

Le bien-être des poulets de chair dans les élevages commerciaux

Le bien-être animal

Les Cinq Libertés (ci-dessous) sont largement utilisées et acceptées comme définition du bien-être animal. Elles englobent les aspects physiques du bien-être de l'animal, sa capacité à exprimer des comportements innés ou propres à l'espèce et son état psychologique (affectif). Ces trois composantes sont essentielles au respect du bien-être animal et sont reconnues par l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE, 2011).

1. Ne pas souffrir de la faim ou de la soif (accès à de l'eau fraîche et à une nourriture adéquate assurant la bonne santé et la vigueur des animaux)
2. Ne pas souffrir d'inconfort (environnement approprié comportant des abris et une aire de repos confortable)
3. Ne pas souffrir de douleurs, de blessures ou de maladies (prévention ou diagnostic et traitement rapides)
4. Pouvoir exprimer des comportements naturels propres à l'espèce (espace suffisant, environnement approprié aux besoins des animaux et contact avec d'autres congénères)
5. Ne pas éprouver de peur ou de détresse (conditions d'élevage et pratiques n'induisant pas de souffrances psychologiques)

Le bien-être des poulets de chair est protégé dans une certaine mesure par la législation européenne (Directive du Conseil, 2007), par l'adoption de cette législation par les pays qui la mettent en œuvre (par exemple avec le texte de loi britannique relatif au bien-être des animaux d'élevage intitulé « Welfare of Farmed Animals », 2010) et par divers systèmes d'assurance qualité. Les principaux facteurs ayant un impact significatif sur le bien-être des poulets en élevage sont la densité de peuplement (comprenant le contrôle de l'ambiance des bâtiments), le rythme de croissance (comprenant le choix approprié de la souche) et l'enrichissement de l'environnement.

La densité de peuplement

Les effets négatifs de la densité de peuplement sur le bien-être des poulets de chair se manifestent en termes de mauvaise qualité de la litière, d'une mauvaise motricité, de pododermatites et de restrictions comportementales, comme l'a observé la Commission européenne (Comité scientifique sur la santé et le bien-être animal, 2000). Selon son rapport, « les études sur les troubles du comportement et des pattes indiquent clairement que la densité de peuplement ne doit pas dépasser 25kg/m² pour éviter en grande partie les problèmes graves de bien-être et qu'au-dessus de 30 kg/m², même avec de très bons systèmes de contrôle du climat, la fréquence des problèmes graves augmente fortement ». La législation européenne adoptée en 2007 (entrée en vigueur en 2010) limite la densité de peuplement maximale dans les élevages en bâtiment à 33kg/m² mais prévoit deux dérogations : la première jusqu'à 39kg/m² si l'ammoniac, le dioxyde de carbone, les températures extrêmes et l'humidité relative sont contrôlés, et la seconde jusqu'à 42 kg/m² si la mortalité cumulée est faible (~3,38% à 38 jours) et démontrée pour sept lots consécutifs. La loi britannique « Welfare of Farmed Animals (England) (Amended) Regulations

(2010) » limite la densité de peuplement maximale à 39kg/m² (également adoptée par le pays de Galles et l'Ecosse) tandis que le label de bien-être animal « RSPCA Freedom Food » la limite à 30kg/m² pour une souche de poulet à croissance intermédiaire. En Europe, dans les systèmes conventionnels, les poulets de chair sont généralement élevés à une densité de 18 à 22 oiseaux/m², selon leur poids corporel au moment du desserrage ou du ramassage complet.

