



Influence de la taille particulière du carbonate de calcium, de la teneur en calcium et de l'éclairement de nuit sur la qualité de coquille en fonction des heures d'oviposition

Philippe JOLY⁽¹⁾, Etienne LAFFITE⁽²⁾, Christophe ALLENO⁽¹⁾, Damien CHEVALIER⁽³⁾

(1) Institut de Sélection Animale S.A., 5, rue Buffon 22000 Saint-Brieuc.

(2) INZO°, BP 19, Chierry 02402 Château Thierry Cedex

(3) Sté OMYA, 35 quai A. Citroën 75015 Paris

RESUME

A partir de 51 semaines, deux tailles particulières : 1-2 mm et 2-4 mm et deux niveaux de calcium : 3,9 et 4,5 % ont été comparés. Les poules étant logées dans 4 salles identiques, 2 salles ont été éclairées en cours de nuit pendant 1 h 30. Les œufs ont été collectés en fonction des heures d'oviposition à 56 et 61 semaines. L'éclairement de nuit modifie peu les heures d'oviposition. Le poids de l'œuf dépend de l'heure d'oviposition. Les caractéristiques de la coquille s'améliorent d'autant plus que les œufs sont pondus tardivement. Elles n'ont été modifiées ni par les régimes nutritionnels ni par l'éclairement de nuit. Le pourcentage d'œufs à bouts granuleux est réduit de 37 % par l'éclairement de nuit. Il est réduit de 14 % avec une taille de carbonate de 2 à 4 mm en comparaison avec une taille de 1 à 2 mm. Une teneur de 3,9 % entraîne un déclassement inférieur en comparaison à une teneur de 4,5 %.

SUMMARY

From 51 weeks, two limestone particles size : 1-2 mm and 2-4 mm and two levels of calcium : 3.9 et 4.5 % have been compared. Birds were into 4 identical rooms; 2 rooms have been lighted during 1h 30 in the middle of the night period. Eggs have been collected according to the oviposition time at 56 and 61 weeks. Midnight lighting has few influence on the oviposition time. The egg weight is related to the oviposition time. Later is the oviposition time, better are the egg shell characteristics. Egg shell characteristics have not been modified by nutritional diet or midnight lighting. The percentage of pimpled or sandy eggs is reduced by 37 % in using midnight lighting. A limestone particles size of 2-4 mm decreases by 14 % the percentage of pimpled or sandy eggs in comparison with a limestone particles size of 1-2 mm. The percentage of seconds is lower when the level of calcium is 3,9 %.

Introduction

De nombreux travaux ont montré que la qualité de coquille était conditionnée à la fois par la teneur en calcium et par la taille particulaire.

L'utilisation de coquille d'huître a, dans la plupart des essais, eu une

influence positive sur la qualité de la coquille. Guinotte a démontré que l'avantage de la coquille d'huître disparaissait en grande partie lorsque celle-ci était comparée à un carbonate de calcium ayant une taille adaptée. Zhang et Coon, (1997) ont montré que la rétention dans l'appareil digestif dépendait à la fois de la taille du carbonate et de

sa solubilité. Lorsque l'on effectue des lavages de fientes beaucoup de particules retrouvées dans les fécès ont une taille comprise entre 0,5 et 2 mm (Bougon, 1991 et Joly, 2001). Boorman et al (2001) trouve qu'il existe une relation entre la phosphatémie à l'allumage et la qualité des œufs pondus dans les premières heures de la journée. Kershavarz

(1998) a également montré que la qualité de la coquille dépendait de l'heure à laquelle le carbonate de calcium était ingéré. Cela rejoint l'observation de Mongin et Sauveur (1974) qui constataient que des poules en libre choix ingéraient environ 75 % du calcium en début de calcification.

Avec une durée d'éclairement de 16 heures, nous estimons qu'environ 30 à 40 % des ISABROWN doivent avoir terminé leur calcification à l'allumage. Nous avons donc voulu quantifier les principaux effets pouvant contribuer à l'amélioration de la qualité de la coquille, notamment ceux qui permettaient d'accroître la quantité de calcium disponible en fin de nuit. Cette étude a été réalisée conjointement par les sociétés OMYA, INZO° et ISA.

