



HAL
open science

CONSERVATION DES ŒUFS DE POULE ET ÉCLOSIVITÉ. ESSAI DE COMPARAISON AVEC LES DONNÉES OBTENUES SUR LA CONSERVATION DES ŒUFS DE CONSOMMATION

B. Sauveur

► **To cite this version:**

B. Sauveur. CONSERVATION DES ŒUFS DE POULE ET ÉCLOSIVITÉ. ESSAI DE COMPARAISON AVEC LES DONNÉES OBTENUES SUR LA CONSERVATION DES ŒUFS DE CONSOMMATION. *Annales de zootechnie*, 1967, 16 (1), pp.89-115. hal-00886896

HAL Id: hal-00886896

<https://hal.science/hal-00886896>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATION DES ŒUFS DE POULE ET ÉCLOSIVITÉ. ESSAI DE COMPARAISON AVEC LES DONNÉES OBTENUES SUR LA CONSERVATION DES ŒUFS DE CONSOMMATION

B. SAUVEUR

*Station de Recherches avicoles,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas*

SOMMAIRE

La conservation prolongée des œufs à couver s'accompagne à la fois d'une détérioration des constituants de l'œuf et d'une diminution du pouvoir d'éclosion. Cette observation justifie les nombreuses recherches effectuées depuis une vingtaine d'années pour essayer d'en fixer les conditions optimales.

La conservation des œufs de consommation pose également des problèmes qui peuvent différer légèrement dans la mesure où il s'agit d'œufs infertiles. Cependant il nous a semblé qu'il pourrait être intéressant de rapprocher les deux séries d'études afin de voir si la seconde ne pourrait pas éclairer quelques points encore obscurs de la première.

Disons tout d'abord quelques mots des critères habituellement utilisés dans chaque catégorie.

Les résultats d'incubation s'expriment de façon très satisfaisante par le rapport du nombre de poussins obtenus sur le nombre d'œufs fertiles placés en incubateur ; le taux de fécondité n'étant pas connu, il est essentiel de le déterminer avec le plus de précision possible. On peut pour cela pratiquer des examens micro- ou macroscopiques du disque germinatif ou des mirages ; les premiers obligent à casser l'œuf et ne sont pas applicables ici. Restent les mirages dont l'intérêt dépend du stade de développement de l'œuf. Au 18^e jour d'incubation les embryons qui ne se sont développés que quelques heures sont totalement lysés et le mirage ne donne pas de renseignement. Le mirage précoce semble être la seule méthode précise applicable : effectué aux environs du 5^e jour, il donne une précision de 90 p. 100 environ. On améliore la précision en mirant l'œuf au bout de 15 heures d'incubation et en utilisant des sources lumineuses colorées et plus intenses. KING (1936) obtient alors une

précision de 95 p. 100 avec une source de 500 watts. D'après OLSEN et KNOX (1938) 75 watts suffisent si la lumière traverse des filtres jaune et bleu-vert superposés. Ces mêmes auteurs font remarquer cependant que le stade optimum de mirage dépend de la nature de l'œuf : 16 heures avec les œufs blancs et 18 heures avec les œufs roux.

De nombreux critères peuvent être utilisés pour apprécier la qualité d'un œuf de consommation : épaisseur de la coquille, index de jaune, caractéristiques de l'albumen, test organoleptique etc. Nous retiendrons l'étude des caractères physiques de l'albumen ferme qui sont particulièrement affectés par le stockage et reflètent par conséquent l'état de fraîcheur de l'œuf.

Deux critères d'appréciation furent mis au point en 1936 : l'épaisseur de l'albumen ferme (WILGUS et Van WAGENEN) et l'index d'albumen (HEIMAN et CARVER) obtenu en divisant l'épaisseur de l'albumen ferme par sa largeur moyenne. Les auteurs trouvent entre les caractères précédents et la qualité interne de l'œuf (estimée par une graduation subjective allant de 1 à 5) des coefficients de corrélation de 0,934 et 0,932 respectivement. La corrélation entre les deux critères est elle-même très élevée 0,986. Sans contester la valeur des chiffres précédents HAUGH apporte en 1939 une modification à ces mesures. Il trouve préférable pour des études de conservation, de relier la qualité au logarithme de la hauteur d'albumen h . Ainsi la qualité d'un œuf exprimée en Unités Haugh est donnée par : $UH = 100 \log h$. HAUGH établit cette formule en n'utilisant que des œufs de 56,5 g (2 oz). Or la hauteur du blanc ferme est fonction du poids de l'œuf. C'est pourquoi HAUGH définit une hauteur « équivalente » (H_2), hauteur prévue pour un œuf de 56,5 g mais ayant le même poids relatif d'albumen que l'œuf étudié de poids W . Cette hauteur H_2 peut être calculée par :

$$H_2 = H_w - \frac{G (30 W^{0,37} - 100)}{100} + 1,19$$

H_w = hauteur lue (en mm),

G = constante gravitationnelle = 32,2,

W = poids de l'œuf en coquille (en g).

Ainsi la formule de HAUGH devient :

$$U. H. = 100 \log. H - \frac{G (30 W^{0,37} - 100)}{100} + 1,19$$

ou, en remplaçant G par sa valeur :

$$U. H. = 100 \log. (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$$

C'est sous cette forme que la méthode des Unités Haugh s'est développée ; elle sera très souvent citée dans la suite de cet article comme test de qualité de l'œuf de consommation. Rappelons que 4 grandes classes d'œufs ont été établies aux U. S. A. d'après les mesures d'Unités Haugh.

Qualité AA	Unités Haugh de 79 à 100
— A	— de 55 à 78
— B	— de 32 à 54
— C	— moins de 31

Les œufs de cette dernière catégorie ne devraient plus être commercialisés.

PREMIÈRE PARTIE

CONDITIONS DE CONSERVATION DES ŒUFS, ÉCLOSIVITÉ
ET CARACTÉRISTIQUES INTERNES DE L'ŒUF

I. — TEMPÉRATURE DE STOCKAGE

Il semble qu'une température de stockage comprise entre 10 et 15,5°C (50 à 60°F) soit la plus favorable pour l'éclosivité (OLSEN et HAYNES 1948 ; FUNK et FORWARD 1960 *b* ; Mac DONALD 1960).

OLSEN et HAYNES (1948) montrent que le froid est préjudiciable à la survie de l'embryon : alors que 81,5 p. 100 des œufs fertiles éclosent après un stockage de 2 à 4 jours à 10°C, 58 p. 100 seulement arrivent à ce résultat si la température de stockage est de - 1°C. Bien que FUNK, FORWARD et KEMPSTER (1950) ne constatent pas de chute d'éclosivité en gardant pendant 2 jours des œufs à moins de 0°C, il ne semble donc pas qu'une telle température soit recommandable.

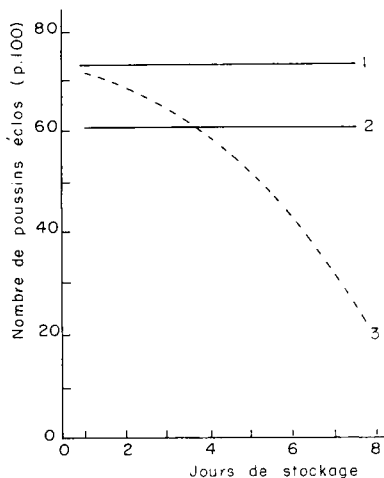


FIG. 1. — Influence de la température et de la durée de stockage sur l'éclosivité des œufs (d'après MAC DONALD, 1960)

Courbe 1. — Température de stockage de 15,5°C

Courbe 2. — Température de stockage de 4,4°C

Courbe 3. — Température de stockage de 26,6°C

Des températures élevées sont également défavorables : Mac DONALD (1960) montre qu'après 7 jours de stockage à 27°C, l'éclosivité baisse de 40 p. 100 (fig. 1). Une telle chute n'a rien d'anormal si l'on se souvient que le « zéro physiologique » de l'embryon, c'est-à-dire le point où commence son développement, est compris entre 20 et 21°C (LANDAUER, 1961).

Pour les œufs de consommation les recommandations de température sont les mêmes et comprises entre 10 et 15°C (DAWSON 1956 ; FRY et NEWELL 1957 ; HENDERSON et LORENZ 1951). Il semble du moins que la perte d'unités Haugh soit minimum si ces conditions thermiques sont respectées. Citons en exemple une constatation de FRY et NEWELL (1957) : un stockage de 7 jours à 15°C provoque moins de détérioration de l'albumen qu'un stockage d'un seul jour à 32°C. STADELMAN, ZEIBLER et DARROCH (1954) étudiant des températures de 35, 25, 15 et 5°C trouvent un coefficient de régression linéaire de — 1,15 Unités Haugh par 10°C d'accroissement de la température.

En conclusion, une température de stockage comprise entre 10 et 15,5°C semble recommandable pour préserver à la fois l'éclosivité et la structure de l'albumen des œufs.

II. — HUMIDITÉ RELATIVE DE L'ATMOSPHÈRE

Les pores de la coquille de l'œuf sont suffisamment larges pour permettre des échanges gazeux. Il importe donc de contrôler l'humidité de l'atmosphère de conservation pour réduire les pertes d'eau ; celles-ci sont en effet proportionnelles à la différence entre 100 (exactement 99,6) et l'humidité relative de l'air (BROOKS et TAYLOR, 1955). Bien que toutes fondées sur ce principe, les études effectuées sur le stockage des œufs à couver fournissent des résultats assez variables. COONEY (1943) recommande une H. R. de 90 p. 100 ; cependant, du fait d'un développement possible de moisissures, il est souvent préférable de se limiter à 70 ou 80 p. 100 (MERRITT 1964 ; BECKER, 1964).