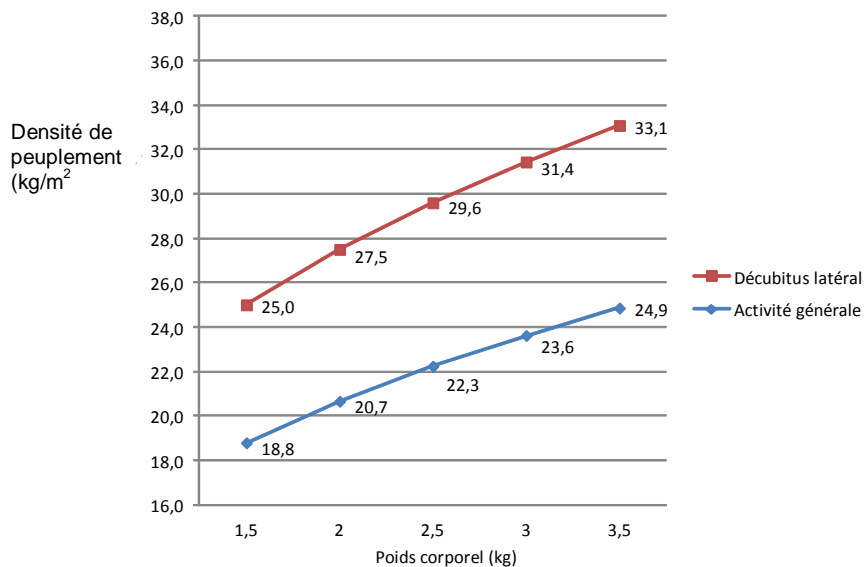
La deuxième dérogation législative aux 42 kg/m² s'est clairement avérée préjudiciable au rythme de croissance et au bien-être (Dawkins et al., 2004), et l'augmentation de la densité de peuplement au-delà de 30kg/m² a également entraîné une détérioration de la motricité et de l'humidité relative au cours de la dernière semaine du cycle de production. De plus, les effets négatifs de la densité de peuplement sur la motricité ont provoqué une détérioration de 0,013 de l'indice moyen de locomotion (voir la fiche d'information n° 4) pour chaque augmentation de 1kg/m² d'une densité de peuplement comprise entre 15,9 et 44,8kg/m² (Knowles et al., 2008). Le contrôle du climat, particulièrement en termes de température, d'humidité relative, de taux d'ammoniac et de qualité de la litière, est d'une importance fondamentale pour le bien-être des poulets de chair (Dawkins et al., 2004 ; Jones et al., 2005). Ces éléments reflètent en grande partie la qualité de la ventilation.

Ayant analysé la littérature sur les effets de la densité de peuplement, Estevez (2007) conclut que les effets les plus graves d'une densité élevée se manifestent lorsque l'espace disponible descend en-dessous de 0,07 ou de 0,065 m²/oiseau (en supposant 2,5kg de poids vif), soit environ 14 à 16 oiseaux/m². Ceci a été confirmé par Bokkers et al. (2011) dans une étude récente examinant les besoins en espace statique avec des comportements limités. Les auteurs ont également conclu que davantage d'espace serait nécessaire à l'expression de plus de comportements, ce qui limiterait encore davantage le nombre de poulets/m².

L'espace statique dont un animal a besoin pour se coucher en décubitus latéral ou pour passer de la position debout à la position couchée est obtenu au moyen de l'équation allométrique $A=0,0457W^{0,67}$ (Petherick, 2007) où $A=m^2$ /oiseau et W est le poids vif. La constante empirique (k) varie en fonction de la posture et n'est pas connue pour l'activité générale. Cependant, en nous servant des recommandations du Farm Animal Welfare Council (1995) sur la densité de peuplement des dindes dans les élevages au sol (25kg/m² pour une dinde de 5kg) où l'activité est plus grande que dans les systèmes conventionnels, nous pouvons estimer la valeur k pour l'activité générale à 0,06083. La Figure 1 illustre la densité de peuplement calculée à des poids vifs finaux donnés et en fonction des besoins relatifs au décubitus latéral ou à l'activité générale.

