

Effets de la température et de l'éclairement appliqués à la poule sur la qualité de l'oeuf

Sauveur B., Picard M.

in

Sauveur B. (ed.).
L'aviculture en Méditerranée

Montpellier : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 7

1990

pages 211-226

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI901595>

To cite this article / Pour citer cet article

Sauveur B., Picard M. **Effets de la température et de l'éclairement appliqués à la poule sur la qualité de l'oeuf.** In : Sauveur B. (ed.). *L'aviculture en Méditerranée*. Montpellier : CIHEAM, 1990. p. 211-226 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 7)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Effets de la température et de l'éclairement appliqués à la poule sur la qualité de l'oeuf

Bernard SAUVEUR, Michel PICARD

Station de Recherches Avicoles,
Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Nouzilly (France)

I. – Introduction

L'environnement physique de la poule pondeuse est composé de paramètres très différents tels que température, humidité relative, éclairage, type de logement (sol ou cages), formes et dimensions des cages, systèmes de distribution d'aliments... paramètres qui, directement ou non, sont tous susceptibles d'agir sur la qualité de l'oeuf. Les aspects relatifs au mode de logement étant traités dans d'autres exposés, celui-ci sera essentiellement consacré aux effets de la température et de l'éclairement appliqués à la poule sur le poids de l'oeuf, la qualité du blanc et la solidité de la coquille.

Il doit par ailleurs être rappelé que l'environnement de la poule est aussi celui de l'oeuf pendant le temps que celui-ci passe dans le poulailler entre l'oviposition et le ramassage. Quand cet environnement est défavorable, ses effets directs sur l'oeuf ne doivent évidemment pas être attribués à la poule ; l'exemple le plus connu en ce domaine est la liquéfaction de l'albumen induite après la ponte par une température élevée.

II. – Températures d'ambiance élevées et qualité de l'oeuf

De nombreuses études ont été consacrées aux effets des températures élevées sur la qualité de l'oeuf. Leurs résultats seront présentés ici en décrivant successivement les variations observées pour chaque critère qualitatif, les hypothèses explicatives avancées et les techniques d'intervention proposées.

1. Action sur le poids de l'oeuf et de ses constituants

Une augmentation de température tend toujours à réduire le poids de l'oeuf comme l'indique le travail de synthèse conduit par Ahvar *et al.* (1982) (**Figure 1**). La réduction varie de 0,17 à 0,98 g/degré d'élévation de température avec une valeur moyenne proche de 0,4 g/°C. La réponse est de forme curvilinéaire et particulièrement sensible au-dessus de 25°C. Selon Smith et Oliver (1972b), l'effet dépressif de la température sur le poids de l'oeuf peut être exprimé par la relation :

$$Y = 59,6 - 1,34 (0,2 T - 16) - 0,313 (0,2 T - 16)^2$$

dans laquelle Y est le poids de l'oeuf (en g) et T la température en degrés Fahrenheit (*).

* Rappel : t°C = 5/9 (t°F - 32).

Dans certaines études, les proportions relatives d'albumen et de jaune ne sont pas modifiées par les températures élevées (Gee *et al.*, 1964 ; Carmon et Huston, 1965 ; Smith et Oliver, 1972) alors que, dans d'autres cas, le jaune et l'albumen voient leur poids respectivement plus et moins affecté que le poids moyen de l'oeuf (Millet et Sunde, 1975 ; El Jack et Blum, 1978 ; Ahvar *et al.*, 1982). Le poids de coquille est toujours proportionnellement plus diminué que celui des autres constituants. En réalité, ces réponses dépendent de la durée du stress thermique ; comme indiqué dans la **Figure 2** (Picard, Antoine et Sauveur, 1984, résultats non publiés), les effets dépressifs de la chaleur sont immédiats sur le poids de coquille et d'albumen. Au contraire, le poids du jaune n'est pas affecté pendant une semaine puis diminue, réponse qui doit évidemment être rapprochée de la durée de la phase de grand accroissement des follicules sur l'ovaire. Ceci démontre également que la réduction de dépôt d'albumen n'est pas directement liée à la taille du vitellus.

Les teneurs en matière sèche du jaune et de l'albumen ne sont généralement pas modifiées tant que la température est inférieure à 35°C (Gee *et al.*, 1964 ; Carmon et Huston, 1965). Elles peuvent être réduites au-delà de ce seuil (Smith et Oliver, 1972a ; El Gammal *et al.*, 1978). Une légère réduction de la teneur en lipides du jaune a été rapportée par Van Kampen (1983) après que les poulettes aient subi un stress thermique (36°C) entre 3 et 5 semaines d'âge.