Il en est de même pour les œufs de consommation : KORSLUND, MARION et STADELMAN (1956) démontrent qu'une humidité relative de 90 p. 100 est préférable à 30 p. 100 pour préserver la qualité de l'œuf mesurée en Unités Haugh mais ils ne trouvent pas de différences économiques significatives à toutes les valeurs intermédiaires. Quelques auteurs recommandent des valeurs de 80 à 85 p. 100 (DAWSON, 1956 ; HENDERSON et LORENZ, 1951). Seuls Van WAGENEN, HALL et ALTMANN (1939) estiment prudent de ne pas dépasser 60 p. 100.

Retenons que la meilleure humidité est donc celle qui, étant la plus élevée possible, ne permet pas le développement des moisissures ; elle semble comprise entre 70 et 80 p. 100.

III. — INFLUENCE DE LA DURÉE DE CONSERVATION

Un premier résultat est certain : *l'éclosivité des œufs diminue quand le temps de stockage augmente*. Pour MERRITT (1964) cette diminution intervient dès le 1^{er} jour mais est surtout sensible à partir du 18^e jour (figure 2). Si BOHREN, CRITTENDEN et KING (1961) trouvent de même une baisse d'éclosivité dès le 1^{er} jour, beaucoup d'auteurs admettent qu'un stockage inférieur à 7 jours est assez peu nocif (SCOTT, 1933 ; LANDAUER, 1961).

L'effet *moyen* d'une augmentation d'un jour de stockage dans les conditions standard de température et d'humidité définies plus haut, et pour des conservations de 3 semaines environ, a été calculé à plusieurs reprises. Les résultats sont les suivants (tabl. 1).

L'augmentation de la mortalité embryonnaire est responsable de la diminution du taux d'éclosion. BYNG et NASH (1962) estiment qu'une augmentation d'un jour

de stockage accroît la mortalité embryonnaire de 0,85 p. 100. D'autres auteurs aboutissent à des résultats analogues : MERRITT (1964) et SCOTT (1933). BECKER (1963)

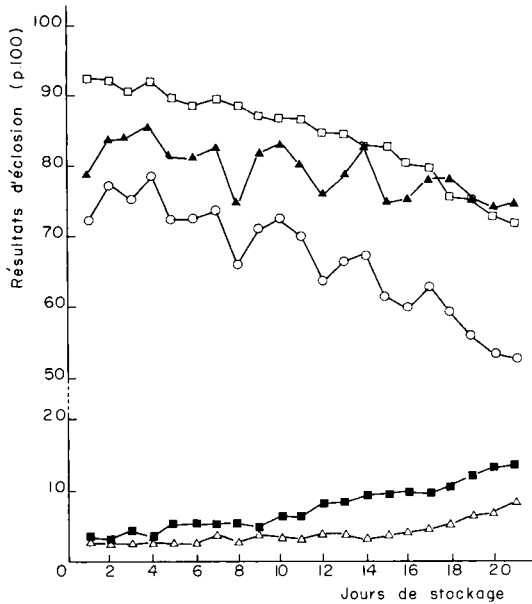


FIG. 2. — Résultats d'incubation en fonction du stockage (d'après MERRITT, 1964)

- ▲—▲ Fertilité
- Éclosion des fertiles
- Éclosion du total
- Morts à 22 jours
- △—△ Morts à 18 jours

TABLEAU I

Effet d'une augmentation d'un jour de stockage

	Sur l'éclosivité de tous les œufs (%)	Sur l'éclosivité des œufs fertiles (en %)
BYNG et NASH (1962)	— 1,35	— 1,65
MERRITT (1964)	— 1	— 1,2
LAX (1) (1964)	— 1,19	— 1,19

(1) LAX n'avait pas trouvé d'œufs non fertilisés.

précise que cette mortalité survient surtout au début du développement embryonnaire. On ignore cependant par quel processus la conservation des œufs affecte ainsi la viabilité de l'embryon.

Un autre fait mérite d'être noté : *le stockage prolongé des œufs allonge la durée d'incubation*. CRITTENDEN et BOHREN (1961) ont calculé que chaque jour de stockage entraîne un allongement de 0,7 heure de la durée d'incubation. Des résultats du même ordre sont obtenus par KAN *et al.* (1962), VLADIMIROVA (1961) et FUNK (1934) dont les conclusions sont résumées sur la figure 3.

BOHREN, CRITTENDEN et KING (1961) tentent de relier la chute d'éclosivité à cet allongement de l'incubation. Ils choisissent trois durées arbitraires d'incubation de 21, 21 1/2 et 22 1/4 jours et étudient les pourcentages d'œufs éclos à ces dates. Leurs conclusions sont les suivantes : « à 21 et 21 1/2 j d'incubation l'effet du stockage sur l'éclosivité est dû principalement à l'allongement de l'incubation... » A 22 1/4 jours cependant, l'éclosivité n'est plus liée à la seule date d'éclosion ; donc « à 22 1/4 j l'éclosivité doit être affectée par le temps de stockage d'une autre manière que par l'allongement du temps d'incubation ». L'autre facteur intervenant alors pourrait être simplement l'augmentation de mortalité embryonnaire précoce déjà signalée.

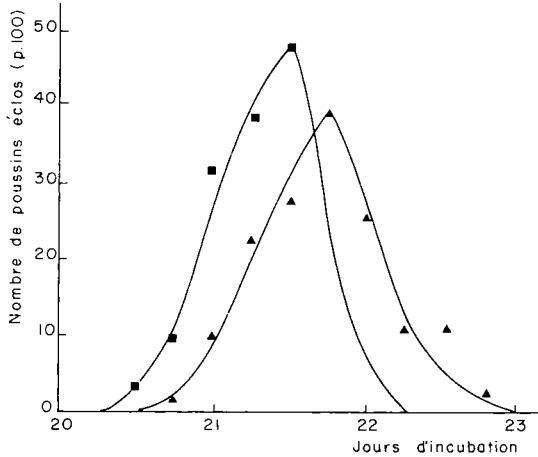


FIG. 3. — *Effet du stockage sur la longueur de l'incubation* (d'après FUNK, 1934)

- Œufs vieux de 1 à 7 jours
- ▲ Œufs vieux de 8 à 14 jours

Il y a une trentaine d'années, de nombreux auteurs avaient déjà fait le rapprochement entre l'éclosivité et la vitesse de développement de l'embryon ; HAYS et NICOLAIDES (1934), MAC NALLY et BYERLY (1936) signalent qu'un développement rapide de l'embryon est en général attaché à une éclosivité élevée. KAUFMAN (1938) pense que l'initiation du développement embryonnaire est retardée à la suite du stockage, d'où une réduction de la taille de l'embryon entre 7 et 14 jours et une augmentation de la mortalité embryonnaire. Cette hypothèse est confirmée par les travaux de NEEL (1942) qui trouve une corrélation de 0,77 entre la vitesse de développement de l'embryon et l'éclosivité.

L'âge de l'embryon au moment de la ponte de l'œuf peut également affecter la vitesse de développement embryonnaire et, par conséquent l'éclosivité. On conçoit en effet que le temps d'incubation requis sera d'autant plus réduit que l'embryon est à un stade plus avancé au moment de la ponte. C'est ainsi que KOSIN (1956 et

1964) explique une grande part des différences de viabilité constatées entre les embryons. HAYS et NICOLAIDES (1934) de leur côté, observent que des œufs contenant au moment de la ponte des embryons à un stade plus précoce que la gastrula donnent des résultats d'éclosion inférieurs à ceux pondus à un stade plus avancé. Le phénomène est identique à celui rapporté par STURKIE et WILLIAMS (1945) qui essaient d'incuber des œufs prélevés directement dans l'oviducte : dans tous les cas l'éclosivité est très faible et bien souvent il n'y a même pas développement.

Selon MAC NALLY et BYERLY (1936) le stade optimum de développement après 48 heures d'incubation, serait de 19 à 20 somites (figure 4). De leurs études sur les œufs de dinde, OLSEN et MARSDEN (1950) déduisent également que les embryons les plus avancés après 24 heures d'incubation, donnent les meilleurs résultats d'éclosion (87,6 p. 100 contre 28,4 p. 100 pour les embryons jugés les plus en retard à 24 heures d'incubation).

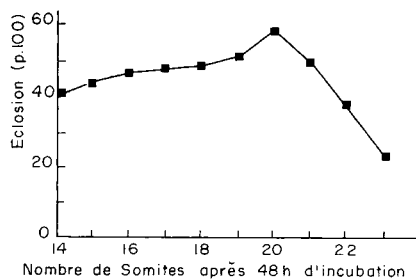


FIG. 4. — Influence du nombre de somites de l'embryon de 48 h. sur l'éclosivité d'après MAC NALLY et BYERLY (1936).

Il semble donc qu'il existe réellement un rapport entre la vitesse de développement de l'embryon et l'éclosivité ; ceci explique les succès souvent remportés par la *pré-incubation*. Cette technique repose sur le fait que l'exposition *brève* des œufs à des températures de l'ordre de 37,7°C favorise le développement de l'embryon en compensant le retard dû au stockage. La durée totale d'incubation est ainsi ramenée à une valeur normale. Plusieurs techniques ont été décrites donnant un résultat favorable ; KAN et *al.* (1962), FUNK (1954), BECKER et BEARSE (1958), LAX (1964) ... chauffent les œufs 3 à 5 heures à 37,7°C le jour qui suit la ponte. LAX (1964) trouve ainsi une augmentation d'éclosivité de 3,39 p. 100 \pm 1,17 p. 100 et constate en effet que la durée d'incubation des œufs les plus vieux est diminuée. KOSIN (1956) fait la même remarque et note de plus une augmentation substantielle du nombre de somites en début de développement. Il fait cependant remarquer qu'un tel chauffage pourrait parfois être néfaste si l'embryon était déjà à un stade optimal au moment de la ponte de l'œuf. Ceci pourrait expliquer les résultats, apparemment contradictoires, trouvés par quelques auteurs.

