

MESURE DE LA SURFACE DE L'ŒUF

Y. BONNET et P. MONGIN

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

SOMMAIRE

A la suite de considérations théoriques et de mesures de surface sur 45 œufs dont les poids varient de 55 à 75 g, nous proposons un ensemble de relations permettant d'évaluer la surface de l'œuf de poule à partir de son poids et de sa forme avec une erreur moyenne inférieure à 1 mm².

INTRODUCTION

L'évaluation de la surface de l'œuf est nécessaire dans les études sur la qualité de la coquille et sur l'incubation de l'œuf. La précision obtenue à partir des formules déjà existantes se révèle être insuffisante surtout lorsque l'on utilise une gamme de poids d'œufs très étalée. A la suite de considérations théoriques, nous proposons un certain nombre de formules qui tiennent compte du poids et de la forme de l'œuf.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Pour qu'une formule donnant la surface de l'œuf soit utilisable, il est indispensable de l'exprimer en fonction de données facilement accessibles et donc d'obtenir une relation de la forme :

$$S = f(P, L, D)$$

P = Poids de l'œuf
L = Longueur de l'œuf
D = Grand diamètre

Par similitude avec les relations de MUELLER et SCOTT (1940) ⁽¹⁾ et ROMANOFF et ROMANOFF (1949) nous utilisons le poids de l'œuf sous la forme $P^{2/3}$. En effet la dimension du terme $P^{2/3}$ est celle d'une surface, donc si l'on applique à ce terme un certain coefficient on peut obtenir facilement la surface de l'œuf par une relation de la forme.

$$(1) \quad S = k \cdot P^{2/3}$$

A l'usage, il apparaît que le coefficient k , c'est-à-dire $S/P^{2/3}$, n'est pas constant mais dépend de la forme de l'œuf. Il est possible d'approcher théoriquement ce problème et de rechercher les paramètres de l'œuf qui font varier le rapport $S/P^{2/3}$. Pour cela considérons l'œuf comme étant formé de deux demi-ellipsoïdes de révolution. La surface est obtenue par rotation de 180° autour de leur grand axe de ces

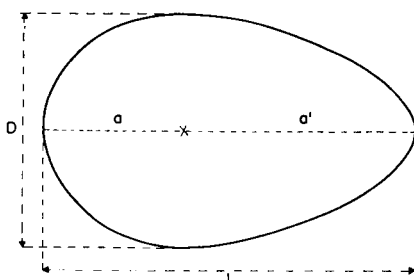


Schéma.

deux demi-ellipses d'excentricités différentes. Toutes deux ont le même petit axe $2b$ égal au diamètre D de l'œuf et des demi grands axes a et a' différents tels que (voir schéma).

$$b < a < a'$$

et

$$a' = L - a$$

Dans ces conditions on a :

$$(2) \quad S = \left[\frac{\pi D^2}{4} + \frac{\pi a D}{2e_1} \arcsin e_1 \right] + \left[\frac{\pi D^2}{4} + \frac{\pi(L-a)D}{2e_2} \arcsin e_2 \right]$$

si e_1 est l'excentricité de l'ellipse qui correspond au gros bout de l'œuf et e_2 celle qui correspond au petit bout de l'œuf et telle que :

$$e_1^2 = 1 - \frac{D^2}{4a^2}$$

$$e_2^2 = 1 - \frac{D^2}{4(L-a)^2}$$

(1) $S = 4,67 P^{2/3}$

Posons $\frac{\text{arc sin } ei}{ei} = Ki$. La relation (2) peut alors s'écrire.

$$(3) \quad S = \frac{\pi D^2}{2} \left[1 + \frac{L}{D} \left(K_2 + \frac{a}{L} (K_1 - K_2) \right) \right].$$

Dans les limites de variations de $\frac{a}{L}$ et $\frac{L}{D}$ mesurées sur 40 œufs, on peut assimiler les quantités K_2 et K_1 à des fonctions linéaires de $\frac{D}{a}$ et $D/L - a$. Il vient alors :

$$(4) \quad S = \frac{\pi D^2}{2} \left[1 + \frac{L}{D} \left(\left(\frac{\alpha a^2}{L^2} + \frac{\beta a}{L} + \gamma \right) \frac{L}{D} + \delta \frac{a}{L} \right) \right].$$

