

INDEX DE SOLIDITÉ DE LA COQUILLE DE L'ŒUF SES SIGNIFICATIONS — SA PRÉCISION

P. MONGIN

*Station de Recherches avicoles,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

SOMMAIRE

Par référence à 6 000 observations, nous proposons l'utilisation d'un index permettant d'évaluer la solidité de la coquille en mesurant le poids de la coquille par cm² d'œuf. Nous discutons la signification et l'utilisation de cet index.

La solidité de la coquille conditionne l'existence même de l'œuf.

On peut la considérer comme étant le caractère qui permet à la coquille de conserver son intégrité physique au cours des différentes manipulations qui se succèdent depuis la ponte de l'œuf jusqu'à sa consommation. D'un point de vue mécanique cette définition se traduit par le fait que la coquille est capable de subir des déformations sans se rompre.

Que l'œuf soit soumis à une pression ou à un choc, la déformation enregistrée est une flexion. D'une manière simple on peut montrer que l'amplitude y de la déformation d'un morceau de coquille de surface donnée dépend de la charge F appliquée, du module d'élasticité E caractéristique de la coquille et de l'épaisseur e de celle-ci soit :

$$y = k \cdot \frac{F}{E} \times \frac{1}{e^3}$$

k étant fonction des dimensions du morceau.

Comme l'épaisseur est le facteur essentiel de variation de la déformation, il semble intéressant de relier la solidité de la coquille à son épaisseur. Nous proposons donc l'utilisation d'une méthode de mesure indirecte de l'épaisseur de la coquille qui, par sa précision, permette de mettre en évidence de très faibles différences.

Index de coquille — Sa signification.

HURVITZ et GRIMINGER (1962) présentent une estimation de la solidité de la coquille, dénommée index de coquille, dont la formule est la suivante :

$$(1) \quad I = \frac{C}{S} \times 100$$

I = index de coquille (g/100 cm²).

C = poids de la coquille plus membranes (g).

S = Surface de l'œuf (cm²) où S est donné par la formule de MULLER et SCOTT (1940) modifiée par BONNET et MONGIN (1965).

$$(2) \quad S = \left(a \frac{L}{D} + b\right) P^{2/3}$$

L = longueur de l'œuf (cm).

D = diamètre maximum de l'œuf (cm).

a, b = constantes.

Tel qu'il est formulé par la relation (1), l'index donne le poids de coquille pour 100 cm² d'œuf. Mais en transformant cette relation il est possible de lui donner une autre signification.

En effet on peut écrire :

$$(3) \quad C = S.e.d$$

e = épaisseur moyenne de la coquille + membranes.

d = densité de la coquille.

Si dans (1) on remplace C par la relation (3) il vient :

$$I = 100 e. d.$$

Étant donnée la constance de composition de la coquille on peut admettre que sa densité est constante. Selon ROMANOFF et ROMANOFF (1949) elle a pour valeur moyenne 2,30 et est indépendante de la taille de l'œuf. Donc :

$$(4) \quad I = 230 e.$$

L'index est proportionnel à e, épaisseur moyenne de la coquille.

MÉTHODE DE MESURE

D'un point de vue pratique la mesure se ramène à deux pesées, celle de l'œuf et celle de la coquille sèche (110°C, 24 heures) et à deux évaluations au pied à coulisse : celle de la longueur et du diamètre de l'œuf. Toutes ces données de base sont très précises et n'entraînent qu'une faible erreur dans le calcul de l'index.

Lorsque le rapport longueur sur diamètre est voisin de 1,35, ce qui est le cas le plus général, on peut procéder plus simplement et évaluer S à partir de la formule $S = KP^{2/3}$ où K prend les valeurs 4,67-4,68 et 4,69 pour les classes de poids respectives de 55-60, 60-65 et 70-75 (BONNET et MONGIN, 1965). La mesure de l'index se ramène dans ce cas précis à deux pesées : celle de l'œuf et celle de la coquille.

Le gros inconvénient de la méthode demeure l'obligation de casser les œufs.

RÉSULTATS

A partir des valeurs que nous avons déjà recueillies sur 240 poules et 6 000 œufs soit sous forme d'index par œuf, soit sous forme d'index moyen par poule, nous avons calculé dans plusieurs cas les différences qu'il est possible de mettre en évidence entre deux lots avec une probabilité de 0,05. Pour ce faire nous avons utilisé la relation suivante :

$$d = t \times Se \sqrt{\frac{n1 + n2}{n1 \times n2}}$$

avec t défini pour $P = 0,05$ et $n1 + n2 - 2$ degrés de liberté et

$$Se^2 = \frac{\sum (x1 - \bar{x}1)^2 + \sum (x2 - \bar{x}2)^2}{n1 + n2 - 2}$$

Les résultats sont groupés dans le tableau 1 pour les différences entre index moyen par poule et dans le tableau 2 pour les différences entre index par œuf.

