconscience (Turner et coll., 2012). Des éléments de preuve associent la perte totale de posture à la perte de sensibilité, mais dans certains cas, des convulsions se produisent avant le commencement de l'insensibilité (Gerritzen et coll., 2004). La mort cérébrale, indiquée par un électroencéphalogramme (EEG) plat, se produit environ 5 minutes après l'ouverture du robinet de gaz, alors que le rythme cardiaque montrait des anomalies pendant les 2 premières minutes, mais on n'a observé aucun infarctus du myocarde ni hypoxie jusqu'à près de 7 minutes (Turner et coll., 2012). On a observé un EEG plat chez tous les poulets 11 minutes après le début de l'introduction du gaz (Turner et coll., 2012).

On a suggéré que les oiseaux aquatiques sont moins susceptibles à l'hypoxie et à l'hypercapnie à cause de leur adaptation à la plongée. Toutefois, Gerritzen et coll. (2006) ont révélé que les canards de Pékin et les dindons meurent en deçà de 13 minutes à des concentrations de CO₂ augmentées de 0 à 44 %, les deux espèces ayant des réactions semblables. On a observé la perte de posture à 22,7 % de CO₂ pour les canards et 19,2 % pour les dindons (Gerritzen et coll., 2006). On n'a pas observé les réactions comportementales des canards à cette méthode d'euthanasie dans ces conditions (Gerritzen et coll., 2006).

EUTHANASIE EN MASSE

Dans certains cas, il faut tuer des volailles à la ferme dans des situations d'urgence comme une épidémie ou un désastre naturel. L'euthanasie des volailles à la ferme minimise les risques de transfert de maladie à d'autres volailles et, dans certains cas, aux humains. Dans ces circonstances, la biosécurité et les risques pour les humains se chargeant de la procédure sont également des considérations importantes. Le dépeuplement d'un troupeau comme les pondeuses en fin de cycle est une autre application possible de l'euthanasie en masse à la ferme. Ces volailles sont transportées sur de longues distances vers les abattoirs et l'euthanasie à la ferme éliminerait le stress du transport chez ces animaux (Turner et coll., 2012).

L'introduction d'agents gazeux dans les poulaillers est une méthode intéressante parce qu'on peut l'appliquer aux troupeaux commerciaux avec un minimum de manipulation et une bonne biosécurité (McKeegan et coll., 2011). On peut aussi sortir les volailles du poulailler et les placer dans un contenant avec une concentration létale de gaz, ou on peut les placer dans les contenants et introduire le gaz, mais les méthodes comportant la capture des volailles exigent beaucoup de main-d'œuvre (Raj et coll., 2006).

Gazage du poulailler : Dans le gazage du poulailler, le bâtiment est scellé pour prévenir les fuites et on y introduit le gaz. Le dioxyde de carbone est un des gaz les plus utilisés pour le dépeuplement à grande échelle d'urgence (Alphin et coll., 2010). On utilise aussi le gazage d'une partie du poulailler qui suit la même procédure. Si on utilise le CO₂, on injecte le CO₂ liquide à pression élevée dans le bâtiment jusqu'à ce que sa concentration dans l'air atteigne une concentration acceptable (40 % ou plus) pour euthanasier les volailles dans tout le poulailler (Alphin et coll., 2010).

Une des plus grandes difficultés liées au gazage du poulailler dans des conditions commerciales est d'atteindre la concentration de gaz rapidement et de façon constante. L'arrivée du gaz n'est pas uniforme dans l'ensemble du bâtiment et, fait intéressant, il fallait plus de temps pour que les aires les plus proches de l'arrivée de gaz atteignent la concentration cible de 45 % de CO₂ que les endroits distants ou centraux (McKeegan et coll., 2011).

Il est également très difficile de déterminer avec exactitude le temps nécessaire à la perte de sensibilité chez les volailles pendant le gazage du poulailler. Turner et coll. (2012) ont utilisé les changements de posture, l'activité cérébrale réduite et l'arrêt cardiaque sur un échantillon de volailles instrumentées dans un poulailler de 24 000 poules en cage et dans un poulailler de 13 100 poules en liberté pour estimer la perte de sensibilité. Ils ont découvert que l'inconscience se produit à des concentrations de 18 à 20 % de CO₂ et à des concentrations de moins de 20 % d'O₂. L'exposition prolongée d'au moins 5 minutes à des concentrations de CO₂ dépassant les 20 % était nécessaire pour assurer la mort cérébrale irréversible (Turner et coll., 2012). Dans un autre rapport, les traces respiratoires et de l'EEG de 8 volailles répandues dans l'ensemble du poulailler indiquaient que l'inconscience se produit à près de 8 minutes en moyenne, et que le temps moyen jusqu'à la mort après le début de l'introduction du CO₂ était d'environ 16 minutes, allant de 13,7 à 22,1 minutes (McKeegan et coll., 2011). La raison d'être de ces différences n'est pas claire, mais elles peuvent être liées à la vitesse de l'introduction du gaz par rapport au nombre de volailles dans le poulailler.