2 tailles particulières ont donc été comparées pour déterminer si une meilleure rétention permettait d'accroître la qualité des œufs à l'allumage ou dans les toutes premières heures qui le suivaient. De même, nous avons voulu évaluer l'influence de la teneur en calcium de l'aliment et l'effet de l'éclairement de nuit.

1. Matériel et méthodes

1 152 poules ISABROWN réparties dans 4 salles identiques de 288 poules chacune, étaient logées en batterie de 3 étages à raison de 4 poules par cage. Les salles, parfaitement obscures, sont conditionnées pour que la ventilation (température, hygrométrie et renouvellement d'air) soit comparable dans chacune des salles.

Le programme d'éclairement était de 15 heures avec un allumage à 4 heures et une extinction à 19 heures. A 50 semaines les régimes suivants ont été introduits, 2 salles ont eu une période d'éclairement de nuit de 1 h 30, de 22 h 45 à 0 h 15, soit exactement en milieu de nuit. Les 2 autres salles ont conservé leur programme d'éclairement.

4 régimes ont été comparés, 2 teneurs en calcium, 3,9 % et 4,5 % apporté sous forme particulière à raison de 7 points de carbonate particulière pour le premier régime et de 9 points pour le second et 2 tailles particulières de calcium ont

été comparées provenant de la carrière d'Erbray pour la taille normale et de la carrière de Entrain sur Nohain pour la petite taille. Les granulométries sont rapportées dans le tableau 1.

Les régimes sont dénommés de la manière suivante : 3,9 N, 3,9 P, 4,5 N, 4,5 P. Le tableau 2 donne la composition des régimes utilisés. Chacun des régimes a été distribué à 6 répétitions de 48 poules. Chaque salle comportait les 4 traitements et une deuxième répétition de 2 traitements.

La totalité des œufs produits en 1 journée a été collectée pour analyse au cours de la 56^e et de la

61^e semaine. Les ramassages de la totalité des œufs ont été effectués de 12 heures la veille à 12 heures le lendemain, à intervalle régulier pour déterminer les heures d'oviposition et pour permettre leur analyse en fonction des heures d'oviposition.

La qualité des œufs a été appréciée par la mesure des critères suivants : poids de la coquille, pourcentage de coquille, déformation et couleur. Les mesures ont été effectuées dans le laboratoire ISA à l'aide d'un appareil de compression MTS pour les mesures de déformation et avec un appareil Minolta pour l'évaluation de la couleur. La déformation est exprimée en Newton par mm et

Tableau 1 : *Taille des particules de carbonate utilisées et taille des particules retrouvées dans les fientes*

| Taille particulière et Solubilité | Taille des particules de carbonate utilisé dans l'aliment (Répartition en %) | | Taille des particules de carbonate retrouvées dans les fèces (Répartition en %) | |
|-----------------------------------|--|------------|---|------------|
| | Normale (N) | Petite (P) | Normale (N) | Petite (P) |
| < 0,8 mm | 0 % | 3 % | 2 % | 10 % |
| 0,8-1,25 | 0 % | 6 % | 7 % | 31 % |
| 1,25-2 mm | 5 % | 56 % | 29 % | 54 % |
| 2-3,15 mm | 63 % | 36 % | 54 % | 4 % |
| >3,15 mm | 31 % | 0 % | 8 % | 0 % |
| diamètre médian (mm) | 2,65 | 1,72 | 2,07 | 1,26 |
| solubilité (%) | | | | |
| à 1 heure | 24 | 19 | | |
| à 2 heures | 50 | 43 | | |
| à 4 heures | 83 | 68 | | |