TABLEAU I

Différences significatives entre index moyens par poule pour P = 0,05
Ces différences sont exprimées en fonction du nombre de poules présentes dans chacun des 2 lots et en fonction du nombre d'œufs utilisés pour établir l'index moyen par poule

Nombre de poules par lot	Nbre d'œufs utilisés pour établir l'index moyen par poule	Différences en index g/100 cm ² (1)	Différences en épaisseur en 1/1 000 mm
80	15	0,180 (3)	0,78
20	15	0,325 (6)	1,41
20	10	0,365 (4)	1,59
20	8	0,371 (4)	1,61
20	6	0,375 (4)	1,63
2	10	0,286 (20)	1,24
2	8	0,305 (10)	1,33
2	6	0,368 (10)	1,60

(1) Nombre de lots comparés 2 à 2.

DISCUSSION

D'après SCHOORL et BOERSMA (1962), la mesure de la déformation de la coquille sous charge constante est la meilleure estimation de sa solidité. Ces auteurs font remarquer par ailleurs que la corrélation entre déformation et épaisseur de coquille varie suivant que l'on évalue ces deux grandeurs sur le plan équatorial ou aux ex-

trémités. Néanmoins le coefficient de corrélation moyen est très bon ($r = -0,800$), et il en résulte que l'index de coquille constitue une bonne mesure de la solidité en raison de la finesse de la méthode comme le prouvent les chiffres ci-dessus.

TABLEAU 2

Différences significatives entre index d'œuf pour $P = 0,05$

Ces différences sont exprimées en fonction du nombre d'œufs utilisés dans chaque lot

Nombre d'œufs par lot	Différences g/100 cm ² en index	Différences en épaisseur en 1/1 000 mm
1 000	0,068	0,30
200	0,120	0,52
160	0,145	0,63
120	0,166	0,72
80	0,195	0,85
60	0,217	0,94
40	0,292	1,27
20	0,420	1,83

En fait e ne reflète pas uniquement l'épaisseur de la coquille, mais également celle des membranes dont le poids présente une grande variabilité (18,8 p. 100). Pour évaluer leur importance dans la valeur de l'index de coquille, nous avons mesuré l'index avec ou sans membranes coquillières sur un total de 200 œufs. Les valeurs respectives sont les suivantes :

$$I_c + m = 7,420 \pm 0,043 \quad I_c = 7,285 \pm 0,043$$

La membrane élève la valeur de l'index de coquille de 0,135 unité, mais l'écart type reste le même. Il n'est donc pas indispensable d'enlever les membranes pour faire la mesure de l'index.

La corrélation entre poids de la coquille et poids de la membrane fait apparaître que ces deux variables sont totalement indépendantes ($r = +0,043$), ce qui semble montrer que la formation des membranes et de la coquille procède de deux mécanismes indépendants. Par contre, une analyse de variance faite sur le poids des membranes montre que ce poids est un caractère lié à l'individu et non à l'œuf. Il en est d'ailleurs de même pour l'index de coquille.

Comparaison avec les critères courants.

HURWITZ et GRIMINGER (1962) ont montré que le poids de la coquille, le pourcentage de coquille, et la densité de l'œuf constituent des critères de qualité de coquille qui dépendent du poids de l'œuf, et ainsi ne permettent pas de comparer des œufs de classes de poids différentes. Or qu'il soit exprimé sous la forme (1), ou sous la forme (4), l'index de coquille est indépendant du poids de l'œuf ce qui élimine cet inconvénient.

Ces constatations peuvent d'ailleurs se retrouver d'une autre manière par les considérations suivantes. En fonction des relations (2) et (3) on peut écrire que :

$$C = k.e.d. P^{2/3}$$

Supposons que *e.d.* soit constant ou, ce qui revient au même, que *I* soit constant puisque $I = 100 e.d.$ Nous avons :

$$(5) \quad C = K P^{2/3} \quad \text{avec} \quad K = k.e.d.$$

La courbe représentative de la fonction (5) est celle d'une fonction puissance. Pour les différentes valeurs de *K*, c'est-à-dire les différentes valeurs d'index, on obtient une famille de courbes divergentes (fig. 1) que l'on peut assimiler à des droites divergentes pour des poids d'œuf variant de 30 à 80 g (fig. 2).