Bien qu'on mesure la perte de conscience à partir du début de l'introduction du gaz, on ne constatait pas immédiatement de réaction parce que les volailles ne respirent pas le gaz dès le début. On a calculé que la période de prise de conscience de l'exposition au gaz par les volailles était entre 4 et 8 minutes après le début de l'introduction du gaz (McKeegan et coll., 2011). Cette période correspond aux réactions cardiaques et respiratoires les plus graves des volailles. Au départ, il se produit une bradyarythmie chez les volailles durant une période pendant laquelle la conscience est encore très possible (McKeegan et coll., 2011). Les réactions respiratoires étaient également manifestes avec l'inspiration prolongée, un volume respiratoire accru et une fréquence respiratoire réduite chez toutes les volailles (McKeegan et coll., 2011). On pense que c'est une réaction à une expérience désagréable (McKeegan et coll., 2011).

Un autre problème du recours au CO₂ est le risque d'hypothermie grave à mesure qu'on introduit le CO₂ liquide dans le bâtiment à -78 °C (McKeegan et coll., 2011). Des températures inférieures à 0 °C ont été enregistrées dans un poulailler lorsqu'on introduisait du CO₂, et la température corporelle passait d'une hypothermie moyenne à modérée, mais pas létale (McKeegan et coll., 2011). De même, Turner et coll. (2012) ont révélé que la température du poulailler baissait pour atteindre -23 °C 13,5 minutes après l'introduction du gaz dans une expérience, mais dans une autre, la plus basse température enregistrée était de seulement 15 °C. Dans ces expériences, la température corporelle demeurait près de la normale tandis que les volailles étaient vivantes, et il n'y avait aucun signe de gel des volailles avant la mort (Turner et coll., 2012).

Après des observations détaillées, Turner et coll. (2012) ont conclu que l'introduction de CO₂ dans un poulailler complet est une méthode de dépeuplement viable, mais que l'irritation respiratoire et l'acidose musculaire sont des problèmes de bien-être avant la perte de conscience. McKeegan et coll. (2011) ont également conclu que le gazage du poulailler est très efficace pour le dépeuplement des poulaillers de poudeuses, mais encore une fois, les réactions respiratoires indiquent un bien-être atténué.

Mousse extinctrice à base d'eau : Les méthodes qui ont recours aux mousses pour tuer les volailles dans les poulaillers utilisent l'équipement de production de mousse à foisonnement moyen ou haut pour répandre une couverture de mousse extinctrice à base d'eau sur les volailles. L'immersion dans la mousse cause l'occlusion rapide des voies respiratoires et entraîne la mort en quelques minutes (Alphin et coll., 2010). La mousse à base d'eau est approuvée par le département de l'Agriculture des États-Unis (USDA) comme méthode de dépeuplement de masse des poulaillers à plancher. Un des principaux avantages de cette méthode est qu'il n'est pas nécessaire de sceller le poulailler, ce qui est particulièrement attrayant pour les poulaillers ouverts. Toutefois, cette méthode comporte la séparation physique des voies respiratoires supérieures et de l'air atmosphérique et est comparée à la mort par noyade, par suffocation ou par asphyxie (Raj et coll., 2008), et n'est pas jugée sans cruauté.

L'euthanasie au moyen de la mousse à base d'eau a également été testée sur les canards de Pékin et les canards mignons qui mettent plus de temps à cesser de bouger que les poulets à chair (Benson et coll., 2009). Les mesures EEG indiquent que les canards mettent plus de temps avant l'arrêt cardiaque après introduction (Benson et coll., 2009). Aucune mesure de la perte de conscience n'a été prise dans cette étude, de sorte qu'il faut étudier davantage les répercussions du recours à la mousse à base d'eau sur le bien-être des oiseaux aquatiques si on veut l'utiliser.

Mousse à gaz inerte : Une préoccupation du recours à la mousse à base d'eau pour l'euthanasie est que la cause de la mort est la noyade ou la suffocation. On a récemment étudié le recours aux gaz inertes dans la mousse comme moyen d'améliorer le temps jusqu'à l'inconscience et rendre cette procédure moins cruelle. La mousse servirait de porteur du gaz et à mesure que les bulles de la mousse se désintègrent ou éclatent, elles libèrent le gaz infusé, ce qui mène à l'inconscience et à la mort de la volaille (Alphin et coll., 2010). Les résultats ont montré que la mousse avec CO₂ a un temps moyen plus court jusqu'au silence EEG que le CO₂ seul, ce qui indique que les volailles sont tuées par la mousse et non la libération du CO₂ (Alphin et coll., 2010). La mousse avec CO₂ avait un temps jusqu'au silence EEG (120 secondes) semblable à celui du gaz CO₂ (134 secondes) et de la mousse avec l'air ambiant (134 secondes), tous étant plus rapides que l'argon avec CO₂ (195 secondes), mais ces différences ne sont pas statistiquement significatives (Alphin et coll., 2010). Le temps jusqu'à la perte de conscience, qui se produit sans doute avant le silence EEG, n'a pas été déterminé pour ces méthodes.