Les besoins statiques varient de 25 à 33kg/m² à des poids respectifs de 1,5 et 3,5kg, ce qui équivaut à 17 oiseaux/m² à 1,5kg et à 9,5 oiseaux/m² à 3,5kg. Les besoins en espace actif varient de 19 à 25kg/m² pour le même éventail de poids, ce qui équivaut à 12,5 oiseaux/m² à 1,5kg et à 7 oiseaux/m² à 3,5kg. Fixer la densité de peuplement maximale à un taux fixe pour l'ensemble des divers poids vifs des poulets de chair entraîne un surpeuplement des oiseaux légers et un sous-peuplement des plus lourds. L'espace statique pour un oiseau de 2,5kg est de 30kg/m², et correspond à la densité requise pour nos Poulets d'Or. Dans l'idéal, nous souhaitons que l'espace disponible (et donc la densité de peuplement calculée) soit considéré de manière allométrique, tenant ainsi compte du nombre d'oiseaux et du poids corporel.

Figure 1. Densité de peuplement maximale dérivée de calculs d'espace disponible en fonction du poids vif et d'un état statique ou actif.



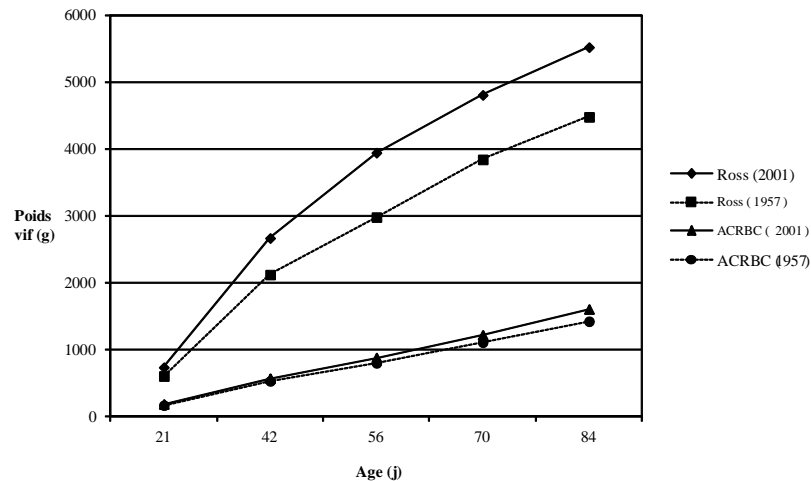
Le rythme de croissance

Le poids vif et le rythme de croissance sont entièrement responsables des différences de motricité de 13 génotypes de poulets de chair ayant un large éventail de potentiels de croissance (Kestin et al., 2001). Malgré les progrès génétiques en matière de santé des pattes chez les poulets, la mauvaise motricité reste endémique bien qu'extrêmement variable d'un lot à l'autre, les risques étant multifactoriels (Bradshaw et al., 2002). Les principaux facteurs de risque parmi les lots en bonne santé sont le rythme de croissance rapide (Knowles et al., 2008) et le mauvais contrôle de l'ambiance du bâtiment (Jones et al., 2005). Ralentir la croissance en début de cycle et augmenter l'activité, en instaurant des périodes de nuit plus longues (voir ci-dessous), en donnant une alimentation moins riche en nutriments (Letterier et al., 1998 ; Welfare Quality, 2010) et en fournissant des aliments broyés et non granulés (Brickett et al., 2007a) peuvent améliorer la santé des pattes et la motricité.

Ainsi qu'une meilleure locomotion, les poulets de chair avec un potentiel de croissance plus lent ont sensiblement moins de pododermatites (Nielsen et al., 2003) et sont plus actifs, manifestant davantage de comportements de marche, de perchage et de picorage que les races à potentiel de croissance rapide (Castellini et al., 2002c ; Bokkers and Koene 2003).

Le rythme de croissance du poulet de chair moderne est phénoménal (comme le montre la Figure 2), atteignant 90 g/j à 42 jours (Aviagen, 2009). Il faut un tiers de la durée d'élevage (32 jours par comparaison avec 105 jours) et trois fois moins de nourriture pour produire un poulet Ross de 1815g ayant un ICA (indice de conversion alimentaire) de 1,47 qu'il en fallait en 1957 pour produire un oiseau non-sélectionné de souche aléatoire ayant un ICA de 4,42 (Havenstein et al., 2003). La sélection génétique explique 85 à 90 % des progrès, les améliorations en matière d'alimentation expliquant les 10 à 15 % restants.

