

Table des matières

RÉSUMÉ.....	III
TABLE DES MATIERES	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VII
DÉDICACE.....	VIII
REMERCIEMENTS.....	IX
AVANT-PROPOS	X
CHAPITRE 1. INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2. REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS ET CADRE DE L'ÉTUDE.....	3
2.1. Comportement de la poule pondeuse	3
2.2. Logement des poules pondeuses	4
2.2.1. Cages conventionnelles ou « en batteries ».....	4
2.2.2. Cages aménagées ou « enrichies ».....	5
2.2.3. Volière de ponte	7
2.2.4. Système plein air	8
2.3. Le bien-être animal.....	8
2.3.1. Définitions.....	8
2.3.2. Notion d'adaptation.....	10
2.3.3. Évaluation du bien-être animal	10
2.3.4. Les indicateurs de bien-être	11
2.3.4.1. Performances zootechniques.....	11
2.3.4.2. Santé.....	12
2.3.4.3. Comportement.....	12
2.3.4.4. Physiologie du stress.....	16
2.3.4.5. Avantages et inconvénients des indicateurs	19
2.4. Impacts des systèmes de logement.....	20
2.4.1. Impact sur les performances.....	20
2.4.2. Impacts sur la santé	21
2.4.3. Impact sur la qualité de l'air.....	23
2.4.4. Effet des systèmes sur le bien-être des poules	24
2.5. Discussion	26
2.6. Les objectifs du projet de maîtrise et les indicateurs.....	27
CHAPITRE 3. COMPARISON OF EGG PRODUCTION, QUALITY AND COMPOSITION IN THREE PRODUCTION SYSTEMS.....	30

ABSTRACT.....	30
3.1. Introduction	31
3.2. Materials and methods.....	32
3.2.1. Animals	32
3.2.2. Experimental rooms and housing systems	32
3.2.3. Mortality.....	34
3.2.4. Egg quality	34
3.3. Statistical analysis	35
3.4. Results	35
3.5. Discussion	41
3.6. Acknowledgement.....	43
3.7. References	44
CHAPITRE 4. COMPARISON OF LAYERS WELFARE KEPT UNDER THREE HOUSING CONDITIONS	48
ABSTRACT.....	48
4.1. Introduction	49
4.2. Materials and methods.....	50
4.2.1. Animals and housing.....	50
4.2.2. Experimental rooms and cage design.....	50
4.2.3. Production	52
4.2.4. Behavioral observations	52
4.2.5. Body condition and Blood sampling.....	53
4.3. Statistical analysis	54
4.4. Results	54
4.5. Discussion	61
4.6. Acknowledgment.....	64
4.7. Bibliography.....	65
DISCUSSION <i>GÉNÉRALE</i>	70
CONCLUSION.....	71
Références bibliographiques	72
ANNEXE 1.....	85

Liste des tableaux

TABLEAU 2.1. COMPROMIS SUR LE BIEN-ÊTRE DANS LES SYSTÈMES DE LOGEMENT POUR LES POULES PONDEUSES	26
TABLE 3.1. PERFORMANCE SUMMARY OF LOHMANN LSL-LITE HENS IN CONVENTIONAL CAGES (CC), ENRICHED CAGES (EC), AND AVIARY SYSTEM1 (AV)...	37
TABLE 3.2. QUALITY MEASUREMENTS AND PHYSICAL TRAITS OF EGGS PRODUCED UNDER THREE DIFFERENT HOUSING SYSTEMS (LEAST SQUARE MEANS [LSM], STANDARDS ERRORS [SE] AND SIGNIFICANT DIFFERENCE).....	39
TABLE.3.2. QUALITY MEASUREMENTS AND PHYSICAL TRAITS OF EGGS PRODUCED UNDER THREE DIFFERENT HOUSING SYSTEMS (LEAST SQUARE MEANS [LSM], STANDARDS ERRORS [SE] AND SIGNIFICANT DIFFERENCE) (FOLLOWING).....	40
TABLE 3.3. MINERAL COMPOSITION OF EGG PRODUCED UNDER THREE DIFFERENT HOUSING SYSTEMS (LEAST SQUARE MEANS [LSM], STANDARDS ERRORS [SE] AND SIGNIFICANT DIFFERENCE).....	41
TABLE 4.1. PERFORMANCE OF HENS IN CONVENTIONAL CAGES (CC), ENRICHED CAGES (EC), AND AVIARY SYSTEMS1 (AV).....	55
TABLE 4.2. SANITARY STATUS OF EGGS LAID IN CONVENTIONAL CAGES (CC), ENRICHED CAGES (EC), AND AVIARY SYSTEM1 (AV).....	55
TABLE 4.3. DIFFERENTIAL LEUKOCYTE COUNTS AND HETEROPHIL/LYMPHOCYTE (H/L) RATIOS OF LAYING HENS KEPT IN CONVENTIONAL CAGES (CC), ENRICHED CAGES (EC) AND AVIARY SYSTEM1 (AV).	56
TABLE 4.4. PLUMAGE AND FEET CONDITION OF LAYING HENS KEPT IN CONVENTIONAL CAGES (CC), ENRICHED CAGES (EC) AND AVIARY SYSTEM1 (AV)...	56

Liste des figures

FIGURE 2.1. ÉQUIPEMENTS POUR L'EXPRESSION DES COMPORTEMENTS NATURELS DANS LES CAGES AMÉNAGÉES (DESROSIERS, 2012).....	6
FIGURE 2.2. RELATIONS ENTRE PERTURBATION, ADAPTATION ET BIEN-ÊTRE (COLSON, 2006).....	9
FIGURE 3.1. SCHEMATIC OUTLINE IN 3D AND FRONT VIEW OF THE ENRICHED CAGE. PSA, PECKING AND SCRATCHING AREA; NB, NEST BOX; F, FEEDER; P, PERCH; CF, CAGE FLOOR.....	33
FIGURE 3.2. SCHEMATIC OUTLINE IN 3D AND CROSS SECTION OF THE AVIARY SYSTEM. LA; LITTER AREA, NB, NEST BOX; F, FEEDER; P, PERCH; CF, CAGE FLOOR.....	34
FIGURE 3.3. EGG PRODUCTION (% HEN-DAY) IN DIFFERENT HOUSING SYSTEMS THROUGHOUT THE EXPERIMENTAL PERIOD (LSM; OVERALL SEM = 0.01).	36
FIGURE 3.4. EGG WEIGHT (G) IN DIFFERENT HOUSING SYSTEMS THROUGHOUT THE EXPERIMENTAL PERIOD (LSM; OVERALL SEM = 0.3).....	38
FIGURE 4.1. SCHEMATIC OUTLINE EN 3D AND FRONT VIEW OF THE ENRICHED CAGE. PSA, PECKING AND SCRATCHING AREA; NB, NEST BOX; F, FEEDER; P, PERCH; CF, CAGE FLOOR.....	51
FIGURE 4.2. SCHEMATIC OUTLINE EN 3D AND CROSS SECTION OF THE AVIARY SYSTEM. LA; LITTER AREA, NB, NEST BOX; F, FEEDER; P, PERCH; CF, CAGE FLOOR.....	52
FIGURE 4.3. PROPORTION OF HENS LOCATED IN EACH POSITION IN ENRICHED CAGES (EC) AND AVIARY SYSTEM (AV) DURING 4 WKS OBSERVATION.....	60

Dédicace

Je dédie aussi ce présent travail

À l'âme de mon cher Père Lhaj Khaled qui ne m'a jamais quitté...

À ma très chère mère Ida, qui a toujours été là pour moi, et qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

À mes frères et sœurs, sans qui je ne serai pas tout à fait moi, merci d'exister. Vous représentez tant à mes yeux!

A mon Joujou restes dans ma vie! Mon ange gardien et mon fidèle accompagnant!

À tous ceux qui me sont chers. À tous ceux qui ont contribué à ma formation.

Remerciements

Le présent projet a été financé par le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et la Fédération des producteurs d'œufs de Québec (FPOQ), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) et l'Université Laval auxquels j'adresse mes remerciements.

Je tiens à remercier infiniment mon directeur, Dany Cinq Mars, pour la confiance qu'il m'a témoignée, le soutien moral et pour ses conseils bienveillants et ses recommandations précieuses qui ont largement contribué à la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour toute l'attention, la patience et le temps qu'il m'a consacré.

Je remercie également et particulièrement Stéphane Godbout. Il m'a suivi de près pendant toutes les phases de ce travail et m'a beaucoup aidé dans tous les moments. Qu'il trouve à travers ces lignes l'expression de ma sincère reconnaissance malgré les lourdes responsabilités et les nombreuses préoccupations.

Je remercie également Michel Lefrançois. Je n'oublierai pas sa bonne humeur. J'ai toujours bénéficié de ses remarques pertinentes, son soutien moral et sa modestie.

Mes remerciements les plus sincères aussi à Frédéric Pelletier et Robert Lagacé qui m'ont accordé souvent de l'aide par leurs conseils.

J'aimerais aussi souligner l'importante contribution de François-Xavier Philippe, dans la réalisation du présent travail, pour sa gentillesse, son aide et ses remarques judicieuses. Merci FX!!

Avant-propos

Ce mémoire contient deux chapitres rédigés sous forme d'articles scientifiques. Je suis l'auteure principale des deux articles, les coauteurs sont François Xavier Philippe, Frédéric Pelletier, Stéphane Godbout, Robert Lagacé, Michel Lefrançois et Dany Cinq-Mars. Le premier article portant le titre «Comparison of egg production, quality and composition in three production systems» sera soumis pour publication dans la revue «British Poultry Science ». Le deuxième article portant le titre «Comparison of layers welfare kept under three housing conditions» sera soumis pour publication dans la revue «Animals».

Dans ces deux articles, François-Xavier Philippe et moi sommes les responsables de l'analyse statistique. Mon directeur Dany Cinq-Mars et mes codirecteurs Stéphane Godbout, Michel Lefrançois et Frédéric Pelletier ont élaboré le projet, supervisé sa réalisation et participé à la rédaction de l'article.

Chapitre 1. Introduction

Au Québec, l'industrie des œufs comptait en 2011 près de 3,8 millions de poules ayant pondu 1,167 milliards d'œufs (FPOCQ, 2012). En 2012, 1016 exploitations avicoles ont été enregistrées au Canada, engendrant des recettes monétaires agricoles totales de 880,1 millions de dollars. En particulier, le Québec occupe le deuxième rang avec 18,6 % des contingents de production nationaux d'œufs après l'Ontario. La taille moyenne d'un troupeau de pondeuses au Canada est de 20 241 têtes, mais peut varier d'une exploitation à une autre entre quelques centaines et plus de 400 000 têtes. La race de pondeuse la plus commune au Canada est la Leghorn blanche, produisant en moyenne 300 œufs par an, mais aussi la Rhode-Island rouge qui est présente chez certains producteurs canadiens (AAC, 2013). Il est à noter qu'environ 70% de cette production est destinée au marché des œufs de table, les 30% restant étant utilisés pour la fabrication d'aliments à valeur ajoutée et d'autres produits comme des œufs liquides, congelés ou déshydratés.

Au Québec, la majorité des poules sont élevées dans des cages conventionnelles (98,3%). L'élevage biologique, avec accès extérieur, concerne 1,5% des poules, tandis que seulement 0,2% des poules sont élevées dans des cages dite « aménagées », pourvues de nids et de perchoirs (FPOCQ, 2012).

Bien que les cages conventionnelles permettent d'obtenir des meilleurs résultats technico-économiques, d'optimiser la salubrité des aliments et d'offrir des conditions de travail propices pour les éleveurs (Mirabito et al., 2007), elles ont l'inconvénient de restreindre la liberté des poules et leurs possibilités d'exprimer certains de leurs comportements naturels tels que la nidification, le perchage, le grattage-picotage et les bains de poussière (De Jong et Blokhuis, 2006). Ainsi, plusieurs recherches, menées essentiellement en Europe, ont montré que ce système d'élevage pouvait limiter le bien-être des poules pondeuses. Compte tenu de la demande sociétale pour des modes de production plus respectueux des animaux, plusieurs pays ont interdit l'utilisation des cages traditionnelles au profit des cages aménagées. En Europe, les cages traditionnelles sont totalement bannies depuis le 1^{er} janvier 2012, en accord avec l'application de la Directive 1999/74/CE. Au Québec, aucune législation contraignante n'empêche l'utilisation des cages conventionnelles, mais la

Fédération des producteurs d'œufs du Québec (FPOQ) recommande les systèmes de logement aménagés pour les nouvelles installations réalisées à partir de janvier 2015. D'ailleurs, le nouveau « Code de pratiques recommandées pour le soin et la manipulation des poulettes, pondeuses et poules de réforme » prévu pour diffusion en 2016 préconisera l'emploi des cages aménagées pour la production d'œufs, tout comme le fait déjà la FPOQ (FPOCQ, 2014) (Annexe 1). A ce jour, aucune étude n'a évalué dans le contexte québécois les effets de ces modes de logement alternatifs sur le bien-être des poules pondeuses, les performances zootechniques et la qualité des œufs.

Chapitre 2. Revue des travaux antérieurs et cadre de l'étude

2.1. Comportement de la poule pondeuse

La poule domestique (*Gallus gallus domesticus*) a pour ancêtre la poule Bankiva (*Gallus gallus bankiva*) qui vit actuellement à l'état sauvage en Asie du sud. La poule a été domestiquée il y a 6000 à 8000 ans, élevée comme un animal d'agrément ou pour le combat. Cependant, au cours de ces dernières années elle est élevée de façon intensive pour des caractéristiques de production. Sur un territoire de 70 à 80 mètres de diamètre autour d'un arbre, les poules sauvages vivent en petits groupes, en harem, avec un coq, qui a le rôle de protéger ses poules et non seulement les cocher. Les poules d'un groupe se connaissent les unes les autres et communiquent entre elles par des appels sonores et des manifestations visuelles (Götz, 2013). D'abord, les poules se tiennent sur le sol durant la journée, mais en cas de danger ou pour se reposer, elles cherchent les endroits surélevés et dorment en hauteur dans les arbres. Les volières correspondent à ce comportement naturel puisqu'elles sont disposées en étages (Vonesch, 2007). Naturellement, les poules passent toute la journée à creuser et gratter le sol. Elles consomment tout; graines, pousses, insectes et vers. Elles recherchent leur nourriture principalement au sol et dans le sol. De plus, les poules s'exposent au soleil avec les ailes étendues puisqu'il leur permet une protection à l'égard des maladies et constitue une source de vitamine D. Les poules ne s'exposent pas seulement au soleil, mais elles prennent aussi des bains de poussière afin de se débarrasser de la vieille graisse et des parasites et de prendre soin de leur plumage (Vonesch, 2007). Ce comportement constitue un des besoins essentiels de la poule. Dans la nature, la poule cherche un endroit abrité, le rembourre de feuilles et d'herbes et construit son nid pour y pondre et éventuellement couvrir ses œufs pendant 21 jours. Elle quitte son nid chaque jour pour se nourrir, boire et se baigner dans la poussière.

Ni la domestication de la poule, ni la sélection génétique n'ont pu supprimer en elles les comportements vitaux tels que s'étirer et écarter les ailes, gratter le sol, se baigner dans la poussière, pondre dans un lieu abrité et couvrir leurs œufs (Götz, 2013). La poule domestique a aussi conservé le même type de comportement alimentaire mais avec un degré de conservation variable d'une souche à l'autre. Elle présente les mêmes

comportements de confort et de toilettage que ses ancêtres; le lissage, le nettoyage et l'entretien des plumes avec le bec ou les doigts, l'étirement des ailes et le bain de poussière si elle en a la possibilité. La motivation pour se baigner reste forte même quand les poules sont élevées sur des sols grillagés. Elles essayent de le faire avec des plumes quand le milieu est dépourvu d'équipements et cela constitue l'une des causes du problème de picage (Vonesch, 2007). Elle a aussi gardé les comportements tels que l'immobilité, les cris d'alerte face aux prédateurs et les tentatives soudaines de fuite face au danger. La poule domestique a maintenu les comportements de nidification et de ponte; déplacements accrus, cri avant la ponte, position debout et caquetage, construction du nid, si la possibilité se présente. Sinon, ces comportements apparaissent sous forme réduite et sont considérés comme des comportements stéréotypés prolongés (Vonesch, 2007).

2.2. Logement des poules pondeuses

En élevage commercial de poules pondeuses, les systèmes de logement généralement rencontrés sont : les cages conventionnelles, les cages aménagées ou «enrichies», les volières et les systèmes avec accès extérieur, sur parcours ou pâturage ou encore élevage dit « plein air ». Les systèmes en cages ont l'inconvénient de priver les poules d'exprimer leurs comportements naturels à cause de l'espace réduit par individu. De nombreuses critiques (Freire et Cowling, 2013) sont dirigées sur ces systèmes de production souvent considérés comme une source de souffrances pour les poules et nuisibles à leur bien-être.

2.2.1. Cages conventionnelles ou « en batteries »

Le système d'élevage en cages conventionnelles consiste à loger les poules dans des cages grillagées par groupe de 5 à 6 individus avec un espace disponible généralement inférieur à 500 cm² par poule. Au Canada, la superficie doit être d'au moins 432 cm² et 484 cm² par poule respectivement pour la production d'œufs blancs et bruns (Jendral et al., 2010). Aux États-Unis, certaines sociétés privées exigent des surfaces minimales à leurs fournisseurs. Par exemple, les restaurants McDonald et Burger King fixent respectivement la densité minimale à 464 cm² et 484 cm² par poule. Les cages sont organisées en rangées superposées les unes sur les autres. Les risques de maladies et de parasitisme, associés à une meilleure hygiène par rapport autres systèmes, sont faibles. En effet, l'absence de

litière dans le système ainsi que la séparation des poules de leurs propres excréments diminuent le développement des maladies et augmentent la salubrité des aliments (Baxter, 1994). De plus, cette densité élevée conduit généralement à l'installation d'une hiérarchie sociale stable et réduit les comportements agressifs et le cannibalisme (Abrahamson et Tauson, 1995). La mortalité est en moyenne plus faible que dans d'autres systèmes.

Les principaux inconvénients sont liés à la conception du système qui ne permet pas aux poules d'exprimer certains comportements innés dus aux densités élevées limitant l'espace physique (Nicol, 1987), tels que le battement des ailes, le vol et les sauts. Et comme les poules sont complètement enfermées dans des cages grillagées, la restriction de circulation contribue à la déformation osseuse et à la fragilité du squelette en cours de production (Knowles et Broom, 1990). En plus, la lacune la plus importante est l'absence d'une aire de nidification close puisque la nidification est une priorité de comportement pour les poules. Outre, le perchage et les bains de poussière qui sont aussi des éléments très importants du comportement naturel qui ne peut pas être exprimé dans ce type de cages (Appleby et al., 1993). Les poules en cages conventionnelles disposent d'un espace insuffisant pour maintenir un « espace personnel » adéquat et pour échapper à l'intimidation des congénères. Les niveaux de stress physiologiques sont également plus élevés chez les poules soumises à une restriction spatiale (Laywel, 2006).

2.2.2. Cages aménagées ou « enrichies »

Les cages sont considérées comme « aménagées », ou encore « enrichies », lorsque différents équipements sont mis à la disposition des poules afin de leur permettre d'exprimer certains de leurs comportements jugés comme essentiels (figure 2.1). La densité animale y est plus faible que dans les cages traditionnelles. Ainsi, selon la législation européenne (Directive 1999/74/CE), les poules doivent disposer d'au moins 750 cm² par poule et avoir accès à un nid, un perchoir, une aire de grattage et de picotage et à un dispositif de raccourcissement des griffes. Les cages aménagées disponibles dans le commerce sont conçues pour héberger des groupes de 10 à 60 poules.



Nid



Air de grattage



Perchoirs

Figure 2.1. Équipements pour l'expression des comportements naturels dans les cages aménagées (Desrosiers, 2012).

Les cages enrichies sont créées pour pallier l'inconvénient de la restriction des comportements naturels des poules, en fournissant aux poules un espace riche en accessoires. Les poules sont motivées à se rendre au perchoir, surtout pour se percher la nuit (Bubier, 1996; Olsson et Keeling, 2002). Le perchoir améliore la solidité des os (Duncan et al, 1992) ainsi que l'état des pieds et des griffes (Jendral et al, 2010). Les pondeuses feront un effort pour accéder au nid et y pondent leurs œufs tant qu'il est présent. (Cooper et Appleby, 2003; Appleby, 1998). Elles prennent des bains de poussière grâce à l'accès à la litière, ce qui permet de réduire l'incidence de picage (Huber-Eicher et Sebo, 2001) et d'améliorer l'état du plumage (Wall, 2003). La mortalité est plus faible par rapport aux autres systèmes (Sherwin et al., 2010). Selon ces auteurs, ces aménagements permettraient d'améliorer le bien-être tout en conservant un meilleur niveau de production.

Les inconvénients de cages aménagées dépendent davantage de la conception, par exemple, la présence des perchoirs engendre des déviations des bréchets dues à la longue durée de perchage des poules (Vits et al., 2005; Pickel et al., 2011). Aussi, l'utilisation des perchoirs peut provoquer des fractures osseuses à la suite d'un atterrissage raté ou de chutes (Tauson, 1998; Lay et al., 2011; Pickel et al., 2011). Ensuite, on note un taux élevé d'œufs cassés (Guesdon and Faure, 2004), en raison de leur accumulation sur le tapis convoyeur au niveau du nid. Enfin, le picage peut apparaître dans les cages aménagées, en cas de taille de groupe élevée (Sedlačková et al., 2004; Wall, 2011). Outre la douleur engendrée, il peut mener au cannibalisme (Keeling, 1995; Wall et al., 2008). De plus, la perte de chaleur engendrée par une moindre couverture des plumes entraîne des pertes économiques par une augmentation de la consommation de moulée et une détérioration de la conversion alimentaire (Sedlačková et al., 2004; Wall et al., 2008). Il est possible de pratiquer la taille du bec des poules, mais cela reste une opération douloureuse qui affecte leur bien-être (EFSA, 2005 ; Hester, 2005).

2.2.3. Volière de ponte

Avec ce type de logement, les poules disposent d'un volume d'espace sur plusieurs niveaux organisés en plates-formes. La capacité est de neuf poules pondeuses par m² (soit 1 111 cm² par poule). Au niveau inférieur, de la litière peut être disposée sur le plancher. Parfois, l'utilisation de caillebotis est adoptée pour éliminer le besoin d'utiliser la litière mais des systèmes entièrement sur caillebotis existent également.

D'abord, les poules passent plus de temps à marcher, chercher la nourriture et prendre des bains de poussière (Mollenhorst et al., 2005). La volière de ponte permet la réduction des stéréotypies (Tanaka et Hurnik, 1992) et améliore la résistance osseuse (Leyendecker et al., 2005).

Le risque accru de picage et de mortalité (Rodenburg et al., 2005) constitue un des inconvénients de l'élevage en volière à cause du nombre élevé de poules. En plus, la qualité de l'air tend à se détériorer en raison du niveau élevé d'ammoniac provoquant ainsi des problèmes respiratoires (Nimmermark et al., 2009). De même, lors de l'utilisation des perchoirs, les poules ont tendance à se blesser au moment des sauts et risquent même une

déformation des os par leur utilisation fréquente (Tauson et al., 1999). Enfin, le pourcentage d'œufs souillés et cassés est supérieur comparativement aux cages conventionnelles (Moinard, 1996; 1997).

2.2.4. Système plein air

Le système en plein air inclut deux types d'habitat pour la poule, le bâtiment et le parcours à l'extérieur. Les conditions d'élevage à l'intérieur du bâtiment sont similaires à celles décrites pour les volières. L'espace extérieur doit être accessible aux poules durant la journée. Il doit être en grande partie recouvert de végétation. La densité de peuplement ne peut y excéder 2 500 poules par hectare de terrain, soit une poule par 4 mètres carrés.

Les poules élevées en plein air peuvent se déplacer librement à l'extérieur durant la journée, sur l'herbe, et donc profiter de la lumière naturelle et de l'air frais, et par conséquent, présentent un meilleur état du plumage. Par contre, elles seront exposées à des vecteurs de maladies si un contact est possible avec des animaux sauvages ainsi que si elles sont exposées à des conditions climatiques extrêmes, ce qui compromet le bien-être des poules.

2.3. Le bien-être animal

2.3.1. Définitions

Les nombreuses définitions du concept de bien-être animal peuvent être classées en trois catégories : d'abord, les définitions basées sur le concept d'harmonie de l'individu avec son environnement. Dans ce contexte, Hughes (1976) parle d' « Un état de parfaite santé physique et mentale, où l'animal est en complète harmonie avec son environnement ». L'harmonie résulte de la satisfaction des besoins de l'animal (Hughes et Duncan, 1988; Toates et Jensen, 1991; Fraser et Duncan, 1998), c'est-à-dire la manière que l'animal est motivé de réaliser certains comportements et de bien utiliser les composantes de son milieu. Ensuite, il y a les définitions basées sur l'adaptation des animaux. Ainsi, Broom (1987) définit le bien-être animal comme l'état dans lequel se trouve un animal qui essaie de s'adapter efficacement à son milieu. Aussi, « le bien-être d'un animal est un état relatif à ses tentatives d'adaptation à son environnement » (Broom, 1996). Enfin, il y a les

définitions fondées sur l'absence de souffrance où le bien-être est défini par l'absence de souffrance et la présence de sensations agréables « le bien-être est tout ce qui est en rapport avec ce que l'animal ressent » (Duncan, 1996). Aussi, il est alors synonyme d'absence d'émotion désagréable telle que la peur, la douleur ou la frustration (Dawkins, 1983).