Selon JACKSON (1912), KOSIN (1956) et des résultats récents obtenus à la Station expérimentale du Magneraud,¹ un chauffage d'une heure par jour pendant toute la durée de conservation serait préférable au chauffage continu de 5 heures décrit ci-dessus. Enfin FUNK et FORWARD (1960 a) recommandent un chauffage de 3 à 5 heures dans les 24 heures qui précèdent la mise en incubateur.

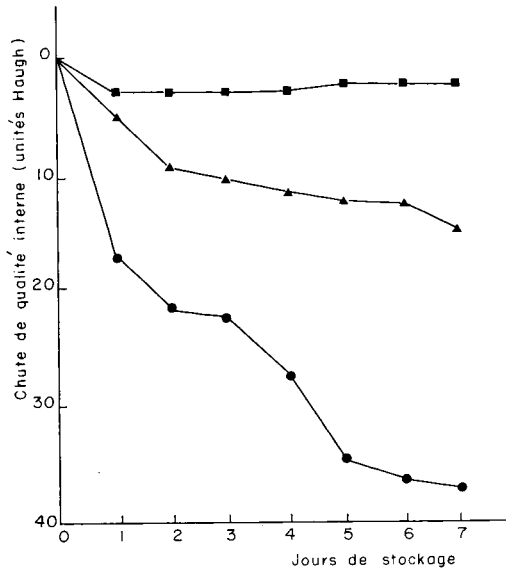


FIG. 5. — Influence de la température de stockage sur la qualité interne de l'œuf (d'après FRY et NEWELL, 1957)

- —■ Température de stockage de 1,1°C
- ▲ —▲ Température de stockage de 15,5°C
- —● Température de stockage de 32,2°C

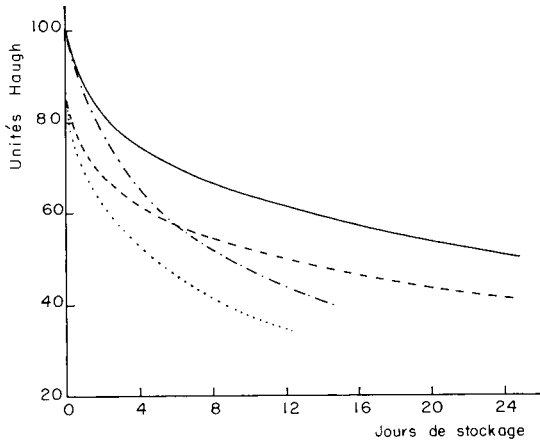


FIG. 6. — Influence de la température de stockage et de l'âge de la poule sur la qualité interne de l'œuf (d'après BORSTEIN et LIPSTEIN, 1962)

- — — — — Œufs de poulettes stockés à 15°C
- - - - - Œufs de poules stockés à 15°C
- · - · - · Œufs de poulettes stockés à 32°C
- · · · · Œufs de poules stockés à 32°C

Les avis diffèrent également quant à l'efficacité de la pré-incubation en fonction de l'âge de l'œuf. KAN, MAC PHERSON et GYLES (1962) et BECKER et BEARSE (1958) trouvent la préincubation efficace si les œufs sont stockés de 2 à 3 semaines, ce qui s'accorde bien avec toutes les remarques antérieures. Cependant FUNK et FORWARD (1960 *a*) et PRITSKER (1940) ne trouvent cette intervention intéressante que pour des œufs de moins de 5 jours.

Signalons enfin le résultat obtenu par FUNK et FORWARD (1960 *a* et *b*) et BECKER et BEARSE (1958) : le simple maintien des œufs à la température de la pièce pendant les 24 heures qui précèdent la mise en incubation, entraîne une augmentation d'éclosivité. Ceci se comprend aisément puisqu'un tel séjour supprime en partie la perte de temps liée au réchauffement obligatoire des œufs de 12°C (température de stockage) à 37,7°C, température de l'incubateur.

On peut se demander dans quelle mesure la chute du taux d'éclosion au cours du stockage s'explique par des modifications des caractéristiques internes de l'œuf.

Les courbes de décroissance des Unités Haugh de l'œuf en fonction du temps de conservation ne ressemblent pas à celles de baisse d'éclosivité puisque la chute des UH est surtout importante dans les premières 48 heures et que son allure générale est exponentielle : HAUGH (1939), WILHELM (1939), FRY et NEWELL (1957) et BORSTEIN et LIPSTEIN (1962) (fig. 5 et 6). Comme le font remarquer BORSTEIN et LIPSTEIN (1962) la chute de qualité ne se produit pas immédiatement mais débute après 6 heures de conservation.

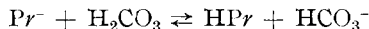
IV. — IMPORTANCE DE L'ATMOSPHÈRE DE CONSERVATION

1. Rapport entre la structure de l'albumen et son contenu en CO₂

Au cours d'un stockage les œufs subissent une perte importante de gaz carbonique, étudiée par de nombreux auteurs.

NEEDHAM *et al.* (1931) étudiant des œufs infertiles ne trouvent pas de consommation d'oxygène mesurable et en déduisent que le CO₂ produit n'est pas le résultat d'une respiration aérobie. Par ailleurs, COMMON (1941) ne détecte aucune activité d'anhydrase carbonique dans l'œuf en coquille. Il convient donc de rechercher ailleurs que dans les carbonates de la coquille l'origine du CO₂ produit.

SCHOLL (1893) décèle la présence d'ions bicarbonates dans l'albumen et pense que ce milieu ressemble au sérum sanguin. BROOKS et PACE (1938), reprenant cette hypothèse, démontrent qu'en effet les protéines de l'albumen réagissent à une addition d'acide par une combinaison réversible avec les ions H⁺ — si cet acide est H₂CO₃, nous avons :



Le sens d'évolution de cet équilibre est essentiellement fonction de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique. La concentration de l'albumen en ions HCO₃⁻ peut s'exprimer en fonction du pH et de la pression partielle de CO₂ dans ce milieu. La relation est la suivante :

$$pH = 6,37 + \log \frac{1,125 [HCO_3^-]}{0,03 P_{CO_2}} - 0,12 \quad (2)$$

dans laquelle :

$6,37 = pK_1 = 1^{\text{re}}$ constante de dissociation de H_2CO_2 .

$0,03 =$ constante de la loi de Henry pour CO_2 et eau pure (en mole/litre/atm.)

$P_{CO_2} =$ pression partielle de CO_2 dans l'albumen en atm.

$-0,12 = \gamma HCO_3^- =$ coefficient d'activité de HCO_3^- .

$[HCO_3^-] =$ concentration de l'albumen en bicarbonates (en ion gramme/litre de blanc).

Pour HEALY et PRTER (1925) le CO_2 est représenté dans l'albumen par des bicarbonates mais également par une autre forme. Effectivement BROOKS et PACE (1938) montrent qu'il s'y trouve à l'état dissous : en retranchant du CO_2 total le CO_2 combiné (essentiellement des bicarbonates), ils trouvent que le coefficient de solubilité Bunsen du CO_2 dans le blanc est de $0,71$, valeur supérieure de $8 p. 100$ au chiffre théorique calculé en tenant compte des sels minéraux présents et qui pourrait être due aux traces de lipides de l'albumen. STRAUB et DONCK (1934) estiment à 55 mg par œuf la quantité totale de CO_2 ainsi présente.

Nous voyons donc que le CO_2 dégagé par les œufs au cours de leur conservation a au moins deux provenances possibles : libération du gaz dissous et décomposition des bicarbonates.

Quel est donc le rapport entre la structure de l'albumen et son contenu en CO_2 ? MUELLER (1956 et 1959) trouve, dans deux expériences différentes, des coefficients de corrélation de $-0,341$ et $-0,378$ entre la perte de CO_2 et le titre en Unités Haugh de l'œuf. Ils apparaissent clairement sur les figures 6 et 7 (MUELLER, 1958).

Il est probable que la perte de CO_2 influence l'état de l'albumen en permettant une élévation du pH. MUELLER (1958) trouve en effet que le pH de l'albumen est lié à la teneur en CO_2 de ce milieu par la relation :

$$pH = 4,27 x + 9,11 \quad x = \text{teneur en } CO_2 \text{ en mg./g. d'albumen.}$$

(Voir figure 8.)

Ceci justifie la liaison trouvée entre le titre en Unités Haugh et le pH de l'albumen par DAVIS et BRECKLER (1962) et BORSTEIN et LIPSTEIN (1962). Notons toutefois que les Unités Haugh diminuant plus lentement que n'augmente le pH, celui-ci ne peut constituer un test valable de vieillissement.

Nous avons vu au début de cette étude quelle était l'importance globale de la température pour la conservation des œufs ; voyons son action au niveau du CO_2 ou du pH de l'albumen.

SHARP (1937), SMITH (1931) et plus tard COTTERILL et al. (1958) constatent que la perte de CO_2 est accélérée si la température de conservation s'élève et expliquent ceci par le fait que la solubilité du CO_2 dans l'albumen évolue en raison inverse de la température. MUELLER (1958) aboutit aux mêmes conclusions (figure 7). En comparant cette figure à la figure 9 (BORSTEIN et LIPSTEIN, 1962) nous voyons que l'élévation du pH est tout à fait parallèle au dégagement de CO_2 .