Figure 2. La croissance du poulet de chair moderne par comparaison avec une race aléatoire en 1957 (d'après Havenstein et al., 2003a) nourris avec une alimentation commerciale typique en 1957 et en 2001



Le résultat d'une sélection génétique intensive en faveur d'un rythme de croissance rapide et d'un rendement élevé en viande de poitrine, avec une conversion alimentaire toujours meilleure, est un poulet de chair très peu actif, qui présente des problèmes aux pattes et des troubles métaboliques et physiologiques tels que l'ascite et le syndrome de mort subite (Comité scientifique sur la santé et le bien-être animal, 2000). Un rythme de croissance rapide exacerbe également la nécessité de restreindre la nourriture des poulets de chair reproducteurs, entraînant une sensation de faim chronique chez ces poulets. Limiter le potentiel de croissance d'une souche (et par conséquent le niveau de restriction alimentaire chez les oiseaux reproducteurs) constitue peut-être la meilleure solution pratique aux problèmes de bien-être à l'heure actuelle. Des essais commerciaux réalisés avec des races à croissance intermédiaire (moyenne de 45g/j) et rapide (moyenne de 63g/j) abattues à 56 et 42 jours chacune, soumises au même programme lumineux (18 lumière : 6 nuit), ont montré qu'il y avait moins de mortalité (1,5 par rapport à 5,6 %), de lésions de la pelote plantaire (12,5 par rapport à 83,0 %) et de brûlures aux jarrets (11,5 par rapport à 44,9 %) chez les oiseaux à croissance intermédiaire que chez les oiseaux à croissance rapide (Cooper et al., 2008).

Il est donc primordial de choisir une souche appropriée. Il existe deux principales entreprises mondiales de sélection proposant des souches de poulets de chair à croissance rapide intensivement sélectionnées, et une principale entreprise européenne proposant une large gamme d'autres potentiels de croissance. Le Tableau 1 illustre la gamme de souches génétiques disponibles, dont le choix est en grande partie déterminé par le poids de marché, l'âge et les exigences relatives au produit (viande en morceaux, carcasse entière, etc.). Au Royaume-Uni, le JA 757 et le Cobb-Sasso 150 sont considérés comme convenant aux élevages extensifs en bâtiment, et le Hubbard JA 757 (RC intermédiaire) est couramment utilisé pour la production bio. Les souches à croissance rapide, surtout les femelles, peuvent aussi être utilisées pour la production en plein air. Les souches à croissance lente n'ont pas tendance à être utilisées au Royaume-Uni, en grande partie à cause de la petite conformation de leur bréchet et du temps plus long qu'elles mettent à atteindre leur poids d'abattage. En France, par contre, près de 50 % du poulet proviennent de races à croissance plus lente et un tiers est issu de la production « Label Rouge » (Quentin et al., 2005).

Tableau 1. Le potentiel génétique des souches de poulets de chair actuellement disponibles auprès de trois grandes entreprises de sélection.

| Entreprise | Système | Race | 35 jours | | | 42 jours | | | | | |
|------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | | | PC (g) | RC (g/j) | ICA | PC (g) | RC (g/j) | ICA | | | |
| Ross | Conventionnel | 308/508/P | 1918-2021 | 54,8-57,7 | 1,58-1,62 | 2530-2652 | 60,2-63,1 | 1,73-1,77 | | | |
| | | M3 | | | | | | | | | |
| | | Arbor | | | | | | | | | |
| | | Acres | | | | | | | | | |
| Cobb | | Lohman | | | | | | | | | |
| | | LIR | | | | | | | | | |
| Cobb | | 500/700 | 1933-2017 | 57,0-57,6 | 1,61-1,65 | 2548-2626 | 62-62,5 | 1,76-1,77 | | | |
| | | Cobb-Avian-48 | | | | | | | | | |
| Hubbard | | Classic, | 1830-2003 | 52,3-57,2 | 1,57-1,6 | 2379-2592 | 56,6-61,7 | 1,69-1,74 | | | |
| | | Hubbard JV, Flex, F15, Yield | | | | | | | | | |
| | | | 49 jours | | | 56 jours | | | 70 jours | | |
| | | | PC | RC | ICA | PC | RC | ICA | PC | RC | ICA |
| Ross | Extensif en bâtiment | Rowan | Pas de données disponibles | | | | | | | | |
| Cobb | | Cobb-Sasso 150 | 2110 | 43,1 | 1,92 | 2475 | 44,2 | 2,0 | 3135 | 44,8 | 2,23 |
| | | | PC | RC | ICA | PC | RC | ICA | PC | RC | ICA |
| | | | 56 jours | | | 63 jours | | | 70/77 jours | | |
| Hubbard | Croissance différenciée | Divers (voir 1) | 1657-2389 | 29,6-42,7 | 2,06-2,16 | 2296-2697 | 36,4-42,8 | 2,21-2,31 | 2215-2651 | 31,6-37,8 | 2,37-2,63 |
| | Croissance lente | I657/S757 N/ S757/S666 S86 | | | | | | | 2273 | 29,5 | 2,48-2,65 |