Le niveau de satisfaction d'un animal ainsi que son aptitude à s'adapter à son environnement peuvent décrire son niveau de bien-être qui se situe en permanence sur une échelle allant du «bien-être nul» au «bien-être total» (Broom, 1996). Par conséquent, un niveau de bien-être est considéré correct lorsque l'animal réussit à s'adapter à son environnement. Cette définition inclut les processus élaborés sur la Figure 2.2. Pour satisfaire ses besoins, un animal doit s'adapter en permanence aux perturbations de son environnement physique et social. La mise en place des processus d'adaptation comportementaux et physiologiques, qui peuvent être conscients ou inconscients, permet cette adaptation. Ces deux types de processus sont contrôlés par les mêmes mécanismes centraux (Keeling et Jensen, 2002).

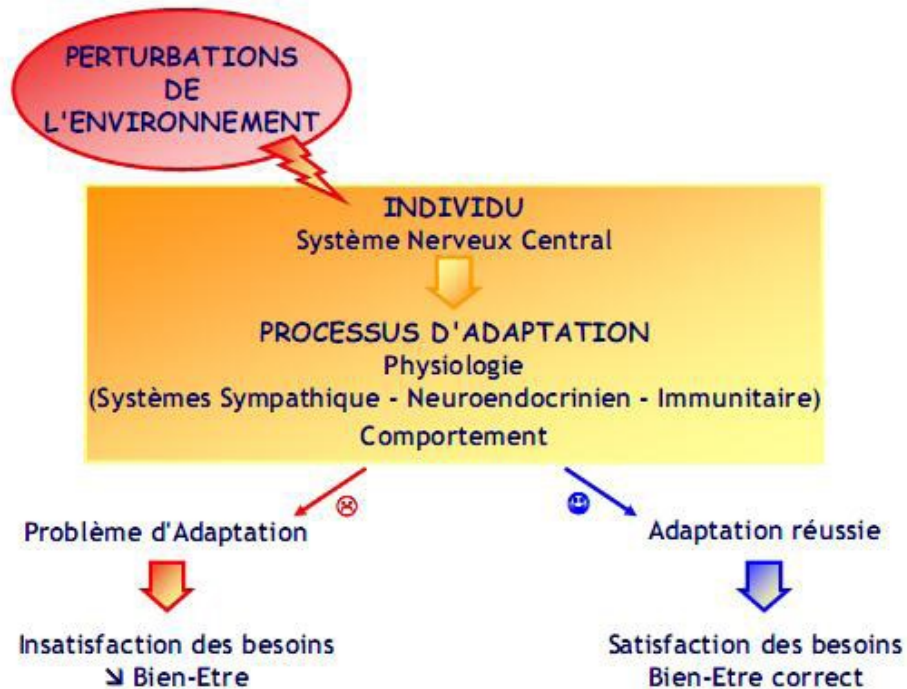


Figure 2.2. Relations entre perturbation, adaptation et bien-être (Colson, 2006)

En effet, cinq grandes libertés ont été définies suite à une enquête sur le bien-être des animaux d'élevage en 1965 par le comité de Brambell. Ainsi, « un animal devrait avoir suffisamment de liberté de mouvement pour être capable de se retourner, de se toiletter, de se lever, de se coucher, et d'étirer ses membres sans difficulté ». En 1993, le Farm Animal Welfare Council (FAWC) a repris ces cinq libertés pour les faire correspondre à cinq nouvelles libertés, généralement reconnues, du moins en Europe, comme une base pour évaluer le bien-être des animaux domestiques et qui sont :

- 1) Absence de faim, de soif et de malnutrition;
- 2) Absence d'inconfort;
- 3) Absence de la douleur, de blessure et de maladie;
- 4) Absence de la peur et de la souffrance;
- 5) Libre d'exprimer des comportements normaux et naturels à leur espèce.

2.3.2. Notion d'adaptation

Il existe de nombreuses propositions de définition de l'adaptation relativement au bien-être. D'abord, elle porte sur la façon dont un individu s'adapte à son environnement. Aussi, l'adaptation est définie comme l'ajustement de l'animal au milieu qui l'entoure (McFarland, 1990). Selon Broom (1989), quand un animal essaie de s'adapter à son environnement, trois conséquences en découlent : 1) l'animal peut s'adapter facilement, d'où peu ou pas de problèmes de bien-être ; 2) l'animal peut vivre dans des conditions difficiles mais développe des mécanismes d'adaptation. L'individu survit, croît et se reproduit mais avec difficulté, et 3) l'animal n'arrive pas à s'adapter à son environnement et, par conséquent, il ne se reproduit pas et meurt. Dantzer (2001) mentionne que « Le milieu dans lequel l'animal est placé sollicite ses capacités d'adaptation de façon plus ou moins intense en fonction des contraintes du milieu sur le fonctionnement normal de l'animal ». Alors, un échec du processus d'adaptation affecte le bien-être, soit par l'impossibilité de mettre en œuvre ce processus, soit par le coût biologique élevé de sa mise en œuvre (Mc Bride, 1984 - cité par Swanson, 1995).

2.3.3. Évaluation du bien-être animal

L'évaluation du bien-être a pour objectif d'identifier et d'étudier les facteurs de variation du bien-être des animaux afin d'apporter des modifications et des enrichissements au niveau de l'exploitation agricole. Cet objectif permet de mieux comprendre les besoins

d'un animal, ses aversions et ses préférences (Dawkins, 1990). Ainsi, l'évaluation consiste à réaliser différentes mesures basées sur l'environnement et la façon de gérer les animaux ou basées directement sur les animaux ou à associées à ces deux types de mesures (Johnsen et al., 2001). Les mesures prises sur l'environnement, qui décrivent les systèmes de logement des animaux et leur gestion par l'Homme, sont facilement réalisables et nécessitent peu de temps. Celles prises directement sur les animaux, qui analysent leurs comportements des animaux, leur santé, leurs paramètres de production et leurs manières de réagir à ce qui les entoure, sont plus directes en termes de bien-être puisqu'elles évaluent directement l'état de l'animal. Elles sont plus difficiles à réaliser, demandent plus de temps et les résultats obtenues sont difficiles à interpréter (Johnsen et al., 2001), mais elles restent les mesures à préférer.

Il n'existe pas de mesure unique ou d'indicateur universel du bien-être puisque c'est un concept multidimensionnel et donc à évaluer sous chacune de ses dimensions. Par contre, certains auteurs ont proposé d'utiliser un seul indicateur pouvant donner une vue d'ensemble sur le bien-être. Par exemple, c'est le cas le dosage des corticostéroïdes (proposé par Barnett et Hemsworth 1990), et des protéines de phase aiguë (proposé par Geers et al., 2003). Mais aucune de ces propositions ne permet d'évaluer exactement le bien-être. Par exemple, un taux de cortisol élevé montre un état de stress de l'animal ou que ses besoins métaboliques ne sont pas couverts, mais il ne permet pas de savoir si l'animal est malade. Par conséquent, de nombreuses mesures différentes sont nécessaires afin de bien évaluer tous les aspects du bien-être d'un animal (Dawkins, 1980 ; Webster, 1997 ; Rutter, 1998). Les indicateurs du bien-être peuvent être classés en quatre catégories principales: zootechniques, sanitaires, comportementaux et physiologiques (EFSA, 2006).

2.3.4. Les indicateurs de bien-être

2.3.4.1. Performances zootechniques

À elles seules, les performances zootechniques ne sont pas une garantie de bien-être des animaux. D'abord, ce sont des moyennes et ne reflètent pas l'état de tous les individus. Ensuite, la productivité a été fortement augmentée suite à la sélection des animaux sur leurs performances zootechniques. De ce fait, des animaux en souffrance peuvent avoir une

productivité considérée suffisante (Vandenheede, 2002). Dans certains cas, une chute des performances zootechniques constitue un signe d'alarme de mal-être de l'animal et peut apparaître lors de la mise en place des processus physiologiques d'adaptation, soit par une augmentation du métabolisme de base, soit par un détournement de l'énergie destinée normalement aux fonctions biologiques (Von Borell, 1995; Elsasser et al., 2000) soit par une mauvaise adaptation. D'après Dantzer (1995), toutes les performances zootechniques peuvent être utilisées. En effet, la croissance des animaux tels que le gain de poids moyen quotidien, l'indice de consommation, la production et la reproduction telle que l'âge à la maturité sexuelle sont les performances les plus utilisées.

2.3.4.2.Santé

D'après Hughes et Curtis (1997), il existe une relation évidente entre la santé et le bien-être. Outre les pathologies qui provoquent des douleurs et des souffrances variables, une mauvaise adaptation et adéquation entre l'animal et les conditions d'élevage entraînent une altération de l'état de santé physique, ce qui aboutit à une diminution du bien-être. Par exemple, la fuite dans un espace clos peut aboutir à des fractures ou des étouffements. Aussi, des lésions cutanées, des articulations gonflées ou des pieds en mauvais état peuvent être un signe d'inconfort. En plus de la santé physique, la qualité de l'air, la propreté, l'état sanitaire de l'environnement ainsi que l'absence d'éléments potentiellement dangereux peut avoir un effet sur le bien-être animal. La mortalité, la morbidité, l'état corporel des animaux (état de plumage, lésions et fractures) et les signes d'infection sont les mesures les plus utilisées pour évaluer le bien-être (Dantzer et Mormède, 1979).

2.3.4.3.Comportement

Le comportement d'un animal correspond à sa façon de vivre, de survivre, de se déplacer, de se nourrir, de s'occuper de sa famille, de se reproduire, de protéger son territoire et d'être et d'agir dans son milieu. D'après Faure et Mills (1995), les mesures comportementales constituent une base pour estimer l'état de bien-être des oiseaux domestiques. De même, le bien-être d'un individu est menacé quand il ne peut pas réaliser les comportements pour lesquels il est motivé (Hughes et Duncan, 1988). Outre les comportements extrêmes, cannibalisme et picage, les poules ont des comportements dits « naturels » à exprimer tels que le perchage et le toilettage.

Les principales mesures comportementales utilisées pour évaluer l'adaptation et le bien-être sont reliées à :

- L'expression des comportements normaux et anormaux;
- L'évaluation de la motivation;
- L'évaluation de la réactivité émotionnelle.

➤ **Expression des comportements normaux et anormaux**

- **Comportements normaux**

Ces comportements sont identifiés à partir du comportement des ancêtres sauvages, ou par la mise en place d'animaux domestiques dans un environnement semblable à celui de leurs ancêtres. Le comportement naturel est défini comme étant le comportement développé au cours de l'évolution d'une espèce dans son habitat naturel (Keeling et Jensen, 2002). Pour mieux le comprendre, surtout suite à la sélection génétique et la domestication, des descriptions scientifiques sont apparues, appelées éthogrammes, incluant des exemples de comportements spécifiques caractéristiques d'espèces données. Les éthogrammes les plus connus sont ceux de Lorenz (1965; 1981), considérant des actes comportementaux observés chez les animaux dans la nature. L'occupation de l'espace (utilisation des nids, des niveaux verticaux et le nombre des sauts) ainsi que prendre des bains de poussières peuvent être mesurés par l'observation directe des poules dans leur milieu de vie et donnent une idée sur le niveau d'adaptation et de bien-être.

- **Comportements anormaux**

Ces comportements se manifestent par un état de frustration de l'animal. Ils rassemblent les stéréotypies (exemple un animal tourne en rond dans sa cage), les comportements à vide (bain de poussière sur grillage), les comportements redirigés, les comportements substitutifs et l'augmentation des comportements agressifs dans certains cas particuliers (Keeling et Jensen, 2002). Ce type de comportement peut être identifié, en comparant le répertoire comportemental d'individus mis dans différentes situations à un éthogramme de référence selon Keeling et Jensen (2002), ou en plaçant un individu dans une situation artificielle de frustration. Ce comportement se rencontre chez les poules qui donnent des coups de bec à leurs congénères, en leur arrachant les plumes.

➤ **Évaluation de la motivation**

Il existe différentes méthodes pour reconnaître les comportements pour lesquels un animal est motivé : méthode des préférences, études des besoins, ou des effets de la privation afin de garantir un certain niveau de bien-être (Colson, 2006).

- **Méthode des préférences et étude des besoins**

La méthode des préférences constitue la mesure la plus simple pour évaluer l'importance des différentes ressources ou situations pour l'individu (King, 2003). Elle consiste à placer l'animal dans une situation de choix entre deux ou plusieurs alternatives. Cette méthode postule que la situation choisie par l'animal joue le rôle de récompense et est favorable pour lui, bien que la situation de fuite soit défavorable (Dawkins, 1983). Cependant, l'animal peut éviter un choix favorable dans un premier temps, par méconnaissance et par peur temporaire ou aussi, aurait peut-être préféré d'autres choix que ceux proposés dans le test de préférence si on lui avait offerts.

L'étude des besoins consiste à apprendre à l'animal à réaliser un travail (par exemple, appuyer sur un bouton ou pousser une porte) pour accéder à une ressource ou à un environnement (Colson, 2006). Selon Keeling et Jensen (2002), moins l'animal y accède quand le travail à réaliser augmente, plus la demande est élastique et, moins la motivation de l'animal est grande. Certes, elle a l'inconvénient d'être influencée par la durée de privation de la ressource testée avant les tests et la durée de l'accès à cette ressource durant les tests (Jensen et al., 2004).

- **Effet de la privation**

La privation d'un individu d'exprimer un comportement ou d'accéder à une ressource permet d'évaluer sa motivation. Ainsi, les comportements anormaux peuvent être observés lors de la période de privation (Colson, 2006). Selon le modèle de Lorenz, la motivation augmente en permanence, comme de l'énergie, et une fois le comportement est réalisé elle diminue (Vestergaard, 1980). Il paraît que le déclenchement du comportement de réalisation de bains de poussière chez les poules peut être expliqué par ce modèle en combinant de l'énergie avec des facteurs externes ou internes. D'après le rapport EFSA (2005a), la réalisation de bain de poussière dans un substrat sec et friable constitue une priorité comportementale permettant aux poules d'entretenir leur plumage (Van Liere et

Bokma, 1987; Van Liere, 1992a). Certains auteurs (Vestergaard, 1982; Hogan et al., 1991; Vestergaard et al., 1999) ont montré expérimentalement que la motivation pour réaliser des bains de poussière sur un substrat sec et friable augmente après une courte période de privation de ce substrat. Selon Hogan (1997), le processus d'accumulation d'énergie, de motivation, pour la réalisation du comportement et les deux seuils de déclenchement et d'arrêt du comportement sont deux composantes intervenant en même temps. D'une part, l'énergie s'accumule au cours du temps. Une fois qu'elle atteint le niveau du seuil de déclenchement, le comportement est réalisé et l'énergie se dissipe. Quand l'énergie atteint le seuil d'arrêt du comportement, celui-ci s'arrête et l'énergie recommence à s'accumuler. D'autre part, les seuils se déterminent par l'horloge interne et certains facteurs déclencheurs internes ou externes. L'élévation de la température et de la luminosité (Duncan et al., 1998), la quantité de lipides dans les plumes (Van Liere, 1992b) et la vision d'un substrat poussiéreux sont les facteurs déclencheurs pour prendre des bains de poussière. Pour qu'apparaisse le comportement, le niveau de ces facteurs dépend du seuil de déclenchement qui est variable selon les moments de la journée.

➤ **Évaluation de la réactivité émotionnelle**

La réactivité émotionnelle, ou émotivité ou aussi tempérament, est définie comme la propension d'un individu à être effrayé de la même façon par un ensemble d'événements anxiogènes (Boissy, 1998). Ce concept résulte de l'interaction entre le potentiel génétique de l'individu et ses expériences antérieures, et entre l'individu et les caractéristiques de la situation externe (Boissy, 1998). La réaction de peur est l'une des réactions émotionnelles qui constitue une source d'atteintes au bien-être des animaux. D'après Jones (1996), l'étude des émotions est très fine chez l'animal puisqu'elle nécessite de déduire ce que l'animal ressent à partir de ses réactions.

Les situations de test permettant de mesurer la peur chez l'animal et qui sont classées en 6 catégories selon Colson (2006) sont les suivantes ;

- Situations caractéristiques de l'espèce se traduisant par une immobilité tonique lors de la présence d'un prédateur. Jones (1986) définit l'immobilité tonique comme un comportement anti-prédateur inné, caractérisé par un état catatonique et induit par

une contention et sa durée varie de quelques secondes à plusieurs heures. La durée de cette réaction est en corrélation positive avec l'état de peur de l'animal et plus elle est longue plus l'animal est émotif.

- Situations nouvelles en plaçant l'animal dans un milieu (enceinte de test), ou face à un objet ou un événement non familier (bruit, odeur).
- Situations intenses incluant les stimuli appliqués de manière intense. L'intensité de la situation varie en fonction du mouvement du stimulus, la soudaineté de sa présentation et de sa forme. En particulier, chez les volailles, l'allumage brusque d'une lampe et le déplacement soudain d'un objet sont les stimuli les plus adoptés.
- Situations liées à l'Homme, soit ce dernier est « actif », soit « inactif ». Les animaux présentent alors des réactions d'approche ou d'évitement selon le cas.
- Situations liées, par conditionnement, à des agents effrayants par combinaison des stimuli induisant la peur de l'animal.
- Situations de perturbation de l'environnement social par une séparation des congénères ou une exposition à d'autres animaux.

Ces situations de test peuvent être étudiées indépendamment ou combinées, en plaçant l'animal dans son milieu avec des dispositions de perturbation. Selon Jones (1987a; 1996) et Boissy (1998), de préférence, il faut évaluer la réactivité émotionnelle en réalisant plusieurs tests complémentaires pour avoir une vision globale.

2.3.4.4. Physiologie du stress

L'appréciation du bien-être tient compte de la réponse générale d'adaptation de l'animal aux contraintes de son environnement qui entraîne une réponse de celui-ci ou « stress ». D'après Dantzer (1994), l'organisme est soumis, en permanence, à des perturbations, qui provoquent des réponses de stress plus ou moins fortes. Cette réponse résulte de la mise en jeu du système nerveux autonome et de l'axe produisant les hormones corticoïdes (corticostérone chez la poule). Une élévation du taux de corticostérone plasmatique et de l'ACTH (hormone favorisant la libération de corticostérone) est un signe de stress (revue de Harvey et Hall 1990). Ainsi, si la réponse au stress est modérée, les variations d'ACTH sont faibles et les hormones corticoïdes sont alors l'indice le plus sensible de l'activation de

l'axe. Par contre, si la puissance du stress augmente, le niveau d'ACTH continue à augmenter et les hormones corticoïdes atteignent un plafond (Mormède, 1995).

Les principales mesures physiologiques utilisées pour évaluer l'adaptation et le bien-être sont reliées à :

- Système nerveux autonome et axe corticotrope;
- Système immunitaire

➤ **Système nerveux autonome et axe corticotrope**

Le stress entraîne une réaction immédiate du système nerveux autonome (système sympathique) et une réaction différée de l'axe corticotrope et d'autres systèmes hormonaux ayant un rôle moins déterminant (hormone de croissance ou GH, hormones thyroïdiennes, insuline). D'abord, l'activation du système nerveux autonome aboutit à la libération de catécholamines : adrénaline par la surrénale et noradrénaline par les fibres post-ganglionnaires (Kuchel, 1991), entraînant des modifications biologiques, en particulier cardio-vasculaires. Elles provoquent une augmentation de la fréquence cardiaque, de la pression sanguine et de la respiration. Comme c'est une réponse de courte durée, elle n'a pas d'influence sur le bien-être (Colson, 2006). Le dosage des concentrations de catécholamines libérées dans le sang et dans l'urine chez les mammifères ou les fientes chez les volailles (Hay et Mormede, 1998; Hay et al., 2000; Keeling et Jensen, 2002) est utilisé pour mesurer l'activation de ce système. Mais, il faut tenir compte de la dégradation rapide des catécholamines et de l'effet de la prise de sang qui provoque elle-même la libération de catécholamines dans le sang (Rulofson et al., 1988). De plus, il est possible de mesurer les fréquences cardiaque et respiratoire.

En effet, les réactions immédiates seront inversées lors de la phase d'adaptation qui fait intervenir l'axe corticotrope (ou axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien). Cet axe répond à une sécrétion de CRH (Corticotropin-Releasing Hormone) par l'hypothalamus. Sous l'effet de cette hormone, l'hypophyse déclenche la libération d'ACTH (Adrenocorticotropic Hormone). Et au bout de la chaîne, les glandes surrénales libèrent les glucocorticoïdes (cortisol et cortisone chez les mammifères, corticostérone chez les oiseaux et les rongeurs) (Charney et Drevets, 2002). Ces glucocorticoïdes influencent de nombreux systèmes

biologiques : immunitaire, reproducteur, métabolique, comportemental et psychique (Dantzer, 2001). Tant que c'est une activation de longue durée, elle influe sur le bien-être.

Le dosage des glucocorticoïdes et leurs métabolites dans l'urine chez les mammifères (Hay et Mormède, 1997) et dans les fientes chez les volailles (Rettenbacher et al., 2004) est utilisé pour mesurer l'activation de cet axe. Selon Kühn et al. (2005), la production de glucocorticoïdes est liée à plusieurs hormones agissant en dehors de toute réponse de stress. De plus, différents facteurs comme la photopériode, la maturité sexuelle, l'âge des animaux et le génotype peuvent influencer la production de corticostérone et la réactivité de cet axe (Hazard et Guemene, 2005).

➤ **Système immunitaire**

Le système immunitaire assure la défense de l'organisme contre les agents pathogènes mais ses capacités peuvent être diminuées en cas de stress. Cette diminution peut être due à l'activation de l'axe corticotrope (Blecha, 2000) ou à une surproduction de glucocorticoïdes qui va exercer une action inhibitrice sur la réponse immune. Selon Post et al. (2003), elle entraîne une augmentation de la synthèse des polynucléaires neutrophiles (hétérophiles chez les oiseaux) et une diminution de la synthèse des lymphocytes, et par conséquent une augmentation du ratio Hétérophiles / Lymphocytes (H/L) (Gross et Siegel, 1983; pour revue, voir Maxwell, 1993). De plus, elle engendre une inhibition de la synthèse d'anticorps et de polynucléaires éosinophiles, une régression des organes lymphatiques et du thymus et une diminution de la réponse de prolifération lymphocytaire ainsi que la production d'interleukine-2 (Dantzer et Mormède, 1979; Blecha, 1988; Hartmann, 1988; Florence et al., 1995; Blecha, 2000; Post et al., 2003). Par contre, l'action des catécholamines sur le système immunitaire est plutôt stimulante (par exemple la sécrétion d'IL-6), mais peut aussi être immunosuppressive (Galinowski et Tanneau, 1997; Leonard, 2000).

Selon Gross et Siegel (1983), le ratio H/L est un indicateur fiable de réponse de stress suite à diverses perturbations : le logement (El Lethy et al., 2000; Elston et al., 2000), l'agent infectieux (Gross et Siegel, 1983) et la nourriture (Gross et Siegel, 1986). D'après Maxwell (1993), ce ratio semble être plus pertinent que la corticostéronémie lors de réponse de stress faible à modérée du fait qu'il n'est pas influencé par la photopériode (Campo et Davila,

2002a) et il est peu influencé par l'âge des animaux (Campo et Davila, 2002b) et par leur génotype (Campo et Redondo, 1996; Campo et al., 2005). De même, une mesure de la production d'anticorps est possible car il y a une modification de la production de certains anticorps en cas de réponse de stress (El Lethey et al., 2003; Guémené et al., 2004). Selon certains auteurs, la mesure de cet indicateur ne serait pas assez sensible pour mettre en évidence de manière systématique des différences de réponse de stress chronique chez des volailles placés dans des conditions de logement différentes (Guémené et al., 2004; Moe et al., 2004).

2.3.4.5. Avantages et inconvénients des indicateurs

Ces indicateurs sont complémentaires et chacun d'eux a des avantages et des inconvénients. Ils sont classés respectivement selon le comportement (le plus sensible), la physiologie, la productivité et la santé physique et selon la sensibilité suite à une perturbation du milieu de vie. Selon Veissier et al., (2000), cet ordre peut être modifié. D'abord, les performances zootechniques sont facilement mesurables puisqu'elles sont enregistrées quotidiennement. En effet, une chute de ces performances peut être un indicateur d'une altération du bien-être. Par contre, de meilleures performances ne correspondent pas nécessairement à un bon niveau de bien-être. L'enregistrement collectif des performances ne permet pas d'apercevoir de baisses de performances individuelles (Dantzer, 1995). De même, l'influence de la sélection génétique sur les performances peut limiter l'expression de l'influence des processus d'adaptation sur les performances zootechniques, tout comme l'influence de la conduite des systèmes de production (Keeling et Jensen, 2002). L'état de santé de l'animal, à l'exemple des performances zootechniques, est mesuré de manière quotidienne par les éleveurs (à l'exception des prises de sang). Par contre, un bon état de santé physique ne signifie pas un bon niveau de bien-être, d'où la difficulté de certifier un meilleur niveau de bien-être. Dans ce contexte, Dawkins (1983) affirme qu'un animal peut souffrir mentalement sans souffrir physiquement.