Sachant que le volume de cet œuf théorique est :

$$V = \frac{\pi}{6} L D^3$$

et si l'on pose

$$A = \frac{\alpha a^2}{L^2} + \frac{\beta a}{L} + \gamma,$$

et

$$B = \frac{\delta a}{L}.$$

On peut écrire que :

$$(5) \quad \frac{S}{P^{2/3}} = C \left(\frac{L}{D} \right)^{2/3} \left[A \left(\frac{L}{D} \right)^2 + B \left(\frac{L}{D} \right) + 1 \right],$$

où C est une constante

Il apparaît donc que, sous sa forme (5), $S/P^{2/3}$ dépend de $\frac{L}{D}$ et de $\frac{a}{L}$ par l'intermédiaire de A et B. Mais, à partir de (4), si l'on étudie $S = f\left(\frac{a}{L}\right)$ et $S = f\left(\frac{L}{D}\right)$ on constate que, dans les limites de variations de $\frac{a}{L}$ et de $\frac{L}{D}$, la surface varie respectivement de $\pm 0,45$ p. 100 et $\pm 5,77$ p. 100.

À partir de ces considérations, nous avons amélioré la formule de MUELLER et SCOTT (1940) en faisant intervenir le rapport $\frac{L}{D}$. Nous n'avons pas tenu compte du rapport $\frac{a}{L}$ en raison de sa faible incidence sur S et compte tenu du fait que la valeur de a est difficilement accessible et très imprécise.

Par simplicité d'expression mathématique, nous recherchons donc la régression linéaire de $S/P^{2/3}$ sur le rapport L/D .

MÉTHODES DE MESURES

L'œuf étant un solide non développable, pour mesurer sa surface, il faut le considérer comme un solide de révolution, le fractionner en deux calottes sphériques aux extrémités puis en une série de troncs de cône intermédiaires et faire la somme de surfaces élémentaires ainsi obtenues.

En se plaçant dans des conditions normales de travail, chaque œuf est pesé au 1/10 de gramme.

Puis à l'aide d'un pied à coulisse on mesure la longueur de son axe et celle de son grand diamètre au 1/10 de millimètre.

Chaque œuf est ensuite photographié, puis son image est projetée sur un écran à l'échelle $\times 10$ en conservant le rapport L/D mesuré sur l'œuf.

La mesure des diamètres des troncs de cône est faite tous les 10 mm, selon l'axe, avec une erreur maximum absolue de ± 1 mm. Les valeurs ramenées aux dimensions de l'œuf équivalent à une mesure tous les mm avec une erreur maximum absolue de $\pm 1/10$ de mm.

Pour évaluer la surface latérale du tronc de cône nous avons utilisé la formule suivante :

$$S = \pi \frac{D + d}{2} \sqrt{h^2 + \frac{(D - d)^2}{4}}$$

D = grand diamètre,
 d = petit diamètre,
 h = hauteur,

et pour la surface d'une calotte sphérique la relation suivante :

$$S = 2\pi F \left(\frac{C^2}{8F} + \frac{F}{2} \right).$$

F = flèche de la calotte,
 C = corde de la calotte.

Notons enfin que toutes les mesures ont été faites sur des œufs normaux de poules croisées *Rhode-Island* \times *Wyandotte* souche *M 41*.

RÉSULTATS

Dans toutes les formules le poids est exprimé en grammes, et la surface en centimètres carrés. Le symbole S_m désigne la valeur de la surface obtenue dans nos mesures.

L'étude porte sur 3 classes de poids : 55 à 60 g, puis 60 à 70 g et 70 à 75 g. Les résultats obtenus sont groupés par classe dans les tableaux 1, 2 et 3 et le calcul des coefficients de régression et de corrélation entre $S_m/P^{2/3}$ et L/D donne les relations suivantes :

$$(6) \quad \begin{array}{lll} 55 < P \leq 60 \text{ g,} & S_1 = (0,435 L/D + 4,081) P^{2/3} & r = + 0,77 \\ 60 < P \leq 70 \text{ g,} & S_2 = (0,384 L/D + 4,156) P^{2/3} & r = + 0,79 \\ 70 < P \leq 75 \text{ g,} & S_3 = (0,375 L/D + 4,183) P^{2/3} & r = + 0,77 \end{array}$$

La comparaison des surfaces obtenues avec les relations ci-dessus et des surfaces mesurées ne donne pas de différences significatives (tabl. 4).

De même pour la classe 55-60 g, les surfaces obtenues à partir de la formule de MUELLER et SCOTT (1940) ne sont pas significativement différentes des surfaces vraies. Mais les différences sont hautement significatives pour les deux autres classes de poids. Par contre, il s'avère que la relation :

$$S = 4,68 P^{2/3}$$

pour la classe 60-70 g donne une excellente précision.