PC : poids corporel ; RC : rythme de croissance ; ICA : indice de conversion alimentaire

1. Progéniture de divers croisements de mâles avec des femelles JA57 et Redbro (souche mâle et femelle) (exemples : Gris Barré (JA) Cou Nu (+/- cou nu), JA957, JA757, New Hampshire, Master Gris, Redpac). Pour les races Ross, voir : www.aviagen.com/ss/broiler-breeders. Pour les races Cobb, voir : www.cobb-vantress.com/Products/Default.aspx.

Pour les races Hubbard, voir : www.hubbardbreeders.com

L'enrichissement de l'environnement

La législation européenne indique que les poulets de chair doivent être élevés à des intensités lumineuses de 20 lux et que leur soit fourni un minimum de six heures d'obscurité (dont quatre heures consécutives). Auparavant, les poulets de chair étaient élevés à des intensités de 5 lux ou moins avec seulement une heure de nuit par cycle de 24 heures.

Une période de nuit est nécessaire au bon rythme de sommeil et au rythme comportemental diurne (Appleby, 1994), et le sommeil est nécessaire à la récupération physiologique en termes de conservation d'énergie, de régénération des tissus et de croissance (Malleau et al., 2007). Les journées plus courtes améliorent le bien-être en réduisant les problèmes osseux (Classen et al., 1991), en diminuant la mortalité (Rozenboim et al., 1999 ; Bricket et al., 2007b ; Schwan-Lardner and Classen, 2010), en améliorant la locomotion (Santora et al., 2002 ; Bricket et al., 2007a ; Knowles et al., 2008), et en augmentant l'expression de comportements et en réduisant la peur (Sanotra et al., 2002). Sur la base d'une expression comportementale optimisée (augmentation de l'activité, de l'alimentation, de l'abreuvement, du confort et des comportements d'entretien et d'exploration), un niveau optimal de bien-être est atteint avec un programme lumineux de 16 à 17 heures (Schwan-Lardner et al., 2012).

La rétine de l'œil aviaire est pourvue de nombreux cônes simples et doubles qui permettent aux oiseaux de voir par forte intensité lumineuse, et elle est sensible à la partie UV-A du spectre lumineux. On peut donc raisonnablement penser que la lumière vive et naturelle est bénéfique pour l'acuité visuelle des oiseaux. La lumière naturelle augmente la proportion des oiseaux qui grattent le sol (Lewis et O'Connell, 2011), et les poulets de chair sont plus actifs (se nourrissant, buvant, grattant, recherchant de la nourriture et marchant davantage) (Davis et al., 1999 ; Blatchford et al., 2009) et se lissent davantage les plumes (Deep et al., 2012) dans des environnements à plus forte luminosité. Ils sont plus actifs lorsqu'on augmente la lumière (Kristensen et al., 2006) et préfèrent se reposer et se percher par faible intensité lumineuse (Davis et al., 1999). Des résultats indiquent qu'une certaine forme de distribution spatiale et temporelle de l'intensité lumineuse peut favoriser le bien-être en fournissant des périodes ou des aires d'activité et de repos. Les poulets de chair élevés à une faible intensité lumineuse (< 5 lux) ont les yeux plus lourds et plus grands que ceux élevés sous une lumière vive (Blatchford et al., 2009 ; Deep et al., 2010 cité dans Deep et al., 2012).