La mousse contenant de l'azote pur a également fait l'objet d'une courte étude (Raj et coll., 2008). On a posé comme hypothèse qu'une mousse sèche contenant de l'azote pur soit libère du gaz, soit épuise l'oxygène atmosphérique au contact des volailles, ce qui mène à une hypoxie aiguë. Une expérience à petite échelle a confirmé cette hypothèse avec les volailles exposées à une mousse sèche avec azote qui mourraient en quelques secondes.

ŒUFS NON ÉCLOS

Mellor et Diesch (2007) ont étudié la documentation plus vieille sur les preuves anatomiques, électrophysiologiques et comportementales d'un développement de la conscience chez les poussins dans le cadre d'une compréhension plus récente de la neurophysiologie fœtale. Ils définissent conscience comme « le fait qu'un stimulus perçu engage le cortex cérébral (ou la structure équivalente chez les oiseaux) et cause une réaction que l'individu peut ou non ressentir. » Pendant l'incubation, l'anatomie neuronale est fonctionnellement immature et l'activité électrique n'apparaît pas avant le jour 13 ou 14. À partir de ce moment jusqu'au bêchage, les tracés EEG suggèrent un état continu d'inconscience semblable au sommeil, même si les interactions vocales et auditives pré-éclosion suggèrent que le poussin a un certain niveau de conscience pendant les dernières étapes de l'incubation. Les données de l'EEG indiquent que les 30 premières minutes après l'éclosion se caractérisent par une inconscience semblable au sommeil; les tracés EEG caractéristiques de l'éveil apparaissent lorsque le poussin tient la tête droite et se redresse pendant les 2 heures après l'éclosion. Les tracés EEG se développent en schémas typiques du poussin éveillé à environ 6 heures. Les auteurs suggèrent qu'il faut de la recherche au moyen de technologies plus avancées pour préciser les écarts entre les données de l'EEG et le comportement pendant la fin de l'incubation et l'éclosion.

RÉFÉRENCES

Alphin, R., Rankin, M., Johnson, K. et Benson, E. (2010) Comparison of water-based foam and inert-gas mass emergency depopulation methods. *Avian Diseases* 54:757-762.

American Veterinary Medicine Association [AVMA] (2007) *AVMA Guidelines on euthanasia*. Available at www.avma.org/issues/animal_welfare/euthanasia.pdf

Benson, E.R., Alhin, R.L., Dawson, M.D. et Malone, G.W. (2009) Use of water-based foam to depopulate ducks and other species. *Poultry Science* 88:904-910.

Dawson, M.D., Lombardi, M.E., Benson, E.R., Alphin, R.L. et Malone, G.W. (2007) Using accelerometers to determine the cessation of activity of broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 16:583-591.

Erasmus, M., Turner, P. et Widowski, T. (2010a) Measures of insensibility used to determine effective stunning and killing of poultry. *Journal of Applied Poultry Research* 19:288-298.

Erasmus, M., Lawlis, P., Duncan, I. et Widowski, T. (2010b) Using time to insensibility and estimated time of death to evaluate a nonpenetrating captive bolt, cervical dislocation, and blunt trauma for on-farm killing of turkeys. *Poultry Science* 89:1345-1354.

Erasmus, M., Turner, P., Nykamp, S. et Widowski, T. (2010c) Brain and skull lesions resulting from use of percussive bolt, cervical dislocation by stretching, cervical dislocation by crushing and blunt trauma in turkeys. *Veterinary Record* 167:850-858.

European Food Safety Authority [EFSA] (2004) Welfare Aspects of Animal Stunning and Killing Methods. Scientific Report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a Request from the Commission Related to Welfare Aspects of Animal Stunning and Killing Methods. EFSA Journal. Consultable à l'adresse : www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/45.htm

Gerritzen, M., Lambooij, B., Reimert, H., Stegeman, A. et Spruijt, B. (2004) On-farm euthanasia of broiler chickens: Effects of different gas mixtures on behaviour and brain activity. *Poultry Science* 83:1294-1301.

Gerritzen, M.A., Lambooij, E., Reimert, H.G.M., Spruijt, B.M. et Stegeman, J.A. (2006) Susceptibility of duck and turkey to severe hypercapnic hypoxia. *Poultry Science* 85:1055-1061.

Gregory, N.G. et Wotton, S.B. (1986) Effect of slaughter on the spontaneous and evoked activity of the brain. *British Poultry Science* 27:195-205.