2. Importance de la composition de l'atmosphère de conservation

La solubilité du CO_2 ou sa transformation en ions bicarbonates dans l'albumen sont surtout fonctions de la *pression partielle de ce gaz dans l'atmosphère*. En contrôlant cette

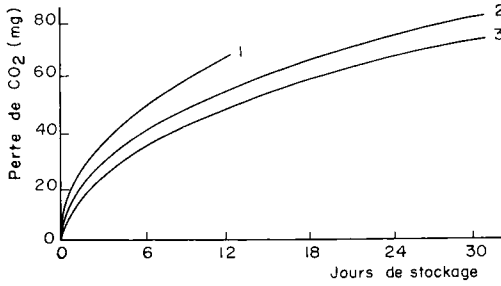


FIG. 7. — Perte de CO₂ par l'œuf durant le stockage (d'après MUELLER, 1958)
 Courbe 1. — Température de stockage de 30°C
 Courbe 2. — Température de stockage de 24°C
 Courbe 3. — Température de stockage de 12°C

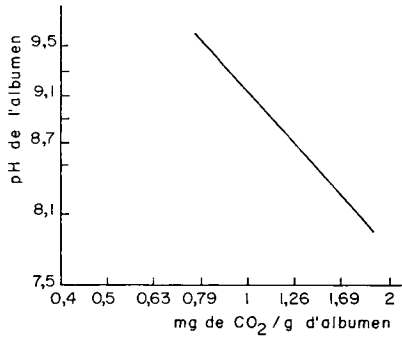


FIG. 8. — Évolution du pH de l'albumen en fonction de son contenu en CO₂ (d'après MUELLER, 1958)
 Expérience effectuée sur des œufs stockés de 3 heures à 30 jours

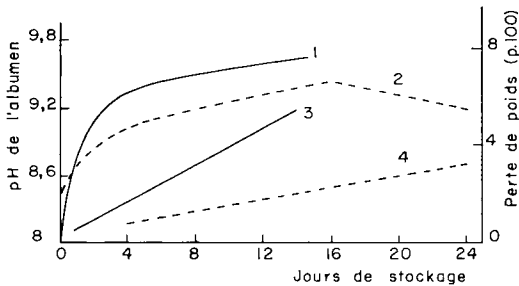


FIG. 9. — Évolution du pH de l'albumen en fonction du stockage (d'après BORSTEIN et LIPSTEIN, 1962)
 ——— 1 pH à 32°C
 - - - 2 pH à 15°C
 - - - 3 perte de poids à 32°C
 - - - 4 perte de poids à 15°C

dernière il doit donc être possible d'assurer à l'albumen une teneur en CO_2 maximum pour une température donnée. BROOKS et PACE (1938) obtiennent ainsi les résultats suivants :

TABLEAU 2
Évolution du pH du blanc et de sa concentration en ions bicarbonates en fonction de la teneur en CO_2 de l'atmosphère

Pression partielle de CO_2 dans l'air (en atm)	HCO_3^- en moles/litre de blanc (valeur moyenne)	pH (valeur moyenne)
0,049 1	0,052 4	7,802
0,143	0,053 4	7,34
0,395	0,056 9	6,93
0,961	0,059 7	6,56

Connaissant ces valeurs, il est possible dans la relation (2) vue plus haut d'éliminer le facteur HCO_3^- et d'obtenir ainsi une expression directe de la liaison entre P_{CO_2} et pH ; (P_{CO_2} étant, rappelons-le, la pression partielle de CO_2 dans le mélange gazeux en équilibre avec l'albumen, exprimée en atm.). BROOKS et PACE (1938) trouvent alors :

$$\text{pH} = 6,25 + \log. \frac{0,0652 - 6,1 \times 10^{-3} (\text{pH} - 6,55)}{0,0337 P_{\text{CO}_2}} \quad (3)$$

à 25°C et dans l'intervalle $P_{\text{CO}_2} = 0,05$ à 1 atm.

Pour les valeurs de P_{CO_2} inférieures à 0,05 atm. il faut tenir compte de la dissociation des HCO_3^- en CO_3^{--} qui devient importante. Mais nous voyons que ce seuil de 0,05 atm. de CO_2 est suffisant pour conserver à l'œuf un pH très proche de celui de la ponte (alors que dans l'air à 0,03 p. 100 de CO_2 le pH atteint très vite 9,5 et plus). La relation (3) permet également de savoir quel pourcentage de CO_2 il faut mettre dans l'atmosphère pour obtenir un pH quelconque.

SMITH (1931) obtient des résultats concordants et parvient à éviter l'élévation de pH de l'albumen avec les données suivantes :

P. 100 de CO_2 dans l'air ambiant	Température
2 à 3	à 0°C
3 à 4,5	à 20°C environ
5 à 7	à 38°C

SHARP (1929) recommande une teneur en CO_2 de 3 p. 100 à 0°C et 12 p. 100 à la température de la pièce. Cette valeur de 12 p. 100, utilisée par COTTERILL et GARDNER (1957) pendant 4 jours avant une conservation en atmosphère normale, donne des résultats très encourageants.

a) *Application à la conservation des œufs de consommation.*

Depuis plusieurs années de nombreux essais d'emballage des œufs ont été effectués en vue de réduire le dégagement gazeux. D'après les résultats de DAVIS et

BRECKLER (1962) et de GARDNER et *al.* (1961) il semble que le chlorure de polyvinylidène (ou « Cryovac ») permette une bonne stabilisation du pH interne, au moins égale à celle obtenue par huilage.

Citons quelques autres chiffres illustrant l'intérêt de l'emballage des œufs pendant leur conservation :

— Selon DAVIS (1959) des œufs conservés 30 jours sous polyéthylène conservent une qualité (exprimée en Unités Haugh) identique à celle d'œufs nus après 4 jours (toutes conditions égales par ailleurs).

— ORR et SNYDER (1959) : après 6 mois de stockage sous Cryovac la moyenne des Unités Haugh d'une série d'œufs n'a diminué que de 80 à 68.

Il a été essayé à plusieurs reprises d'enrichir en CO₂ l'atmosphère interne de ces emballages ; FLETCHER et *al.* (1959), SWANSON et HELBACKA (1954) arrivent ainsi à conserver des œufs à peu près intacts pendant plusieurs semaines (6 pour le 2^e groupe d'auteurs). FLETCHER et *al.* (1959) notent toutefois qu'en prenant comme référence l'odeur et le goût, la qualité des œufs ainsi conservés était inférieure à la normale. SWANSON et *al.* (1957) ont exposé des œufs au CO₂ avant de les huiler ; là encore la conservation est meilleure qu'après huilage seul.

L'effet bénéfique des divers emballages n'est peut-être pas dû uniquement à la réduction de perte de CO₂ et il est possible que la diminution de perte d'eau intervienne également. Selon GARDNER et *al.* (1961) et MUELLER (1936 et 1959) la réduction de la perte d'eau jouerait cependant un rôle beaucoup moins important.

MUELLER démontre en effet que la corrélation entre l'amincissement de l'albumen et la perte d'eau n'est pas significative alors que celle se rapportant à la perte de CO₂ l'est au niveau 1 p. 100.

Dans une autre expérience il trouve bien une corrélation de — 0,55 entre le nombre d'Unités Haugh et la perte d'eau mais attribue simplement cela à la corrélation existante entre perte d'eau et perte de CO₂ (+ 0,53).

Au cours du stockage des œufs il se produit un passage d'eau lent de l'albumen vers le jaune ; ce transfert hydrique est dû, d'une part aux variations de pression osmotique entre ces deux zones, et d'autre part, à des modifications d'épaisseur et de rigidité de la membrane vitelline.

BROOKS et TAYLOR (1955) rapportent qu'un jaune contenant en moyenne 8,5 g d'eau, en absorbe 0,005 g/jour de conservation à 0°C et 2 fois plus à 10°C. Cette légère hydratation a un très gros effet sur la viscosité du jaune comme l'indiquent les chiffres suivants :

TABLEAU 3

Viscosité relative du jaune en fonction de sa teneur en eau

Eau du jaune en p. 100	Viscosité relative du jaune (eau = 1)
47,2	100
50,0	32,7
54,0	10,5
57,6	3,5

MORAN (1937) montre que ce phénomène peut être combattu par l'emploi d'atmosphères faiblement enrichies en CO_2 (2 à 10 p. 100) :

TABLEAU 4

Variation de l'index de jaune en fonction de la teneur en CO_2 de l'atmosphère de conservation.

	Index de jaune (hauteur/largeur)
Valeur initiale	0,45
Après 25 j. de conservation dans l'air à 25°C	0,30
Après 5 1/2 mois dans l'air à 0° C	0,40
Après 5 1/2 mois dans 2,5 % CO_2 à 0° C..	0,45
Après 5 1/2 mois dans 10 % CO_2 à 0° C ..	0,45
Après 5 1/2 mois dans 60 % CO_2 à 0°C ..	0,43

Citons enfin les résultats de MUELLER (1959) qui démontrent que tous ces phénomènes de détérioration sont liés : il trouve une corrélation hautement significative (égale à 0,59) entre la perte d'Unités Haugh du blanc et le mouvement de l'eau à l'intérieur de l'œuf.

b) *Application à la conservation des œufs à couvrir.*

S'inspirant de très nombreuses études précédentes effectuées sur les œufs de consommation, BECKER (1964) et BECKER, SPENCER et SWARTWOOD (1964) essaient de *conserver sous emballage des œufs fertiles* de *White Leghorn* avant leur incubation. Après un stockage de 2 semaines les éclosivités sont les suivantes :

Stockage sous Cryovac.....	80,6 p. 100 (des œufs fertiles)
— sous polyéthylène.....	75,9 p. 100
— à nu.....	60,3 p. 100

WARREN, ROFF et LONG (1965) retrouvent cet effet bénéfique de l'emballage pour des conservations de plus de 13 jours mais font remarquer que dans les conditions usuelles de stockage (1 semaine environ) la rentabilité de cette technique est très discutable. BECKER et *al.* (1964) expliquent les améliorations obtenues par la réduction de perte de CO_2 sans préciser quel mécanisme interne intervient. Peut-être est-ce par le biais des transferts d'eau du blanc au jaune cités plus haut ?