De plus, les indicateurs comportementaux consistent en une observation directe de l'animal dans son environnement. Ce sont les indicateurs le plus sensibles pour révéler un problème d'altération de bien-être ou d'adaptation puisqu'ils indiquent les premières réponses à une perturbation (Dawkins, 1998; Keeling et Jensen, 2002). Par contre, ils sont très délicats à

interpréter, d'où la nécessité d'une formation adéquate des observateurs. Ainsi, la présence de l'observateur lui-même peut perturber l'animal et par conséquent son comportement. Dantzer (2001) a montré que la physiologie du stress ouvre la porte à toute une gamme d'indicateurs pour évaluer le degré d'adaptation et de bien-être, tout en tenant compte de la manière dont l'animal perçoit son environnement. En contrepartie, des mesures effectuées peuvent elles-mêmes provoquer une perturbation de l'animal. Aussi, il est difficile d'interpréter les résultats tant que tous les systèmes de réponses ne sont pas toujours activés ou modifiés lors d'une perturbation (Moberg, 2000). De plus, les indicateurs physiologiques ont une grande variabilité individuelle selon l'espèce, la génétique, le stade physiologique, l'expérience précoce et les contacts de l'animal avec l'être humain (Colson, 2006).

2.4. Impacts des systèmes de logement

2.4.1. Impact sur les performances

Les consommations alimentaires sont plus faibles avec le système de cages conventionnelles, aussi bien par rapport aux cages aménagées (Lichovniková et Zeman, 2008; Neijat et al., 2011a) qu'aux volières (Michel et Huonnic, 2003; Huonnic et al., 2006; Huonnic et al., 2010). De même, les poules en cages en batteries passent beaucoup de temps à la prise de nourriture à cause de la pauvreté de leur environnement (Hester, 2005; Neijat et al., 2011a). La consommation plus élevée avec les systèmes alternatifs peut être expliquée par la grande liberté de mouvement laissée avec ces types de logement et donc des dépenses d'énergie plus importantes y étant liées. Un paramètre qui pourrait faire diminuer la consommation en systèmes alternatifs est la teneur en ammoniac lorsqu'elle est trop forte (25ppm) (Nimmermark et al., 2009).

Le taux de ponte est identique pour les deux types de systèmes en cages (Guesdon et Faure, 2004; Elson and Croxall, 2007; Tactacan et al., 2009) alors qu'il est plus faible pour les systèmes alternatifs (Guesdon et Faure, 2004; Dekker et al., 2011a; Golden et al., 2012). Cette diminution de production d'œufs est due à la mortalité élevée et la présence des poux rouges des volailles (Mullens et al., 2009; Lay et al., 2011). De plus, d'après Nimmermark

et al. (2009), la concentration élevée en ammoniac en volière peut réduire la production et la qualité des œufs.

Le taux d'œufs sales et cassés est plus élevé en cages aménagées (Michel et Huonnic, 2003; Guesdon et Faure, 2004; Wall and Tauson, 2007; Tactacan et al., 2009) vue la mauvaise utilisation des nids ou l'accumulation des œufs. Présentement ce n'est plus un problème vu l'amélioration de la conception des nids. Néanmoins, des progrès dans la conception des nids et la mise en place des rideaux ont permis d'améliorer la situation (Laywel, 2006) et de réduire le nombre d'œufs cassés (Wall and Tauson, 2002). Pour les systèmes alternatifs, la qualité d'œufs est réduite par comparaison aux cages conventionnelles (Mostert et al., 1995; De Reu et al., 2008; Singh et al., 2009; Golden et al., 2012) parce qu'il n'y a pas de séparation entre les œufs et les fientes, ce qui aboutit à une contamination de la coquille en volière (Abrahamsson and Tauson, 1998; Huneau-Salaün et al., 2010; Vučemilo et al., 2010).

2.4.2. Impacts sur la santé

L'état sanitaire des animaux est relativement semblable tant pour les cages conventionnelles qu'aménagées, en raison de conditions d'ambiance comparables pour les deux systèmes. En effet, le taux d'incidence de maladies bactériennes, virales ou parasitaires s'est montré identique pour les deux types de logement. Par contre, une augmentation a été observée avec les volières en cas d'utilisation de litière. L'accumulation des déjections et la détérioration de la qualité de l'air peuvent expliquer ce constat. La santé au sens strict est considérée comme bonne pour le système des cages en batteries, les conditions ambiantes étant optimales. En effet, les contrôles automatisés de la température et de la ventilation permettent de ne pas induire de stress thermique chez les poules. De plus, les risques de maladies liées à la qualité de l'air et à la présence de parasites sont faibles, grâce à la propreté des lieux (Blokhuys et al., 2007). Les conditions ambiantes étant similaires en cages aménagées, les risques de maladies virales, bactériennes et parasitaires sont identiques. Par contre, comme vu précédemment, l'hygiène du bâtiment et la qualité de l'air dans les volières sont diminuées par rapport aux systèmes en cages, dû à la grande quantité de litière associée aux nombreux mouvements des animaux. Il en découle une augmentation de la fréquence des maladies bactériennes, virales ou parasitaires (Engström

et Schaller, 1993; Tauson et al., 1999; Fossum et al., 2009; Lay et al., 2011) ainsi que des problèmes respiratoires reliés aux particules en suspension (Mostert et al., 1995).

Dans le système plein-air, la présence du parcours extérieur représente un risque supplémentaire de maladies en comparaison avec les autres systèmes (ITAB, 2010). Le milieu extérieur constitue en effet un réservoir de pathogènes potentiels. Les contacts directs ou indirects avec des animaux sauvages sont une source possible de contamination. Les risques d'infection peuvent être limités en contrôlant régulièrement le parcours, en évitant l'alimentation à l'extérieur, en prévenant la formation de flaques d'eau, ou encore en alternant les parcours autour du poulailler.

La qualité et la robustesse des os ont été observées comme étant meilleures en cages aménagées, en volières et en plein-air qu'en cages conventionnelles. En effet, la liberté de mouvement réduite en cages conventionnelles fait diminuer le risque de fractures, mais aussi la rigidité des os. Les cages aménagées sont, elles, équipées de perchoirs, ce qui permet d'augmenter la solidité des os (Tactacan et al., 2009). La tendance est identique en volière : le plus grand niveau d'activité et la plus grande mobilité des animaux permet une plus grande solidité osseuse qu'en cages aménagées (Lay et al., 2011). Par contre, la hauteur des perchoirs est la cause de blessures bien plus sévères (Tauson, 1998).

L'augmentation de l'incidence de maladies, ainsi que la gestion plus difficile des maladies due aux grands nombre de poules, ont pour conséquence une hausse de la mortalité en élevages alternatifs (Mostert et al., 1995; Abrahamsson and Tauson, 1998; Golden et al., 2012). Les risques d'étouffement par empilement (EFSA, 2005; Rodenburg et al., 2005), et de cannibalisme (Guesdon et Faure, 2004; Fossum et al., 2009; Golden et al., 2012) sont aussi deux causes majeures de mortalité dans les systèmes alternatifs. Elson et Croxall (2007) soulignent que le taux de mortalité reste moins élevé en volières qu'en système plein air, ce qui peut être relié à la possible rencontre de prédateurs (Botheras et al., 2006; Golden et al., 2012) et au risque accru de maladies parasitaires (EFSA, 2005).

2.4.3. Impact sur la qualité de l'air

Plusieurs études ont montré des concentrations en ammoniac plus élevées avec les volières en comparaison aux systèmes de cages conventionnelles ou aménagées (Hörnig et al., 2001; Botheras et al., 2006; Green et al., 2009; Dekker et al., 2011b; Crouser, 2012; Hayes, 2012). En effet, avec ces derniers, l'évacuation régulière des déjections permet d'assurer une meilleure qualité de l'air. A l'inverse, avec les volières, l'accumulation du fumier à l'intérieur du bâtiment favorise la formation de NH_3 . L'évacuation plus fréquente du fumier ou l'ajout régulier de litière peut réduire la quantité d'ammoniac produite en diminuant le taux d'humidité du fumier (Dekker et al., 2011b). D'après Groot Koerkamp (1995), pour une même fréquence de nettoyage des convoyeurs à déjections, les émissions d'ammoniac dans les volières seraient trois fois plus élevées qu'en cages en batterie. Un taux d'ammoniac supérieur à 25 ppm offre un environnement très nocif pour les poules (Gouvernement du Québec, 2013).

La formation de méthane (CH_4) résulte de la dégradation de la matière organique. Les émissions dépendent des conditions ambiantes et du mode de gestion des déjections. Elles sont plus élevées pour une gestion des déjections sous forme liquide que solide ou sèche (Godbout et al., 2011). Selon Crouser (2012), les émissions de méthane ne sont pas significativement différentes pour les cages conventionnelles, les cages aménagées et les volières.

Le taux élevé de particules en suspension dans l'air est un facteur qui détériore la santé humaine et animale (Botheras et al., 2006; Gustafsson and Wachenfelt, 2006; Xin et al., 2011; Hayes, 2012). Il est plus élevé en volières qu'en systèmes en cages à cause de la présence de la litière et l'activité plus élevée des poules (Hester, 2005; Rodenburg et al., 2005; Gustafsson and achenfelt, 2006; Costa and Guarino, 2008; Le Bouquin et al., 2011; Xin et al., 2011; Hayes, 2012). Le taux de bactéries dans l'air est plus élevé dans les volières que dans les systèmes en cages (Rodenburg et al., 2005; Huneau-Salaün et al., 2010).

2.4.4. Effet des systèmes sur le bien-être des poules

Tant que le bien-être animal est une notion multifactorielle comme déjà mentionnée, sa définition repose sur les critères représentés par les « cinq libertés ».

- Absence de faim, de soif et de malnutrition

Tous les systèmes étudiés offrent un meilleur niveau pour ce critère puisque le but de l'élevage des poules pondeuses est d'obtenir une productivité suffisante d'œufs. Les animaux ont accès à de l'eau et à de la nourriture équilibrée *ad libitum*.

- Maintien du confort de l'animal

Certainement, la présence de perchoirs et de nids des systèmes alternatifs et des cages aménagées sont des sources de confort pour les pondeuses. Par contre, pour les cages alternatives, le maintien de la température ambiante est difficile, surtout en hiver, vu la faible densité de poules et la grande surface. En plus, la qualité d'air est diminuée en raison des taux élevés d'ammoniac et de particules en suspension.

- Absence de douleur physique, de maladie ou de blessure

La mauvaise qualité d'air, le niveau bas d'hygiène des bâtiments, avec la présence de la litière et la grande taille de groupe causent des maladies des poules pour les systèmes alternatifs et donc une altération de leur bien-être. Il est difficile de tirer des conclusions par rapport à la santé osseuse puisque si celle-ci est améliorée dans tous les systèmes autres que les cages en batterie, le risque de fractures augmente (Tauson et al., 1999; Fleming et al., 2004; Botheras et al., 2006; Lay et al., 2011). Selon Lay et al., (2011). Ce risque est important en termes de bien-être animal car les anciennes fractures sont sources de douleurs chroniques. La santé globale du troupeau est meilleure dans des systèmes d'élevage en cages du point de vue du bien-être animal. De plus, le taux de mortalité est plus élevé dans les systèmes alternatifs que dans les systèmes en cages, la mortalité étant un indicateur bien connu d'évaluation du bien-être animal (Elson et Croxall, 2007).

- Expression des comportements normaux de l'espèce

Les comportements naturels des poules, tels que se percher, picorer, faire des nids, jouer des bains de poussière, etc. sont difficilement exprimés dans les cages en batterie. En effet, on y

répertorie des comportements exploratoires, comme la marche et le picage intensif, qui sont des signes de frustration et d'un désir non satisfait d'exprimer un comportement naturel (Lay et al., 2011; Huonnic et al., 2006; Blokhuis et al., 2007).

La première cause de restriction comportementale des cages conventionnelles est le confinement qui empêche les poules de se déplacer librement et d'exprimer leur comportement. Cette restriction est existante en cages aménagées, avec une importance plus ou moins grande selon la taille de la cage (5 vs 60 poules), mais elle est absente en systèmes alternatifs.

La deuxième cause est le manque d'agrément. En effet, dans les études sur les cages aménagées, il est observé que les perchoirs sont utilisés de manière intensive (Duncan et al., 1992; Appleby et al., 1993; Appleby et al., 2002; Rodenburg et al., 2005; Lay et al., 2011), que les poules sont très motivées pour utiliser les nids (Yue and Duncan, 2003; Cooper and Appleby, 2003; Tauson, 1998), pour fouiller le sol malgré la présence de nourriture (Lay et al., 2011) et pour prendre des bains de poussière (Appleby et al., 1993).

Ces observations confirment que les améliorations (nids, perchoirs et AGP) apportées dans les cages aménagées et les systèmes alternatifs affectent positivement le bien-être des poules pondeuses. De plus, les environnements complexes permettent aux poules d'avoir plus de choix, ce qui est connu pour affecter positivement leur bien-être (Lay et al., 2011). Les systèmes alternatifs offrent un milieu de vie plus complexe que les cages aménagées, permettant alors aux poules de satisfaire leurs exigences comportementales et d'effectuer des comportements démontrant leur confort (Cooper et al., 2004; Olsson and Keeling, 2000; Olsson and Keeling, 2005). Les cages aménagées, en comparaison avec les cages conventionnelles, offrent un milieu plus propice à l'expression de comportements naturels (Appleby et al., 2002; Rodenburg et al., 2005; Lay et al., 2011).

- Absence de peur ou d'anxiété

D'après plusieurs études, les poules ressentent du stress quel que soit le système d'élevage (Guesdon et al., 2004; Guemene et al., 2004; Singh et al., 2009; Tactacan et al., 2009; Lay et al., 2011). Ces auteurs ont montré à ce sujet qu'il n'y avait pas de différence significative entre les différents systèmes. Le stress peut être causé par le confinement, les variations de

température, la manipulation, le changement d'environnement et les bruits (Campo et al., 2005; Downing et Bryden, 2008) pour les systèmes en cages, alors qu'en systèmes alternatifs, il est dû aux variations de températures, la taille du groupe et la prédation en système plein-air (Golden et al., 2012).

2.5. Discussion

La revue visait à documenter les différents systèmes d'élevage et à inventorier les différents indicateurs pour la mesure du bien-être animal. La revue souligne l'existence de nombreux indicateurs complémentaires pour évaluer le bien-être des poules (tableau 2.1).

Tableau 2.1. Compromis sur le bien-être dans les systèmes de logement pour les poules pondeuses

Indicateurs	CC	PCE	MCE	LCE	En liberté (1niveau)	En liberté (plusieurs niveaux)	Extérieur
Mortalité (%)	+++	++	++	-	--	--	---
Utilisation du nid	---	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Utilisation des perchoirs	---	+++	+++	++++	+++	+++	+++
Bain de poussière	---	+	+	+	++	++	+++
Qualité de l'air	+++	+	+	+	---	---	+++
Niveau de production des œufs et propreté	+++	+++	+++	+++	+	+	---
Plumage	-	-	+	-	+	+	+

(Adapté à Laywel, 2006)

CC : cages conventionnelles

PCE : petites cages enrichies, MCE : moyennes cages enrichies et LCE : larges cages enrichies

+ : avantage et - : inconvénient

2.6. Les objectifs du projet de maîtrise et les indicateurs

Compte tenu des éléments traités dans cette revue des travaux antérieurs, nous avons émis l'hypothèse que les cages aménagées et les systèmes alternatifs permettent, en premier lieu, d'améliorer le bien-être des poules pondeuses et, en second lieu, de maintenir la production d'œufs de qualité. L'impact de ces systèmes sur le bien-être et la production des poules a souvent été étudié dans différents pays européens, mais peu ou pas d'études ont traité de ce sujet dans le contexte québécois, étant donné que les cages conventionnelles sont toujours largement utilisées au Québec. L'objectif principal (ou le but) de la présente étude était d'évaluer l'effet des systèmes CC, CE et AV sur le bien-être et les performances zootechniques et de valider la recommandation de la FPOQ aux producteurs concernant l'utilisation des cages aménagées pour les nouvelles installations de production.

Les objectifs du projet sont :

- 1- Établir les types de logement les plus susceptibles de s'imposer en production d'œufs de consommation au Québec.
- 2- Comparer l'effet de ces systèmes sur la production des œufs et la qualité interne et externe de l'œuf.
- 3- Le dernier objectif est de déterminer leurs effets sur les performances zootechniques, la santé, le comportement et le stress physiologique des poules.

Compte tenu de l'ensemble des indicateurs traités dans cette revue de littérature, les indicateurs choisis dans notre étude sont :

- Les performances zootechniques sont enregistrés quotidiennement et facilement mesurables (Colson, 2006). Le taux de ponte, l'indice de consommation, le gain de poids, la qualité externe et interne des œufs, la propreté des œufs, la localisation de la ponte des œufs et la composition minérale de l'œuf et de la coquille sont les principaux paramètres mesurés dans notre étude.
- La santé physique peut être aussi marquée quotidiennement par les éleveurs. Des scores seront attribués pour l'état de plumage et des pattes sur la base des critères établis par le projet Welfare Quality (Forkman et Keeling, 2008).

- Le stress physiologique est évalué par la prise des échantillons de sang pour mesurer le ratio Hétérophiles/Lymphocytes. Ce ratio semble être pertinent parce qu'il n'est pas ou peu influencé par l'âge des animaux (Campo et Davila, 2002b) et la photopériode (Campo et Davila, 2002a).
- Les indicateurs comportementaux sont évalués à partir des observations directes des poules dans leur environnement. Des comportements agressifs et doux (donnés et reçus) (Bilick et Keeling, 2000), des comportements de confort, tels que l'étirement des ailes et des pattes et le lissage des plumes (Albenosta et Cooper, 2004; Mirabato et al, 2007) et les activités de bains de poussière sont enregistrés.

Chapitre 3. Comparison of egg production, quality and composition in three production systems

Y. Mahmoudi ^{a,b}, F.X. Philippe ^c, F. Pelletier ^b, S. Godbout^b, R. Lagace ^d, M. Lefrançois^a, D. Cinq Mars^a

^aDépartement des sciences animales, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, Canada

^bInstitut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, Québec, G1P 3W8, Canada

^cFaculté de médecine vétérinaire, Université de Liège, boulevard de colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

^dDépartement des sols et génie agroalimentaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, Canada

Abstract

The development of enriched cages and alternative systems, such as aviaries, appeared following widespread criticism of conventional cages. Those systems offer more space per hen and allow hens to behave naturally. The aim of this study was to compare the effects of three different housing systems on egg production, quality and composition. To this end, 360 hens (22-33 weeks of age) were kept in twelve independent bench-scale rooms (4 rooms per treatment) for twelve weeks. Hens were either housed in conventional cages (CC; 492 cm²/bird, 5 birds/cage), enriched cages (EC; 780 cm²/bird, 10birds/cage) or in aviary system (AV; 1,120 cm²/bird). A total of 480 eggs were collected for quality and others characteristics measurements on weeks 23, 26, 29, and 32. Eggs from the aviary system were lighter (57.8 vs 58.6 and 59.0g; P<0.05) than those coming from enriched and conventional cages, respectively, with lower mean yolk and eggshell weights. The yolk/albumen ratio was also lower in eggs from the aviary system. Shell thickness was not affected by the housing system while the eggshell strength was higher in eggs produced in the conventional system. Yolks were darker in the aviary system. Eggs from the aviary system showed significantly lower dry matter (23.0 vs 23.5 and 23.7%) and calcium (582.8 vs 589.4 and 615.4mg/kg) contents than in enriched and conventional cages. The present study confirms that production and egg quality were better in FC than in CC and AV respectively.

Key words: laying hen, conventional and enriched cages, aviary system, egg quality,

3.1. Introduction

Conventional cages have been banned in Sweden since 1999 (Wall et al., 2002) and in the European Union since 2012 by the development of alternative housing systems including enriched cages (EC) and non-cages systems such as aviaries, deep litter and free-range systems (Tauson, 2005), answered public concern about conventional housing system for laying hens. In Québec, Canada, conventional cages are no longer accepted as from January 2015 for new poultry producers (FPOCQ, 2014). Furnished cages are now recommended since they provide more area for hen than conventional cage and contains a perch, nest box and pecking and scratching area (Appleby and Hughes, 1995). Sherwin and Nicol (1992) reported that these modifications satisfy both welfare and production. Egg production was similar for both cage systems (Elson and Croxall, 2007; Tactacan et al., 2009), while it was lower for alternative systems (Dekker et al, 2011a; Golden et al., 2012). According to Nimmermark et al. (2009), the high concentration of ammonia in the aviary system can reduce egg production and quality. Nesting is an essential behavior and hens are motivated to gain access to a suitable nest (Cooper and Appleby, 1994).

The proportion of dirty eggs was similar or lower in conventional and furnished cages. But the percentage of cracked eggs was higher in small group-furnished cages when compared to conventional cages (Abrahamsson and Tauson, 1997; Wall et al., 2002). Smith et al. (1993) recorded that proportions of cracked and dirty eggs was lower when nests were available. Egg quality was deteriorated in aviary system (De Reu et al., 2008; Singh et al., 2009; Golden et al, 2012) because there was no separation between eggs and droppings. Wall and Tauson (2007) observed that perches improved hygiene level for both hens and eggs. Furthermore, perches were attractive enough to attract the hens, thereby reducing use of nests at night and helping keep good hygiene. The hen's egg is made of shell (9-12%), albumen (around 60%) and the yolk (30-33%).

Egg quality is strongly influenced by breed, age of hen, health status and also by environmental factors like temperature, light, and production system (Roberts, 2004). The housing system may influence eggshell quality. Mench et al. (1986) showed that cage density has an effect on eggshell quality. Wall and Tauson (2002) recorded that the

introduction of egg saver wires and long nest contains reduced cracked eggs frequency in furnished cages.

The limited information on the effect of these systems on egg quality and mineral composition, offers the opportunity to study and to compare egg production, hygiene, quality and mineral composition between three cage production systems; conventional cages (CC), enriched cages (EC) and aviary system (AV).

3.2. Materials and methods

3.2.1. Animals

Lohmann LSL-Lite laying hens (n = 360) obtained from Fédération des producteurs d'œufs de Québec were used in this study from twenty two to thirty three weeks of age. Birds were beak trimmed at one-day-old. Hens were individually weighed at 23 week of age and properly identified at the beginning of the assay and then randomly distributed to either one of three housing systems: conventional cages (CC), enriched cages (EC), and aviary (AV). Average daytime temperature was maintained at 23° C throughout the experimental period. The lighting system provided an intensity of 5 to 10 lux. The photoperiod was 16L: 8D per day. The hens had access to water and feed *ad libitum*. The hens were feed twice daily with 100 g hen⁻¹ d⁻¹ of a commercial diet (27910819, Aliments La Coop Fédérée, Joliette, QC, Canada). Mortalities were recorded and autopsies were performed to determine the cause of death. At the end of the experiment, hens were individually weighed and then euthanized.

3.2.2. Experimental rooms and housing systems

The experiment was conducted in a laboratory farm which consists of twelve identical and independent rooms arranged side by side, with solid manure management (Fournel et al., 2011). Thirty hens were allotted to each room.

The experimental design consisted of one control and two treatments. The treatment considered was a conventional cage; Farmer Automatic's Multi-Deck battery cages were 485.5 mm wide, 507 mm deep, 540 mm high, placed 2 × 2 on three decks for a total of six cages. Each cage housed five hens (493 cm² per bird).

On the basis of the report of the European Directive (1999/74/CE), every enriched cage (treatment 1) was equipped with a nest, a deep litter for pecking and scratching and a perch (Figure 3.1). Rooms contained three decks cages with 10 hens each. The total area was 780 cm² per hen. Two nests (30 cm x 30 cm) equipped with plastic curtains were available in each cage. The pecking and scratching area was located above the nests with 20 cm high free space up to the cage top. Two perches of 75 cm were also installed in the cages.

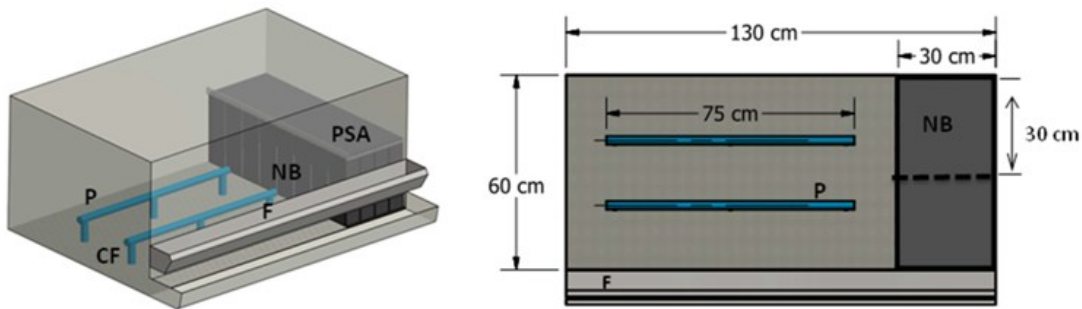


Figure 3.1. Schematic outline in 3D and front view of the Enriched cage. PSA, pecking and scratching area; NB, nest box; F, feeder; P, perch; CF, cage floor.