- Gregory, N. et Wotton, S. (1990) Comparison of neck dislocation and percussion of the head on visual evoked responses in the chicken's brain. *The Veterinary Record* 126:570-572.
- McKeegan, D., McIntyre, J., Demmers, T., Wathes, C. et Jones, R. (2006) Behavioural responses of broiler chickens during acute exposure to gaseous stimulation. *Applied Animal Behaviour Science* 99:271-286.
- McKeegan, D., Sparks, N., Sandilands, V., Demmers, T., Boulcott, P. et Wathes, C. (2011) Physiological responses of laying hens during whole-house killing with carbon dioxide. *British Poultry Science* 52:645-657.
- Mellor, D. et Diesch, T. (2007) Birth and hatching: Key events in the onset of awareness in the lamb and chick. *New Zealand Veterinary Journal* 55:51-60.
- Raj, A. (1996) Aversive reactions of turkeys to argon, carbon dioxide and a mixture of carbon dioxide and argon. *The Veterinary Record* 138:592-593.
- Raj, A.B.M. et O'Callaghan, M. (2001) Evaluation of a pneumatically operated captive bolt for stunning/killing broiler chickens. *British Poultry Science* 42:295-299.
- Raj, A., Sandilands, V. et Sparks, N. (2006) Review of gaseous methods of killing poultry on-farm for disease control purposes. *The Veterinary Record* 159:229-235.
- Raj, A., Smith, C. et Hickman, G. (2008) Novel method for killing poultry in houses with dry foam created using nitrogen. *The Veterinary Record* 162:722-723.
- Raj, A.B.M., Wilkins, L.J., O'Callaghan, M. et Phillips, A.J. (2001) Effect of electrical stun/kill method, interval between killing and neck cutting and blood vessels cut on blood loss and meat quality in broilers. *British Poultry Science* 42:51-56.
- Rouvinen-Watt, K., White, M. et Rathgeber, B. (2004) *On-site culling and acid preservation of end-of-cycle hens*. Nova Scotia's Adaptation Council.
- Sandilands, V., Raj, A., Baker, L. et Sparks, N. (2011) Aversion of chickens to various lethal gas mixtures. *Animal Welfare* 20:253-262.
- Turner, P., Kloeze, H., Dam, A., Ward, D., Leung, N., Brown, E., Whiteman, A., Chiappetta, M.E. et Hunter, D.B. (2012) Mass depopulation of laying hens in whole barns with liquid carbon dioxide: Evaluation of welfare impact. *Poultry Science* 91:1558-1568.
- World Organization for Animal Health [OIE] (2010) Chapter 7.6 Killing of animals for disease control purposes. In: Code sanitaire pour les animaux terrestres. Paris FR : Organisation mondiale de la santé animale.

9. INTERVENTION CHIRURGICALE SUR LES DINDONS

La présente section examine la documentation sur les interventions chirurgicales sur les dindons seulement. On peut trouver plus d'information dans la *Code de pratiques pour le soin et la manipulation des poulettes, pondeuses et poules de réforme : volaille (pondeuses) – Revue de la littérature scientifique relative aux questions prioritaires*, car la recherche dans ce domaine est axée sur les poules pondeuses.

CONCLUSIONS

- 1. Il y a très peu de recherche effectuée au moyen de méthodes modernes sur les interventions chirurgicales sur les dindons.**
- 2. Il n'existe aucun résultat constant sur la performance (gain de poids, conversion alimentaire, mortalité et autres) en ce qui concerne l'épointage du bec des dindons. La lignée génétique, la méthode d'épointage et le sexe des dindons ont donné des résultats différents.**
- 3. L'épointage du bec n'a pas d'effet constant sur les comportements agonistiques et le tirage des plumes et leur fréquence varie avec l'âge. Les dindons au bec épointé passent plus de temps à picorer et à tirer les plumes que leurs contreparties au bec intact à cause de leur capacité réduite de saisir et de tirer les plumes.**
- 4. L'épointage du bec au moyen d'un courant électrique semble causer le plus de dommages au bec et a le temps de cicatrisation le plus lent. Les sécateurs font peu de dommages au bec et la lame chauffée cause des dommages qui varient. On dispose de peu d'information pour décrire l'effet du traitement du bec par infrarouge, bien que les données sur les pondeuses indiquent que ce traitement cause peu de douleur, voire aucune.**
- 5. La phalangectomie n'a pas d'effet constant sur les caractéristiques de la performance, mais peut mener à une mortalité accrue. Les notes de carcasse sont généralement supérieures dans les groupes de dindons dont les orteils sont taillés.**
- 6. La phalangectomie peut constituer un site d'entrée pour les bactéries, en particulier si les blessures sont mal cautérisées, ce qui peut causer plus de maladies et une mortalité accrue.**

INTRODUCTION

Les mesures pour évaluer le bien-être des dindons pour ce qui est des interventions chirurgicales peuvent comprendre la fonction biologique des animaux (santé et productivité) et leur état émotionnel (expériences subjectives). Pour ce qui est de la vie à l'état naturel, toute intervention chirurgicale qui modifie la morphologie naturelle de la volaille soulève des préoccupations pour ceux qui défendent ce point de vue. La recherche à ce jour est largement axée sur :

1. Pour ce qui est du fonctionnement biologique, des études se sont penchées sur certains paramètres de production, comme la croissance, la conversion alimentaire, les dommages à la carcasse et la mortalité.
2. Pour ce qui est des états émotionnels, on a étudié jusqu'à un certain point les changements de comportement, des comportements agressifs en particulier.

On a peu traité des interventions chirurgicales sur les dindons dans la documentation scientifique actuelle (dont la plus grande partie a été effectuée il y a plus de vingt ans). Plusieurs des rapports publiés sont désuets et ne tiennent pas toujours compte de la génétique ou des pratiques de production actuelles. Il y a un manque manifeste de recherche sur le potentiel qu'ont ces procédures de causer de la douleur immédiate et à long terme, et il reste beaucoup à apprendre sur ces pratiques.