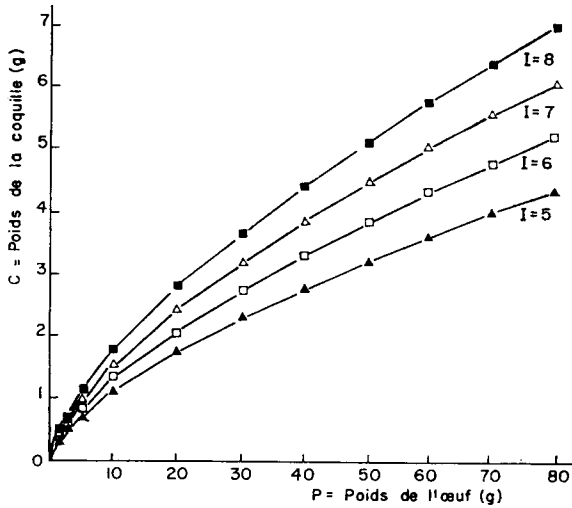


FIG. 1. — Évolution du poids de la coquille en fonction du poids de l'œuf pour des valeurs données d'index

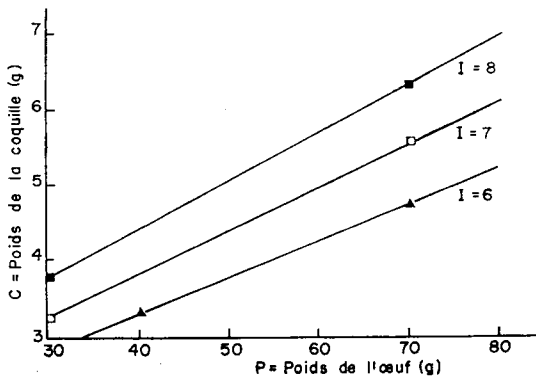


FIG. 2. — Variations du poids de la coquille dans la gamme physiologique d'évolution du poids de l'œuf pour des valeurs données d'index

Nous donnons ci-après l'équation de ces droites pour les différentes valeurs d'index.

$$(6) \quad \begin{array}{ll} I = 6 & C_6 = 0,0480 P + 1,388 \\ I = 7 & C_7 = 0,0561 P + 1,612 \\ I = 8 & C_8 = 0,0641 P + 1,844 \end{array}$$

De cette famille de courbes nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions :

1° Pour un index déterminé, le poids de la coquille est proportionnel au poids de l'œuf, comme le montrent les relations (6).

2° Si on utilise le pourcentage de coquille, par exemple, comme critère de solidité, on constate qu'à pourcentages égaux, soit 8,5 p. 100, des œufs de 40 et 70 g ont respectivement des épaisseurs de coquille de 26,1 et 34,8 centièmes de millimètre et des index de 6 et 7. On ne peut donc pas comparer des œufs de poids différents à partir des pourcentages de coquille, ce qui exclut également une étude de solidité de la coquille par cette mesure au cours de l'évolution du poids de l'œuf. Un raisonnement identique pourrait être fait avec le poids de coquille et la densité de l'œuf.

L'étude de ces courbes permet d'autres constatations.

1° La poule qui maintient son index de coquille lorsque le poids de l'œuf augmente doit sécréter proportionnellement plus de calcium si elle a un index élevé que si elle a un index faible.

Exemple : une poule ayant un index de 8, sécrète 640 mg de coquille supplémentaires lorsque l'œuf augmente de 10 g ; par contre une poule ayant un index de 6 ne sécrète en plus que 470 mg de coquille pour une augmentation du poids de l'œuf identique.

2° Inversement, une poule en plateau de ponte sécrétant la même quantité de coquille au cours d'une période donnée pondra des œufs à coquille de moins en moins épaisse au fur et à mesure de l'augmentation du poids de l'œuf.

Il est vraisemblable que la réalité est intermédiaire, ce qui suffirait d'ailleurs à expliquer, au moins en partie, la baisse de solidité des coquilles en fin de ponte. Néanmoins du point de vue de la sélection, il semble logique de choisir des poules présentant un index élevé en début de ponte de façon à obtenir un index raisonnable en fin de production

Reçu pour publication en septembre 1965

SUMMARY

EGG SHELL STRENGTH, MEANING AND PRECISION

From studies based on 6 000 observations, we suggest the utilization of an index which can be used to estimate the strength of the shell by measuring the shell-weight per square centimeter of egg. The meaning as well as the use of that index are discussed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HURWITZ S., GRIMINGER P., 1962. Egg production and shell quality in temperature and light controlled versus incontrolled environment. *Poult. Sci.*, **41**, 499-508.
- BONNET Y., MONGIN P., 1965. Mesure de la surface de l'œuf. *Ann., Zootech.*, **14**, 311-317.
- MULLER C. D., SCOTT H. M., 1940. The porosity of egg shell on relation to hatchability. *Poult. Sci.*, **19**, 163-166.
- ROMANOFF A. L., ROMANOFF A. J., 1949. *The avian egg*. John Willey and Sons, Inc., New York, 381-382.
- SCHOORL P., BOERSMA H. Y., 1962. Research on the quality of the egg shell. *XIIIth World's Poult Congr.* 432-435.
-