Finally, the second treatment was a three level aviary system. The first level was covered with 10 cm of wood shavings (Figure 3.2). The aviary was 145 cm wide and 180 cm deep, and the housing density was 1120 cm² per bird. The aviary was built according to the European Directive (1999/74/CE). Levels 2 and 3 were fitted with feeders (10 cm per hen), drinkers, perches (15 cm per hen) and three nest boxes (30 * 30 cm). Stairs like ramps allowed birds to easily move from one level to the other. The nest was lined with plastic mesh.

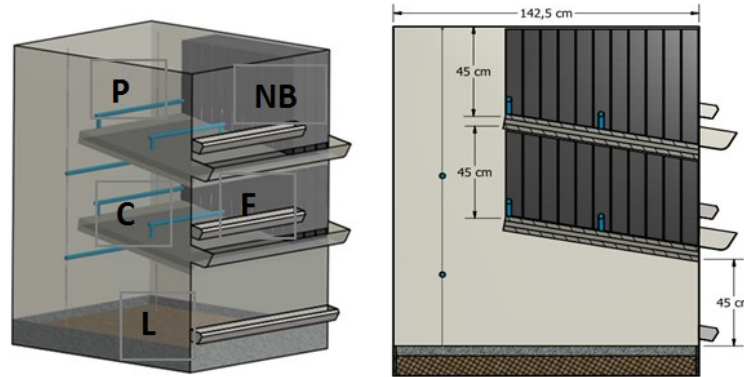


Figure 3.2. Schematic outline in 3D and cross section of the Aviary system. LA; litter area, NB, nest box; F, feeder; P, perch; CF, cage floor.

3.2.3. Mortality

Mortality in each room was recorded daily at 8 am. Laying hens that died within the first week of the study were replaced with hens of similar weight from a group of extra birds that were separately maintained. Hens that died afterwards were not replaced. The hen's body weight was measured individually at 23 and 35 wks of age.

3.2.4. Egg quality

Eggs were manually collected daily between 8:00 am and 11:00 am. Egg production was calculated on a daily basis. Eggs were examined to record anomalies like cracks, soft-shelled, and dirty eggs and individually weighted. For EC and AV, nesting location was recorded (nest, litter / scraper, other).

Every three weeks (23, 26, 29 and 32 wks of age), a sample of twenty eggs was randomly selected in each room to determine egg composition (10 eggs), and evaluate internal and external quality (10 eggs). After collection, eggs were randomly numbered and analyzed. Egg quality measurements were performed at the Département des sciences animales at the Université Laval. Egg length and width were measured using an electronic sliding caliper¹ (precision 0.01 mm). Egg shape index was then calculated. Egg and yolk weights were determined with an electronic balance (± 0.01 g). The eggshell resistance was measured with

¹MasterCraft® electronic caliper with digital display. Resolution : 0.0005" (0.01mm)

a Zwick² machine (Zwicki Z0.5 materials testing machine). Haugh units were determined with a tripod micrometer (Haugh, 1937). The intensity of egg yolk color was measured using the DCM yolk color fan. Albumen was carefully separated from yolk which was weighed and albumen pH was then measured. Egg shells were dried in an oven at 90 °C for one day, eggshell weight was also determined with the same electronic balance. Eggs shell thickness was measured at three different random points around the equatorial shell zone using an electronic micrometer³ (± 0.01 mm). Finally albumen weight was deducted by subtraction (Moula et al., 2009; 2013).

Chemical composition was analyzed using the EPA-3050 method: dry matter (DM), protein, total nitrogen (TN) and minerals (P, K, Ca, and Mg).

3.3. Statistical analysis

Animal performance, feed intake, egg quality and egg composition data were tested using a mixed model including housing condition (2 dl), week of measurements (9 and 3 dl, respectively, for laying performance and dietary consumption on one hand; and egg quality and composition on the other hand) and the interaction between the housing condition and the week of measurement (18 and 6 dl respectively) as fixed effects, and the chambers as random effect, with 10 and 4 successive measurements per chambers respectively (proc MIXED, SAS 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC). Correlation between successive measurements was modeled using a type1-autoregressive structure. For blood and meat spots, the statistical analyses were performed on arcsin-root transformed data according to Snedecor and Cochran (1989), but back-transformed values were presented. In this way, residuals were normally distributed with a null expectation for all the parameters (proc UNIVARIATE, SAS 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC).

3.4. Results

An overall mortality rate of 1.66% was observed between 23 and 33 weeks of age. The laying rate, expressed as hen-day egg percentage, was 96.3, 96.6 and 77.2% respectively in

²Zwick/Roll testing systems Z0.5. Instrument S/N: 207438.

³Accusize industrial, MO71-0001, electronic digital outside micrometer. Resolution : 0-1" *0.0005"

CC, EC and AV. This rate was not significantly different between the two cages design, whereas a significant difference ($P < 0.05$) was observed in the aviary system (fig 3.3). A significant ($P < 0.0001$) lower rate of egg cleanliness was observed on AV than in cages design (13.9 vs 77.7 and 76.7% in CC and EC, respectively). Overall feed intake was significantly different between the three housing systems, however, birds in CC consumed significantly more feed (123.4 g/day) than birds in EC and AV (119.9 and 117.8 g/day, respectively). Caging type did not affect the overall water consumption of laying hens (Table 3.1).

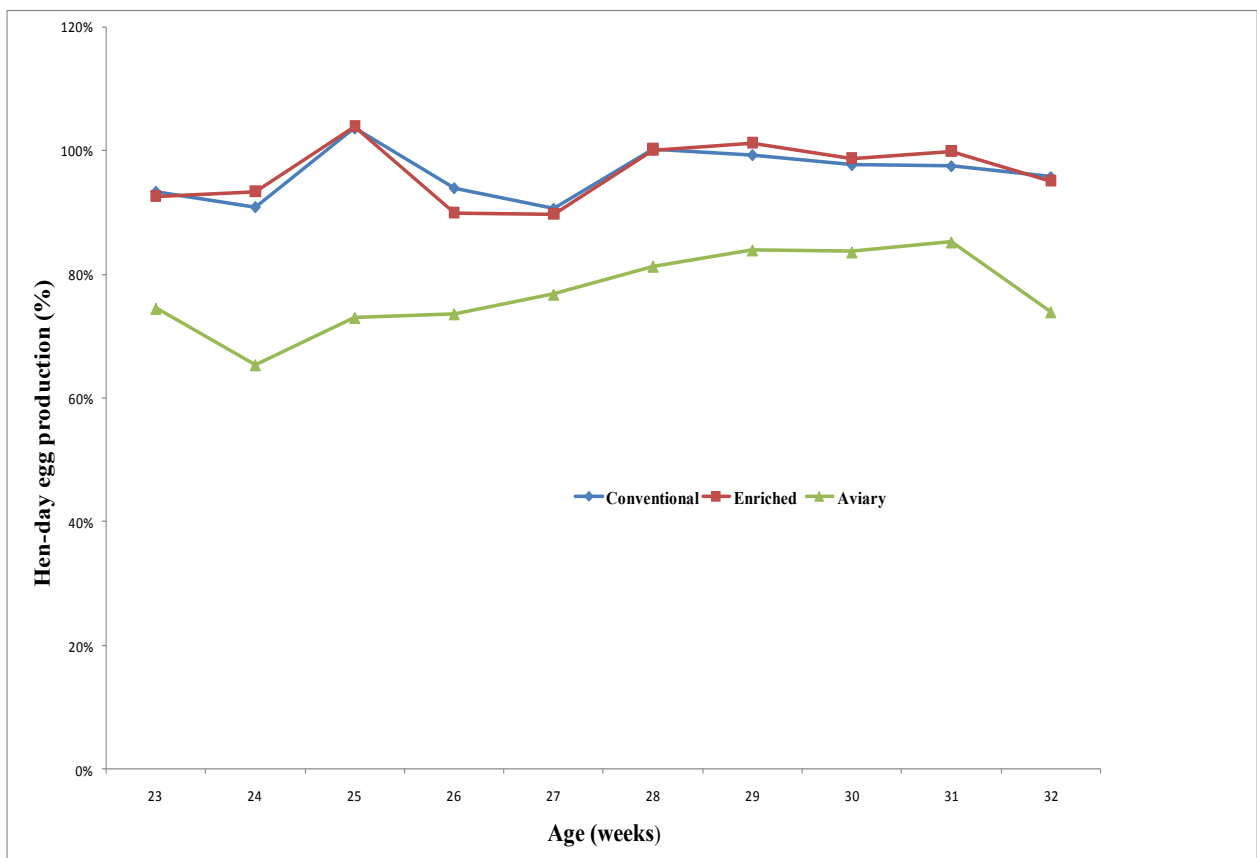


Figure 3.3. Egg production (% hen-day) in different housing systems throughout the experimental period (LSM; overall SEM = 0.01).

Table 3.1. Performance summary of Lohmann LSL-lite hens in conventional cages (CC), enriched cages (EC), and aviary system1 (AV).

Parameters	Housing system			SEM	Level of significance		
	CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Avg. hen-day production (%)	96.3 ^a	96.6 ^a	77.2 ^b	0.01	<0.0001	<0.0001	0.6849
Egg weight (g)	59.6 ^a	59.3 ^a	58.6 ^b	0.23	0.0100	<0.0001	<0.0001
Egg cleanliness (%)	77.7 ^a	76.7 ^a	13.9 ^b	2.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Feed intake (g/ hen/day)	123.4 ^a	119.9 ^{ab}	117.8 ^{ab}	1.73	0.0741	<0.0001	0.4338
Feed conversion (kg/doz.)	1.61 ^a	1.60 ^a	2.12 ^b	0.07	<0.0001	<0.0001	0.0018
Feed conversion (kg feed/kg egg)	2.26 ^a	2.24 ^a	3.03 ^b	0.10	<0.0001	<0.0001	0.0057
Water consumption (ml/hen/day)	188.9 ^a	177.8 ^a	189.7 ^a	4.4	0.1073	<0.0001	<0.0001
Body weight at wk 35 (kg)	1.692 ^a	1.605 ^b	1.587 ^b	0.012	<0.0001	-	-

^{a, b, c} Means within each parameter with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$)

¹Data are presented as least squares means.

Housing systems showed significant impacts ($P < 0.05$) on all parameters except for albumen weight, shell thickness, eggshell (%), Haugh units, blood and meat spots (Table 3.2). A significant increase in egg weight was observed throughout the duration of the laying period ranging from 53.5 g at 23 wk of age to 61.8 g at 32 wk of age (fig 3.4). However, the heaviest eggs were found in CC (59.0 g), followed by EC (58.7 g) and the AV (57.8 g) ($P < 0.05$). Albumen weight was not affected by housing systems. The same ranking applied for yolk weight (15.1, 15.1 and 14.6 g) and Y/A ratio (40.2, 40.4 and 39.2) in CC, EC and AV, respectively. Albumen pH was significantly lower in CC when compared to other systems (Table 3.2).

Interior content of eggs from the AV had lower dry matter ($P < 0.0001$), calcium and phosphorus contents ($P < 0.05$) than eggs from other housing systems. On the other hand,

dry matter and magnesium levels were significantly higher in AV eggshell whereas potassium was lower (Table 3.3).

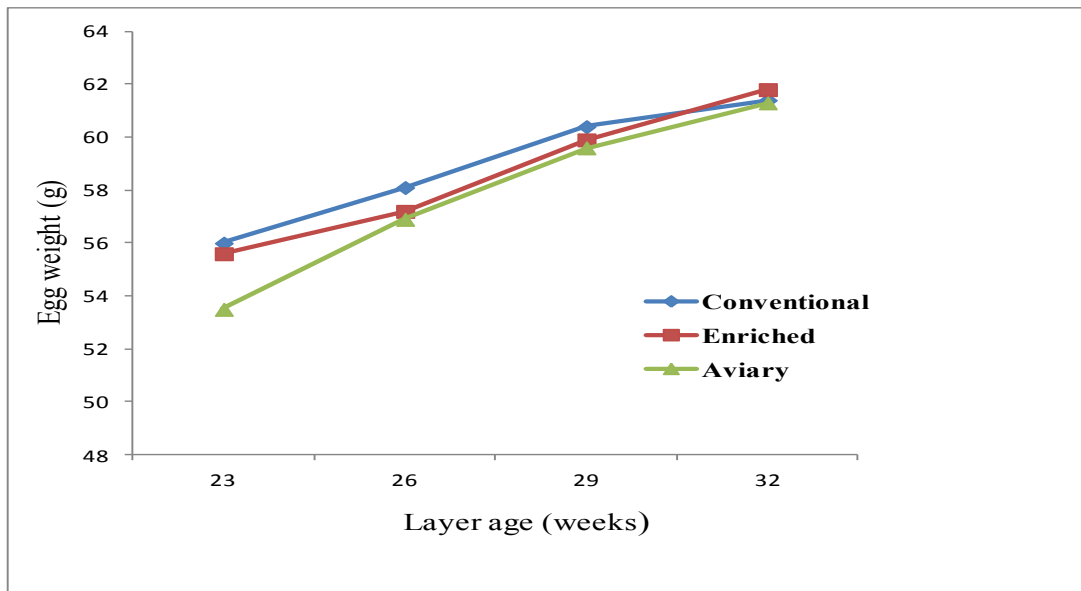


Figure 3.4. Egg weight (g) in different housing systems throughout the experimental period (LSM; overall SEM = 0.3).

Table 3.2. Quality measurements and physical traits of eggs produced under three different housing systems (least square means [LSM], standards errors [SE] and significant difference)

Parameters	Week	Housing type			SEM	Level of significance		
		CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Albumen pH	23	8.61Aa	8.75Ba	8.77Ba	0.04			
	26	8.54Aa	8.60Ab	8.74Ba	0.04			
	29	8.60Aa	8.73Ba	8.61Ab	0.04	0.0032	<0.0001	0.0133
	32	8.81Ab	8.81Aa	8.80Aa	0.04			
	Total	8.64A	8.72B	8.73B	0.02			
Haugh units	23	90.0Aab	87.5Ba	88.3ABa	0.6			
	26	90.9Aa	90.6Ab	89.9Ab	0.6			
	29	90.1Aab	89.5Abc	89.8Ab	0.6	0.5018	0.0001	0.1717
	32	88.6Ab	88.5Aac	89.5Aab	0.6			
	Total	89.0A	89.9A	89.4A	0.3			
Yolk colour intensity	23	6.82Aa	6.93Aa	7.16Ba	0.07			
	26	6.86ABa	6.68Ab	6.98Ba	0.07			
	29	6.80Aa	6.80Aab	7.02Ba	0.07	<0.0001	0.1353	0.6515
	32	6.88ABa	6.80Aab	7.08Ba	0.07			
	Total	6.84A	6.80A	7.06B	0.04			
F _{max} (N)	23	42.7Aa	42.9Aa	40.5Aa	0.9			
	26	40.4Aab	40.5Ab	40.0Aa	0.9			
	29	40.6Aab	38.4Ab	38.2Aa	0.9	0.0295	<0.0001	0.0825
	32	39.1Ab	35.5Bc	38.3Aa	0.9			
	Total	40.7A	39.3B	39.3B	0.4			
Shell thickness (µm)	23	398.1Aa	396.6Aa	381.2Aa	12.2			
	26	380.2Aa	378.0Aab	383.8Aa	12.2			
	29	384.8Aa	375.6Aab	379.9Aa	12.2	0.6903	0.0820	0.9674
	32	373.0Aa	360.6Ab	365.0Aa	12.2			
	Total	384.0A	377.7A	377.5A	6.1			
Egg length (mm)	23	55.7Aa	55.6Aa	54.6Ba	0.3			
	26	56.2Aa	56.4Ab	55.9Ab	0.3			
	29	57.4Ab	57.3Ac	57.0Ac	0.3	0.0112	<0.0001	0.2864
	32	57.8Ab	58.4Ad	57.8Ad	0.3			
	Total	56.8A	56.9A	56.3B	0.2			
Egg width (mm)	23	42.2Aa	42.2Aa	41.7Ba	0.2			
	26	42.9Ab	42.4Ba	42.4Bb	0.2			
	29	43.2Abc	43.1Ab	43.0Ac	0.2	0.0490	<0.0001	0.1316
	32	43.4Ac	43.3Ab	43.4Ad	0.2			
	Total	42.9A	42.7AB	42.6B	0.1			
Egg shape	23	75.8Aab	75.8Aa	76.3Aa	0.3			
	26	76.5Ab	75.2Ba	76.0ABa	0.3			
	29	75.3Aa	75.3Aa	75.4Aab	0.3	0.0223	<0.0001	0.3404
	32	75.1Aa	74.2Ab	75.1Ab	0.3			
	Total	75.7A	75.1B	75.7A	0.2			
Albumen weight (g)	23	36.9Aa	36.5Aa	35.2Ba	0.5			
	26	37.3Aab	36.9Aab	36.8Ab	0.5			
	29	38.0Aab	37.9Abc	38.3Ac	0.5	0.6097	<0.0001	0.1798
	32	38.5Ab	38.5Ac	38.9Ac	0.5			
	Total	37.7A	37.5A	37.3A	0.3			

^{a,b,c}Values with different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$).

^{A, B, C}Values with different superscripts within a column indicate significant differences ($P < 0.05$).

^S: Statistical analyses performed on arcsin-root transformed data according to Snedecor and Cochran (1989).

Table.3.2. Quality measurements and physical traits of eggs produced under three different housing systems (least square means [LSM], standards errors [SE] and significant difference) (following)

Parameters	Week	Housing type			SEM	Level of significance		
		CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Yolk weight (g)	23	13.1ABa	13.2Aa	12.7Ba	0.2	<0.0001	<0.0001	0.2380
	26	14.7Ab	14.4ABb	14.1Bb	0.2			
	29	15.9Ac	15.8Ac	15.2Bc	0.2			
	32	16.7ABd	17.1Ad	16.2Bd	0.2			
	Total	15.1A	15.1A	14.6B	0.1			
Eggshell weight (g)	23	5.95Aa	5.87Aa	5.54Ba	0.11	0.0524	<0.0001	0.5121
	26	6.04Aab	5.95Aa	5.97Ab	0.11			
	29	6.35Ab	6.18Aa	6.22Ab	0.11			
	32	6.34Ab	6.13Aa	6.21Ab	0.11			
	Total	6.17A	6.03AB	6.00B	0.05			
Albumen (%)	23	65.9Aa	65.6Aa	65.8Aa	0.3	0.0317	<0.0001	0.4171
	26	64.2Ab	64.5Ab	64.6Ab	0.3			
	29	63.0Ac	63.3ABc	64.1Bbc	0.3			
	32	62.5Abc	62.4Ad	63.3Bc	0.3			
	Total	63.9A	63.9A	64.5B	0.1			
Yolk (%)	23	23.5Aa	23.8Aa	23.8Aa	0.2	0.0140	<0.0001	0.0955
	26	25.4Ab	25.1Ab	24.9Ab	0.2			
	29	26.4Ac	26.4Ac	25.5Bb	0.3			
	32	27.1Abc	27.7Ad	26.5Bc	0.3			
	Total	25.6A	25.7A	25.2B	0.1			
Eggshell (%)	23	10.7Aa	10.6Aa	10.4Aa	0.2	0.3844	0.0489	0.8567
	26	10.4Aa	10.4Aab	10.6Aa	0.2			
	29	10.6Aa	10.3Aab	10.5Aa	0.2			
	32	10.4Aa	10.0Ab	10.1Aa	0.2			
	Total	10.5A	10.3A	10.4A	0.1			
Y/A ratio	23	35.6Aa	36.4Aa	36.3Aa	0.6	0.0209	<0.0001	0.1274
	26	39.6Ab	38.9Ab	38.6Ab	0.6			
	29	42.0Ac	41.8Ac	40.0Bb	0.6			
	32	43.5Abc	44.4Ad	42.0Bc	0.6			
	Total	40.2A	40.4A	39.2B	0.3			
Blood spots (%) ^s	23	3.59ABa	14.37Aa	0.65Ba	1.06	0.5874	0.7460	0.2478
	26	0.59Aa	5.28Aab	3.27Aa	1.06			
	29	3.81Aa	3.59Aab	0.59Aa	1.06			
	32	5.54Aa	0.00Ab	2.44Aa	1.06			
	Total	3.04A	4.06A	1.53A	0.29			
Meat spots (%) ^s	23	0.65Aab	2.44Aa	4.67Aa	0.65	0.9534	0.2737	0.5249
	26	0.00Aa	0.00Aa	0.65Aa	0.65			
	29	0.65Aab	2.44Aa	0.65Aa	0.65			
	32	5.54Ab	0.59Aa	0.59Aa	0.65			
	Total	0.99A	0.95A	1.29A	0.16			

^{a,b,c}Values with different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$).

^{A, B, C}Values with different superscripts within a column indicate significant differences ($P < 0.05$).

^s: Statistical analyses performed on arcsin-root transformed data according to Snedecor and Cochran (1989).

Table 3.4. Mineral composition of egg produced under three different housing systems
(least square means [LSM], standards errors [SE] and significant difference)

Parameters	Housing type			SE M	Level of significance		
	CC	EC	AV		Housin g	Week	H x W
Egg inside composition							
Dry matter (%)	23.7a	23.5a	23.0b	0.1	0.0001	<0.000 1	0.6016
N (g kg ⁻¹)	19.4a	19.0a	19.1a	0.3	0.4275	0.0044	0.6690
P (mg kg ⁻¹)	1942a	1941a	1897b	14	0.0606	<0.000 1	0.4855
Ca (mg kg ⁻¹)	615.4a	589.4b	582.8b	5.6	0.0008	<0.000 1	0.2524
Eggshell composition							
Dry matter (%)	72.5a	74.2b	77.5c	0.6	<0.000 1	0.0030	0.1745
Ca (g kg ⁻¹)	342.9a	342.5a	344.7a	1.5	0.5633	<0.000 1	0.0166
K (mg kg ⁻¹)	1041.4a	1003.9a	868.4b	28.1	0.0004	0.0003	0.1148
Mg (mg kg ⁻¹)	2769a	2815a	2942b	34	0.0035	0.2825	0.1324

^{a, b, c} Means within each parameter with different superscript letters are significantly different (P < 0.05)

3.5. Discussion

In European countries, egg production in enriched cages is comparable to conventional cages (Smith et al., 1993; Abrahamsson et al., 1995; Abrahamsson and Tauson, 1997; Van Niekerk, 1999; Vits et al., 2005). Many studies have reported that egg production of hens kept in conventional cages was higher than those managed in alternative systems such as aviaries, floor pens, or free range (Abrahamsson et al., 1996b; Horn and Sütö, 1997; Tauson et al., 1999; Leyendecker et al., 2001a). However, Abrahamsson and Tauson (1995), Van Horne (1996) and Van Horne and Van Niekerk (1998) has shown that egg production in alternatives systems is comparable to conventional cages. In aviary system, egg production is subjected to higher variations, making it less predictable since hens probably ate part of laid eggs. The number of eggs laid in the first two weeks was much lower compared to cages systems (Figure 3.3). Delaying egg collection from 8:00 to 11:00 am probably improved the number of harvested eggs. The present study confirmed that egg production was similar in enriched and conventional cages and was significantly lower in aviary system.

Hens in aviary system produced a significantly higher proportion of dirty eggs (Abrahamsson and Tauson, 1995; Abrahamsson et al., 1996b), compared to conventional, enriched cages falling in the middle (Tauson et al., 1999) due eggs laid in the litter area and the contamination of nest boxes. Guesdon and Faure (2004) demonstrated that there are more dirty eggs in furnished cages than in conventional cages. Conversely, Abrahamsson et al. (1995) reported that hens in conventional cages produced higher percentage of dirty eggs than those in furnished cages.

Egg weight was lower in the aviary system than in other systems. These results are in agreement with those of Mohan et al. (1991) and Leyendecker et al. (2001a) who demonstrated higher egg mean weight in cages than in alternative systems. Conversely, Tůmová and Ebeid (2005) and Zemková et al. (2007) obtained higher mean egg weights in systems with litter. Basmacioglu and Ergul (2005), and Thomas and Ravindran (2005) demonstrated that the egg weight was not influenced by the housing system. However, Van den Brand et al. (2004) reported that egg weight from outdoor layers was lower at an early age, but increased more steadily with age than with caged hens. These results were confirmed in our study and by Peebles et al. (2000) and Silversides and Scott (2001). Although, egg shell breaking strength, yolk weight and Y/A ratio were lower in aviary system despite their relatively low egg production.