TABLEAU I

*Surface mesurée et rapport $S/P^{2/3}$ obtenus sur 26 œufs
de poids compris entre 55 et 60 g*

Poids	L/D	S_m	$S_m/P^{2/3}$
54,9	1,256	67,00	4,640
55,1	1,238	66,21	4,573
55,1	1,468	68,86	4,756
55,4	1,439	68,41	4,709
55,5	1,279	68,00	4,673
56,0	1,283	68,10	4,655
56,1	1,431	68,36	4,666
56,5	1,364	69,32	4,710
57,2	1,278	67,98	4,581
57,4	1,314	68,56	4,608
57,4	1,491	70,22	4,719
57,6	1,394	69,79	4,681
57,7	1,287	69,19	4,634
57,7	1,304	69,29	4,641
57,8	1,454	69,98	4,681
58,0	1,470	71,10	4,747
58,0	1,324	69,75	4,656
58,2	1,296	69,99	4,663
58,3	1,459	70,84	4,713
58,3	1,253	69,65	4,634
58,4	1,355	69,85	4,641
58,4	1,423	70,45	4,681
58,9	1,400	71,86	4,746
59,2	1,239	70,90	4,668
59,4	1,347	71,25	4,675
60,2	1,449	72,28	4,705

TABLEAU 2

*Surface mesurée et rapport $S/P^{2/3}$ obtenus sur 10 œufs
de poids compris entre 60 et 70 g*

Poids	L/D	S_m	$S_m/P^{2/3}$
62,0	1,406	73,42	4,688
64,1	1,301	74,64	4,662
64,6	1,332	74,72	4,641
64,7	1,401	75,89	4,711
64,8	1,416	75,95	4,708
65,2	1,390	75,99	4,693
65,5	1,357	75,81	4,668
66,9	1,343	76,97	4,673
67,4	1,288	77,30	4,668
68,5	1,376	78,30	4,678

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Pour les classes de poids envisagées, les faibles différences obtenues entre les surfaces vraies et les surfaces calculées d'après nos relations confirment la valeur du calcul et montrent que la position du grand diamètre sur l'axe de l'œuf est relativement peu importante. Il nous est possible d'ailleurs de le vérifier par un autre

TABLEAU 3

Surface mesurée et rapport $S/P^{2/3}$ obtenus sur 9 œufs de poids compris entre 70 et 75 g

Poids	L/D	Sm	Sm/P ^{2/3}
70,1	1,407	80,63	4,743
70,5	1,333	79,74	4,674
70,6	1,495	80,81	4,731
70,8	1,387	80,33	4,695
71,3	1,400	80,82	4,702
71,6	1,369	81,24	4,712
71,9	1,382	80,95	4,681
72,4	1,471	82,31	4,739
74,2	1,494	83,38	4,724

TABLEAU 4

Comparaison de différentes formules, compte tenu du poids des œufs (test de t). Les résultats expriment, en mm², les différences entre la surface effectivement mesurée et la surface calculée

Classe de poids (g)	55-60	60-90	70-75
Sm (0,435 L/D + 4,081) P ^{2/3} ..	0,27	—	—
Sm 4,67 P ^{2/3}	1,96	43,80*	43,80*
Sm (0,384 L/D + 4,156) P ^{2/3} ..	—	1,00	—
Sm 4,68 P ^{2/3}	—	1,50	—
Sm (0,375 L/D + 4,183) P ^{2/3} ..	—	—	0,66

* Différence hautement significative.

moyen. En effet, si, comme pour la surface, on considère l'œuf comme étant formé de deux demi-ellipsoïdes de révolution, on constate que son volume est égal à :

$$V = \frac{\pi}{6} L \times D^2.$$

Mise en application sur 30 œufs de poids allant de 55 à 75 g, la relation fait apparaître un coefficient très peu différent de $\frac{\pi}{6}$ soit $\frac{\pi}{6,089 \pm 0,01}$.

A posteriori il semble donc que l'erreur due à l'oubli du paramètre a est très faible ; d'autant plus que sa mesure sur l'œuf est très imprécise.

Si le rapport L/D des œufs à étudier s'écarte nettement de la valeur 1,35, il est indispensable d'utiliser les relations (6). Par contre si L/D reste voisin de 1,35 on peut se contenter des relations suivantes :

$$\begin{array}{ll} 55 < P \leq 60 & S = 4,67 P^{2/3} \\ 60 < P \leq 70 & S = 4,68 P^{2/3} \\ 70 < P \leq 75 & S = 4,69 P^{2/3} \end{array}$$

Reçu pour publication en septembre 1965.

SUMMARY

EGG SURFACE

As a consequence of theoretical considerations as well as surface measurements made on 45 eggs, the weight of which varied between 55 and 75 g, we suggest a whole system of relations which can be used to estimate the hen's egg surface from its weight and shape, with a mean error inferior to 1 square millimeter.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MUELLER C. D., SCOTT H. M., 1940. The porosity of egg shell in 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. 109-110.