Tableau 2 : *Composition des régimes utilisés (en %)*

| Régime | 3,9 P | 4,5 P | 3,9 N | 4,5 N |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Blé | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Maïs | 53 | 53,75 | 53 | 53,75 |
| Gluten 60 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| T. de soja 48 | 21 | 22 | 21 | 22 |
| Son de blé | 3,3 | - | 3,3 | - |
| Huile de soja | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Carbonate de chaux | | | | |
| farine | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| semoulette standard | 7 | 8,5 | - | - |
| petite semoulette | - | - | 7 | 8,5 |
| Phosphate bicalcique | 1,35 | 1,45 | 1,35 | 1,45 |
| Sel | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Bicarbonate de sodium | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Lysine 400 | 0,06 | 0,02 | 0,06 | 0,02 |
| Méthionine 400 | 0,19 | 0,18 | 0,19 | 0,18 |
| Prémix | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Nutriments calculés | | | | |
| EM kcal/kg | 2750 | 2750 | 2750 | 2750 |
| Protéines (%) | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Matières grasses (%) | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Cellulose brute (%) | 2,9 | 2,7 | 2,9 | 2,7 |
| Matières minérales (%) | 12,4 | 13,9 | 12,4 | 13,9 |
| Calcium (%) | 3,9 | 4,5 | 3,9 | 4,5 |
| Phosphore total (%) | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| Lysine digestible (%) | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Méth. +Cyst.dig (%) | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |

pour la coloration nous avons retenu la valeur L diminuée des valeurs a et b. Les œufs déclassés au cours de la période 53-61 semaines ont été évalués et classés en œufs granuleux et en œufs à coquille fragiles.

2. Résultats

2.1. Influence du programme lumineux sur les heures d'oviposition

La collecte des œufs à des heures précises a permis d'établir les courbes d'oviposition. Cela nous a permis de définir les heures estimées pour l'obtention de différents taux de ponte.

Il n'est pas observé de différences notables entre les heures d'oviposition observées à 56 et 61 semaines. Cependant, le rythme des ovipositions semble être légèrement ralenti à 61 semaines. Les poules recevant l'éclairage de nuit ont également un rythme moins rapide. Le taux d'oviposition passe de 10 à 90 % en 4 h 22 en l'absence d'éclairage de nuit, contre 5 h 02 avec un éclairage de nuit. Cela est conforme aux conclusions de l'étude précédemment réalisée sur les heures d'oviposition. Pour 40 à 50 % des poules, la calcification serait terminée à l'allumage.

L'heure à laquelle 10 % des ovipositions sont réalisées, est observée 9 h 20 après l'extinction, soit environ 1 heure plus tard que les estimations que nous avons précédemment

Tableau 3 : Heures estimées, après l'heure d'extinction, auxquelles sont observées différents taux de ponte, au cours d'un ramassage effectué à 56 et 61 semaines et avec ou sans éclairage de nuit

| Age | 56 semaines | 61 semaines | 56 + 61 semaines | 56 + 61 semaines |
|-------------------|--------------------------------------|--------------|------------------|------------------|
| Eclairage de nuit | Avec et sans | Avec et sans | Avec | Sans |
| Nombre d'œufs | 952 | 879 | 922 | 909 |
| 10 % | 9 h 18 | 9 h 24 | 9 h 16 | 9 h 26 |
| 20 % | 9 h 43 | 9 h 48 | 9 h 42 | 9 h 49 |
| 50 % | 11 h 15 | 11 h 27 | 11 h 31 | 11 h 12 |
| 80 % | 12 h 50 | 13 h 10 | 13 h 15 | 12 h 45 |
| 90 % | 13 h 48 | 14 h 18 | 14 h 18 | 13 h 48 |
| 95 % | 15 h 05 | 16 h 14 | 16 h 03 | 15 h 16 |
| 99 % | Environ 19 heures après l'extinction | | | |

faites. La durée d'éclairage n'était que de 15 heures alors qu'elle était de 16 heures dans notre précédente étude (Joly et Alleno, 2001). Lewis (1995) estime pour sa part qu'un allongement de la durée de nuit se traduit par un retard d'environ 30 minutes des heures d'oviposition.