The evaluation of egg freshness through Haugh units measurements was stable among cage design, but differences were noted for the albumen pH. Wang et al. (2009) found no differences in the average Haugh unit scores and albumen height when comparing conventional cage and outdoor production systems. Varguez-Montero et al. (2012) reported no differences in Haugh units and albumen height between conventional cages, outdoor, and indoor production systems. Shimmura et al (2007) also reported no significant differences between conventional and enriched cages. Conversely, Leyendecker et al. (2001a) reported that Haugh units were higher in the aviary system. Additionally, Jones et al. (2014) showed that Haugh units were greater in eggs from conventional cages than from enriched cages. Vits et al. (2005) found a significant difference between three enriched cages for Haugh units values. Significantly darker yolk were found in the aviary system

which could be related to hens consuming litter, as confirmed by Van den Brand et al. (2004).

The results of the present study showed that high laying production can be achieved in furnished and conventional systems. Egg production was lower in the aviary than in cages systems. Differences in egg quality were also found in egg cleanliness, yolk and shell weights which were also lower in the aviary system.

3.6. Acknowledgement

Funding was provided by the “Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec” (MAPAQ) and the “Fédération des producteurs d’œufs de Québec” (FPOQ).

The authors gratefully acknowledge the “Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement” (IRDA) who provided in-kind contributions for this study. The authors also recognize the technical and professional support provided by IRDA research staff (Cristian Gauthier and Michel Côté).

3.7. References

Abrahamsson, P. & Tauson, R. (1997) Effects of group size on performance, health and birds' use of facilities in furnished cages for laying hens. *Acta Agric. Scand. Sect. A. Animal Science*, 47: 254–260.

Abrahamsson, P. & Tauson, R. (1995) Aviary systems and conventional cages for laying hens—Effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. *Acta Agric. Scand. Animal Science*, 45: 191–203.

Abrahamsson, P., Tauson, R. & Appleby, M.C. (1995) Performance of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. *Acta Agric. Scand. Animal Science*, 47: 254–260.

Abrahamsson, P., Tauson, R. & Elwinger, K. (1996b) Effect on production, health and egg quality of varying proportions of wheat and barley in diets for two hybrids of laying hens kept in different housing systems. *Acta Agric. Scand. Animal Science*, 46: 254–260.

Appleby, M.C. & Hughes, B.O. (1995) The Edinburgh modified cages for laying hens. *British Poultry Science*, 36: 707–718.

Basmacioglu, H. & Ergul, M. (2005) Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of eggs in laying hens – The effects of genotype and rearing system. *Turkish Journal Veterinary Animal Science*, 29: 157–164.

CEC (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES) (1999) Council Directive 99/74/EC: laying down minimum standards for the protection of laying hens. *Official Journal of the European Communities*, L 203/53: 19th July.

Cooper, J.J. & Appleby, M.C. (1994) The use of aversive barriers to quantify nesting motivation in domestic hens. *Proceedings of the symposium Modified Cages for Laying Hens. Universities Federation for Animal Welfare, Potters Bar, UK.* pp. 11–24.

Dekker, S.E.M., De Boer, I.J.M., Vermeij, I., Aarnink, A.J.A. & Groot Koerkamp, P.W.G. (2011a) Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science*, 139: 109–121.

De Reu, K., Messens, W., Heyndrickx, M., Rodenburg, T.B., Uyttendaele, M. & Herman, L. (2008) Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poultry Science Journal*, 64: 5–19.

Elson, H.A. & Croxall, R. (2007) European study on the comparative welfare of laying hens in cage and non-cage systems. *Arch. Geflügelkd*, 70: 194–198.

Fédération des producteurs d'œufs de consommation du Québec. (FPOCQ, 2014). Démarrer en production d'œufs de consommation ; C'est possible. Programme d'aide aux démarrages des nouveaux producteurs. Guide des procédures d'inscription 2014.

Fournel, S., Pelletier, F., Godbout, S., Lagacé, R. & Feddes, J. (2011) Greenhouse Gas Emissions from Three Cage Layer Housing Systems. *Animals*, 2: 1–15.

Golden, J.B., Arbona, D.V. & Anderson, K.E. (2012) A comparative examination of rearing parameters and layer production performance for brown egg-type pullets grown for either free-range or cage production. *Journal Applied Poultry Research*, 21: 95-102.

Guesdon, V. & Faure, J.M. (2004) Laying performance and egg quality in hens kept in standard or furnished cages. *Animal Research*, 53: 45–57.

Horn, P. & Sütö, Z. (1997) Influence of management factors on production traits of layers. *World's Poultry Misset*, 13: 20–23.

Haugh, R.R. (1937) The haugh unit for measuring egg quality. *U.S Egg Poultry Magazine*. 43: 552–555, 572–573.

Jones, D. R., Karcher, D. M. & Abdo. Z. (2014) Effect of a commercial housing system on egg quality during extended storage. *Poultry Science*, 93: 1282–1288.

Leyendecker M., Hamann H., Hartung J., Kamphues J., Ring C., Gluender G., Ahlers C., Sander, I., Neumann, U. & Distl, O. (2001) Analysis of genotype-environment interactions between layer lines and hen housing systems for performance traits, egg quality and bone breaking strength. 1st communication: Performance traits. *Züchtungskunde*, 73: 290–307.

Mench, J.A., Van Tienhoven, A., Marsh, J.A., McCormick, C.C., Cunningham, D.L. & Baker, R.C. (1986) Effects of cage and floor pen management on behaviour, production and physiological stress responses of laying hens. *Poultry Science*, 65: 1058–1069.

Mohan, B., Mani, V. & Nagarajan, S. (1991) Effect of different housing system on the physical qualities of commercial chicken eggs. *Indian. Journal Poultry Science*, 26: 130–131.

Moula, N., Antoine-Moussiaux, N., Farnir, F. & Leroy, P. (2009) Comparison of Egg Composition and Conservation Ability in Two Belgian Local Breeds and One Commercial Strain. *International Journal of Poultry Science*, 8: 768-774.

Moula, N., Tandiang Diaw, M., Salhi, A., Farnir, F., Antoine-Moussiaux, N. & Leroy, P. (2013) Egg Production Performance of the Local Kabyle Hen and its Crossbreeds with ISA-Brown Strain in Semi-Intensive Conditions. *International Journal of Poultry Science*, 12: 148-152.

Nimmermark, S., Lund, V., Gustafsson, G. & Eduard, W., (2009) Ammonia, dust and bacteria in welfare-oriented systems for laying hens. *Ann Agric Environ Med*.16: 103–113.

Peebles, E.D., Zumwalt, C.D., Doyle, S.M., Gerard, P.D., Latour, M.A., Boyle, C.R. & Smith, T.W. (2000) Effects of breeder age and dietary fat source and level on broiler hatching egg characteristics. *Poultry Science*, 79: 698–704.

Roberts, J.R. (2004) Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*, 41: 161–177.

Sherwin, C.M. & Nicol, C.J. (1992) Behaviour and production of laying hens in three prototypes of cages incorporating nests. *Applied Animal Behaviour Science*, 35: 41–54

Silversides, F.F. & Scott, T.A. (2001) Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80: 1240–1245.

Singh, R., Cheng, K.M. & Silversides, F.F. (2009) Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*, 88: 256–264.

Shimmura, T., Hirahara, S., Eguchi, Y., Uetake, K. & Tanaka, T. (2007) Behavior, physiology, performance and physical condition of layers in conventional and large furnished cages in a hot environment. *Animal Science Journal*, 78: 314–322.

Smith, S.F., Appleby, M.C. & Hughes, B.O. (1993) Nesting and dust bathing by hens in cages: Matching and mis-matching between behaviour and environment. *British Poultry Science*, 34: 21–33.

Tactacan, G.B., Guenter, W., Lewis, N.J., Rodriguez-Lecompte, J.C. & House, J.D. (2009) Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Poultry Science*, 88: 698–707.

Tauson, R., Wahlström, A. & Abrahamsson, P. (1999) Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. *Journal Applied Poultry Research*, 8: 152–159.

Tauson, R. (2005) Management and housing systems for layers– effect on welfare and production. *World's Poultry Science Journal*, 61: 477–490.

Tůmová, E. & Ebeid, T. (2005) Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cages and in a litter housing system. *Czech Journal of Animal Science*, 50: 129–134.

Thomas, D.V. & Ravindran, V. (2005) Comparison of layer performance in cage and barn systems. *Journal AnimalVeteranary Advance*, 4: 554–556.

Varguez-Montero, G., L., Sarmiento-Franco, R., Santos-Ricalde, & J. Segura-Correa. (2012) Egg production and quality under three housing systems in the tropics. *Trop. Animal Health Produced*, 44: 201–204.

Van Den Brand, H., Parmentier, H.K. & Kemp, B. (2004) Effects of housing system (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*, 45: 745–752.

Van Horne, P.L.M. (1996) Production and economic results of commercial flocks with white layers in aviary systems and battery cages. *Poultry Science* 37: 255–261.

Van Horne, P.L.M., & Van Niekerk, T.G.C.M. (1998) Volieren- und Käfighaltung im Vergleich. Dtsch. Geflügelwirtsch. Schweineprod. 6: 14–16.

Van Niekerk, T.G.C.M. (1999) Anreicherungen von Legehennenkäfigen—Kaum Auswirkungen auf die Produktionkennzahlen. Dtsch. Geflügelwirtsch. Schweineprod. 26: 12–17.

Vits, A., Weitzenbürger, D., Hamann, H. & Distl, O. (2005). Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. Poultry Science, 84: 1511–1519.

Wall, H. & Tauson, R. (2002) Egg Quality in Furnished Cages for Laying Hens-Effects of Crack Reduction Measures and Hybrid. Poultry Science, 81:340–348.

Wall, H. & Tauson, R. (2007) Perch arrangements in small group furnished cages for laying hens. Journal Applied Poultry Research, 16: 322–330.

Wall, H., Tauson, R. & Elwinger, K. (2002) Effect of nest design, passages and hybrid on use of nest and production performance of layers in furnished cages. Poultry Science, 81: 333–339.

Wang, X. L., Zheng, J.X., Ning, Z.H., Qu, L.J., Xu, G.Y. & Yang, N. (2009) Laying performance and egg quality of blue-shelled layers as affected by different housing systems. Poultry Science, 88: 1485–1492.

Zemková, L., Simeonovová, M., Lichovníková, M. & Somerlíková, K. (2007) The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. Czech Journal of Animal Science, 52: 110–115.

Chapitre 4. Comparison of layers welfare kept under three housing conditions

Y. Mahmoudi ^{a,b}, F.X. Philippe ^c, F. Pelletier ^b, S. Godbout ^b, R. Lagacé ^d, M. Lefrançois ^a, D. Cinq Mars^a

^aDépartement des sciences animales, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, Canada

^bInstitut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Québec, Québec, G1P 3W8, Canada

^cFaculté de médecine vétérinaire, université de Liège, boulevard de colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

^dDépartement des sols et génie agroalimentaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, Canada

Abstract

Laying hens must be housed in cages equipped with a nest, a perch and a pecking and scratching area in order to let them perform natural behavior and improve animal welfare. The aim of this study was to determine the effect of three housing systems on performances, health, behavior and stress indicators. A total of 360 Lohmann LSL-lite laying hens (22-33 weeks of age) were housed in twelve independent bench-scale rooms (4 rooms per treatment) for twelve weeks. Hens were kept in either conventional cages (CC; 24 cage; 5 hens/cage; floor space = 492 cm²/hen) or enriched cages (EC; 12 cages; 10 hens/cage; floor space = 780 cm²/hen) or aviary system (AV; 30 hens; floor space = 1,120 cm²/hen). Egg production was recorded on a daily basis. Physical condition was scored at 24, 27, 30 and 33 weeks of age, and blood samples were collected to determine heterophil/lymphocyte (H/L) ratios at 23, 26, 29 and 32 of ages. Hen-day production was similar in CC and EC and higher than in AV (P<0.0001), although mean egg weight was lower in (AV). The percentage of dirty eggs was higher in the AV (P<0.0001). However, 68.5% of eggs were laid in the nest box for (EC) (P<0.0001). The most aggressive pecks (received and given) occurred in the AV (P<0.0001), possibly due to the greater group size. Comfort behavior and dust bathing were more expressed in the (EC) and (AV) than in CC. No significant differences were found for plumage scores, feet condition and H/L ratios between the different housing systems.

Key words: laying hens, conventional or enriched cage, aviary system, production, aggressive pecks, H/L ratio.

4.1. Introduction

The European Directive 1999/74/EC was elaborated to enforce the minimum mandatory standards applicable for laying hens housing systems. Conventional cages have been criticized for the lack of possibilities for hens to behave naturally, such as nesting and dust bathing (Odén et al., 2002).

The intense criticism has stimulated the emergence and development of new alternatives systems. The most common alternative housing systems comprise aviaries and furnished cages. Popular furnished cages include a perch, a nest box and a litter area, and provide more height and area per hen. These cages are allowed since 2012, in most countries of European Union, providing at least 600 cm²/hen, excluding nest and litter area (Blokhuis, 2004).

Behavior, stress physiology responses, health, and production parameters have all been recorded and considered in assessing hens welfare kept in cages (Hester 2005; Colson, 2006; Rodenburg et al., 2008; Lay et al., 2011). Performance and mortality were similar in furnished cages to those in conventional cages. Furnished cages help reduce the incidence of problems found in conventional cages, and behavior is more unrestricted and physical condition is also better (Abrahamsson et al., 1996b; Appleby et al., 2002). The increase in group size in large furnished cages results to more aggressive interaction and thence to a higher risk of cannibalism or mortality rates than in small furnished cages because hens share nest box and dust bath (Shimmura et al., 2007a, b). The feather pecking has been shown to increase with stocking density (Appleby et al., 1988), group size (Bilcik and Keeling, 1999) and with the poorness of the environment (Simonsen et al., 1980). Lindberg and Nicol (1997), Freire et al. (1999) and Appleby et al. (2002) reported that hens have a greater opportunity to perform certain behaviors such as nesting, perching, foraging, and dust bathing in enriched cages, but locomotion and stretching may still be restrained. Siegel (1995) showed that the stress in hens may result from immunosuppression, due to the higher heterophil to lymphocyte (H/L) ratios (Gross and Siegel, 1983). H/L ratio and catecholamines levels were not affected by cages enrichment when compared to conventional cages (Barnett et al., 1997; Guémené et al., 2004; Guesdon and Faure, 2004).

Limited information is available on how these three systems influence production, behavior, physical and physiological condition. The objective of this project was to evaluate and compare hen's welfare level by monitoring the H/L ratio as an indicator of stress, by assessing their behavior (access to resources, aggression, feather pecking, comfort behavior and dust bathing) and by measuring physical status when housed in conventionally cages (CC), enriched cages (EC), and in aviaries (AV).

4.2. Materials and methods

4.2.1. Animals and housing

A total of 360 Lohmann LSL-Lite laying hens were used in this study from twenty two to thirty three weeks of age. All birds had their beaks trimmed at one-day-old. At 22 week, the hens were weighed and individually identified by legs and wing tagging. The hens were randomly distributed to either one of the three cage designs (CC, FC and AV). The average daytime temperature during the essay period was 23°C. The lighting system provided an intensity of 15 lux. The illumination cycle was 16 hours. The hens had ad libitum access to water. The hens were fed twice daily with 100 g hen⁻¹ d⁻¹ of a commercial diet (27910819, Aliments La Coop Fédérée, Joliette, QC, Canada).

Mortalities and egg production were recorded daily and autopsies were performed to determine the cause of death.

4.2.2. Experimental rooms and cage design

The experiment was conducted in a laboratory farm which consists of twelve identical and independent rooms arranged side by side, with solid manure management (Fournel and al., 2011). Manure dropped on a belt beneath each row of cages and was removed twice a week.

Three hundred and sixty hens (30 per room) were housed in three different housing systems:

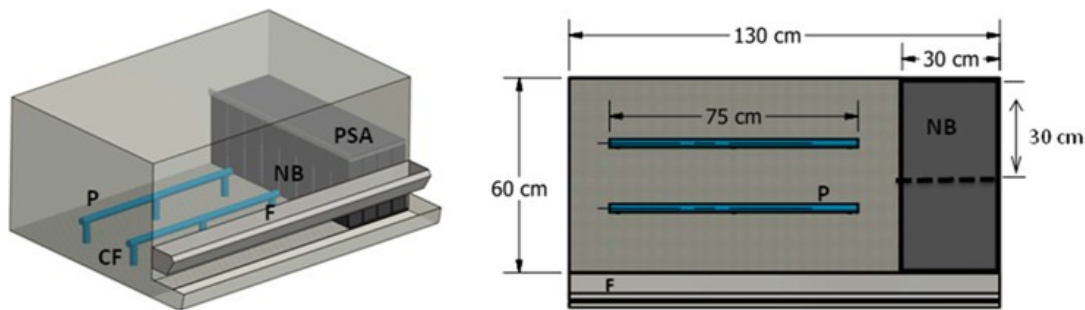
Conventional cage

Farmer Automatic's Multi-Deck battery cages that were 485.5 mm wide, 507 mm deep, 540 mm high, placed 2×2 on three decks for a total of six cages. Five hens (493 cm² per bird) were allotted to each cage.

Enriched cage

On the basis of the report of European Directive (1999/74/CE), each cage was equipped with a nest, a deep litter for pecking and scratching and a perch (figure 4.1). Each room was equipped with three decks cages of 10 hens. The total area was 780 cm² per hen. Two nests (30 cm x 30cm) were placed in the cages which were equipped with plastic curtains. The pecking and scratching area was located above the nests with 20 cm high. Two perches of 75 cm were installed in the cage.

Figure 4.1. Schematic outline en 3D and front view of the Enriched cage. PSA, pecking and scratching area; NB, nest box; F, feeder; P, perch; CF, cage floor

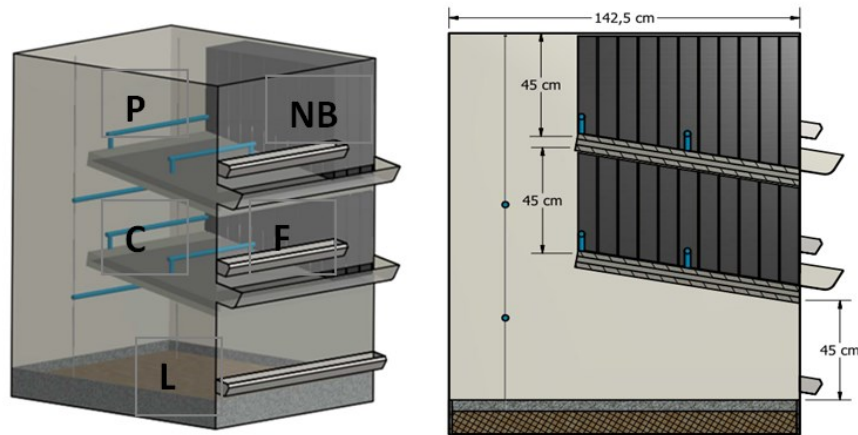


Aviary system

The aviary was composed of three levels with the first covered with 10 cm of litter of wood shaving (figure 4.2). The aviary was 145 cm wide and 180 cm deep, and the housing density was 1120 cm² per bird. The aviary was built on the basis of the report of European Directive (1999/74/CE). Levels 2 and 3 were equipped with feeders (10cm per hen),

drinkers, perches (15cm per hen), three nest box (30*30cm). Ramps in shape of stairs were installed so that birds could readily climb up and down. The nest was lined with plastic mesh.

Figure 4.2. Schematic outline in 3D and cross section of the Aviary system. LA; litter area, NB, nest box; F, feeder; P, perch; CF, cage floor.



4.2.3. Production

Egg production and mortality for each room were collected daily at 8 am. Hen-day egg production was calculated after daily egg counts. Laying hens that died within the first week of the study were replaced with hens of similar weight from a group of extra birds that were separately maintained. Hens that died afterwards were not replaced. The hen's body weight was measured individually at 22 and 33 wks of age. The eggs for each treatment were manually collected. Eggs laid in each room were visually examined to record the number of cracked, soft-shelled, and dirty eggs and weighted (overall weight). For EC and AV, laying site was also noted (nest, litter / scraper, other).

4.2.4. Behavioral observations

A series of direct observations were performed by the same observer at 24, 27, 30 and 33 weeks of age (2 days/week). Each series included observations from 5 randomly selected focal hens per room. The observations started in the morning. In order to let the birds get

used to the observer, the latter sat 5 min before starting observation. Each hen was observed for 5 min while recording the following behaviors (Bilcik and Keeling, 2000):

- Aggressive pecks (severe and gentle) given and received (Bilick and keeling, 2000);
- Comfort behavior: hen stretching, ruffling feathers, body shaking, wing flapping, wing/leg scratching and preening, (Albenosta and Copper, 2004 and Mirabato et al., 2007);
- Dust bathing activity per hen.

Direct visual scans at 5 min intervals were conducted to record the location of all hens in the room. The location was registered as the nest, pecking and scratching area (or litter area), perch and others.

4.2.5. Body condition and Blood sampling

At the beginning of experimentation, ten hens per room were randomly selected at 23, 26, 29 and 32 wks of age and individually identified using specific color rings, for body condition appraisal and blood sampling

Plumage and feet condition

A total of 120 hens were individually weighed and scored for plumage, feet condition and wounds based on criteria established by the Welfare Quality project (Forkman and Keeling, 2008), using a three point scale.

H/L ratio

Blood samples were collected via brachial vein puncture (1 ml blood sample) into EDTA coated tests tubes. After storing overnight at 4°C, blood samples were transferred to laboratory (Biovet⁴) for blood cells counts and H/L ratio determination. The leukocyte counts included heterophils, lymphocytes, monocytes, basophils, and eosinophils. The H/L ratio was calculated by dividing the number of heterophils by the lymphocytes counts.

⁴ Biovet, 4375, ave Beaudry, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S 8W2.

4.3. Statistical analysis

For body weight and weight gain, an analysis of variance was used including the effects of the housing condition (2 df) and the effect of chambers nested in the housing condition (9 df) (proc GLM, SAS 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC)

For laying performance (laying rate, egg weight, cleanliness, localization), dietary consumption (feed and water use, and feed conversion ratios), blood parameters, behavioral observations and body scores, the data were tested using a mixed model including the effects of the housing condition (2 dl), the week of measurements (9 and 3 dl respectively for laying performance and dietary consumption on one hand; and blood parameters, behavioral observations and body scores on the other hand) and the interaction between the housing condition and the week of measurement (18 and 6 dl respectively) as fixed effects, and the chambers as random effect, with 10 and 4 successive measurements per chambers respectively (proc MIXED, SAS 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC). Correlation between successive measurements was modelled using a type 1-autoregressive structure. For behavioral observations, a logarithmic transformation of the data was performed before the statistical analysis, but back-transformed values were presented. In this way, residuals were normally distributed with a null expectation for all the parameters (proc UNIVARIATE, SAS 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC).

4.4. Results

Housing systems significantly affected most of production traits (Table 4.1). Egg production ($P < 0.0001$), egg weight ($P < 0.05$) were similar and better in CC and EC than in AV. Feed intake was higher in CC than in EC and AV systems, although feed conversion was higher in AV. Body weights increased more in CC and EC than in AV at 365 weeks of age.

Eggs sanitary status was better in cages systems than in AV ($P < 0.0001$). Overall, eggs laid in the litter area in AV were dirtier in comparison with EC where eggs were laid in the nest boxes (68.5 %) ($P < 0.0001$) (Table 4.2).

Table 4.1. Performance of hens in conventional cages (CC), enriched cages (EC), and aviary systems1 (AV).

Parameters	Housing system			SEM	Level of significance		
	CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Avg. hen-day production (%)	96.3 ^a	96.6 ^a	77.2 ^b	0.01	<0.0001	<0.0001	0.6849
Egg weight (g)	59.6 ^a	59.3 ^a	58.6 ^b	0.23	0.0100	<0.0001	<0.0001
Egg cleanliness (%)	77.7 ^a	76.7 ^a	13.9 ^b	2.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Feed use (g/hen/day)	123.4 ^a	119.9 ^{ab}	117.8 ^{ab}	1.73	0.0741	<0.0001	0.4338
Feed conversion (kg/doz. Egg)	1.61 ^a	1.60 ^a	2.12 ^b	0.07	<0.0001	<0.0001	0.0018
Feed conversion (kg feed/kg egg)	2.26 ^a	2.24 ^a	3.03 ^b	0.10	<0.0001	<0.0001	0.0057
Water use (ml/hen/day)	188.9 ^a	177.8 ^a	189.7 ^a	4.4	0.1073	<0.0001	<0.0001
Body weight at wk 22 (kg)	1.516 ^a	1.524 ^a	1.519 ^a	0.010	0.8638	-	-
Body weight at wk 35 (kg)	1.692 ^a	1.605 ^b	1.587 ^b	0.012	<0.0001	-	-

^{a,b,c}Values with different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$).

¹Data are presented as least squares means.

Table 4.2. Sanitary status of eggs laid in conventional cages (CC), enriched cages (EC), and aviary system1 (AV).

Parameters	Housing type			SEM	Level of significance		
	CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Egg cleanliness (%)	77.7 ^a	76.7 ^a	13.9 ^b	2.0	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Egg cleanliness							
Nest (%)	-	83.7 ^a	89.5 ^a	2.2	0.0715	<0.0001	<0.0001
Scratching area (%)	-	59.2 ^a	8.2 ^b	4.3	<0.0001	<0.0001	0.0004
Cage floor (%)		68.2 ^a	63.5 ^a	11.5	0.4819	<0.0001	0.3156
Egg location							
Nest (%)	-	68.5 ^a	3.7 ^b	2.3	<0.0001	0.3780	0.1575
Scratching area (%)	-	9.9 ^a	95.7 ^b	2.0	<0.0001	0.0059	<0.0001
Cage floor (%)		21.7 ^a	0.6 ^b	3.2	<0.0001	0.3602	0.0160

^{a,b,c}Values with different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$).