L'accès à un espace extérieur permet la recherche de nourriture et l'exploration, et augmente l'utilisation de l'environnement, les sources de nourriture et l'activité, rendant possible un meilleur niveau de bien-être. L'accès à un espace extérieur augmente l'activité des poulets de chair à croissance rapide de 1,8 et réduit le repos de 0,8 (Castellini et al., 2002a), et le pourcentage de temps passé à se tenir debout, à marcher et à picorer est aussi sensiblement plus élevé à l'extérieur qu'à l'intérieur (Jones et al., 2007). En moyenne les oiseaux font 98 pas par séance de marche à l'extérieur par comparaison avec 7,2 pas par séance à l'intérieur (Jones et al., 2007).

Cependant, l'utilisation de l'espace par les races à croissance rapide est généralement faible. Des études réalisées sur des lots commerciaux de petite et de grande taille ont montré des moyennes de 14 % (Dawkins et al., 2003) et de 11 % (variations de 0,2 à 51,4 %, Jones et al., 2007) des oiseaux à l'extérieur vers la fin du cycle de croissance. Les souches à croissance lente ont une meilleure utilisation de l'espace que celles à croissance rapide, et les deux souches ont une meilleure utilisation de l'espace lorsque leur est fournie une alimentation à teneur en énergie moyenne

plutôt que faible (Nielsen et al., 2003) ; les souches lentes passent également une plus grande partie de leur temps à l'extérieur (60 % pour les poulets Kabir par rapport à 35% pour les poulets Ross 208) (Castellini et al., 2002b). L'utilisation de l'espace par les poulets suit un rythme diurne, davantage d'oiseaux sortant le matin et avant la tombée de la nuit (Dawkins et al., 2003 ; Nielsen et al., 2003 ; Jones et al., 2007). Ils ont tendance à rester près du bâtiment (Weeks et al., 1994 ; Christensen et al., 2003), et leur utilisation de l'espace, en termes de pourcentage d'oiseaux à l'extérieur et de distance parcourue, augmente avec l'âge (Mirabito and Lubac 2001 ; Mirabito et al., 2001 ; Jones et al., 2007).

La météo et la qualité de l'environnement extérieur ont une grande influence sur l'utilisation de l'espace. Les poulets utilisent davantage l'espace en été (Jones et al., 2007), et les températures basses, le vent et la pluie (Gordon et Forbes, 2002) ont sur eux des conséquences négatives. Ils préfèrent les journées couvertes, et une couverture arbustive et arborée à de l'herbe courte (Dawkins et al., 2003) ; les wigwams en branches de conifère sont également attractifs (Gordon et Forbes, 2002). Dans un effort pour rendre l'environnement extérieur plus attractif pour les oiseaux, les systèmes d'assurance qualité requièrent des abris artificiels, des abreuvoirs d'extérieur et des aires de bains de poussière. L'apport d'arbres offrant un bon couvert améliore encore davantage l'environnement extérieur et augmente l'utilisation de l'espace par les poulets de chair « Label Rouge » (Mirabito et al., 2001) et à croissance rapide (Jones et al., 2007).