2.2. Influence des heures d'oviposition sur les caractéristiques de l'œuf.

Les œufs ont été étudiés en fonction des heures d'oviposition. Les caractéristiques sont données dans le tableau 4.

Le poids moyen des œufs est relié à l'heure d'oviposition. Un écart de plus de 5 g est observé entre les œufs

pondus dans les heures qui suivent l'allumage et ceux pondus en fin de journée. Le poids de la coquille n'est pas affecté par l'heure d'oviposition. Il s'ensuit donc que le pourcentage de coquille des œufs pondus peu après l'allumage est nettement inférieur à ceux pondus en fin de journée. La déformation exprimée en N par mm ainsi que la coloration dépendent de l'heure d'oviposition.

2.3. Influence des régimes nutritionnels sur les performances

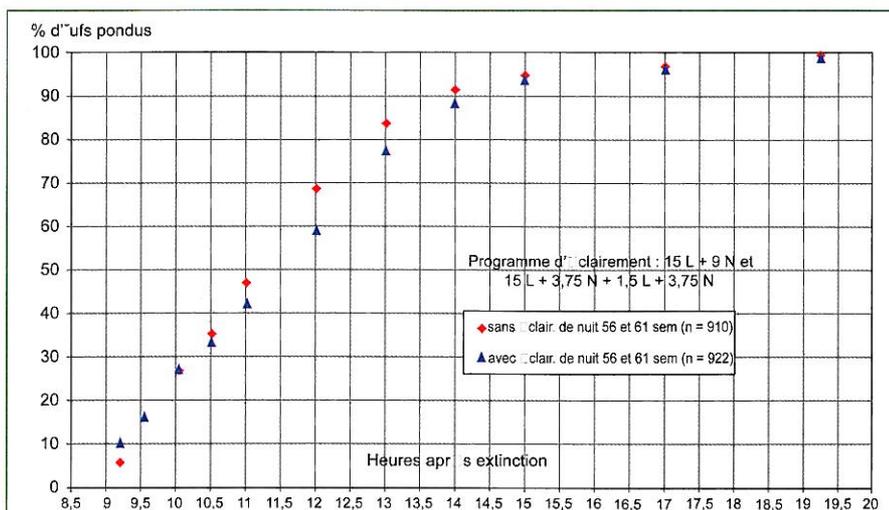
Les performances de production observées sur la période 51-61 semaines sont données dans le tableau 5.

Les interactions "taux de calcium / programme d'éclairage"

| éclairement de nuit | Sans | | Avec | |
|-----------------------|-------|-------|---------|---------|
| teneur en calcium (%) | 3,9 | 4,5 | 3,9 | 4,5 |
| nombre d'œufs | 65,2 | 65,7 | 66,1 a | 64,2 b |
| masse d'œufs,(kg) | 4,141 | 4,165 | 4,224 a | 4,080 b |
| œufs cassés (%) | 1,41 | 1,42 | 1,10 a | 1,77 b |

Les valeurs suivies par des lettres minuscules différentes sont significativement différentes au seuil de 0,05 %

Évolution cumulée du % d'œufs pondus en fonction du temps écoulé après l'extinction et du programme lumineux



Les poules consommant un aliment ayant une teneur en calcium de 4,5 % et éclairées la nuit ont eu des performances significativement inférieures. Le taux de déclassés était également supérieur.

Les caractéristiques de la coquille ont été étudiées. Elles sont présentées dans le tableau 6.

Aucune différence significative n'est observée à l'exception de l'effet de la taille particulière sur le pourcentage de coquille. L'absence de différence entre les deux tailles particulières peut être due à la faible solubilité de la petite taille particulière. Les mesures de déformation ont été effectuées sur les œufs non cassés, non microfêlés.