¹Data are presented as least squares means

H/L ratio and physical condition

No statistical differences were found in cells counts and H/L ratio ($P > 0.05$) (Table 4.3). H/L ratio was higher at 24 wks of age and became stable thereafter. No statistical differences were found between the housing systems for plumage and feet condition ($P > 0.05$) (Table 4.4).

Table 4.3. Differential leukocyte counts and heterophil/lymphocyte (H/L) ratios of laying hens kept in conventional cages (CC), enriched cages (EC) and aviary system1 (AV).

Parameters	Housing type			SEM	Level of significance		
	CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Heterophils (H)	19.2a	22.6a	22.4a	1.6	0.2335	0.0003	0.6644
Lymphocytes (L)	73.8a	71.6a	70.0a	1.7	0.2613	0.0004	0.7532
Monocytes	5.0ab	4.2a	5.7b	0.4	0.0266	0.0223	0.3398
Eosinophils	0.5a	0.5a	0.5a	0.1	0.9440	0.6090	0.1308
Basophils	1.5a	1.1a	1.4a	0.1	0.1903	0.0001	0.0952
H/L							
24 wk	0.458Aa	0.470Aa	0.421Aa	0.060	0.3227	0.0025	0.6533
27wk	0.261Ab	0.321Ab	0.380Aa	0.060			
30wk	0.286Ab	0.316Ab	0.362Aa	0.060			
33wk	0.208Ab	0.352Aab	0.347Aa	0.060			
Total	0.303a	0.365a	0.377a	0.037			

^{a,b,c}Values with different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$).

^{A, B, C}Values with different superscripts within a column indicate significant differences ($P < 0.05$).

¹Data are presented as least squares means.

Table 4.4. Plumage and feet condition of laying hens kept in conventional cages (CC), enriched cages (EC) and aviary system1 (AV).

Parameters	Housing type			SEM	Level of significance		
	CC	EC	AV		Housing	Week	H x W
Plumage condition	1.02a	1.02a	1.06a	0.03	0.5684	0.0046	0.8340
Feet condition	1.26a	1.16a	1.30a	0.07	0.3123	0.7343	0.9821

^{a,b,c}Values with different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$).

¹Data are presented as least squares means.

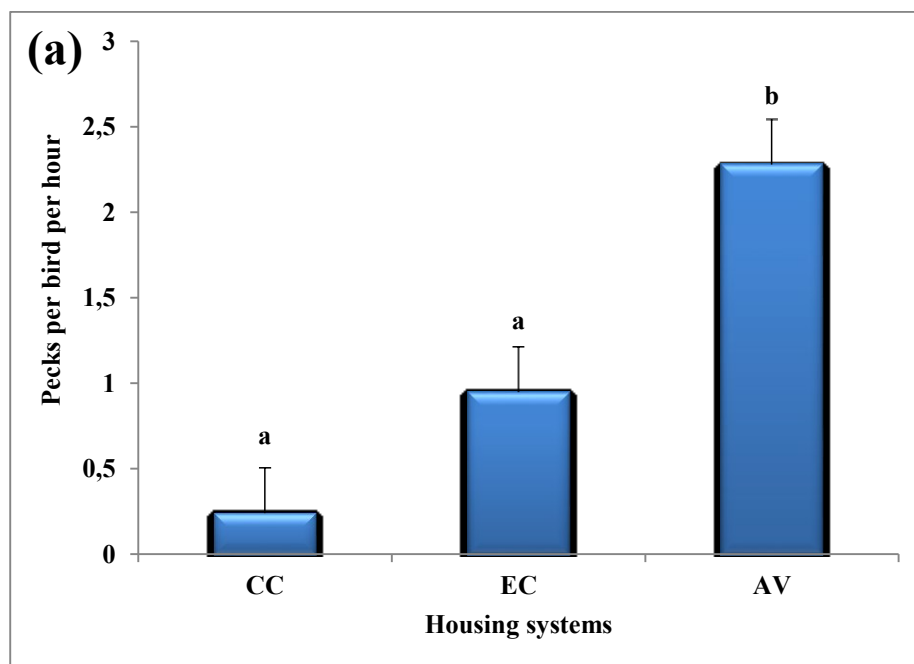
Behavioral parameters

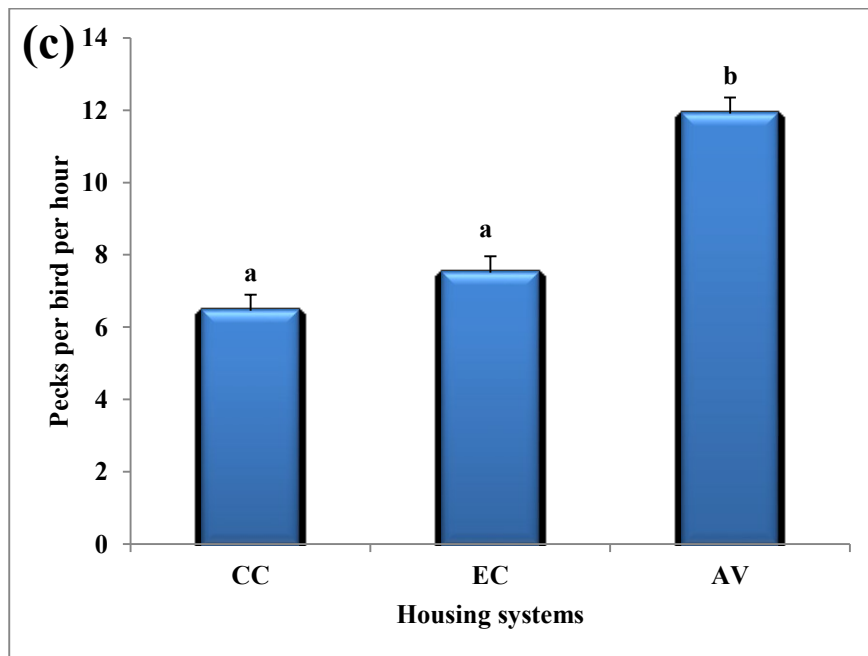
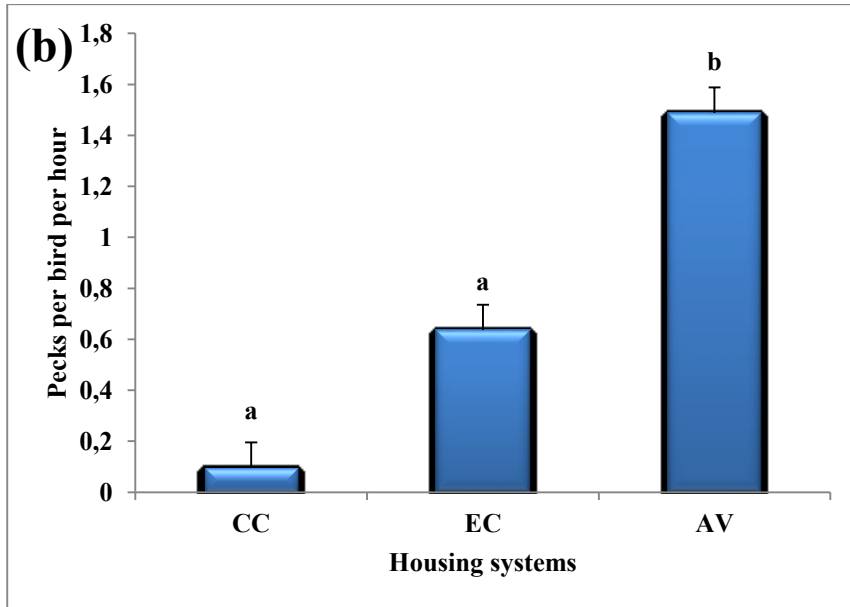
There was a significantly greater number of aggressive pecks received and given in AV than in CC and EC ($P < 0.0001$) (Fig 4.3a, 4.3b). No significant differences were noted in the number of gentle pecks given (Fig 4.3c). Hens in AV tended to receive the same gentle pecks number, than birds in CC and EC (Fig 4.3d).

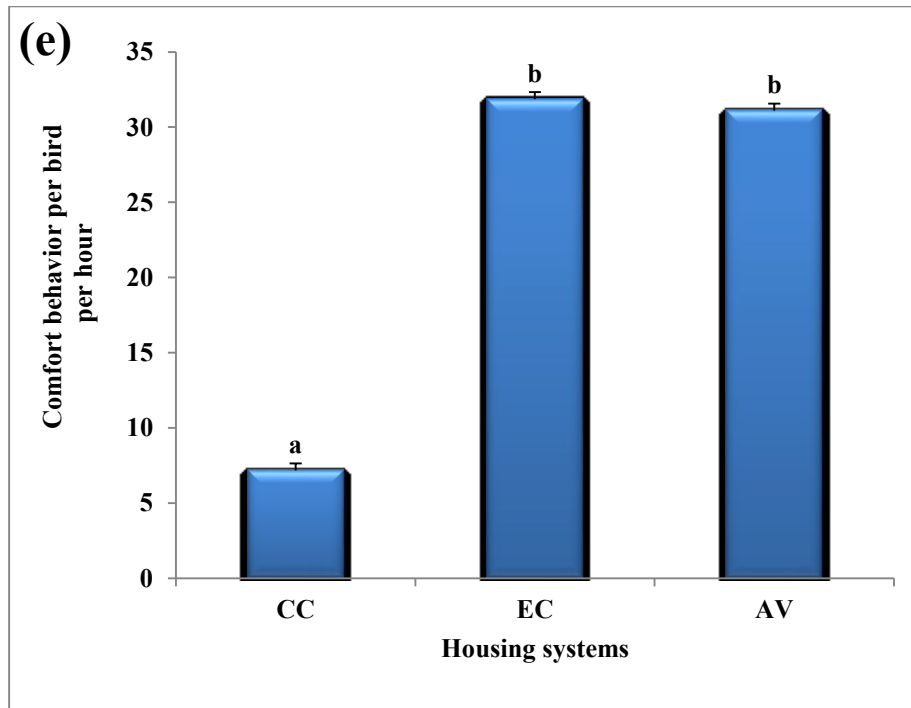
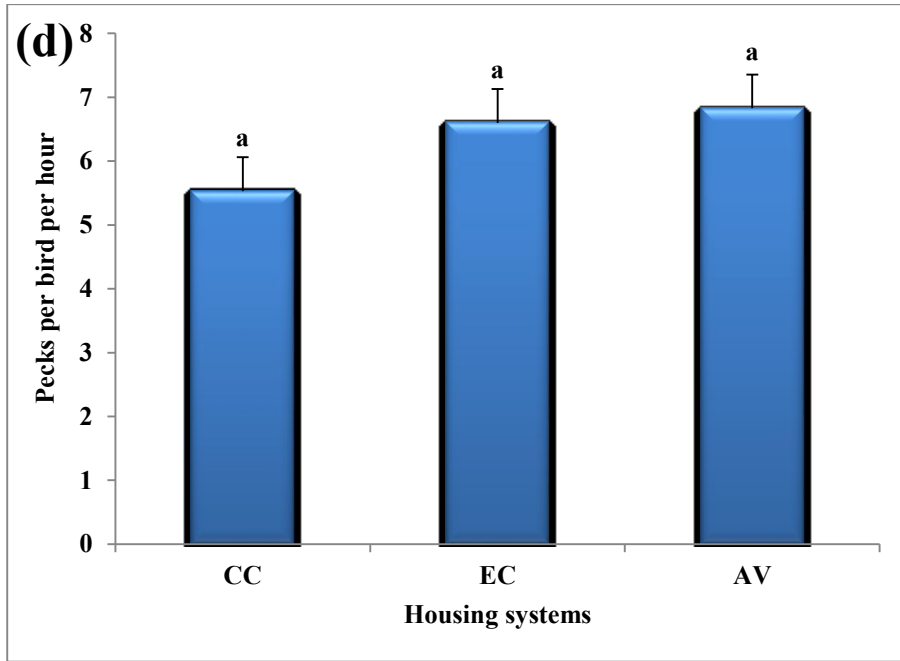
Comfort behavior differed significantly ($P < 0.0001$) between the housing systems, with higher values in AV than CC or EC (Fig 4.3e). More birds used litter for dust bathing and there was more dust bathing in AV ($P < 0.05$) than vacuum dust-bathing in CC (Fig 4.3f).

The housing system also significantly affected the location of birds. Proportion of birds located in the litter area was 89.9% in AV and 5.6% in EC (pecking and scratching area). The access to the nest and perch was higher in EC than in AV (Fig 4). Birds spend 72.1% of time in cage floor on EC and 8.0% in AV.

Figure 4.1 Behavioral observations of aggressive pecks (severe pecks received **(a)** and given **(b)** or gentle pecks received **(c)** and given **(d)** per bird per hour, comfort behavior **(e)** and dust bath **(f)**, comparing conventional cages (CC), enriched cages (EC) and aviary system (AV). Least Means Squares frequencies. Bars with different superscripts differ significantly ($P < 0.0001$).







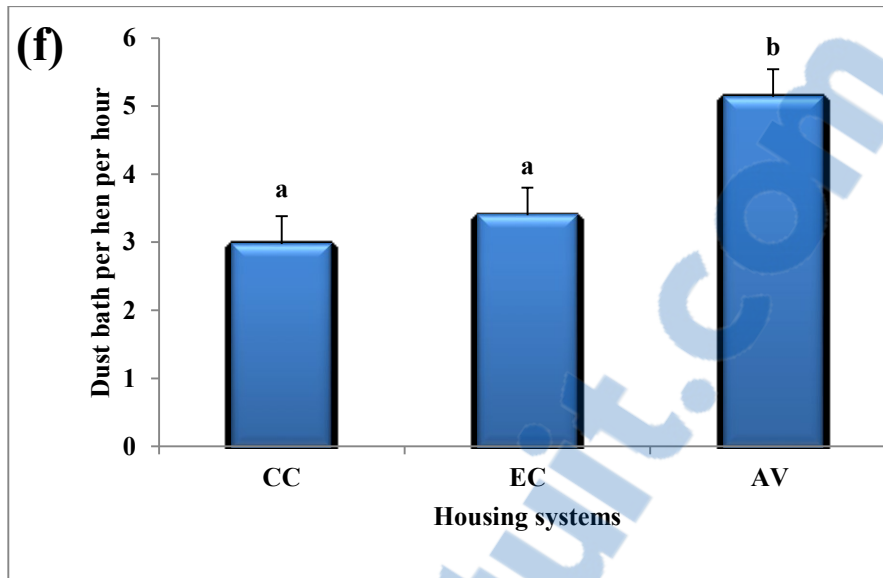
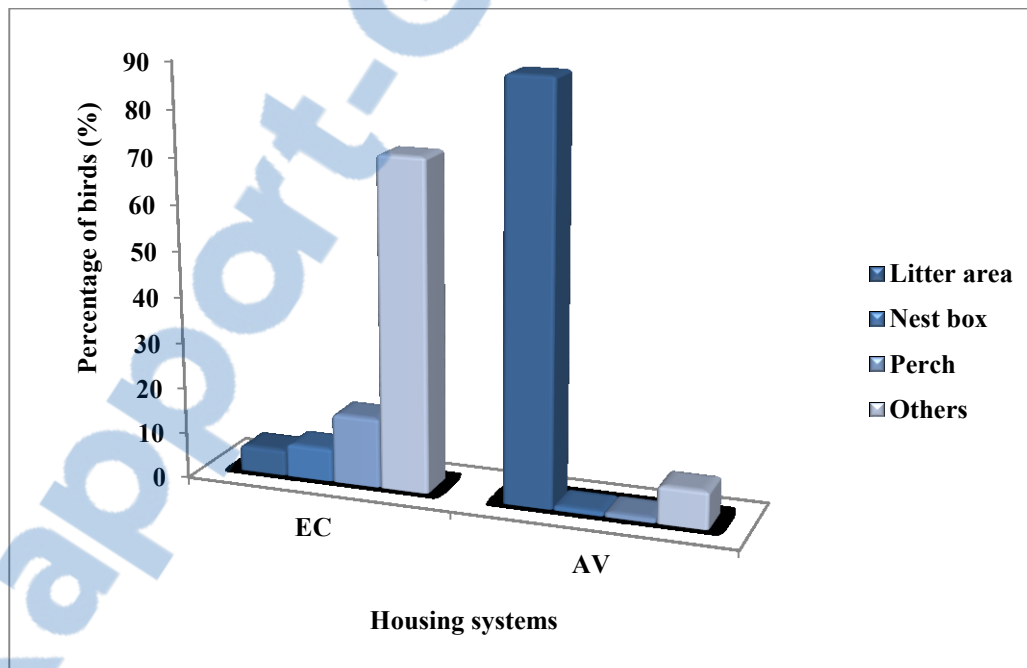


Figure 4.3. Proportion of hens located in each position in enriched cages (EC) and aviary system (AV) during 4 wks observation



4.5. Discussion

This experiment has shown a significant effect of housing systems on egg production parameters (hen-day production and egg weight). There were no significant differences between CC and EC, which is in agreement with other studies (Smith et al., 1993; Abrahamsson et al., 1995; Abrahamsson and Tauson, 1997, Vits et al., 2005, Tactacan et al., 2009). However, there was no marked difference in dirty eggs percentages between those systems. This was not in accordance with Tactacan et al. (2009) study, who demonstrated a high percentage of dirty eggs in enriched cages. Nevertheless, some studies reported a lower egg production in alternatives systems such as aviaries, floor pens, or free range than in CC, (Abrahamsson et al., 1996a; Tauson et al., 1999), although with a lower mean eggs weight. A higher proportion of dirty eggs was noted in AV than in cage systems (Leyendecker et al., 2001a), due to the high proportion of eggs laid in the litter area.

Feed consumption was similar in CC and EC and was lower in AV than in CC. However, recent studies showed lower laying rates and increased feed consumption in aviary systems, in comparison with small group cages (Abrahamsson *et al.* 1996b, 1998; Tauson *et al.* 1999; Michel & Huonnic 2003), due the increase in physical activities. Van Horne and Van Niekerk (1998) reported a poorer feed conversion in aviary and free-range systems than in cages systems, which was not the case in our study.

The present results showed an influence of the housing system on egg laying behavior, since 68% of eggs were laid inside the nest box in EC, a result similar to those reported by Barnett et al (2009). Eggs laid outside the nest were predominantly laid in the cage floor rather than in pecking and scratching area. Hens did not use the pecking and scratching area apparently because it was in the top of the nest and was more difficult to access. Conversely, Guinebretière et al. (2011) reported that a high percentage of eggs laid in pecking and scratching area rather than elsewhere in cage. In aviaries, it appears that hens showed little interest for laying in the nests. Our study demonstrated that litter was attractive that hens laid more than 95% of eggs in that location. Moreover, 96% of dirty eggs recorded in our study were laid in the litter and thus soiled by droppings, compared to 22% and 23% in CC and EC, respectively. Moreover, some authors reported that eggs laid in the dust bath were more frequently found to be dirtier and broken compared with those

laid in the rest of cages (Appelby et al., 2002; Wall and Tauson, 2002; and Guedson and Faure, 2004).

Body weight at 35 wks of age was lower in EC and AV, which can be related to the activity increase associated with pecking, scratching and dust bathing behaviors. North and Bell (1993) reported that hens kept on litter treatment tended to be lighter than in other conditions, which leads to lower energy requirements for the maintenance of the body and greater availability of energy reserves for the production of eggs.

In the AV, 97% of birds spend their time on the litter area during the first week of experiment. This percentage decrease to 85% the following weeks. Hens became gradually used to gain access and discover their new environment, like perches, nest box, and 1st and 2nd floor of the housing system. This behavior was reported by Shimmura et al. (2006a). In EC, the majority of hens were located on the cage floor and the access to others positions was stable.

The present study confirmed that aggressive pecks were more frequently observed in aviary system, especially in the litter area where hens stayed most of the time. A few aggressive behaviors were also observed in cages systems. Hughes et al. (1997) reported more frequent aggression incidents in larger group size. Aggressive pecks lead to either a submissive or display fighting (Guhl, 1955), which explained why pecks given and received were also more frequent in aviary. However, some studies reported that aggressive behavior was more common in larger group size (Hughes et al., 1997). Bilcik and Keeling (2000) have also found an increasing level of aggression in greater group size. Perry (2004) reported that group size has negative impacts on feather pecking, aggressive interactions and cannibalism rates. Nicol et al. (1999) noted a high aggression incidence during the initial period in small groups of hens, followed by a dominance hierarchy establishment where aggressive pecks are replaced by threats. This did not occur in the present study, since this behavior became stable for hen kept in cages. Shimmura et al. (2007a) reported more aggression events in enriched than in conventional cages, which differs from the present results. Bilcik and Kelling (2000) reported less aggressive feather pecking in cages with dust bath where hens directed their pecking towards the litter, compared to cages without dust bath area. Based on the number of mild pecks received, we found milder

feather pecking in the litter area of aviary system than in cages. This is in agreement with Nicol et al. (1999), who reported that mild feather pecks were more frequent with increasing group sizes. In the present study, no significant effects of cage design on gentle feather pecks given was found.

The frequency of comfort behavior was lower in conventional cages where only cage floor scratching and preening were observed. Wing flapping was inhibited in conventional cages (Nicol, 1987a and b; Albenosta and Cooper, 2004), which is in accordance with the present study. However, this behavior seems to be infrequent because hens become used to the restricted environment (Albenosta and Cooper, 2004). Wing and leg stretching and body sacking were more prevalent in enriched cages due to the more available space per hen. Hens prefer larger space than smaller (Lindberg and Nicol, 1996) and work hard to gain access to extra space. This was the case in the present study, body sacked and preening were observed on the PSA, located on the top of nest in enriched cages. All comfort behaviors were expressed in the aviary and were more frequent than in cages.

The frequency of dust-bathing was similar in CC and EC, confirming results from Lindberg and Nicol (1997). There were shams dust-bathing on the cage floor for conventional cages, where hens occupied 492 cm², in agreement with Bubier and Brad (1995) who reported that dust bath was virtually non-existent in battery cages when providing 335 or 480 cm² per hen. Dust bath was more frequent in PSA but also on the cage floor in enriched cages (Lindberg et Nicol, 1997). Litter area was attractive to hens in aviary for dust-bathing and hens make fewer visits to the 1st and 2nd floor of the nests.

In our experiment, cage design did not affect the overall body condition; hens had good plumage condition, no wounds and no damage to feet were noticed. Tactacan et al. (2009) reported similar results for feather condition when comparing CC and FC, where only wings were in better condition in CC than in EC. Others studies reported lower feather condition in CC than in FC (Appleby et al., 1993; Tauson and Abrahamsson, 1995). Studies from Tauson et al. (1999) and Elson and Croxall (2007) showed that the most favorable housing systems for laying hens are cages (conventional and furnished), in terms of comb wounds and bumblefoot, compared to systems giving access to litter or free-range areas. That was not confirmed in our study. Indeed, a high number of comb wounds in aviary and

free-range housing systems are an indication of more aggressive pecking (Elson and Croxall, 2007).

The H/L ratio was similar in cages compared to aviary. This result was in agreement with those of Singh et al. (2009), where only the interaction (environment*stain) was noted. On the other hand, Onbasilar and Aksoy (2005) reported high H/L ratios when hens were kept under 394 cm² rather than 656 or 1.968 cm². The higher H/L ratios reported at 22 weeks of age reflect likely an acute stress response (Gross and Siegel, 1983). So, it seems that the transfer to the housing systems caused a stress response in laying hens (Colson et al., 2005), as well as handling during treatment allocation. The H/L ratios decreased thereafter showing the hen's adaptation to their environment.

In conclusion, production performances were similar for both cage housing systems. The proportion of dirty eggs was also similar. Aggressive pecks including feather pecks were less frequent in cages systems. Comfort behaviors were more expressed in EC. So, our results confirm that EC represent a good alternative to existing conventional housing systems for laying hens. It is also clear that aviary systems provide a comfortable environment where hens can more freely express their behavioral repertoire such as pecking, scratching, wing flapping and dust bathing. But, the higher number of aggressive events and the lower rate of production, possibly due to higher group size, must be minimized with adapted management practices.

4.6. Acknowledgment

Funding was provided by the “Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec” (MAPAQ) and the “Fédération des producteurs d’œufs de Québec” (FPOQ).

The authors gratefully acknowledge the “Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement” (IRDA) who provided in-kind contributions for this study. The authors also recognize the technical and professional support provided by IRDA research staff (Cristian Gauthier and Michel Côté).

4.7. Bibliography

Abrahamsson, P.; Fossum, O.; Tauson, R. Health of laying hens in an aviary system over five batches of birds. *Acta Vet. Scand.* 1998, 39, 367-379.

Abrahamsson, P.; Tauson, R. Effects of group size on performance, health and birds' use of facilities in furnished cages for laying hens. *Acta Agric. Scand. A. Anim. Sci.* 1997, 47, 254-260.