Ce rôle possible du gaz carbonique de l'albumen sur l'éclosivité a incité plusieurs auteurs à essayer des atmosphères de stockage enrichies en CO_2 . PROUDFOOT (1964 *a* et *b*) utilise des « emballages de Cryovac gonflés au CO_2 sous pression » et trouve alors des résultats d'éclosivité catastrophiques de l'ordre de 10 p. 100. VLADIMIROVA (1962) employant des atmosphères à 50 p. 100 de CO_2 constate un effet favorable sur l'éclosivité d'œufs d'oies ; malheureusement ses résultats sont fondés sur un très petit nombre d'œufs. Nous avons vu précédemment que de faibles pressions partielles de CO_2 dans l'atmosphère (2 à 5 p. 100) étaient suffisantes pour maintenir certaines caractéristiques de l'œuf telles que le pH de l'albumen ou la viscosité du jaune. Peut-être en est-il de même pour l'éclosivité ?

Notons pour terminer que des essais d'emballage contenant une atmosphère enrichie en azote ont été effectués par GOWE (1965) et PROUDFOOT (1964 *b*) pour des conservations de 3 semaines environ. Dans tous les cas l'éclosivité se trouve améliorée d'environ 10 p. 100 par rapport à une conservation sous Cryovac rempli d'air. Ce phénomène n'est pas encore clairement expliqué ; ARORA (1963) constate un développement blastodermal plus rapide après un tel stockage mais n'explique pas comment cette atmosphère azotée aurait pu le provoquer.

Nous arrêterons ici cette étude comparative des conditions de conservation des œufs fertiles et infertiles. Nous espérons avoir fait entrevoir quelques relations possibles entre éclosivité et structure de l'albumen. Afin d'augmenter le nombre des points de comparaison nous allons maintenant étudier les variations de l'éclosivité et des caractéristiques de l'albumen en fonction de facteurs autres que la conservation en signalant toutefois l'effet de leur interaction avec celle-ci.

DEUXIÈME PARTIE

QUELQUES FACTEURS D'ÉCLOSIVITÉ ET DE QUALITÉ
DU BLANC DE L'ŒUF LIÉS A L'ANIMAL

Nous nous limiterons à quelques remarques sur l'effet de facteurs « morphologiques et physiologiques » tels que le poids de l'œuf, l'âge de la poule ou l'intensité de sa production. En terminant il sera dit quelques mots de variations d'origine génétique.

I — *Intervention du poids de l'œuf*

A durée d'incubation égale, de nombreux travaux ont démontré l'existence d'une liaison inverse entre le poids de l'œuf et l'éclosivité. Citons notamment ceux de COLES (1956), BOHREN, CRITTENDEN et KING (1961) ; DUNN (1922), trouve déjà les chiffres suivants :

TABLEAU 5

Taux d'éclosivité en fonction du poids de l'œuf

Poids de l'œuf (g)	P. 100 d'éclosivité des œufs fertiles
52 - 59,9	62,06 ± 2,55
60 - 73,9	44,09 ± 5,14

Il existe entre les 2 groupes une différence d'éclosivité de $17,97 \pm 5,88$ (3 fois l'écart-type) qui est significative.

DUNN (1922) précise (comme le font également BOHREN *et al.*, 1961) que cette propriété est surtout valable à l'échelle individuelle mais COLES (1956) l'a retrouvée inter et intra-poules. Si les gros œufs sont défavorisés, les plus petits le sont également comme l'ont montré HALBERSEBEN et MUSSEHL (1921) et AXELSON (1932) dont les résultats sont reportés sur la figure 10.

Il est d'autre part connu que les gros œufs réclament un temps d'incubation supérieur. Nous pouvons donc admettre, à la suite de BOHREN *et al.* (1961) et CRITTENDEN et BOHREN (1961) que le poids de l'œuf affecte l'éclosivité comme le fait la conservation. Ceci est confirmé par les résultats de GARTLEY *et al.* (1951) : ils démontrent que les effets nocifs de l'âge ou du poids d'un œuf sont détruits de la même façon en incubant ces œufs 6 à 18 heures de plus que les témoins. LAX (1964) obtient un effet compensateur semblable en pré-incubant les œufs les plus gros.

Notons cependant que le poids de l'œuf agit peut-être également en modifiant le rapport : volume de l'œuf/surface de la coquille qui joue un rôle important dans les phénomènes d'évaporation.

Signalons enfin que ARBOLEDA, RANIT et YNIGUEZ (1960) et TINDELL et MORRIS (1964) ne trouvent pas d'influence significative du poids de l'œuf sur l'éclosivité.

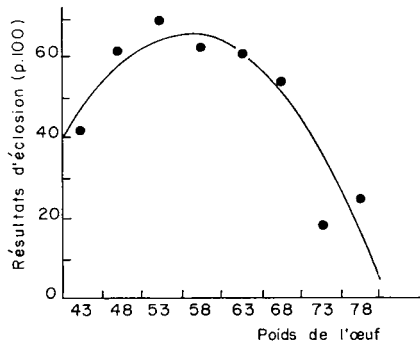


FIG. 10. — Régression du pourcentage d'éclosion sur le poids de l'œuf (en g.) (d'après AXELSON, 1932)

Le poids d'un œuf et sa qualité interne exprimée en Unités Haugh sont liés de façon formelle puisque le poids intervient dans le calcul de ces unités ; (revoir au début de cet article).

La relation de cause à effet entre ces deux caractères semble cependant être assez faible. Tel est du moins l'avis de YAO (1958) et de BORSTEIN et LIPSTEIN (1962), dont les conclusions sont résumées dans le tableau 6 :

TAB. 6

Facteurs ayant une action sur les Unités Haugh

Source de variations	Age des poules	Poids de l'œuf	Stockage	Stockage × âge	Stockage × poids	Age × poids	Age × poids × stockage
Influence sur les Unités Haugh	*	o	**	*	*	**	**

o = le facteur considéré n'a pas d'influence significative sur les U.H.

* = influence significative au niveau 5 p. 100

** = influence significative au niveau 1 p. 100

Notons enfin que la diminution des Unités Haugh au cours du stockage ne dépend pas non plus du poids initial de l'œuf (MUELLER 1959).

Retenons donc que si l'éclosivité d'un œuf dépend de son poids, ce doit être par une voie différente de la qualité interne.

II — *Intervention de l'âge de la pondeuse*

Nous pouvons constater sur le tableau 6 que l'âge des poules exerce un effet significatif sur la qualité initiale des œufs mesurée en Unités Haugh.

L'analyse statistique révèle également le rôle de l'interaction Age de la poule \times Poids de l'œuf explicable par la liaison existant entre ces deux facteurs. Ceci confirme les résultats de nombreux auteurs qui constatent une baisse très nette de qualité de l'albumen entre le 9^e et le 18^e mois de ponte. JEFFREY (1941) ; CUNNINGHAM, COTTERILL et FUNK (1960) (figure 11) ; YAO (1958) ; etc.

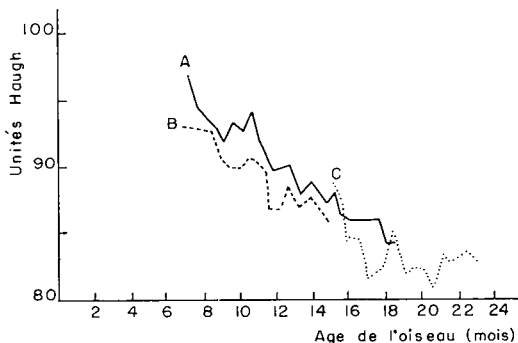


FIG. 11. — Influence de l'âge de la poule sur la qualité interne de l'œuf (d'après CUNNINGHAM et al., 1960)

- A. — Animaux âgés de 7 mois en début d'expérience
 B. — Animaux âgés de 4 mois
 C. — Animaux âgés de 15 mois

Cependant FRONING et FUNK (1958) et MARCH et BIELY (1961) pensent que la chute de qualité de l'albumen a surtout lieu dans les premiers mois de ponte. De même LAHELLEC (1965) enregistre une diminution des Unités Haugh durant les 5 premiers mois de ponte, suivie d'une stabilisation.

Selon SNYDER (1957) et la courbe 6 de BORSTEIN et LIPSTEIN (1962), le taux de décroissance des Unités Haugh pendant le stockage ne serait pas lié à l'âge de la poule. Ceci est cependant en contradiction avec les résultats de MAY et al. (1957) et de MUELLER (1959) qui trouvent une corrélation de 0,815 entre la diminution des Unités Haugh lors du stockage et la valeur initiale de l'albumen. Nous avons vu en effet que celle-ci dépend étroitement de l'âge de l'animal.