TRAITEMENTS DU BEC

L'épointage du bec est une pratique utilisée pour réduire le cannibalisme et le piquage des plumes. La réduction de ces comportements améliore sans doute le bien-être général des volailles, mais la procédure même peut être douloureuse. L'épointage du bec peut être nécessaire tandis que les autres mesures pour réduire le piquage des plumes et le cannibalisme sont à l'étude. On peut trouver plus d'information sur le piquage des plumes et le cannibalisme dans les sections respectives du présent rapport.

Plusieurs méthodes servent à tailler le bec, mais le but de tous les traitements est d'enlever l'extrémité du bec ou le bout de la moitié supérieure du bec. Les techniques commerciales communes comprennent la taille à la lame chauffée, le traitement par infrarouge et le traitement par micro-onde. La taille par lame chauffée est effectuée lorsque le bout du bec est pressé sur une plaque chaude qui provoque la brûlure et la cautérisation des tissus du bec. On le fait toujours dans les couvoirs commerciaux et à la ferme. Quant aux deux autres, on applique une énergie micro-onde ou infrarouge à haute intensité sur la pointe du bec au couvoir. Il en résulte la mort des tissus exposés sur une certaine période de temps. Les méthodes de traitement du bec moins utilisées comprennent un courant électrique à haut voltage qui sert à brûler un trou à travers le bec dont la pointe tombe 3 à 7 jours plus tard. On pratique également l'épointage du bec à l'arc.

Caractéristiques de la performance : La recherche à ce jour est peu concluante sur les répercussions de l'épointage du bec ou de ce traitement sur la productivité. Par exemple, les dindons dont le bec a été taillé à l'âge d'un jour au moyen d'un courant électrique à haut voltage avaient la même croissance que ceux dont le bec n'était pas taillé pendant les 3 premières semaines de vie, mais à 6 semaines, les mâles au bec taillé étaient plus lourds que les autres et cette tendance s'est maintenue pendant le reste de l'étude (Cunningham et coll., 1992). Noble et coll. (1994) ont également constaté que les dindons de deux lignées génétiques dont le bec a été taillé à l'arc (appelé Bio-Beaker, cet équipement utilise un courant électrique pour produire un petit trou à travers le bec; la partie antérieure au trou devient nécrotique et tombe [Renner et coll., 1989]) avaient un poids corporel supérieur à ceux dont le bec était intact à l'âge de 8, 12 et 16 semaines, mais non à 4 ou 18 semaines. Par contre, Noble et Nestor (1997) n'ont observé aucune différence de gain de poids chez les dindons au bec taillé par lame chauffée comparés aux dindons au bec intact, mais on n'a mesuré leur poids corporel qu'à l'âge de 8 semaines. Denbow et coll. (1984) n'ont observé aucune différence de poids chez les dindons, quel que soit leur âge intact jusqu'à l'âge de 20 semaines, que leur bec soit taillé par courant électrique à haut voltage ou laissé.

Le poids des dindes au bec taillé au moyen d'un courant électrique à haut voltage n'était pas différent de celui des dindes au bec intact jusqu'à l'âge de 12 semaines (Cunningham et coll., 1992) ou 16 semaines (Leighton et coll., 1985). À ce point de chaque étude, les dindes au bec taillé étaient moins lourdes que les dindes au bec intact. Noble et Nestor (1997) n'ont trouvé aucune différence de gain de poids chez les dindes, mais cette étude a pris fin alors qu'elles avaient l'âge de 8 semaines.

La méthode utilisée influence la productivité des dindons selon la lignée génétique. Les dindes de trois des six lignées testées, au bec épointé à l'arc à l'éclosion, avaient un poids corporel inférieur à l'âge de 8 semaines que celles dont la moitié supérieure du bec a été enlevée par lame chauffée à l'âge de 13 jours (Noble et coll., 1996a). Dans deux de ces lignées, les dindes dont on avait taillé à 13 jours la moitié supérieure du bec et un peu moins de la moitié inférieure avaient à 8 semaines un poids supérieur à celles au bec taillé à l'arc, mais inférieur à celles dont seule la moitié supérieure du bec a été taillée. On n'a observé aucune différence de poids corporel due au type d'épointage à l'âge de 16 ou 20 semaines (Noble et coll., 1996a). Les dindons d'une des six lignées testées dont le bec avait été épointé à l'arc avaient à 8 semaines un poids corporel inférieur à ceux dont la moitié supérieure du bec avait été épointée avec une lame chauffée à l'âge de 13 jours. À leur tour, les dindons de cette lignée dont la moitié supérieure du bec avait été épointée avaient un poids inférieur à ceux dont la moitié supérieure et un peu moins de la moitié inférieure du bec avaient été taillées à l'âge de 13 jours (Noble et coll., 1996a). On a constaté la même tendance chez une autre lignée de dindons à l'âge de 16 semaines, mais leur poids était égal à l'âge de 20 semaines (Noble et coll., 1996a).