Abrahamsson, P.; Tauson, R.; Appleby, M. C. Performance of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. *Acta Agric. Scand. A. Anim. Sci.* 1995, 47, 254-260.

Abrahamsson, P., R. Tauson, and M.C. Appleby. Behaviour, health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. *Brit. Poult. Sci.* 1996a, 37, 521-540.

Abrahamsson, P.; Tauson, R.; Elwinger, K. Effect on production, health and egg quality of varying proportions of wheat and barley in diets for two hybrids of laying hens kept in different housing systems. *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.* 1996b, 46, 254-260.

Albenosta, M.J.; Cooper, J.J. Effects of cage height and stocking density on the frequency of comfort behaviours performed by laying hens housed in furnished cages. *Anim. welf.* 2004, 13, 419-424.

Appleby, M.C.; Smith, S.F.; Hughes, B.O. Nesting, dustbathing and perching by laying hens in cages: effects of design on behaviour and welfare. *Brit. Poult. Sci.* 1993, 34, 835-847.

Appleby, M.C.; Hogarth, G.S.; Anderson, J.A.; Hughes, B.O.; Whittemore, C.T. Performance of a deep litter system for egg production. *Brit. Poult. Sci.* 1988, 29, 735-751.

Appleby, M.C.; Walker, A.W.; Nicol, C.J.; Lindberg, A.C.; Freire, R.; Hughes, B.O.; Elson, H.A. Development of furnished cages for laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 2002, 43, 489-500.

Barnett, J. L.; Glatz, P. C.; Newman, E. A.; Cronin, G. M. Effects of modifying layer cages with perches on stress physiology, plumage, pecking and bone strength of hens. *Aust. J. Exp. Agric.* 1997, 37, 523-529.

Barnett, J.L.; Tauson, R.; Downing, J.A.; Janardhana, V.; Lowenthal, J.W.; Butler, K.L.; Cronin, G. M. The effects of a perch, dust bath, and nest box, either alone or in combination as used in furnished cages, on the welfare of laying hens. *Environment, Well-being and behavior. Poult. Sci.* 2009, 88, 456-470.

Bilcik, B.; Keeling, L.J. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 1999, 40, 444-451.

Bilcik, B.; Keeling, L.J. Relationship between feather pecking and ground pecking in laying hens and the effect of group size. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2000, 68, 55-66.

Blokhuis, H.J. Recent development in European and international welfare regulations. *World's Poult. Sci. J.* 2004, 60, 469-477.

Bubier, N.E.; Bradshaw, R.H. A comparison of the time budget of laying hens housed in battery and free range systems. *Brit. Poult. Sci.* 1995, 36, 836.

CEC (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES) Council Directive 99/74/EC: laying down minimum standards for the protection of laying hens. *Official Journal of the European Communities*, L 203/53: 19th July 1999; pp. 53-57.

Colson, S. ; Arnould, C. ; Guémené, D. ; Michel, V. Bien-être de poules pondeuses logées en cage ou en volière : Paramètres physiologiques et comportementaux. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, France, 30 et 31 mars 2005 ; pp. 62-73.

Colson, S. Bien-être de poules pondeuses logées en volière de ponte: Comparaison a des poules logées en cage conventionnelle et influence des conditions d'élevage des poulettes sur leur adaptation à la volière de ponte. Thèse de doctorat de l'Université de Rennes 1, France, 2006. pp. 1-244.

Elson, H.A.; Croxall, R. European study on the comparative welfare of laying hens in cage and non-cage systems. *Arch. Geflugelkd.* 2007, 70, 194-198.

Fournel, S.; Pelletier, F.; Godbout, S.; Lagacé, R.; Feddes, J. Greenhouse Gas Emissions from Three Cage Layer Housing Systems. *Anim.* 2011, 2, 1-15.

Forkman, B.; Keeling, L. Assessment of Animal Welfare Measures for Layers and Broilers. *Welfare Quality science and society improving animal welfare. Welf. Qual. Repor. No.9*, 2008.

Friere, R.; Walker, A.; Nicol, C.J. The relationship between trough height, feather cover and behavior of laying hens in modified cages. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1999, 63, 55-64.

Guémené, D.; Guesdon, V.; Moe, R.O.; Michel, V.; Faure, J.M. Production and stress parameters in laying hens, beak-trimmed or not, housed in standard or furnished cages. In 12th World poultry Congress. Istanbul, Turkey. 2004, 117-121.

Guesdon, V.; Faure, J.M. Laying performances and egg quality in hens kept in standard or furnished cages. *Anim. Res.* 2004, 53, 45-57.

Guinebretière, M. ; Huonnic, D.; Huneau-Salaün, A.; Michel, V. Cages aménagées pour les poules pondeuses: Un plus pour le bien-être animal mais des points à améliorer. Proc. 9èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France. 2011.

Gross, W.B.; Siegel, H.S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avia. Disea.* 1983, 27, 972-9.

Hester, P.Y. Impact of science and management on the welfare of egg laying strains of hens. *Poult. Sci.* 2005, 84, 687-696.

Hughes, B.O.; Carmichael, N.L.; Walker, A.W.; Grigor, P.N. Low incidence of aggression in large flocks of laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1997, 54, 215-234.

Lay, D. C.; Fulton, R.M.; Hester, P.Y.; Karcher, D.M.; Kjaer, J.B.; Mench, J.A.; Mullens, B.A.; Newberry, R.C.; Nicol, C.J.; O'Sullivan, N.P.; Porter, R.E. Hen welfare in different housing systems. *Poult. Sci.* 2011, 90, 278-294.

Leyendecker, M.; Hamann, H.; Hartung, J.; Kamphues, J.; Ring, C.; Glünder, G.; Ahlers, C.; Sander, I.; Neumann, U.; Distl, O. Analysis of genotype-environment interactions between layer lines and hen housing systems for performance traits, egg quality and bone breaking strength. 1st communication: Performance traits. *Züchtungskunde*, 2001a, 73: 290-307.

Lindberg, A.C.; Nicol, C.J. Space and density effects on group size preferences in laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 1996, 37, 709-721.

Lindberg, A.C.; Nicol, C.J. Dustbathing in modified battery cages: is sham dustbathing an adequate substitute? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1997, 55, 113-128.

Michel, V.; Huonnic, D. A comparison of welfare, health and production performance of laying hens reared in cages or in aviaries. Spring meeting of the WPSA French branch meeting abstracts. 2003, 775-776.

Mirabito, L.; Giraud, S.; Tavel, A. Effet du mode de logement des poules pondeuses d'œufs de consommation (cages aménagées vs cages conventionnelles) sur le comportement des poules et divers critères de qualité des œufs. *TeMa n°2*. 2007, pp. 10-18.

Nicol, C.J. Effect of cage height and area on the behaviour of hens in battery cages. *Brit. Poult. Sci.* 1987a, 28, 327-333.

Nicol, C.J. Behavioural responses of laying hens following a period of spatial restriction. *Anim. Behav.* 1987b, 35, 1709-1719.

Nicol, C.J.; Gregory, N.G.; Knowles, T.G.; Parkman, I.D.; Wilkins, L.J. Differential effects of increasing stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1999, 65, 137-152.

North, M.O.; Bell, D.D. Feeding egg-type layers. *Commercial Chicken Production Manual*. New York, NY. 1993, 657-690

Odén, K.; Keeling, L.J.; Algers, B. Behaviour of laying hens in two types of aviary systems on 25 commercial farms in Sweden. *Brit. Poult. Sci.* 2002, 43, 169-181.

Onbasilar, E.E.; Aksoy, F.T. Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. *Livest. Prod. Sci.* 2005, 95, 255-263.

- Perry, G.C. 2004. Welfare of Laying Hen. CABI publishing, Wallingford.
- Rodenburg, T.B.; Tuyttens, F.A.M.; de Reu, k.; Herman, L.; Zoons, J; Sonck, B. Welfare assessment of laying hens in furnished cages and non-cage systems: an on-farm comparison. *Anim. Welf.* 2008, 17, 363-373.
- Shimmura, T.; Eguchi, Y.; Uetake, K.; Tanaka, T. Behavioral change of laying hens after introduction to battery cages, furnished cages and an aviary. *Anim. Sci. J.* 2006a, 77, 242-249.
- Shimmura, T.; Eguchi, Y.; Uetake, K.; Tanaka, T. Behavior, performance and physical condition of laying hens in conventional and small furnished cages. *Anim. Sci. J.* 2007a, 78, 323-329.
- Shimmura, T.; Eguchi, Y.; Uetake, K. Tanaka, T. Differences of behavior, use of resources and physical condition between dominant and subordinate hens in furnished cages. *Anim. Sci. J.* 2007b, 78, 307-313.
- Siegel, H.S. Stress, strains and resistance. *Brit. Poult. Sci.* 1995, 36, 3-22.
- Singh, A.; Casey, K.D.; King, W.D.; Pescatore, A.J.; Gates, R.S.; Ford, M.J. Efficacy of urease inhibitor to reduce ammonia emission from poultry houses. *J. Appl. Poult. Res.* 2009, 18, 34-42.
- Smith, S.F.; Appleby, M.C.; Hughes, B.O. Nesting and dustbathing by hens in cages: Matching and mis-matching between behaviour and environment. *Brit. Poult. Sci.* 1993,34, 21-33.
- Tactacan, G.B.; Guenter, W.; Lewis, N.J.; Rodriguez-Lecompte, J.C.; House, J.D. Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Environment, Well-being and Behavior. Poult. Sci.* 2009, 88, 698-707.
- Simonsen, H.B.; Vestergraard, K.; Willeberg, P. Effect of floor type and density of the integument of egg layers. *Poult. Sci.* 1980, Vol. 59, 10, 2202-2206.
- Tauson, R.; Abrahamsson, P. Production and health in light white and medium brown hens in modified and conventional cages. *Future Egg Production in Sweden. International seminar on prospects for alternatives to conventional cage keeping of egg laying hens in larger scale in Sweden.* 1995, 57-64.
- Tauson, R.; Wahlstrom, A.; Abrahamsson, P. Effects of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layer. *Appl. Poult. Resea.* 1999, 8, 152-159.
- Van Horne, P.L.M.; Van Niekerk, T.G.C.M. Volieren- und Käfighaltung im Vergleich. *Dtsch. Geflügelwirtsch. Schweineprod.* 1998, 6, 14-16

Vits, A.; Weitzenbürger, D.; Hamann, H.; Distl, O. Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformation of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poult. Sci.* 2005, 84, 1511-1519.

Wall, H.; Tauson, R. Egg quality in furnished cages for laying hens- Effects of crack reduction measures and hybrid. *Poult. Sci.* 2002, 81, 340-348.

Guhl, A.M. Social behaviour of the domestic fowl. *Technical Bulletin Kansas Agricultural Experimental Station.* 1955, 73, 1-48.

Discussion générale

Le système de logement occasionne une différence significative sur la production d'œufs. D'abord, la production est similaire entre la CC et EC mais elle est plus faible en AV. Ces résultats sont en agrément avec d'autres études en Europe (Abrahamsson et al., 1995; Abrahamsson and Tauson, 1997; Van Niekerk, 1999; Vits et al., 2005). Cela est dû au fort pourcentage d'œufs pondus hors nids, sur la litière, d'où un pourcentage élevé d'œufs sales (Tauson et al, 1999). En effet, le poids des œufs et le poids du jaune sont plus légers pour la AV. Ce résultat est en accord avec ceux de Mohan et al. (1991) et Leyendecker et al. (2001a), qui ont démontré que le poids de l'œuf est plus élevé dans les systèmes en cages.

La consommation des aliments est similaire pour les systèmes en cages mais elle est plus faible pour la AV puisque les poules passent plus de temps sur la litière et font plus de déplacements. Le poids des poules en EC et AV à 35 semaines d'élevage est faible par rapport à celles on CC (North and Bill, 1993). 68% des œufs sont pondus dans le nid dans la EC, corroborant les résultats de Barnett et al. (2009). Le reste des œufs est pondu sur le fond de la cage et non dans l'aire de grattage et de picotage. A l'inverse, 95% des œufs sont pondus sur la litière dans la AV et sont à 96% sales.

Les coups de bec agressifs reçus et donnés sont plus fréquentes dans la AV étant donné le nombre élevé de poules dans le groupe (Hughes et al., 1997; Bilick et Keeling, 2000).

Les comportements de confort sont faibles ou presque absents dans un environnement pauvre (Albenosta et Cooper, 2004). L'étirement des ailes et des pattes, le battement des ailes, le grattage et le picotage ainsi que le lissage des plumes ont été bien exprimés dans la EC et AV. De plus le nombre des bains de poussière est très élevé dans les EC et AV, dû à la présence de l'aire de grattage et de picotage et la litière, respectivement.

Conclusion

L'étude avait pour objectif d'établir le système de logement le plus susceptible à imposer dans la production des œufs de consommation, permettant une meilleure production (quantité et qualité) des œufs et respectant le bien-être des poules. La complémentarité des quatre indicateurs choisis, nous a permis de déduire que les cages aménagées constituent la bonne alternative au logement des poules pondeuses en cages conventionnelles de point de vue bien-être et performances zootechniques.

Notre étude a montré l'avantage de la volière de ponte en termes de bien-être des poules pondeuses. Toutefois, des problèmes d'adaptation, d'accès au nid et aux niveaux (pourcentage faible d'œufs pondus dans le nid), de production (taux de ponte faible) et de picage ont été soulignés. La gestion et l'amélioration de ce système est nécessaire pour avoir un système utilisable au niveau commercial et apte à répondre aux besoins du marché. Déjà, l'installation de rampes entre les niveaux a facilité les déplacements poules, dans notre étude. D'autres améliorations peuvent être testées tels que l'utilisation ou pas de la litière et l'éclairage des nids pour y guider les poules. Il semble intéressant de tester à une échelle commerciale pour mieux comprendre l'efficacité de ce système.

Références bibliographiques

Abrahamsson, P. et Tauson, R. 1995. Aviary systems and conventional cages for laying hybrids. *Acta Agric. hens. Effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. Scand., Anim. Sci.* 45:191-203.

Abrahamsson, P. et Tauson, R. 1998. Performance and egg quality of laying hens in an aviary system. *J. Appl. Poult. Res.* 7:225–232.

AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). 2013. L'industrie canadienne des œufs de consommation et de transformation : en coup d'œil. [En ligne] <http://www5.agr.gc.ca/fra/industrie-marches-et-commerce/statistiques-et-information-sur-les-marches/par-produit-secteur/volaille-et-oeufs/information-sur-le-marche-de-la-volaille-et-des-oeufs-industrie-canadienne/rapports-par-sous-secteur/oeufs-de-consommation-et-de-transformation/?id=1384971854396> (page consultée le 01 mars 2014).

Albenosta, M.J. et Cooper, J.J. 2004. Effects of cage height and stocking density on the frequency of comfort behaviours performed by laying hens housed in furnished cages. *Anim. welf.* 13:419-424.

Appleby, M.C. 1998. The Edinburgh modified cage: effects of group size and space allowance on brown laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 7:152-161.

Appleby, M. C., Smith, S. F. et Hughes, B. O. 1993. Nesting, dust bathing and perching by laying hens in cages: effects of design on behaviour and welfare. *Brit. Poult. Sci.* 34:835-847.

Appleby M.C., Walker, A.W., Nicol, C.J., Lindberg, A.C., Freire, R., Hughes, B.O. et Elson, H.A. 2002. Development of furnished cages for laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 43:489–500.

Barnett, J. et Hemsworth, P. 1990. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. *App. Anim. Behav. Sci.* 25:177-187.

Baxter, M.R. 1994. The welfare problems of laying hens in battery cages. *Vet. Rec.* 134 :614-619.

Bilcik, B. et Keeling, L.J. 2000. Relationship between feather pecking and ground pecking in laying hens and the effect of group size. *App. Anim. Behav. Sci.* 68 :55–66.

Blecha, F. 1988. Stress et immunité chez l'animal de ferme. *Recueil de Médecine Vétérinaire.* 164:767-772.

Blecha, F. 2000. Immune system response to stress. In *The biology of animal stress. Basic principles and implications for animal welfare.* (Coords: MOBERG G.P. & MENCH J.A.), CAB International (111-121).

Blokhuis, H.J., Fiks Van Niekerk, T., Bessei, W., Elson, A., Guémené, D., Kjaer, J.B., Maria Levrino, G.A., Nicol, C.J., Tauson, R., Weeks, C.A. et Van de Weerd, H.A.

2007. The LayWel project: welfare implications of changes in production systems for laying hens. *Worl. Poul. Sci. J.* 63:101-114.

Boissy, A. 1998. Fear and fearfulness in determining behavior. In *Genetics and the behavior of domestic animals* (Coords: GRANDIN T.). Acad. Press. 67-111.

Botheras, N., Hemsworth, P., Coleman, G. et Barnett, J. 2006. Animal welfare as related to egg production systems: cage and non-cage/alternative systems (barns, aviaries, free-range). AS-16-06.

Brambell, F.W.R. 1965. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept under Intensive Livestock Husbandry System. Command paper 2836. HMSO, London.

Broom, D.M. 1987. Applications of neurobiological studies to farm animal welfare. In P. Wiepkema and P. van Andrichem (Eds.), *Biology of stress in farm animals*. The Hague, the Netherlands: M. Nijhof Publ.101-110.

Broom, D.M. 1989. Ethical dilemmas in animal usage. In “The status of animals” (D. Paterson and M. Palmer, eds.). CAB International, Wallingford. 80-86.

Broom, D.M. 1996. Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 27:22-28.

Bubier, N.E. 1996. The behavioural priorities of laying hens: the effect of cost/no cost multichoice tests on time budgets. *Behav. Proc.* 37:225-238.

Campo, J.L. et Davila, S.G. 2002a. Effect of photoperiod on heterophil to lymphocyte ratio and tonic immobility duration of chickens. *Poult. Sci.* 81:1637-1639.

Campo, J.L. et Davila, S.G. 2002b. Estimation of heritability for heterophil: lymphocyte ratio in chickens by restricted maximum likelihood. Effects of age, sex, and crossing. *Poult. Sci.* 81:1448-1453.

Campo, J.L., Gil, M.G. et Davila S.G. 2005. Social aggressiveness, pecking at hands, and its relationships with tonic immobility duration and heterophil to lymphocyte ratio in chickens of different breeds. *Archiv Fur Geflugelkunde.* 69:11-15.

Campo, J.L. et Redondo, A. 1996. Tonic immobility reaction and heterophil to lymphocyte ratio in hens from three spanish breeds laying pink eggshells. *Poult. Sci.* 75:155-159.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC). 1999. Council Directive 99/74/EC: laying down minimum standards for the protection of laying hens. *Official Journal of the European Communities, L 203/53: 19th July.* pp. 53.57

Charney, D.S. et Drevets, W.C. 2002. Neurobiological basis of anxiety disorders. In: Davis K, et al., editors. *Neuropharmacology the fifth generation of progress*. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins. 901–30.

Colson S., 2006. Bien-être de poules pondeuses logées en volière de ponte: Comparaison a des poules logées en cage conventionnelle et influence des conditions d'élevage des poulettes sur leur adaptation à la volière de ponte. Thèse de doctorat de l'Université de Rennes 1.

Cooper, J. J., Albentosa, M. J. et Redgate, S. E. 2004. The 24-hour activity budgets of hens in furnished cages. *Brit. Poult. Sci.* 45:38–39.

Cooper, J.J. et Appleby, M.C. 2003. The value of environmental resources to domestic hens: a comparison of the work-rate for food and for nests as a function of time. *Anim Welf.* 12:39-52.

Costa, A. et Guarino, M. 2008. PM₁₀ and fine particulate matter concentration and emission from three different type of laying hens houses. International Conference: September 15-17, Ragusa-Italy.

Crouser. 2012. Laying Hen Housing Study Shows Tradeoffs Between Systems - Interim Findings for Coalition for Sustainable Egg Supply Research Presented. Coalition for Sustainable Egg Supply (CSES).

Dantzer, R. 1994. Méthodologie et critères en matière de bien-être des animaux. *Revue scientifique et technique de l'office international des Epizooties.* 13:277-290.

Dantzer, R. 1995. Confort et bien-être des animaux en élevage intensif. *Le point vétérinaire.* 26 :027-1034.

Dantzer, R. 2001. Comment les recherches sur la biologie du bien-être animal se sont-elles construites? In *Un point sur... les animaux d'élevage ont-ils droit au bien-être?* (Coords. BURGAT F. & DANTZER R.), INRA Ed. 85-104.

Dantzer, R., et Mormede, P. 1979. Physiopathologie de la réaction aux agressions. In *Le stress en élevage intensif.* (Coords.: INRA), Masson Ed°. 29-75.

Dawkins, M.S. 1980. *Animal suering: the science of animal welfare.* London: Chapman and Hall Ltd.

Dawkins, M.S. 1983. *La Souffrance Animale ou l'étude objective du bien-être animal.* Point Vétérinaire éd. Maisons Alfort, 152 pp.

Dawkins, M.S. 1990. From an animal's point of view: motivation, fitness, and animal welfare. *Behav. and Brain. Sci.* 13:1-61.

Dawkins, M. S. 1998. Evolution and animal welfare. *The Quartely Review of Biology.* 73:305-327.

De Jong, I.C. et Blokhuis, H.J. 2006. The welfare of laying hens. *Worl. Poult. Sci. Asso. (WPSA).*

Dekker, S.E.M., De Boer, I.J.M., Vermeij, I., Aarnink, A.J.A. et Groot Koerkamp, P.W.G. 2011a. Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Lives. Sci.* 139:109-121

Dekker, S.E.M., Aarnink, A.J.A., De Boer, I.J.M. et Groot Koerkamp, P.W.G., 2011b. Emissions of ammonia, nitrous oxide, and methane from aviaries with organic laying hen husbandry. *Biosys. engi.* 110:123-133.

De Reu, K., Messens, W., Heyndrickx, M., Rodenburg, T. B., Uyttendaele, M. et Herman, L. 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *Worl. Poult. Sci. J.* 64:5-19.

Desrosiers, S. 2012. Cages conventionnelles versus logements alternatifs, qu'en pensez-vous? *Volaille. Agri-Marché Inc. agri-nouvelles.* 27-29

Downing, J.A. et Bryden, W. L. 2008. Determination of corticosterone concentrations in egg albumen: A non-invasive indicator of stress in laying hens. *Physio. & Behav.* 95: 381-387.

Duncan, I.J.H. 1996. Animal welfare defined in terms of feelings. *Acta. Agri. Scandinavica.* 27:29-35.

Duncan, E.T., Appleby, M.C. et Hughes, B.O. 1992. Effect of perches in laying cages on the production of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 33:25-35.

Duncan, I.J.H., Widowski, T.M., Malleau, A.E., Lindberg, A.C. et Petherick, J.C. 1998. External factors and causation of dustbathing in domestic hens. *Behavi. Proc.* 43:219-228.

El Lethey, H., Aerni, V., Jungi, T.W. et Wechsler, B. 2000. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *Brit. Poult. Sci.* 41:22-28.

El Lethey, H., Hubereicher, B. et Jungi, T.W. 2003. Exploration of stress-induced immunosuppression in chickens reveals both stress-resistant and stress-susceptible antigen responses. *Vet. Immu. and Immuno.* 95:91-101.

Elsasser, T.H., Klasing, K.C., Filipov, N. et Thompson, F. 2000. The Metabolic Consequences of Stress: Targets for Stress and Priorities of Nutrient Use. In *The Biology of Animal Stress. Basic principles and implications for animal welfare.* (Coords.: MÖBERG G.P. & MENCH J.A.), CAB. International. 77-110.

Elson, H. A. et Croxall, R. 2007. European study on the comparative welfare of laying hens in cage and non-cage systems. *Arch. Geflügelkd.* 70:194-198.

Elston, J.J., Beck, M., Alodan, M.A. et Vega-Murillo, V. 2000. Laying hens behavior 2. Cage type preference and heterophil to lymphocyte ratios. *Poult. Sci.* 79:477-482.

Engström, B. et G. Schaller. 1993. Environmental studies of the health of laying hens in relation to housing system. Pages 87–96 in: *Proceedings, Fourth European Symposium on*

Poultry Welfare. C. J. Savory and B. O. Hughes, ed. Universities Federation for Animal Welfare, Potters Bar, UK.

European Food Safety Authority (EFSA). 2005. Scientific report: The welfare aspects of various systems of keeping laying hens. Annex to the EFSA journal. 197:1-143.

European Food Safety Authority (EFSA). 2005a. Scientific report: Welfare aspects of various systems for keeping laying hens -Behavioural priorities. European Food Safety Authority - AHAW Panel. 52-65.

European Food Safety Authority (EFSA), 2006. The risks of poor welfare in intensive calf farming systems. (http://www.efsa.europa.eu/en/science/ahaw/ahaw_opinions/1516.html). (Page consultée le 03 mars 2014).

Faure, J.M. et Mills, A. 1995. INRA Prod. Anim. 8:57-67.

Farm Animal Welfare Council (FAWC). 1993. Rapport au Gouvernement Britanique.UK.

Fédération des Producteurs d'œufs de consommation de Québec (FPOCQ) 2012. [En ligne] <http://www.lapresse.ca/actualites/national/201205/20/01-4527099-poules-de-luxe-98-des-pondeuses-vivent-en-cage.php> (page consultée le 02 février 2014).