Tableau 4 : *Influence de l'heure de ponte sur les caractéristiques de l'œuf (moyenne de 2 collectes effectuées à 56 et 61 semaines)*

| Heure de collecte | Nombre d'œufs contrôlés | Poids des œufs (g) | Poids de Coquille (g) | Pourcentage de coquille | Coloration (L-a-b) | Déformation (N/mm) |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| avant 4.12 h | 138 | 65,96 | 6,4 | 9,72 | 30,4 | 188 |
| de 4.12 à 5 h | 345 | 65,25 | 6,51 | 10 | 27,6 | 190 |
| de 5 à 6 h | 325 | 64,52 | 6,49 | 10,07 | 27,5 | 191 |
| de 6 à 7 h | 349 | 63,47 | 6,43 | 10,14 | 27,1 | 196 |
| de 7 à 8 h | 305 | 62,83 | 6,41 | 10,22 | 26,7 | 197 |
| de 8 à 9 h | 172 | 61,71 | 6,37 | 10,34 | 25,7 | 201 |
| après 9 h | 185 | 60,51 | 6,5 | 10,75 | 25,3 | 216 |
| moyenne | | 63,60 | 6,45 | 10,16 | 27,1 | 196 |
| nombre total d'œufs collectés | 1819 | 1817 | 1814 | 1814 | 1817 | 1814 |

Tableau 5 : *Performances de production sur la période 51-61 semaines*

| | Taille particulière | | teneur en Ca | | Eclairage de nuit | | Avec éclairage de nuit | |
|-------------------------------------|---------------------|--------|--------------|--------|-------------------|-------|------------------------|-------|
| | 1-2 mm | 3-4 mm | 3,90% | 4,50% | sans | avec | 3,90% | 4,50% |
| nombre d'œufs | 65,2 | 65,4 | 65,7 | 65 | 65,5 | 65,2 | 66,1 | 64,2 |
| poids moyen g) | 63,6 | 63,5 | 63,7 | 63,5 | 63,4 | 63,7 | 63,9 | 63,5 |
| masse (kg) | 4,146 | 4,152 | 4,183 | 4,122 | 4,153 | 4,152 | 4,153 | 4,08 |
| cons. aliment (g/poule/jour) | 119,3 | 118,7 | 119 | 119 | 118,9 | 119,1 | 119,5 | 118,7 |
| I.C. | 2,20 | 2,19 | 2,18 | 2,21 | 2,19 | 2,2 | 2,16 | 2,23 |
| perte de poids (g) (51-61 semaines) | 34 | 36 | 44 | 26 | 37 | 33 | 40 | 25 |
| mortalité (%) | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 1 | 0,4 |
| œufs sales (%) | 2,72 | 2,65 | 2,59 | 2,78 | 2,88 | 2,5 | 2,35 | 2,59 |
| œufs cassés (%) | 1,49 | 1,36 | 1,25 A | 1,61 B | 1,44 | 1,43 | 1,1 | 1,77 |

Les valeurs suivies par des lettres majuscules différentes sont significativement différentes au seuil de 0,01 %.

Tableau 6 : *Influence de la teneur en calcium, de la taille particulière et de l'éclairage de nuit sur les caractéristiques de la coquille*

| Régimes | Effectif | Poids (g) | Poids de la coquille (g) | Coloration L-a-b | % de coquille | Déformation (N/mm) | Force de Fracture (N) |
|-------------------|----------|-----------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| 1-2 mm 3,9 % | 464 | 63,71 | 6,45 | 26,8 | 10,14 | 196 | 36,1 |
| 1-2 mm 4,5 % | 458 | 63,8 | 6,42 | 26,6 | 10,09 | 196 | 35,3 |
| 2-4 mm 3,9 % | 453 | 63,78 | 6,51 | 27,3 | 10,21 | 197 | 35,2 |
| 2-4 mm 4,5 % | 442 | 63,13 | 6,43 | 27,9 | 10,21 | 196 | 35,6 |
| Taille 1-2 mm | 922 | 63,75 | 6,44 | 26,7 | 10,11a | 195 | 35,8 |
| Taille 2-4 mm | 895 | 63,46 | 6,47 | 27,6 | 10,21b | 196 | 35,5 |
| Niveau 3,9 % | 917 | 63,75 | 6,48 | 27,1 | 10,18 | 196 | 35,8 |
| Niveau 4,5 % | 900 | 63,47 | 6,43 | 28,1 | 10,15 | 196 | 35,4 |
| Moyenne | 1817 | 63,61 | 6,45 | 27,1 | 10,16 | 196 | 35,6 |
| Eclairage de nuit | | | | | | | |
| non | 907 | 63,62 | 6,46 | 26,9 | 10,17 | 195 | 35,8 |
| oui | 910 | 63,6 | 6,46 | 27,4 | 10,16 | 198 | 35,5 |