Les résultats relatifs à la prise d'aliments varient selon les études et les sexes. Les dindes au bec taillé par courant électrique à haut voltage mangeaient moins que les femelles au bec intact, alors que les dindons au bec taillé consommaient plus que les dindons au bec intact de l'âge de 13 à 18 semaines (Cunningham et coll., 1992). Par contre, les dindons au bec taillé à l'arc avaient une prise d'aliments inférieure à l'âge de 4-8, 12-16 et 0-18 semaines (Noble et coll., 1994). Enfin, on n'a observé aucune différence de la prise d'aliments ou de la conversion alimentaire chez les dindons au bec époinché ou non (Denbow et coll., 1984). De même, on n'a observé aucun effet sur la consommation d'aliments ou la conversion alimentaire chez les deux sexes (Noble et Nestor, 1997). Toutefois, l'époinçage du bec a réduit le gaspillage de nourriture chez deux lignées de dindons au gros corps, mais pas dans une lignée au corps moyen (Noble et Nestor, 1997). La conversion alimentaire était meilleur chez les dindons lourds au bec taillé que chez ceux au bec intact pendant toute la période de croissance (Noble et coll., 1994).

Le plumage est important comme couche protectrice contre les égratignures et comme isolant contre le froid. La note des plumes était meilleure à 12 semaines chez les dindons au bec taillé, mais cet effet n'était plus visible à 20 semaines (Denbow et coll., 1984). Le plumage était également moins fourni chez les dindes au bec intact à l'âge de 16 semaines que chez celles au bec taillé par courant électrique (Leighton et coll., 1985).

La mortalité était supérieure de l'âge de 12 à 20 semaines dans les groupes de dindons au bec intact comparée à ceux au bec taillé (Denbow et coll., 1984), mais n'était pas différente de l'âge de 0 à 16 semaines entre les traitements dans les groupes de dindes (Leighton et coll., 1985), de dindons de deux lignées de l'âge de 0 à 18 semaines (Noble et coll., 1994) ou de six lignées de l'âge de 0 à 20 semaines (Noble et coll., 1996a).

Blessures liées au comportement et au bec : L'influence de l'époinçage sur les blessures infligées par le bec varie selon la lignée. Une lignée de dindons au bec intact avait trois fois plus de blessures que ceux au bec taillé pendant la période de croissance (0 à 18 semaines), alors que le nombre de blessures par bec n'était pas différent entre les dindons d'une autre lignée au bec taillé ou non (Noble et coll., 1994).

Dans l'ensemble, on n'a observé aucune différence des comportements agonistiques chez les femelles jusqu'à l'âge de 18 semaines, alors que les mâles au bec intact avaient plus de comportements agonistiques que les dindons au bec taillé (Cunningham et coll., 1992). Les dindes de trois semaines au bec intact avaient plus de comportements agonistiques que leurs contreparties au bec taillé, alors qu'à l'âge de 6 semaines, les dindes au bec taillé avaient plus de gestes agonistiques que les dindes au bec intact (Cunningham et coll., 1992). Denbow et coll. (1984) n'ont observé aucun effet de l'époinçage du bec sur les comportements agonistiques ou sur le piquage et le tirage non agonistiques des plumes, sauf à l'âge de 12 et 20 semaines, alors que les dindons au bec taillé avaient une plus grande fréquence de piquage des plumes non agonistique que les dindons au bec intact. Les résultats révélés par Leighton et coll. (1985) indiquent qu'à l'âge de 12 et 16 semaines, les dindes au bec taillé se piquaient les unes les autres beaucoup plus que les dindes au bec intact. Il n'y avait aucune différence détectable du comportement de piquage entre les groupes à l'âge de 8 semaines (Leighton et coll., 1985), ce qui peut suggérer que ce comportement se développe avec le temps chez les dindons au bec taillé. Les volailles au bec taillé ont également une capacité de saisir et tirer les plumes inférieure à celle des volailles au bec intact, et piquent et tirent donc constamment jusqu'à y parvenir (Leighton et coll., 1985).

Le comportement des dindons au bec taillé n'a fait l'objet d'aucune étude approfondie. Les dindonneaux mâles au bec taillé à l'arc à partir de 1,5 mm des narines au couvoir passaient légèrement plus de temps à s'alimenter à l'âge de deux semaines, sans doute parce que le bec tombe à cet âge, ce qui fait qu'il leur est plus difficile de saisir les granules de nourriture (Noble et coll., 1996 b). On n'a observé aucune autre différence de comportement, sauf l'augmentation du temps passé debout pendant la semaine de l'éclosion chez les dindons au bec taillé

Capacité de guérir : L'époinçage du bec par courant électrique des dindons à l'âge d'un jour cause des dommages intensifs au bec, davantage que les sécateurs ou la lame chauffée (Gentle et coll., 1995). Les dindons au bec taillé par sécateur manifestent peu de dommages sous-jacents 24 heures après l'opération. L'époinçage par lame chauffée cause des dommages variables selon la température de la lame et la durée du contact avec le bec (Gentle

et coll., 1995). Vingt-et-un jours après l'époinçage, on a constaté une guérison et une repousse intensives pour tous les types de taille et, chez les dindons au bec taillé par sécateur ou lame chauffée, le moignon était complètement guéri (Gentle et coll., 1995). Au 42^e jour, le bec taillé par courant électrique semblait normal mais plus court que celui des dindons au bec intact, alors que le bec taillé au sécateur et à la lame chauffée paraissait semblable au bec intact, mais le bout restait sans innervations (Gentle et coll., 1995). On a observé l'absence d'innervations dans les becs taillés régénérés, mais il n'y avait pas non plus de névromes (Gentle et coll., 1995).