Des travaux de NEEL (1942) et LANDAUER (1961) nous pouvons déduire que *l'éclosivité des œufs et la vitesse de développement de l'embryon sont liés significativement à l'âge de la poule*. TOMHAVE (1956, 1958) précise que la chute d'éclosivité intervient après 225 à 250 jours de ponte, soit environ 8 mois. L'âge critique est donc le même que dans le cas des pondeuses productrices d'œufs de consommation. LAX (1964) approfondit la comparaison et déclare à propos des travaux de TOMHAVE : « La baisse d'éclosivité des œufs en fonction de l'âge de la poule est probablement due à de nombreux facteurs parmi lesquels les plus importants pourraient être la diminution de qualité interne de l'œuf et l'augmentation de sa taille. » LAX, démontrant de plus que l'effet défavorable de l'âge de la pondeuse sur l'éclosivité est annulé si on allonge l'incubation ou si l'on fait un préchauffage, réalise donc un début de synthèse des idées exposées jusqu'ici.

III — Influence du niveau de production de la pondeuse

Il semble exister une liaison inverse entre le niveau de production de la pondeuse et la qualité de l'albumen des œufs : JEFFREY (1941), JOHNSON et MERRITT (1955). Ces derniers auteurs, étudiant des poulettes *White Leghorn* et *Barred Rocks* trouvent dans les deux cas une corrélation phénotypique négative entre la hauteur d'albumen et la production d'œufs. Une telle liaison n'est cependant pas unanimement reconnue : KING et HALL (1955), SNYDER (1957) et POPE et *al.* (1960) ne constatent pas d'influence de l'intensité de ponte sur la qualité des œufs.

Les résultats (peu nombreux) obtenus sur les œufs à couver sont totalement opposés! BYERLY, TITUS et ELLIS (1933) et FUNK (1934) constatent une liaison positive faible mais significative entre le niveau de production et l'éclosivité. A propos de ces études LANDAUER (1961) fait cependant remarquer : « De telles corrélations, si elles existent, peuvent refléter l'action de facteurs qui agissent à la fois sur la production et l'éclosivité » (sans que la première soit donc responsable de la seconde). « Elles peuvent aussi résulter d'autres facteurs tels que par exemple, la tendance des coqs à féconder plus souvent les poules fortes productrices que celles qui pondent peu. Il existe alors entre les deux groupes une différence dans l'âge du sperme qui pourrait être responsable de beaucoup de variations. »

NALBANDOV et CARD (1943) et KOSIN (1947) démontrent en effet que des spermatozoïdes vieux de plus de 11 jours, s'ils conservent encore leur pouvoir de féconder les œufs, donnent des résultats d'éclosion plus faibles que des spermatozoïdes moins âgés.

S'il ne semble pas possible de conclure quant à l'influence du niveau de production de la pondeuse nous pouvons en revanche rapprocher deux autres séries de travaux. WARREN (1934) constate une différence significative d'éclosivité entre des œufs provenant de poules auxquelles on a imposé un arrêt de ponte et d'autres pondus par des animaux en production continue, l'avantage revenant aux premières. MARBLE (1963) étudiant les classements U. S. D. A. des œufs (la méthode U. S. D. A. définit 4 qualités d'œuf (AA, A, B et C) en fonction de l'aspect du blanc et du jaune comparé à des photographies de référence) obtient les chiffres rapportés au tableau 7 :

TABLEAU 7
Évolution de la qualité interne de l'œuf en fonction de l'âge de la poule

	Mois de production	Grade AA en p.100	Grade A en p.100	Grade B en p.100	Grade C en p.100
Poulette	4 ^e	78,7	20,8	0,5	0
	10 ^e	54,1	41,4	4	0,5
Poule	1 ^e	44,8	43,8	9,5	1,9
	3 ^e	43,3	45,5	9,1	2,1
	1 ^{er} après mue provoquée	70,6	28,2	1,2	0
	3 ^e après mue provoquée	57,2	39,8	3	
	5 ^e après mue provoquée	48,3	44,1	7,6	0

La mue provoquée ou arrêt de ponte provoqué a donc un effet très net sur la structure de l'albumen. Nous constatons en effet que pendant les deux mois qui la suivent les œufs sont à peu près de même qualité que ceux d'une poulette d'un an. Mais la deuxième année le déclin des Unités Haugh est plus rapide.

Retenons donc qu'un arrêt de ponte provoqué semble être bénéfique du double point de vue de la qualité interne et de l'éclosivité des œufs.

IV — Interaction de quelques facteurs d'origine génétique

Il existe des variations considérables tant à l'échelle de l'individu, qu'à celle de la souche et peut-être même de la race. Commençons par citer un exemple relatif à ce dernier facteur. KING et HALL (1955) font remarquer que les *New Hampshire* semblent donner des œufs ayant une qualité d'albumen très supérieure à la moyenne ; SAUTER et al. (1954) constatent d'autre part que cette qualité se conserve beaucoup mieux après un stockage de 5 semaines à 72°F (22,2°C) si les œufs proviennent de poules *New Hampshire* plutôt que de *White Leghorn*. Or selon PHILLIPS (1945) ces mêmes *New Hampshire* ont en général de très bons résultats d'éclosion et OLSEN (1951) affirme que l'éclosivité de leurs œufs est celle qui est la moins affectée par un stockage à 0°C. (condition de température aussi peu favorable que l'étaient les 22°C utilisés par SAUTER et al.).

L'interprétation de tels résultats est délicate car à l'intérieur de chaque race les souches sont des sources de variation fort importantes. MAY, SCHMIDT et STADELMAN (1957) et COTTERILL et WINTER (1934) entre autres auteurs trouvent des différences significatives entre souches en ce qui concerne aussi bien la qualité initiale du blanc que son aptitude à la conservation.

BOHREN et CRITTENDEN (1961) d'autre part déduisent de leur travaux que les souches (ou les individus) pondant des œufs à incubation « courte » auront des résultats d'éclosion supérieurs aux autres après stockage, puisque celui-ci agit partiellement en allongeant l'incubation. MILBY (1960) précise de même que certains œufs « génétiquement supérieurs » n'ont pas besoin de pré-incubation pour compenser l'action néfaste de la conservation.

Il existe enfin de nombreuses variations individuelles qu'il serait trop long d'exposer ici et qui obligent souvent à ne donner que des résultats « intra-poules ».

TROISIÈME PARTIE

ANALOGIES EXISTANT ENTRE ŒUFS DE CONSOMMATION
ET ŒUFS A COUVER. CONCLUSIONS

Au cours des deux parties précédentes nous avons pu noter que les qualités physiques des œufs de consommation et l'éclosivité des œufs à couver évoluaient souvent de façon parallèle. Nous avons vu par exemple que la température et l'humidité de conservation devaient être comprises dans les mêmes marges pour les deux catégories ; nous avons spécialement insisté sur l'importance du gaz carbonique dans l'atmosphère de stockage et là encore il semble que les réactions globales soient les mêmes. Il resterait maintenant à voir s'il existe une liaison de cause à effet entre la qualité du blanc (exprimée par exemple en Unités Haugh) et l'éclosivité ; malheureusement aucune étude approfondie de ce genre n'a été faite à ce jour à notre connaissance. La seule approche est celle effectuée par HALL et Van WAGENEN en 1936 : attribuant des valeurs arbitraires allant de 1 à 5 pour des albumens de qualité décroissante ils établissent les 2 corrélations significatives suivantes entre l'éclosivité et la valeur de l'albumen :

- 0,342 chez des oiseaux sélectionnés pour la qualité de l'albumen ;
- 0,297 chez des oiseaux non sélectionnés.

Une bonne éclosivité semble donc être liée à une haute qualité d'albumen. Ces auteurs montrent également que la mortalité embryonnaire précoce serait beaucoup plus élevée chez les oiseaux sélectionnés pour une faible qualité d'albumen. A la suite de leur expérience HALL et Van WAGENEN suggèrent que tout facteur responsable de variations de qualité d'albumen pourrait également être étroitement lié avec les causes de mortalité embryonnaire précoce. Malheureusement ces résultats ont été aussitôt démentis. Selon WILHELM (1930) il existe bien une corrélation très élevée (0,74) entre la hauteur et l'index d'albumen mais il ne trouve aucune liaison significative entre ces deux caractères et l'éclosivité.

De même RUDY et MARBLE (1939) estiment que la hauteur et la cohésion de l'albumen ne semblent pas liés à l'éclosivité. GODFREY (1936) trouve bien une relation inverse entre le poids d'albumen et l'éclosivité mais estime avec raison que c'est en fait le poids total de l'œuf qui intervient alors.

Il n'est donc pas possible présentement de tirer des conclusions de ces études. Retenons simplement que la qualité de l'albumen et l'éclosivité sont modifiées simultanément par de nombreux facteurs. Bien que ce résultat ne démontre que l'exis-

tence d'une relation indirecte entre ces deux caractéristiques de l'œuf, il permet de définir quelques orientations pour la conservation des œufs à couvrir : en particulier il serait logique d'essayer de stocker des œufs fertiles sous 3 à 4 p. 100 de CO₂.

Ultérieurement il restera à découvrir si la structure de l'albumen peut influencer directement l'éclosivité, ce qui conduira probablement à des études plus fondamentales sur les protéines du blanc, l'équilibre osmotique au niveau du disque germinatif, ou d'autres phénomènes non encore reliés à ce problème.

Reçu pour publication en janvier 1967.

SUMMARY

PRESERVATION OF HEN'S EGGS AND HATCHABILITY.

COMPARISON WITH RESULTS OBTAINED IN PRESERVATION OF EGGS FOR CONSUMPTION

We have attempted to collect the references relating to preservation of eggs for incubation and of those for consumption and to show a similarity between the two techniques. The main criteria found for efficiency are the number of chicks hatched in relation to the number of fertile eggs, and HAUGH units, a method of assessing internal quality.

It seems that temperature and degree of humidity of the atmosphere in which the eggs are preserved must be the same for all eggs. It seems also that control of the gaseous mixture for preservation, particularly the CO₂ content, can ensure simultaneous maintenance of internal quality of the egg and its hatchability. Some experimental possibilities are suggested on this subject.