Les valeurs suivies par des lettres minuscules différentes sont significativement différentes au seuil de 0,05 %.

■ 2.4. Influence sur le taux de déclassement.

La totalité des œufs pondus sur la période 53 - 61 semaines, soit 52 336 œufs, ont été triés sur la qualité de leur coquille et classés en 2 catégories : les œufs à bouts granuleux et les œufs fragiles. Les résultats sont présentés ci-dessous dans le tableau 7.

Une interaction significative existe entre la taille particulière et l'éclairage

de nuit. Cela semble montrer que l'éclairage de nuit permet de réduire l'effet négatif de la petite taille particulière.

Aucune différence significative n'a été observée sur le pourcentage d'œufs fragiles. Le tableau 9 donne le pourcentage des déclassés totaux.

L'éclairage de nuit permet de réduire le pourcentage d'œufs à bouts fragiles et de déclassés totaux. Une taille particulière de 2 à 4 mm réduit le pourcentage d'œufs à

bouts granuleux. Une teneur en calcium de 4,5 % semble avoir un effet négatif sur la production et sur le pourcentage d'œufs déclassés.

3. Discussion

Le but de l'essai était d'étudier les possibilités d'amélioration de la qualité de la coquille en fin de ponte par l'utilisation de techniques connues : influence de la taille particulière,

Tableau 7 : *Influence des traitements sur le pourcentage d'œufs à bouts granuleux de 53-61 semaines*

| période | œufs contrôlés | taille particulière | | teneur en Ca | | éclairage de nuit | |
|------------|----------------|---------------------|--------|--------------|--------|-------------------|--------|
| | | 1-2 mm | 2-4 mm | 3,9 % | 4,5 % | Sans | Avec |
| 53-54 sem. | 13389 | 2,67 X | 1,72 Y | 2,23 | 2,16 | 2,64A | 1,76 B |
| 55-56 sem. | 13682 | 2,60 | 2,21 | 2,03 K | 2,78 L | 3,03 A | 1,79 B |
| 57-58 sem. | 13301 | 2,74 | 2,72 | 2,71 | 2,75 | 2,91 | 2,55 |
| 59-60 sem. | 13013 | 2,78 | 2,71 | 2,63 | 2,86 | 3,85 A | 1,65 B |
| 53-60 sem. | 52336 | 2,70 X | 2,33 Y | 2,39 | 2,64 | 3,10 A | 1,94 B |

Les valeurs suivies par les lettres majuscules différentes sont significativement différentes au seuil de 0,01 %.

Tableau 8 : *Pourcentage d'œufs à bouts granuleux en fonction de la taille et de l'éclairage*

| éclairage de nuit | 1 à 2 mm | 2 à 4 mm |
|-------------------|----------|----------|
| sans | 3,39 a | 2,81 b |
| avec | 2,01 c | 1,86 c |

Les valeurs suivies par les lettres minuscules différentes sont significativement différentes au seuil de 0,05 %.