TRAITEMENT DES ORTEILS

La phalangectomie (dans le but d'enlever les ongles d'orteil à l'éclosion) sert dans la production commerciale des dindons pour réduire le nombre et la gravité des égratignures à la carcasse. Le nombre d'orteils taillés varie selon les producteurs et le sexe des dindons, tout comme l'endroit de l'opération. La phalangectomie est également pratiquée chez les dindons reproducteurs pour éviter qu'ils endommagent les femelles pendant l'accouplement. On taille généralement le gros orteil d'une longueur normale de 7 à 8 mm à 3,5 à 6,0 mm au couvoir (Gentle et Hunter, 1988). La phalangectomie par micro-ondes sert alors que les orteils sont traités à l'énergie micro-onde pendant une courte durée (0,8 seconde) pour empêcher la croissance des griffes (Wang et coll., 2008). La phalangectomie est également pratiquée avec des ciseaux chirurgicaux, des instruments tranchants ou une lame chauffée (Owings et coll., 1972), mais ces méthodes ne servent pas commercialement au Canada.

Caractéristiques de la performance : À 17 semaines, les dindons aux orteils intacts étaient plus lourds de près d'un demi-kilogramme que ceux aux orteils taillés au moyen d'une lame chauffée (Newberry, 1992). La prise d'aliments était également supérieure chez ces dindons alors que la conversion alimentaire était la même (Newberry, 1992). Par contre, on n'a observé aucun effet de la phalangectomie sur le poids ou la conversion alimentaire des dindonneaux à l'âge de 24 semaines avec 3 orteils de chaque patte taillés derrière l'ongle à 1 jour (Owings et coll., 1972). Les dindonneaux ayant trois griffes taillées à l'éclosion à chaque patte près de l'ongle proximal avec des ciseaux chirurgicaux avaient un poids et une conversion alimentaire identiques à 9 semaines (Proudfoot et coll., 1979).

La mortalité était plus élevée chez les dindons aux orteils taillés par rapport à ceux aux orteils intacts pendant les 4 premières semaines, mais la mortalité totale à 17 semaines était la même (Newberry, 1992). Pendant la première semaine, la mortalité des dindons aux orteils taillés était de près de 10 % comparée à moins de 2 % chez les dindons aux orteils intacts, mais on n'explique pas cette différence (Owings et coll., 1972). La fréquence de la famine comme cause de la mort était deux fois plus élevée pendant les quatre premières semaines chez les dindons aux orteils taillés que chez ceux aux orteils intacts (Newberry, 1992). On a observé que les dindonneaux aux orteils taillés bougent très peu pendant les trois premiers jours, ce qui peut influencer leur capacité de consommer suffisamment de moulée et d'eau, mais cette observation n'était pas quantifiée (Owings et coll., 1972).

Guérison physiologique (mesure du stress) : La phalangectomie par micro-ondes des trois orteils à un jour n'influçait pas les mesures du stress à long terme. Elle n'influçait pas non plus le ratio antigènes hétérophiles:lymphocytes lorsqu'on l'a mesuré à l'âge de 21 et 35 jours (Wang et coll., 2008). Il est possible que la phalangectomie provoque du stress à plus court terme, mais ces effets n'ont pas été mesurés.

Temps de guérison : Chez les reproducteurs de poulet à chair dont les orteils ont été taillés au couvoir, la guérison était complète 22 jours après l'amputation (Gentle et Hunter, 1988). On a découvert de petits névromes où des nerfs en régénération s'étaient formés dans le tissu cicatriciel après l'amputation (Gentle et Hunter, 1988).

Domages à la carcasse et résultats du classement : La carcasse d'un dindon doit être sans lésions et défauts pour qu'on la qualifie de carcasse de catégorie A. Les contusions, les déchirures de la peau, les infections ou ulcères de la peau, les égratignures graves, les fractures d'une patte ou d'une aile et les autres défauts peuvent faire baisser la catégorie (McEwen et Barbut, 1992). Les égratignures peuvent être douloureuses et dans les cas graves, un problème de bien-être. Les dindes aux orteils taillés à un jour à la lame chauffée avaient un pourcentage moyen plus élevé de classement commercial de catégorie A (Greene et Eldridge, 1975). Les dindons lourds des groupes

aux 3 orteils taillés avaient un pourcentage moyen de catégories A supérieur à ceux à deux orteils taillés, dont la moyenne était supérieure à ceux aux orteils intacts (Greene et Eldridge, 1975). Un sondage auprès de trois usines de transformation a révélé qu'un pourcentage égal ou supérieur de dindons aux orteils taillés était classé catégorie A comparés aux dindons aux orteils intacts, mais l'importance de cette différence variait selon l'usine, l'année et le sexe des dindons (Owings et coll., 1972).