Fédération des Producteurs d'œufs de consommation de Québec (FPOCQ) 2014. Démarrer en production d'œufs de consommation ; C'est possible. Programme d'aide aux démarrages des nouveaux producteurs. Guide des procédures d'inscription 2014.

Fleming, R. H., Korver, D., McCormack, H. A., et Whitehead, C.C. 2004. Assessing bone mineral density in vivo: Digitized fluoroscopy and ultrasound. Poult. Sci. 83:207-214.

Florence, B.D., Svendsen, L., Stodulski, G., Crowdley, A. et Hau, J. 1995. Assessment of lacrimal IgA as a potential parameter for measurement of long term stress in poultry. In Vivo. 9:19-25.

Forkman, B. et Keeling, L. 2008. Assessment of Animal Welfare Measures for Layers and Broilers. Welfare^R Quality science and society improving animal welfare. Welfare Quality Reports No.9.

Fossum, O., Jansson, D.S., Etterline, P. E. et Vagsholm, I. 2009. Causes of mortality in laying hens in different systems in 2001–2004. Acta. Vet. Scand. 51:3.

Fraser, D. et Duncan, I.J.H. 1998. Anim. Welf. 7 :383-396.

Freire, R. et Cowling, A. 2013. The welfare of laying hens in conventional cages and alternative systems: first steps towards a quantitative comparison. Anim. Welf. 22:57-65.

Galinowski, A., et Tanneau, E. 1997. Dépression et immunité. Ed. Rhône-Poulenc Rorer; Séminaire de psychiatrie biologique de l'hôpital Sainte-Anne.

Geers, R., Petersen, B., Huysmans, K., Knura-Deszczka, S., De Becker, M., Gymnich, S., Henot, D., Hiss, S. et Sauerwein, H. 2003. On-farm monitoring of pig welfare b

assessment of housing, management, health records and plasma haptoglobin. *Anim.Welf.* 12:643-647.

Godbout, S., Pelletier, F., et Fournel, S. 2011. Mesure et évaluation des émissions de gaz et d'odeurs issues de différentes stratégies de gestion des déjections en production d'œufs de consommation. Rapport final. IRDA.

Golden, J.B., Arbona, D.V. et Anderson, K.E. 2012. A comparative examination of rearing parameters and layer production performance for brown egg-type pullets grown for either free-range or cage production. *J. Appl. Poult. Res.* 21:95-102.

Gouvernement du Québec. 2013. Règlement sur les conditions de production et de conservation à la ferme et sur la qualité des œufs de consommation. Loi sur la mise en marché des produits agricoles, alimentaires et de la pêche. Chapitre M-35.1. À jour au 1^{er} juillet 2013.

Gouvernement du Québec. 2013. Règlement sur la santé et la sécurité au travail. Loi sur la santé et la sécurité au travail. Chapitre S-2.1. À jour au 1^{er} août 2013.

Green, A.R., Wesley, I., Trampel, D.W. et Xin, H. 2009. Air quality and bird health status in three types of commercial egg layer houses. *Appl. Poult. Res.* 18:605-621.

Gross, W.B. et Siegel, P.B. 1983. Evaluation of the heterophil:lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian. Disea.* 27:972-979.

Gross, W.B. et Siegel, P.B. 1986. Effects of initial and second periods of fasting on heterophil/lymphocyte ratios and body weight. *Avian. Disea.* 30:345-346.

Guémené, D., Guesdon, V., Moe, R.O., Michel, V. et Faure, J.M. 2004. Production and stress parameters in laying hens, beak-trimmed or not, housed in standard or furnished cages. In 12th World poultry congress. Istanbul, Turkey. 117-121.

Gustafsson, G. et Wachenfelt, E. 2006. Airborne dust control measures for floor housing system for laying hens. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal.* Manuscript BC 05 018. Vol. VIII.

Guesdon, V., et Faure, J.M. 2004. Laying performance and egg quality in hens kept in standard or furnished cages. *Anim. Res.* 53:45-57.

Götz, M. 2013. Non seulement les poules pondent des oeufs, mais elles peuvent aussi voler... si on les laisse faire. *Protection suisse des animaux (PSA). Le comportement des poules.* Feuille d'information PSA. 5p.

Hartmann, H. 1988. Critères biochimiques et hématologiques du stress et leurs relations avec les mécanismes de défense. *Recueil de Médecine Vétérinaire.* 164:743-750.

Hay, M. et Mormède, P. 1997. Improved determination of urinary cortisol and cortisone, or corticosterone and 11-dehydrocorticosterone by high-performance liquid chromatography with ultraviolet absorbance detection. *J. of Chromato. B.* 702:33-39.

Hay, M. et Mormède, P. 1998. Urinary excretion of catecholamines, cortisol and their metabolites in Meishan and Large White sows: validation as a non-invasive and integrative assessment of adrenocortical and sympathoadrenal axis activity. *Vet. Resea.* 29:119-128.

Hay, M., Meunier-Salaün, M.C., Brulaud, F., Monnier, M. et Mormède, P. 2000. Assessment of hypothalamic-pituitary-adrenal axis and sympathetic nervous system activity in pregnant sows through the measurement of glucocorticoids and catecholamines in urine. *J. of Anim. Sci.* 78:420-428.

Hayes, M.D. 2012. Environmental and energy assessment of an aviary laying-hen housing system in the Midwestern United States. *Graduate Theses and Dissertations.* p 12601.

Hazard, D. et Guemene, D. 2005. Les réponses de stress chez les oiseaux : quelle interprétation donner aux mesures de corticostéronémie ? In Sixièmes Journées de la Recherche Avicole. St Malo, France, 30 et 31 mars 2005. 549-553.

Hester, P.Y. 2005. Impact of science and management on the welfare of egg laying strains of hens. *Poul. Sci.* 84:687-696.

Hogan, J.A. 1997. Energy models of motivation: A reconsideration. *Appl. Anim. Behav.Sci.* 53:89-105.

Hogan, J.A., Honrado, G.I., et Vestergaard, K.S. 1991. Development of a behavior system: Dustbathing in the Burmese Red Junglefowl (*Gallus gallus spadiceus*): II. Internal factors. *J.of Comp. Psycho.* 105:269-273.

Hörnig, G., Brunsch, R., Stollberg, U., Jelinel, A., Pliva, P. et Cespiva, M. 2001. Ammonia, methane and carbon dioxide emissions from laying hens kept in battery cages and aviary systems. *Proceedings of the 2nd agricultural engineering conferences of central and east European countries, Prague, Czech Republic.* 37-43.

Hughes, B.O. et Gentle, M.J. 1995. Beak trimming of poultry - its implications for welfare. *Worl. Poult. Sci. J.* 51:51-61.

Huber-Eicher, B., et Sebo, F. 2001. Reducing feather pecking when raising laying hen chicks in aviary systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1-2:59-68.

Hughes, B.O. 1976. Behaviour as an index of welfare. In *Proceedings of the Vth European Poultry Conference.* Malta. 1005-1018.

Hughes, B.O. et Duncan, I.J.H. 1988. *Anim. Behav.* 36:1696-1707.

Hughes, B.O. et Curtis, P.E., 1997. Health and disease. In: Appleby M.C., Hughes B.O. (Eds), *Animal Welfare.* CAB International : Wallingford. 109-125.

Huonnic, D., Maurice, R., Huneau, A., Bruel, C., et Michel, V. 2006. Poules pondeuses logées en cages conventionnelles et en volières: Influence de l'absence d'épointage du bec et d'une augmentation de la teneur de l'aliment en cellulose sur les résultats zootechniques et l'état sanitaire des animaux. *Sciences et Techniques Avicoles* avril 2006. 55:9-22.

Huneau-Salaün, A., Michel, V., Huonnic, D., Balaine, L. et Le Bouquin, S. 2010. Factors influencing bacteria eggshell contamination in conventional cages, furnished cages and free-range systems for laying hens under commercial conditions. *Brit. Poult. Sci.* 51:163-169.

Huonnic, D., Guinebretière, M., Huneau-Salaün, A., Tavares, M., et Michel, V. 2010. Poules pondeuses en cages aménagées : impact de la taille de groupe et de l'apport de litière sur les performances zootechniques. *TeMA.* 16:28-39.

Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB), 2010. Cahier technique : produire des œufs biologiques. Disponible à : www.itab.asso.fr

Jendral, M., Church, J.S. et Feddes, J. 2010. Redesigning battery cages to improve laying hen welfare: final report submitted to the Alberta Livestock Industry Development Fund. Projects number 2002L001R. Available at: <http://www.afac.ab.ca/reports/battery cage.pdf> Accessed April 5, 2010.

Jensen, M.B., Pedersen, L.J. et Ladewig, J. 2004. The use of demand functions to assess behavioural priorities in farm animals. *Anim. Welf.* 13:27-S32.

Johnsen, P. F., Johannesson, T. et Sandoe, P. 2001. Assessment of farm animal welfare at herd level : many goals, many methods. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A. Anim. Sci. Supp.* 30:6-33.

Jones, R.B. 1986. Responses of domestic chicks to novel food as a function of sex, strain and previous experience. *Behav. Proc.* 12:261-271.

Jones, R.B. 1987a. Assessment of fear in adult laying hens: correlational analysis of methods and measures. *Brit. Poult. Sci.* 28:319-326.

Jones, R.B. 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *Worl. Poult. Sci. J.* 52:131-168.

Keeling, L.J. 1995. Feather pecking and cannibalism in layers. *Poult. Int.* 6:46-50.

Keeling, L. et Jensen, P. 2002. Behavioural disturbances, stress and welfare. In *The ethology of domestic animals, an introductory text.* (Coords.: JENSEN P.), CABI Publishing. 79-98.

King, L.A. 2003. Behavioral evaluation of the psychological welfare and environmental requirements of agricultural research animals: Theory, measurement, ethics, and practical implications. *ILAR. J.* 44:211-221.

Knowles T.G. et Broom, D.M. 1990. Limb bone strength and movements in laying hens from different housing systems. *Vet. Rec.* 126: 354-356.

Kuchel, O. 1991. Stress and catecholamines. *Methods Achieve Exp. Pathol. Basel.* 14:80-103.

Kühn, E.R., Geelissen, S.M.E., Van Der Geyten S. et Darras, V.M. 2005. The release of growth hormone (GH): Relation to the thyrotropic- and corticotropic axis in the -chicken. *Domes. Anim. Endoc.* 29:43-51.

Lay, D.C., Fulton, Jr.R.M., Hester, P.Y., Karcher, D.M., Kjaer, J.B., Mench, J.A., Mullens, B.A., Newberry, R.C., Nicol, C.J., O'Sullivan, N.P. et Porter, R.E. 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poult. Sci.* 90:278-294.

Käppeli, S., Gebhardt-Henrich, S.G., Frölich, E., Pfulg, A., Schäublin, H. et Stoffel, M.H. 2011. Effects of housing, perches, genetics, and 25-hydroxycholecalciferol on keel bones deformities in laying hens. *Poult. Sci.* 90:1637-1644.

Laywel, 2006. Welfare implications of changes in production systems for laying hens. STREP Laywel, Project N° SSPE-CT-2004-502315. 6th PCRD. <http://www.laywel.eu>.

Le Bouquin, S., Huonnic, D., Balaine, L., Michel, V., Guillam, M.T., Ségala, C. et Huneau-Salaün, A. 2011. Dust concentration in various laying hen housing systems. Proceedings of the XVth international congress of the international society for animal hygiene, Vienna, Austria. 2:739-741.

Le Douar, J. 2004. Cages cinq étoiles pour poules de luxe. Ouest France. 14 février.

Leonard, B. 2000. Stress, depression and the activation of the immune system. *Worl. J. Biol. Psych.* 1:17-25.

Leyendecker, M., Hamann, H. et Hartung, J. 2005. Keeping laying hens in furnished cages and an aviary housing system enhances their bone stability. *Brit. Poult. Sci.* 46:536-544.

Lichovníková, M. et Zeman, L. 2008. Effects of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. *Czech. J. Anim. Sci.* 53:162-168

Lorenz, K.Z. 1965. Evolution and modification of behaviour. Chicago, Univ. of Chicago Press. 701 p.

Lorenz, K.Z. 1981. The Foundations of Ethology. New York, Springer. Verlag, 380 p.

Mirabito, L., Giraud, S. et Travel, A. 2007. Effet du mode de logement des poules pondeuses d'œufs de consommation (cages aménagées vs cages conventionnelles) sur le comportement des poules et divers critères de qualité des œufs. *TeMA.* 2:10-18.

Maxwell, M.H. 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. *Worl. Poult. Sci. J.* 9:34-43.

Moberg, G.P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. In *The biology of animal stress. Basic principles and implications for animal welfare.* CAB International . 1-21.

Moe, R.O., Guémené, D., Larsen, H.J.S., Bakken, M., Lervik, S., Hetland, H. et Tauson, R. 2004. Effects of pre-laying rearing conditions in laying hens housed in standard

or furnished cages on various indicators of animal welfare. In XXII World's Poultry congress. Istanbul, Turkey, (329).

Moinard, C. 1996. Peut-on améliorer le logement des poudeuses en cages ? Filières Avicoles. 26-27.

Moinard, C. 1997. Étude de l'incidence de différents types de cages sur le comportement et les performances zootechniques de la poule poudeuse. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours. Communication orale.

McFarland, D. 1990. Dictionnaire du comportement animal Editions Robert Laffont, Paris, France (1013p).

Mollenhorst, H., Rodenburg, T.B. et Bokkers, E.A.M., 2005. On-farm assessment of laying hen welfare: a comparison of one environment-based and two animal-based methods. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 90:277-291.

Mostert, B.E., Bowes, E.H. et Van Der Walt, J.C. 1995. Influence of different housing systems on the performance of hens of four laying strains. *S. Afr. Tydskr. Veek.* 25:80-86.

Mullens, B.A., Owen, J.P., Kuney, D.R., Szijj, C.E., and Klingler, K.A., 2009. Temporal changes in distribution, prevalence and intensity of northern fowl mite (*Ornithonyssus sylviarum*) parasitism in commercial caged laying hens, with a comprehensive economic analysis of parasite impact. *Vet. Parasitol.* 160:116-133.

Michel, V., et Huonnic, D. 2003. A comparison of welfare, health and production performance of laying hens reared in cages or in aviaries. 2003 spring meeting of the WPSA French branch meeting abstracts. 775-776.

Neijat, M., House, J.D., Guenter, W. et Kebreab, E. 2011a. Production performance and nitrogen flow of Shaver White layers housed in enriched or conventional cage systems. *Poul. Sci.* 90:543-554.

Mormede, P. 1995. Les réponses neuroendocriniennes de stress. *Recueil de Médecine Vétérinaire.* 164:723-741.

Nicol, C.J. 1987. Effect of cage height and area on the behaviour of hens housed in battery cages. *Brit. Poult. Sci.* 28:327-335.

Nimmermark, S., Lund, V., Gustafsson, G. et Eduard, W. 2009. Ammonia, dust and bacteria in welfare-oriented systems for laying hens. *Ann Agric Environ. Med.* 16:103-113.

Olsson, I. A. et Keeling, L. J. 2000. Night-time roosting in laying hens and the effect of thwarting access to perches. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 68:243-256.

Olsson, I.A.S. et Keeling, L.J. 2002. The push-door for measuring motivation in hens: laying hens are motivated to perch at night. *Anim. Welf.* 11:11-19.

Olsson, I. A. et Keeling, L. J. 2005. Why in earth? Dustbathing behaviour in jungle and domestic fowl reviewed from a Tinbergian and animal welfare perspective. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93:259-282

Pickel, T., Schrader, L. et Scholz, B. 2011. Pressure load on keel bone and foot pads in perching laying hens in relation to perch design. *Poult. Sci.* 90:715-724.

Post, J., Rebel, J.M.J. et Terhuurne, A.A.H.M. 2003. Physiological effects of elevated plasma corticosterone concentrations in broiler chickens. An alternative means by which to assess the physiological effects of stress. *Poult. Sci.* 82:1313-1318.

Rettenbacher, S., Mostl, E., Hackl, R., Ghareeb, K. et Palme, R. 2004. Measurement of corticosterone metabolites in chicken droppings. *Brit. Poult. Sci.* 45:704-711.

Rulofson, F.C., Brown, D.E. et Bjur, R.A. 1988. Effect of blood sampling and shipment to slaughter on plasma catecholamine concentrations in bulls. *J. of Anim. Sci.* 66:637-642.

Rutter, S. 1998. Assessing the welfare of intensive and extensive livestock. In *Workshop Pasture Ecology and Animal Intake*, Dublin, pp. 1-9.

Rodenburg, T.B., Tuytens, F.A.M. et Sonck, B. 2005. Welfare, housing, and hygiene of laying hens housed in furnished cages and in alternative housing systems. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 8:211-226.

Sedlačková, M., Bilčík, B. et Košťál, L. 2004. Feather Pecking in Laying Hens: Environmental and Endogenous Factors. *Acta. Vete. Brno.* 73:521-531.

Singh, A., K. D., Casey, W. D., King, A. J., Pescatore, R. S., Gates, R.S. et Ford, M.J. 2009. Efficacy of urease inhibitor to reduce ammonia emission from poultry houses. *J. Appl. Poult. Res.* 18:34-42.

Sherwin, C.M., Richards, G.J. et Nicol, C.J. 2010. A comparison of the welfare of layer hens in four housing systems in the UK. *Brit. Poult. Sci.* 51:488-499.

Swanson, J.C., 1995. Farm animal well-being and intensive production systems. *J. of Anim. Sci.* 7:2744-2751.

Tactacan, G.B., Guenter, W., Lewis, N.J., Rodriguez-Lecompte, J.C. et House, J.D. 2009. Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Poult. Sci.* 88:698-707.

Tanaka, T. et Hurnik, J.F. 1992. Comparison of behavior and performance of laying hens housed in battery cages and an aviary. *Poult. Sci.* 71:235-43.

Tauson, R. 1998. Health and production in improved cage designs. *Poult. Sci.* 77:1820-1827.

Tauson, R., Wahlstrom, A. et Abrahamsson, P. 1999. Effect of two floor housing systems on health, productions, and fear response in layers. *J. Appl. Poult. Res.* 8:152-159.

Toates, F. et Jensen, P. 1991. In "From Animals to Animals, Proceedings of the first international conference on simulation of adaptive behavior".. MEYER J.A., WILSON S.W. éd., Cambridge, USA. 194-205.

Vonesch, A. 2007. Introduction au bien-être des poules pondeuses. De l'éleveur au consommateur : les enjeux, vus d'Alsace. 38p

Vandenheede, M. 2002. Bien-être animal : les apports de l'Ethologie. Formation continue- article de synthèse. Ann. Méd. Vét. 147:17-22.

Vits, A., Weitzenbürger, D., Hamann, H. et Distl, O. 2005. Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. Poult. Sc. 84:1511-1519.

Vučemilo, M., Vinković, B., Matković, K., Štoković, I., Jakšić, S., Radović, S., Granić, K. et Stubičan, D. 2010. The influence of housing systems on the air quality and bacterial eggshell contamination of table eggs. Czech. J. Anim. Sci. 55:243-249.

Van Liere, D.W. et Bokma, S. 1987. Short-Term Feather Maintenance as a Function of Dust-Bathing in Laying Hens. Appl. Anim. Behav. Sci. 18:197-204.

Van Liere, D.W. 1992a. The significance of fowls' bathing in dust. Anim. Welf. 1:187-202.

Van Liere, D.W. 1992b. Dustbathnig as related to proximal and distal feather lipids in laying hens. Behav. Proc. 26 :177-188.

Veissier, I., Boissy, A., Capdeville, J. et Sarignac, C. 2000. Le bien-être des animaux d'élevage : comment peut-on le définir et l'évaluer? Le point vétérinaire. 31:25-32.

Von Borell, E. 1995. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. Appl. Anim. Behav. Sci. 44:219-227.

Vestergaard, K.S. 1980. The regulation of dustbathing and other behaviour patterns in the laying hen: a lorenzian approach. In The Laying Hen and its environment. (Coords: MOSS R.), Martinus Nijhoff. 101-120.

Vestergaard, K.S. 1982. Dust-bathing in the domestic fowl - Diurnal rhythm and dust deprivation. Appl. Anim. Ethol. 8:487-495.

Vestergaard, K.S., Damm, B.I., Abbott, U.K. et Bildsoe, M. 1999. Regulation of dustbathing in feathered and featherless domestic chicks: the Lorenzian model revisited. Anim. behav. 58:1017-1025.

Wall, H. 2003. Laying Hens in Furnished Cages—Use of Facilities, Exterior Egg Quality and Bird Health. Doctoral thesis: Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Wall, H. et Tauson, R. 2002. Egg Quality in Furnished Cages for Laying Hens-Effects of Crack Reduction Measures and Hybrid. Poult. Sci. 81:340-348.

Wall, H. et Tauson, R. 2007. Perch arrangements in small group furnished cages for laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 16:322-330.

Wall, H., Tauson, R. et Elwinger, K. 2008. Effects of litter substrate and genotype on layers, use of litter, exterior appearance, and heterophil:lymphocyte ratio in furnished cages. *Poult. Sc.* 87:2458-2465.

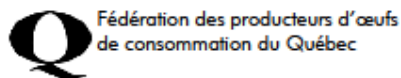
Wall, H. 2011. Production performance and proportion of nest eggs in layer hybrids housed in different designs of furnished cages. *Poul. Sci.* 90:2153-2161.

Webster, J. 1997. Applied ethology: what use is it to animal welfare? *Advances in ethology* 32 Supplements to Ethology, 10.

Xin, H., Gates, R.S., Green, A.R., Mitloehner, F.M., Moore, P.A. et Wathes, C.M. 2011. Environmental impacts and sustainability of egg production systems. *Poul. Sci.* 90:263-277.

Yue, S. et Duncan, I. J. H. 2003. Frustrated nesting behaviour: Relation to extra-cuticular shell calcium and bone strength in White Leghorn hens. *Brit. Poult. Sci.* 44:175-181.

Annexe 1



NOUVELLES NORMES APPLICABLES POUR UN BÂTIMENT DE PONTE ET SES ÉQUIPEMENTS

La production d'œufs de consommation est sujette à différentes normes relatives au bien-être animal et à l'assurance-qualité.

Tel qu'expliqué en introduction au présent Guide des procédures d'inscription, le système de logement conventionnel pour les poules pondeuses ne sera plus accepté à compter du 1^{er} janvier 2015. Ainsi, les projets présentés dans cette édition 2014 ne doivent pas prévoir ce type de logement.



Si vous optez pour un système de logement aménagé (enrichi), tel que présenté à titre d'exemple sur la photo, voici quelques éléments à considérer dans le choix du bâtiment et des équipements :

Système de logement aménagé : information sur l'équipement et la bâtisse

- Densité de production : 116 ¼ po²/poule (750 cm²)
- Densité/poule – surface utilisable (excluant nid) - 93 po²/poule (600 cm²)
- Densité pour nid : 23 po² (150 cm²)
- Surface pour mangeoires : 12 cm/poule
- Abreuvoirs – tétines : 1 tétine/10 poules, accès minimum : 2/poule
- Hauteur minimum : 47 cm
- Grandeur totale minimum /cage : 310 po² (2 000 cm²)
- Perchoirs : 15 cm/poule
- Distance entre perchoirs : > 30 cm
- Distance perchoir mur : > 20 cm
- Un générateur fixe lié à un système d'alarme

Programme « Propreté d'abord, Propreté toujours » - Informations sur l'équipement et la bâtisse

- Une salle réfrigérée pouvant loger jusqu'à une semaine de production basée sur :



Fédération des producteurs d'œufs
de consommation du Québec

- Palettes de 48 boîtes;
 - Production de 98 %;
 - Incluant une unité de réfrigération qui devra maintenir une température entre 10 et 13 degrés Celsius;
 - Incluant un ventilateur permettant à l'air de circuler.
- Un quai de débarquement pour le transport des palettes (obtenir les spécifications des postes de classement d'œufs).
- Murs, plafonds et planchers lavables :
- Éviter le bois ou toute matière poreuse.
- Salle de ramassage isolée du pouloir.
 - Vestiaire avec zone de biosécurité.
 - Eau courante avec toilette.
 - Prévoir des drains sur les planchers avec couvercles perforés.
 - Prévoir un endroit pour entreposer les produits chimiques de façon sécuritaire.
 - Le pouloir ne doit loger que des pondeuses du même groupe d'âge afin de permettre un vide sanitaire incluant un lavage complet et une désinfection complète après chaque cycle de ponte.
 - Prévoir un congélateur pouvant loger les oiseaux morts entre les cueillettes effectuées par l'entreprise d'équarrissage.

Général

- On recommande des portes à l'avant et à l'arrière du pouloir afin de faciliter l'entrée et l'évacuation des oiseaux.
- Pour le système aménagé, on recommande des cages superposées munies de tapis à déjections qui permettent de sécher les fientes à un minimum de 75 % de matière sèche.
- S'assurer que la bâtisse est hermétique aux rongeurs (consulter une firme de gestion parasitaire).

Si vous envisagez un système de logement sur parquet ou une production biologique, veuillez vous adresser à la Fédération afin d'obtenir plus d'information.