However, it remains clear that hatchability is not related only to the quality of the egg white as shown by measurement of HAUGH units. This is made clear by comparison of the curves showing the falls in hatchability and in internal quality of the egg as a function of duration of storage, which show different features.

We have also collected some references concerning factors related to the hen which affect hatchability or the quality of egg white. Here too results are variable. Thus, age of the or induced cessation of laying can affect both criteria studied in the same way. On the other hand, a high rate of production reduces internal quality of the egg but seems to have a favourable effect on hatchability.

Such findings are discussed. They show the need for better knowledge of the role played by the overall structure and the different constituents of egg white in the development of the embryo.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARBOLEDA C. R., RANIT G. O., YNIGUEZ A. D., 1960. A correlation study of Egg size to fertility, hatchability, and Chick size, etc. *Philippine Agric.*, **44**, 247-260.
- ARORA K. L., KOSIN I. L., 1963. The effect of different gaseous environments on the blastoderm in Chicken eggs stored at $25 \pm 1^\circ\text{C}$. *Progr. Rep., Poultry Council, Washington State Univ.*, 114-119.
- AXELSON J., 1932. Variation and heredity of some characters in *White Leghorn, Rhode-Island Reds Barnevelders*. Part. I. *Lunds Universitets Arsskrift N. F., Avd 2*, 28, n° 4, 1-196.
- BECKER W. A. 1963. Length of pre-incubation storage of Turkey eggs and its effects on body weight *Poultry Sci.*, **42**, 1356-1359.
- BECKER W. A., 1964. The storage of *White Leghorn* hatching eggs in plastic bags. *Poultry Sci.*, **43**, 1109-1112.
- BECKER W. A., GORDON E., BEARSE, 1958. Pre-incubation warming and hatchability of Chicken eggs. *Poultry Sci.*, **37**, 944-948.
- BECKER W. A., SPENCER J. V., SWARTWOOD J. L., 1964. The pre-incubation storage of Turkey eggs in closed environment. *Poultry Sci.*, **43**, 1526-1533.
- BOHREN B. B., CRITTENDEN L. B., KING R. T., 1961. Hatching time and hatchability in the fowl. *Poultry Sci.*, **40**, 620-633.

- BORNSTEIN S., LIPSTEIN B., 1962. Some characteristics of measures employed for determining the interior quality of Chicken eggs. *Brit. Poultry Sci.*, **3**, 127-139.
- BROOKS J., PACE J., 1938. The distribution of carbon dioxide in the Hen's egg. *Proc. r. Soc. (London)*, Sér. B, **126**, 196-209.
- BROOKS J., TAYLOR D. J., 1955. Eggs and Egg Products. *Id Invest. Special Report n° 60*.
- BYERLY T. C., TITUS H. W., JELLS N. R., 1933. Production and hatchability of eggs as affected by different kinds and quantities of proteins in the diet of laying hens. *J. agric. Res.*, **46**, 1-22.
- BYNG A. J., NASH, 1962. The effects of egg storage on hatchability. *Brit. Poultry Sci.*, **3**, 81-87.
- COLES R., 1956. The influence of the Hen's Egg Weight on hatching. *Poultry Sci.*, **35**, 817-822.
- COMMON R. H., 1941. Carbonic anhydrase activity of the Hen's oviduct. *J. agric. Sci.*, **31**, 412-414.
- COONEY, 1943. Pre-incubation humidity variation effects on Chicken egg hatchability. *Oregon Exper. Stn Tech. Bull.*, **2**.
- COTTERILL O. J., GARDNER F., 1957. Retarding thick white deterioration by holding shell eggs in sealed containers. *Poultry Sci.*, **36**, 196-206.
- COTTERILL O. J., GARDNER F. A., FUNK E. M., CUNNINGHAM F. E., 1958. Relationship between Temperature and carbon dioxide loss from shell eggs. *Poultry Sci.*, **37**, 479-483.
- COTTERILL O. J., WINTER A. R., 1954. Egg white lysosyme. I. Relative lysosyme activity in fresh eggs having low and high interior quality. *Poultry Sci.*, **33**, 607-611.
- CRITTENDEN L. B., BOHREN B. B., 1961. The genetic and environmental effects of hatching time, Egg weight and holding time on hatchability. *Poultry Sci.*, **40**, 1736-1750.
- CUNNINGHAM F. E., COTTERILL O. J., FUNK E. M., 1960. The effect of season and age of bird. I. On egg size, quality and yield. *Poultry Sci.*, **39**, 289-299.
- DAVIS G. I., 1959. Plastic overwraps for maintenance of egg quality. *Poultry Sci.*, **38**, 1197 (Abstr.).
- DAVIS G. I., BRECKLER A. F., 1962. Plastic packaging of eggs. I. Methods of packaging. *Poultry Sci.*, **41**, 391-397.
- DAWSON L. E., 1956. The effects of farm refrigeration on marketable quality of eggs. *Poultry Sci.*, **35**, 586-592.
- DUNN L. C., 1922. The relationship between the weight and the hatching quality of eggs. *Storrs Agric. Exper. Stn. Bull.*, **109**.
- FLETCHER D. A., ORR H. L. et al., 1959. Effect of oiling, packaging material and condition of CO₂ in quality of shell eggs in storage. *Poultry Sci.*, **38**, 106-111.
- FRONING G. W., FUNK E. M., 1958. Seasonal variation in quality of eggs laid by cages layers and their sisters on the floor. *Poultry Sci.*, **37**, 215-223.
- FRY J. L., NEWELL G. W., 1957. Management and holding conditions as they affect the interior quality of eggs. *Poultry Sci.*, **36**, 240-246.
- FUNK E. M., 1934. Factors influencing hatchability in the domestic fowl. *Missouri Agric. Exper. Stn Res. Bull.*, **341**.
- FUNK E. M., FORWARD J. E., 1960 a. Effect of pre-incubation on the hatchability of Chicken eggs. *Missouri Agric. Exper. Stn. Res. Bull.*, **695**.
- FUNK E. M., FORWARD J. E., 1960 b. Effect of holding temperatures on hatchability of Chicken eggs. *Missouri Agric. Exper. Stn. Res. Bull.*, **732**.
- FUNK E. M., FORWARD J. E., KEMPSTER H. L., 1950. Effect of holding temperatures on hatchability of Eggs. *Missouri Agric. Exper. Stn. Res. Bull.* **539**.
- GARDNER F. A., MILLER M. M., COURTENEY H. V., 1961. The effect of overwrapping on interior egg quality. *Poultry Sci.*, **40**, 1406 (Abstr.).
- GARTLEY K. M., McCONACHIE J. D., CAVERS J. R., 1951. Relation entre l'aspect des œufs de Dinde au moment du mirage et leur éclosion. *Proc. 9th World's Poult. Congr.*, **1**, 88-93.
- GODFREY A. B., 1936. The effect of egg white, quantity of total albumen per egg, and quantity of thick albumen per egg on hatchability. *Poultry Sci.*, **15**, 294-297.
- GOWE R. S., 1965. On the hatchability of Chicken eggs stored in plastic bags flushed with nitrogen bags. *Poultry Sci.*, **44**, 492-495.
- HALBERSLEBEN D. L., MUSSEHL F. R., 1921-1922. Relation of egg weight to Chick weight at hatching. *Poultry Sci.*, **1**, 143-144.
- HALL G. O., Van WAGENEN A., 1936. The association of certain measures of interior egg quality with hatchability. *Poultry Sci.*, **15**, 501-506.
- HAUGH R. E., 1939. Unit for measuring egg storage conditions. *Proc. 7th World's Poult. Congr.*, 525-528.
- HAYS F. A., NICOLAIDES C., 1934. Variability in development of fresh-laid Hen eggs. *Poultry Sci.*, **13**, 74-90.
- HEALY D. J., PETER A. H., 1925. *Amer. J. Physiol.*, **74**, 363. Cité par BROOKS et PACE (1938).
- HEIMAN V., CARVER J. S., 1936. The albumen index as a physical measurement of observed Egg quality. *Poultry Sci.*, **15**, 141-148.
- HENDERSON S. M., LORENZ F. W., 1951. Cooling and holding Eggs on the ranch. *Calif. Agric. Exper. Stn. Circular.*, **405**.