2. Action sur la qualité de l'albumen

Contrairement à ce qui est généralement cru, la qualité initiale de l'albumen exprimée en Unité Haugh n'est que très peu ou pas du tout réduite par une forte température d'ambiance (Hallet Helbacka, 1959 ; Clark et Amin, 1965 ; Daniel et Balnave, 1981 ; Ahvar *et al.*, 1982). Cependant, il est très connu que la hauteur d'albumen diminue rapidement après la ponte si l'oeuf n'est pas retiré du poulailler où règne une température élevée ; c'est ce phénomène qui introduit une confusion fréquente.

3. Action sur le dépôt de la coquille

Il est parfaitement établi qu'une élévation de température provoque une baisse importante de qualité de la coquille (voir les revues de Wolford et Tanaka, 1970 ; Smith, 1974). D'après Smith et Oliver (1972b), la relation température - poids de coquille est curvilinéaire dans la zone 26-35°C et répond à l'équation :

$$Y = 6,8 - 0,25 (0,2 T - 16) - 0,07 (0,2 T - 16)^2$$

dans laquelle Y est le poids de coquille (en g) et T la température en degrés Fahrenheit. El Boushy *et al.* (1968) ont par ailleurs montré que toutes les couches de la coquille sont affectées (y compris la cuticule) mais pas les membranes coquillières (**Figure 3**).

4. Mécanismes physiologiques impliqués dans l'effet de la chaleur sur la coquille de l'oeuf

De nombreux mécanismes physiologiques peuvent être impliqués dans la réduction de dépôt de la coquille induite par une température d'ambiance élevée. Nordstrom (1973) a montré que le temps passé par l'oeuf en formation dans l'utérus augmente de plus de deux heures lorsque la température croît de 21 à 32°C. Ce n'est donc pas ce temps qui peut expliquer la réduction de dépôt de coquille. A l'inverse, un facteur potentiellement important est la forte réduction de flux sanguin enregistré au niveau ovarien et utérin (- 30 à 40 %) attribuable à la vasodilatation périphérique (Wolfensen *et al.*, 1981).

L'effet le plus connu de l'hyperthermie chez les oiseaux est le développement d'un halètement spécifique (*panting*) induisant l'apparition d'une alcalose respiratoire (Richards, 1970). Le contenu en gaz carbonique du sang diminue puis l'élimination rénale d'ions bicarbonate augmente afin de maintenir le pH sanguin près de sa valeur normale. Cette régulation limite la quantité de bicarbonate disponible pour tamponner les protons libérés par la formation de la coquille (Mongin, 1978) et explique que l'élévation de température soit suivie d'une baisse immédiate de dépôt de la coquille (**Figure 2**).

Une autre voie d'action possible est la réduction d'ingéré alimentaire de calcium résultant de la baisse générale de consommation induite par la chaleur. Bien que Mueller (1959) observe alors une augmentation de la rétention calcique, de nombreux auteurs ont noté une baisse de calcémie totale lors d'expositions des poules à la chaleur (de Andrade *et al.*, 1974 ; Kohne et Jones, 1975 ; El Jack *et al.*, 1978).

Plus précisément, Odom *et al.* (1982) décrivent une baisse de calcium ionique sanguin qui peut être due à une liaison soit avec les acides organiques (lactate et pyruvate), soit avec les protéines plasmatiques. On sait également que les températures élevées entraînent une baisse d'activité de l'anhydrase carbonique dans l'utérus et les reins (Goto *et al.*, 1979) ainsi que des augmentations du poids des glandes parathyroïdes, de l'activité CaBP duodénale, de la teneur en cendre du tibia (Odom *et al.*, 1983) et de l'activité 25 OH(D₃)-1 hydroxylasique. Il est donc probable que, dans des conditions de stress thermique, la mobilisation de calcium osseux soit limitée par un mécanisme inconnu et ne puisse compenser la baisse d'ingéré calcique. Ce point devrait faire l'objet de recherches complémentaires.

5. Technique permettant de limiter les effets néfastes de la chaleur sur la formation de la coquille

Il est évidemment difficile de combattre des effets qui ne sont qu'imparfaitement compris. Néanmoins, différentes techniques permettant de corriger les désordres de l'équilibre acido-basique ou de compenser la baisse d'ingéré calcique ont été proposées.

Un premier point est d'éviter si possible l'abaissement de teneur en gaz carbonique et bicarbonate de plasma. L'addition au régime de bicarbonate de sodium s'est révélée ou inefficace (El Boushy, 1966 ; Cox et Balloun, 1968), ou de la même efficacité qu'en température normale. Seuls Ernst *et al.* (1975) ont noté que des poules nourries avec un aliment contenant 0,3% de bicarbonate de sodium (et 0,05% de chlorure de sodium) produisaient pendant l'été, moins d'oeufs à coquille rugueuse que les poules témoins recevant un régime à 0,25% de chlorure de sodium. Un effet positif de l'eau carbonatée a aussi été démontré à 35°C par Odom *et al.* (1981).