Tableau 9 : *Influence des traitements sur le pourcentage d'œufs déclassés totaux (fragiles et bouts granuleux) sur la période 53-60 semaines*

| Traitement | Bouts granuleux | Fragiles | Totaux |
|------------------------|-----------------|----------|--------|
| 1-2 mm | 2,70 X | 2,78 | 5,48 |
| 2-4 mm | 2,33 Y | 2,94 | 5,29 |
| 3,9 % | 2,39 | 2,72 | 5,11 K |
| 4,5 % | 2,64 | 3,01 | 5,65 L |
| avec éclairage de nuit | 1,94 A | 3,02 | 4,96 C |
| sans éclairage de nuit | 3,10 B | 2,70 | 5,80 D |

Les valeurs suivies par les lettres majuscules différentes sont significativement différentes au seuil de 0,01 %.

influence de la teneur en calcium et de l'éclairage de nuit. Nous n'avons pas observé de différence significative sur les caractéristiques de la coquille. Par contre des différences hautement significatives ont été observés au niveau des œufs déclassés. Cela peut s'expliquer par le fait que les œufs déclassés n'ont pu être mesurés en déformation. L'absence d'effet de la taille particulière en ce qui concerne la qualité de coquille peut être attribué au fait que le carbonate de petite taille avait une faible solubilité ce qui permet une solubilisation lente du calcium au

cours de la nuit tout en permettant d'accroître la quantité disponible en fin de nuit. Pour Zhang et Coon (1997), un carbonate avec une faible solubilité s'avère supérieur en terme de qualité de coquille et de squelette. Cela signifie que la taille particulière du carbonate devrait dépendre de sa solubilité.

L'analyse du pourcentage d'œufs déclassés montre que le carbonate de grosse taille réduit considérablement le pourcentage d'œuf ayant un bout granuleux. L'éclairage de nuit réduit de 37 % le pourcentage d'œuf ayant un bout granuleux et

son effet est plus important sur le carbonate de petite taille. L'ingestion de calcium en cours de nuit permet d'améliorer la qualité de la coquille.

4. Conclusion

L'éclairage de nuit modifie peu les heures d'oviposition, ni les caractéristiques physiques de la coquille. Les heures d'oviposition ont une importance extrêmement grande sur le poids de l'œuf, le pourcentage de coquille, la couleur de l'œuf et les caractéristiques mécaniques.

La teneur en calcium et la taille particulière n'ont eu aucun effet sur les caractéristiques de la coquille.

Cependant, le pourcentage d'œufs à bouts granuleux est significativement plus élevé avec la petite taille particulière en l'absence d'éclairage de nuit. Une teneur en calcium de 4,5 % augmente significativement le taux de déclassés.

L'éclairage de nuit réduit à la fois le pourcentage d'œufs à bouts granuleux et les déclassés totaux. Une taille particulière de 2 à 4 mm et une teneur en calcium de 3,9 % semblent être optimales d'un point de vue qualité et productivité.

Références bibliographiques

Boorman, K.N. et Gunaratne, S.P., 2001. Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma inorganic phosphorus in laying hens. *British Poultry Science*, 42 : 81-91.

Guinotte, F., Nys, Y. Effet de la taille et l'origine de sources de carbonates de calcium sur la qualité de la coquille de l'œuf et la minéralisation osseuse chez la poule pondeuse. Editions INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Monnaie.

Joly, P. et Alleno, C., 2001. Heures d'oviposition avec ou sans éclairage nocturne et influence sur la qualité de l'œuf. 4^e Journées de la recherche avicole.

Joly, P., 2001. Qualité de la coquille : importance des horaires d'alimentation et d'éclairage. *Bulletin Technique ISA* n° 47.

Keshavarz, K., 1998. Further investigations on the effect of dietary manipulation of protein, phosphorus, and calcium for reducing their daily requirement for laying hens. *Poultry Sci.* 77 : 1333-1346.

Lewis, P.D., Perry, G.C et T.R. Morris. 1995. Effect of photoperiod on the mean oviposition time of two breeds. *British Poultry Science*, 36 : 33-37.

Mongin, P. et Sauveur, B., 1974. Voluntary food and calcium intake by the laying hen. *British Poultry Science*, 15 : 349-359.

Zhang B. et Coon C.N., 1997. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. *Poultry Sci.* 76 : 1702-1706.