Références

- Appleby, M.C., Hughes, B.O. and Savory, C. J. (1994) Current state of poultry welfare: Progress, problems and strategies. *British Poultry Science* 35 (3), 467-475.
- Aviagen, (2009) Ross 308 Broiler Performance Objectives. Newbridge, Midlothian, EH28 8SZ. Scotland. http://67.20.64.230/ss/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross_308_Broiler_Performance_Objectives.pdf . Last accessed September 2010.
- Blatchford, R.A., Klasing, K.C., Shivaprasad, H.L., Wakenell, P.S., Archer, G.S. and Mench, J.A. (2009) The effect of light intensity on the behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. *Poultry Science* 88, 20–28.
- Bokkers, E.A.M. and Koene, P. (2003) Behaviour of fast and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Applied Animal Behaviour Science* 81, 59-72.
- Bokkers, E.A.M., Boer, I.J.M., and Koene, P. (2011) Space needs of broilers. *Animal Welfare* 20:623-632
- Bradshaw, R.H., Kirkden, R.D. and Broom, D.M. (2002) A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian and Poultry Biology Reviews* 13(2), 45-103.
- Brickett, K.E., Dahiya, J.P., Classen, H.L., Annett, C.B. and Gomis, G. (2007a) The Impact of Nutrient Density, Feed Form, and Photoperiod on the Walking Ability and Skeletal Quality of Broiler Chickens. *Poultry Science* 86, 2117–2125.
- Brickett, K.E., Dahiya, J.P., Classen, H.L. and Gomis, G. (2007b) Influence of Dietary Nutrient Density, Feed Form, and Lighting on Growth and Meat Yield of Broiler Chickens. *Poultry Science* 86, 2172–2181.
- Castellini, C., Mugnai, C. and Dal Bosco, A. (2002a) Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality *Meat Science* 60, 219–225.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Mugnai, C. and Bernardini, M. (2002b) Performance and behaviour of chickens with different growing rate reared according to the organic system. *Italian Journal of Animal Science* 1, 291-300.
- Christensen, J.W., Nielsen, B.L., Young, J.F., and Noddergaard, F. (2003) Effects of calcium deficiency in broilers on the use of outdoor areas, foraging activity and production parameters. *Applied Animal Behaviour Science* 83, 229-240.

- Classen, H.L., Riddell, C. and Robinson, F.E. (1991) Effects of increasing photoperiod length on performance and health of broiler chickens. *British Poultry Science* 32(1), 21-29.
- Cooper, M.D., Allanson-Bailey, S., Gauthier, R. and Wrathall, J. (2008) Higher welfare standards and broiler welfare. *World Poultry* 18(8), 20-21.
- Council Directive 2007/43/EC. (2007) Laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:182:0019:0028:EN:PDF>. Last accessed August 2010.
- Davis, N.J., Prescott, N.B., Savory, C.J. and Wathes, C.M. (1999) Preferences of growing fowls for different light intensities in relation to age, strain and behaviour. *Animal Welfare* 8, 193-203.
- Dawkins, M.S., Cook, P., Whittingham, M., Mansell, K., and Harper, A. (2003) What makes free-range broilers range? In-situ measurement of habitat preference. *Animal Behaviour* 66, 342-344.
- Dawkins, M.S., Donnelly, C.A. and Jones, T.A. (2004) Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427, 342-344.
- Deep, A., Schwan-Lardner, K., Crowe, T.G., and Fancher, B.I. (2012) Effect of light intensity on broiler behaviour and diurnal rhythms. *Applied Animal Behaviour Science* 136: 50-56.
- Defra (2010) Welfare of farmed animals (England) (Amendment) 2010 available at: <http://www.legislation.gov.uk/ukdsi/2010/9780111503546/contents>
- Estevez, I. (2007) Density Allowances for Broilers: Where to Set the Limits? *Poultry Science* 86, 1265-1272.
- Gordon, S.H and Forbes, M.J. (2002) Management factors affecting the use of pasture by table chickens in extensive production systems. In: Powell. (ed), *UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference*, 26-28th March 2002, Aberystwyth, pp. 269-272. Archived at <http://orgprints.org/8257>. last accessed July 2010.
- Havenstein, G.B., Ferket, P.R. and Qureshi, M.A. (2003) Growth, Livability, and Feed Conversion of 1957 Versus 2001 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets. *Poultry Science* 82, 1500-1508.
- Jones, T.A., Donnelly, C.A. and Dawkins, M.S. (2005) Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the UK and Denmark stocked at five densities. *Poultry Science* 84(8), 1155-1165.
- Jones, T.A., Feber, R., Hemery, G., Cook, P., James, K., Lamberth, C., and Dawkins, M.S. (2007) Welfare and environmental benefits of integrating commercially viable free-range broiler chickens into newly planted woodland: a UK case study. *Agricultural Systems* 94, 177-188.
- Kestin, S.C., Gordon, S., Su, G. and Sorensen, P. (2001) Relationships in chickens between lameness, liveweight, growth rate and age. *Veterinary Record* 148, 195-197.
- Knowles, T.G., Kestin, S.C., Haslam, S.M., Brown, L.E., Butterworth, A., Pope, S.J., Pfeiffer, D. and Nicol, C.J. (2008) Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PLoS ONE* 3(2): e1545. doi:10.1371/journal.pone.0001545.
- Kristensen, H.H., Perry, G.C., Prescott, N.B., Ladewig, J., Ersbøll, A.K. and Wathes, C.M. (2006) Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science* 47 (3), 257-263.
- Leterrier, C., Rose, N., Constantin, P. and Nys, Y. (1998) Reducing growth rate of broiler chickens with a low energy diet does not improve cortical bone quality. *British Poultry Science*, 39 (1), 24-30.
- Lewis, C.L., and O'Connell, N.E. (2011) The influence of natural light and straw bales on the behavior and leg health of broiler chickens. Poster presentation: UFAW International Symposium, Portsmouth 28-29 June 2011: Making animal welfare improvements: economic and other incentives and constraints
- Malleau, A.E., Duncan, I.J.H., Widowski, T.M. and Atkinson, J.L. (2007) The importance of rest in young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* 106, 52-69.