Une étude sur les dindons d'une usine de transformation ontarienne a révélé que le nombre plus élevé d'égratignures aux pattes et à la poitrine était associé au nombre d'orteils taillés : les dindons aux orteils intacts avaient plus d'égratignures que ceux ayant deux orteils taillés qui avaient plus d'égratignures que ceux ayant trois orteils taillés (McEwen et Barbut, 1992). La taille des éperons était également associée à un nombre inférieur d'égratignures au dos (McEwen et Barbut, 1992). Le taux de condamnation était le même chez les dindons aux orteils taillés que chez ceux aux orteils intacts (Owings et coll., 1972).

Faiblesse des pattes : Une étude de cas (Alfonso et Barnes, 2006) décrit la faiblesse des pattes pendant la première semaine après éclosion chez les dindonneaux femelles ayant orteils 2 à 4 taillés par micro-ondes et orteil 1 taillé par lame chauffée au couvoir. On pense que la phalangectomie constitue un point d'entrée pour *Staphylococcus aureus* qui se répand ensuite dans les articulations et les os des pattes. Les pieds, les tendons et les articulations gros et enflés et la faiblesse des pattes avec la déshydratation et la famine augmentent la mortalité.

Troubles infectieux : La taille des orteils peut constituer un point d'entrée pour certaines bactéries si la cautérisation des plaies n'est pas complète. On a considéré qu'une épidémie isolée d'érésipèle détectée chez des dindonneaux femelles avait pour origine les orteils blessés dus au mésusage d'un appareil de phalangectomie par micro-ondes (Hollifield et coll., 2000). La cautérisation insuffisante des orteils aurait permis à l'organisme de pénétrer dans la blessure et on a rapporté que les orteils exposés aux micro-ondes étaient macérés et nécrotiques (Hollifield et coll., 2000).

RÉFÉRENCES

- Alfonso, M. et Barnes, H.J. (2006) Neonatal osteomyelitis associated with *Staphylococcus aureus* in turkey poults. *Avian Diseases* 50:148-151.
- Cunningham, D., Buhr, R. et Mamputu, M. (1992) Beak trimming and sex effects on behaviour and performance traits of Large White turkeys. *Poultry Science* 71:1606-1614.
- Denbow, D., Leighton, A. et Hulet, R. (1984) Behavior and growth parameters of Large White turkeys as affected by floor space and beak trimming. 1. Males. *Poultry Science* 63:31-37.
- Gentle, M. et Hunter, L. (1988) Neural consequences of partial toe amputation in chickens. *Research in Veterinary Science* 45:374-376.
- Gentle, M., Thorp, B. et Hughes, B. (1995) Anatomical consequences of partial beak amputation (beak trimming) in turkeys. *Research in Veterinary Science* 58:158-162.
- Greene, D. et Eldridge, L. (1975) Effect of toe clipping on market grade of confinement reared turkeys [abstract]. *Poultry Science* 54:1767.
- Hollifield, J., Cooper, G. et Charlton, B. (2000) An outbreak of erysipelas in 2-day-old poults. *Avian Diseases* 44:721-724.
- Leighton, A., Denbow, D. et Hulet, R. (1985) Behavior and growth parameters of Large White turkeys as affected by floor space and beak trimming. II. Females. *Poultry Science* 64:440-446.
- McEwen, S. et Barbut, S. (1992) Survey of turkey downgrading at slaughter: Carcass defects and associations with transport, toenail trimming, and type of bird. *Poultry Science* 71:1107-1115.
- Newberry, R. (1992) Influence of increasing photoperiod and toe clipping on breast buttons of turkeys. *Poultry Science* 71:1471-1479.
- Noble, D. et Nestor, K. (1997) Beak trimming of turkeys. 2. Effects of arc beak trimming on weight gain, feed intake, feed wastage, and feed conversion. *Poultry Science* 76:668-670.
- Noble, D., Krueger, K. et Nestor, K. (1996a) Beak trimming of turkeys. 1. Effects of three methods of beak trimming on body weight and mortality of six genetic lines. *Poultry Science* 75:702-704.
- Noble, D., Muir, F., Krueger, K. et Nestor, K. (1994) The effect of beak trimming on two strains of commercial tom turkeys. 1. Performance traits. *Poultry Science* 73:1850-1857.
- Noble, D., Nestor, K., et Krueger, K. (1996b). The effect of beak trimming on two strains of commercial tom turkeys. 2. Behaviour traits. *Poultry Science*, 75, 1468-1471.
- Owings, W., Balloun, S., Marion, W. et Thomson, G. (1972) The effect of toe-clipping turkey poults on market grade, final weight and percent condemnation. *Poultry Science* 51:638-641.
- Proudfoot, F., Hulan, H. et DeWitt, W. (1979) Response of turkey broilers to different stocking densities, lighting treatments, toe clipping, and intermingling the sexes. *Poultry Science* 58:28-36.
- Renner, P.A., Nestor, K.E., et Havenstein, G.B. (1989). Effects on turkey mortality and body weight of type of beak trimming, age of trimming, and injection of poults with vitamin and electrolytes solution at hatching. *Poultry Science* 68:369-373.
- Wang, B., Rathgeber, B., Astatkie, T. et MacIsaac, J. (2008) The stress and fear levels of microwave toe-treated broiler chickens grown with two photoperiod programs. *Poultry Science* 87:1248-1252.