- JACKSON H. W., 1912. Poultry experiments. Experiments in incubation. *Pennsylvania State College Agric. Exper. Sta. Bull.*, **120**, 3-15.
- JEFFREY F. P., 1941. Changes in pullet year albumen index as affected by age of bird. *Poultry Sci.*, **20**, 298-301.
- JOHNSON A. S., MERRITT E. S., 1955. Heritability of albumen height and specific gravity of eggs from *White Leghorn* and *Barred Rocks* and the correlations of these traits with egg production. *Poultry Sci.*, **34**, 578-587.
- KAN B.J., MCPHERSON B. N., GYLES N. R., 1962. Pre-incubation warming on Chicken eggs. *Poultry Sci.*, **41**, 1478-1480.
- KAUFMAN L., 1938. Entwicklung und Wachstum von Hühnerembryonen in frischen und in gelagerten Eiern. *Arch. Geflügelkde.*, **12**, 65-77.
- KING D. F., 1938. Selecting infertile eggs previous to incubation. *47th Annual Report Alabama Exper. Sta.*
- KING S. C., HALL G. O., 1955. Egg quality studies at the New York random sample test. *Poultry Sci.*, **34**, 799-809.
- KORSLUND H. J., MARION W. W., STADELMAN W. J., 1956. Some factors affecting the short term storage of eggs. *Poultry Sci.*, **35**, 1152 (Abstr.).
- KOSIN I. L., 1947. Preliminary results of a study on the effect of *in vivo* aging of spermatozoa on the viability of Chicken eggs. *Poultry Sci.*, **26**, 548 (Abstr.).
- KOSIN I. L., 1956. Studies on pre-incubation warming of Chicken and Turkey eggs. *Poultry Sci.*, **35**, 1384-1392.
- KOSIN I. L., 1964. Recent research in hatchability. Related problems of the domestic fowls. *World's Poult. Sci.*, **20**, 254-268.
- LAHELLEC Cécile, 1965. Contribution à l'étude des variations qualitatives de l'œuf de poule au cours d'une saison de ponte. *Bull. Inform. Sin. exper. Avicult. Ploufragan.*, **5** (30).
- LANDAUER W., 1961. The hatchability of Chicken eggs as influenced by environment and heredity. *Connecticut Agric. Exp., Sta., Monograph.* 1.
- LAX J., 1964. The effect of mating type, age of Hen, pre-incubation warming of eggs and age of egg on hatchability. *Proc. 1964. Australasian Poultry Sci. Convention*, 91-94.
- MAC DONALD M. W., 1966. Effect of temperature of storage and age of fowl eggs on hatchability and sex ratio, Growth and viability of the Chickens. *Austral. J. Agric. Res.*, **11**, 664-672.
- MAC NALLY E. H., BYERLY T. C., 1936. Variation in the development of embryos of Hen's egg. *Poultry Sci.*, **15**, 280-283.
- MAGNEREAU (Station Expérimentale du ...), 1965. Résultats non publiés.
- MARBLE D. R., 1963. Comparison of pullet and hen flocks at the New York random sample test. *Cornell Univ. Agric. Exper. Sta.*, 33.
- MARCH B., BIELY J., 1961. A survey of : the quality of newly laid eggs on farm in British Columbia. *Feedstuffs*, **33-34**, 34.
- MAY K. N., SCHMIDT F. J., STADELMAN W. J., 1957. Strain variation in albumen quality. *Poultry Sci.*, **36**, 1376-1379.
- MERRITT E. S., 1964. Pre-incubation storage effects on subsequent performances of Chickens. *Brit. Poultry Sci.*, **5**, 67-73.
- MILBY T. T., SHERWOOD D. H., 1960. The influence of pre-incubation treatment on hatchability of Chicken and Turkey eggs. *Poultry Sci.*, **39**, 1118-1121.
- MORAN T., 1937. *J. Soc. chem. Ind.*, Lond., **56**, 96-101.
- MUELLER W. J., 1956. The relationship between water and CO₂ loss during storage and albumen and yolk quality after storage. *Poultry Sci.*, **35**, 1161 (Abstr.).
- MUELLER W. J., 1958. Shell porosity of Chicken eggs. 1. CO₂ loss and CO₂ content of infertile eggs during storage. *Poultry Sci.*, **37**, 437-444.
- MUELLER W. J., 1959. Factors affecting the quality loss in egg albumen during storage. *Poultry Sci.*, **38**, 843-845.
- NAIBANDOV A., CARD L. E., 1943. Effect of stale sperm on fertility and hatchability of Chicken eggs. *Poultry Sci.*, **22**, 218-226.
- NEEDHAM J., STEPHENSON M., NEEDHAM D. N., 1931. The relation between yolk and white in the Hen's egg. IV. The formation of lactic acid and alcohol by the yolk. *J. exper. Biol.*, **8**, 319-329.
- NEEL J. K., 1942. A calibration of the development of the chick under improved conditions of incubation... *Poultry Sci.*, **21**, 294-300.
- OLSEN M. W., 1951. Effect of low temperatures on the hatchability of Eggs from various Standard bred and crossbred Chickens. *Poultry Sci.*, **30**, 180-183.
- OLSEN M. W., HAYNES S. K., 1948. The effect of different holding temperatures on the hatchability of Hen's egg. *Poultry Sci.*, **27**, 420-426.
- OLSEN M. W., KNOX C. W., 1938. Early identification of fertility in Hen's egg. *Poultry Sci.*, **17**, 472-477.
- OLSEN M. W., MARSDEN S. J., 1952. Variability among Turkey embryos at twenty-four hours of incubation with respect to hatchability. *Poultry Sci.*, **29**, 414-419.

- ORR H. L., SNYDER E. I., 1959. A further study on the use of plastic film bags for egg storage. *Poultry Sci.*, **38**, 736-737.
- PHILLIPS R. E., 1945. Hatchability as influenced by environmental and different storage temperatures. *Poultry Sci.*, **24**, 25-28.
- POPE C. W., WATTS A. B., WILLIAMS E., BEUNSON C. C., 1960. The effect of the length of time in production and storage of egg formation on certain egg quality measurements... *Poultry Sci.*, **39**, 1427-1431.
- PRITSKER I. A., 1940. The influence of high temperatures during the first hours of incubation. *Dokly Vsesoiuz Akad. seslk. Nauk im. V. I. Lenina, Zootechk*, n° 8, 24-28.
- PROUDFOOT F. G., 1964 a. The effects of plastic packaging and other treatments on hatching eggs. *Canad. J. Anim. Sci.*, **44**, 87-95.
- PROUDFOOT F. G., 1964 b. The effect of nitrogen and other gases on the hatchability of egg stored in plastic bags. *Canad. J. anim. Sci.*, **44**, 120-121.
- ROMANOFF A. L., ROMANOFF A., 1949. *The avian egg*. Wiley, Chapman et Hall.
- RUDY W. J., MARBLE D. R., 1939. The interrelationship of physical measurements of eggs and their effect upon hatchability. *Poultry Sci.*, **18**, 354-358.
- SAUTER E. A., HARNS J. V., STADELMAN W. J., MAC LAREN B. A., 1954. Seasonal variations in quality of eggs as measured by physical and functional properties. *Poultry Sci.*, **33**, 519-524.
- SCHOLL H., 1893. *Arch. Hyg.*, **17**, 535. Cité par BROOKS et PACE (1938).
- SCOTT H. M., 1933. The effect of age and holding temperatures on hatchability of Turkey and Chicken eggs. *Poultry Sci.*, **12**, 49-54.
- SHARP P. F., 1929. The pH white as an important factor influencing the keeping quality of Hen's eggs. *Science*, **69**, 278-280.
- SHARP P. F., 1937. Preservation and storage of Hen's eggs. *Food Res.*, **2**, 477-498.
- SMITH M., 1931. The relations between yolk and white in the Hen's egg. III. Gas exchange in infertile eggs. *J. exper. Biol.*, **8**, 312-318.
- SNYDER, 1957. Facteurs actuellement connus pour influencer la qualité de l'œuf. *Ontario Canada*, 29-34.
- STADELMAN W. J., ZIBLER F., TARROCH J. G., 1954. The effect of egg temperature on its broken out albumen quality evaluation. *Poultry Sci.*, **33**, 1082 (Abstr.).
- STRAUB J., DONCK C. M., 1934. *Chem. Weekbl.*, **31**, 461-465. (Cité par ROMANOFF et ROMANOFF, 1949, 422).
- STURKIE P. D., WILLIAMS A. G., 1945. Studies on pregastrula development, early embryonic development, and hatchability of prematurely laid eggs of the Hen. *Poultry Sci.*, **24**, 545-554.
- SWANSON M. H., HELBACKA N. V., 1954. Utilizing carbon dioxide and moisture vapor proof packaging in the preservation of shell egg quality. *Poultry Sci.*, **33**, 1084 (Abstr.).
- SWANSON M. H., SKALA J. H., BENSON H. N., 1957. Effect of oiling and carbon dioxide treatment at point of production on quality loss in shell eggs. *Poultry Sci.*, **36**, 1162 (Abstr.).
- TINDELL D., MORRIS D. R., 1964. The effects of egg weight on subsequent broiler performance. *Poultry Sci.*, **43**, 534-539.
- TOMHAVE A. E., 1956. Influence of age of *New Hampshire* female breeders upon hatchability of eggs. *Poultry Sci.*, **35**, 236-238.
- TOMHAVE A. E., 1958. Fertility and hatchability of eggs produced by *New Hampshire* breeders during their first 365 days of production. *Poultry Sci.*, **37**, 27-29.
- VLADIMIROVA In. N., 1962. Effect of low temperatures and of increased carbon dioxide content in the air during storage, on the hatchability of Goose and Chicken eggs. *Referaty Rabot Vsesoiuz. N. I. in-la Plitse-rodstva*, 94-96.
- VAN WAGENEN A., HALL G. O., ALTMANN M., 1939. Temperature and humidity in the short time holding of eggs. *Proc. 7th World's Poultry Congr.*, 516-520.
- WARREN D. C., 1934. The influence of some factors on the hatchability of the Hen's egg. *Kansas Agric. Exper. Stn. Techn. Bull.*, **37**.
- WARREN D. C., ROFF H. A., LONG E., 1965. Hatchability of eggs stored in plastic-lined egg cases. *Poultry Sci.*, **44**, 1278-1280.
- WILHELM L. A., 1939. Factors affecting interior Egg quality. *Proc. 7th World's Poultry Congr.*, 521-524.
- WILHELM L. A., 1939. Effect of interior quality of eggs on their hatchability. *Proc. 7th World's Poultry Congr.*, 191-194.
- WILGUS H. S., VAN WAGENEN A., 1936. The height of the firm albumen as a measure of its condition. *Poultry Sci.*, **15**, 319-321.

I. N. R. A.
 BIBLIOTHEQUE UO 359
 DOMAINE DE CROUILLON
 63039
 CLERMONT-FD CEDEX ?