- Mirabito, L., and Lubac, L. (2001) Descriptive study of outdoor run occupation by 'Red Label' type chickens. *British Poultry Science* 42, S16-S17.
- Mirabito, L., Joly, T., and Lubac, L. (2001) Impact of the presence of peach orchards in the outdoor hens run on the occupation of the space by Red Label type chickens. *British Poultry Science* 42, S18-S19
- Nielsen, B.L., Thomsen, M.G., Sørensen, P. and Young, J. F. (2003) Feed and strain effects on the use of outdoor areas by broilers. *British Poultry Science* 44(2), 161-169.
- OIE (2011) Terrestrial Animal Health Code: Chapter 7.1 Introduction to the recommendations for animal welfare (Article 7.1.1) Available at:
http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_1.7.1.htm
- Rozenboim, I., Robnson, B. and Rosenstrauch, A.(1999) Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science* 40(4), 452-457.
- Petherick, J.C. (2007) Spatial requirements of animals: Allometry and beyond. *Journal of veterinary Behaviour* 2:197-204
- Quentin, M., Bouvarel, I. and Picard, M. (2005) Effects of crude protein and lysine contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial broilers from 42 to 77 days of age. *Animal Research* 54, 113–122.
- Sanotra, G.S., Lund, J.D. and Vestergaard, K.S. (2002) Influence of light-dark schedules and stocking density on behaviour, risk of leg problems and occurrence of chronic fear in broilers. *British Poultry Science* 43(3), 344-354.
- Schwean-Lardner, K. and Classen, H. (2010) Lighting for Broilers. Aviagen technical report. 0210-AVN-024.
<http://en.aviagen.com/assets/Uploads/RossTechLightingforBroilers.pdf>. Last accessed August 2010.
- Schwean-Lardner, K., Fancher, B.I., and Classen, H.L. (2012) Impact of daylength on behavioural output in commercial broilers. *Applied Animal behaviour science* 137: 43-52
- Scientific Committee on Animal Health and Welfare (SCAHAW) (2000) The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers). European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, Brussels, Belgium. SANCO.B.3/AH/R15/2000.
- Weeks, C.A., Nicol, C.J., Sherwin, C.M. and Hunt, S.C. (1994) Comparison of the behavior of broiler chickens in indoor and free-range environments. *Animal Welfare* 3, 179-192.
- Welfare Quality. (2010). Preventing lameness in broiler chickens (Popular Fact Sheet WQ Broilers 0303).
<http://www.welfarequality.net/everyone/41858/5/0/22>. Last accessed April 2011.