Il est connu depuis 20 ans que l'exposition des poules à des atmosphères enrichies en gaz carbonique permet d'augmenter le dépôt de coquille (Frank et Burger, 1965 ; Mongin, 1968). Ceci s'explique par l'augmentation de capacité tampon du sang enregistrée chez la poule en acidose respiratoire chronique (Sauveur et Mongin, 1972) mais, simultanément, la qualité de l'albumen tend à diminuer (Sauveur, 1974). L'usage d'atmosphères enrichies en CO₂ pour combattre des températures élevées ne peut donc être recommandé ni d'un point de vue théorique, ni pratiquement puisqu'il exige une baisse de ventilation des bâtiments. Seule la mesure de la teneur de l'air en CO₂ est quelquefois utile dans des conditions expérimentales car elle peut expliquer des défauts de réponses à l'élévation de température (Daniel et Balnave, 1981).

La distribution d'un aliment plus riche en certains nutriments est une pratique courante pour éviter les baisses d'ingéré en présence d'une forte chaleur. Les études de *pair-feeding* conduites par Smith et Oliver (1972a) démontrent cependant clairement que les effets de la chaleur sur différents paramètres de production (**Tableau 1**) sont plus souvent dus à une action directe qu'à une baisse d'ingéré ; seule la baisse d'intensité de ponte est liée environ pour moitié à l'ingéré. La réduction de dépôt de coquille au contraire, semble entièrement due à un effet direct. Ce type de réponse a été trouvé par d'autres auteurs et lorsque l'augmentation de concentration du régime induit des augmentations de performance, celles-ci sont quelquefois indépendantes de la température (Daghir, 1973 ; Olomu et Offiong, 1983). Dans d'autres cas, l'usage d'aliments plus concentrés se révèle sans effet (El Jack et Blum, 1978) ou même défavorable à la qualité de la coquille à court terme (Tanor *et al.*, 1984). Cette technique ne paraît donc pas constituer un outil efficace pour combattre les effets du stress thermique sur la qualité de la coquille.

Une autre voie d'action possible est la substitution dans le régime d'une partie du carbonate de calcium pulvérulent par des coquilles d'huîtres, ou d'autres sources de calcium en particules qui permettent à la

poule d'ingérer du calcium indépendamment des autres nutriments. Le travail original de Scott et Mullenhoff (1970) démontrant un effet favorable des coquilles d'huîtres sur la qualité de la coquille de l'oeuf fut d'ailleurs conduit pendant la partie la plus chaude de l'été. Ultérieurement, Roland et Harms (1973) et Mekada *et al.* (1976) confirmèrent que les coquilles d'huîtres sont beaucoup plus efficaces durant l'été que durant l'hiver (**Figure 4**) et la même tendance ressort de l'essai à court terme conduit récemment par Picard *et al.* (1986) (**Tableau 2**). Selon ces mêmes auteurs, l'alimentation calcique séparée permet également un meilleur maintien de l'intensité de ponte lors d'un stress thermique en limitant la chute d'ingéré énergétique (Picard *et al.*, 1986 et 1987 ; **Tableau 3**). L'addition de coquilles d'huîtres à un régime déjà riche en calcium est en revanche inefficace de ce point de vue.

Certains aspects cycliques de la formation de l'oeuf doivent également être considérés en relation avec les températures élevées. Ainsi Bhatti et Morris (1977) ont montré que, dans des conditions d'éclairage permanent, une température d'ambiance cyclique peut constituer un signal d'entraînement des ovulations : celles-ci se placent de telle sorte que la formation de la coquille intervienne en période froide. Pratiquement, dans des conditions de production estivale, Deaton *et al.* (1981) ont observé que si la température interne du poulailler peut être abaissée pendant la nuit au niveau de la température externe (21°C), la qualité de la coquille est améliorée. Le refroidissement nocturne des bâtiments est donc particulièrement recommandé ; il constitue probablement, avec l'apport de coquilles d'huîtres pendant l'après-midi, un des moyens les plus efficaces pour combattre les effets négatifs de la chaleur sur la formation de la coquille.

Lorsque des taux d'humidité élevés viennent s'ajouter aux fortes températures, la dépression enregistrée sur le poids de l'oeuf et de la coquille est encore accrue. Cette tendance ressort des résultats obtenus par Picard et Bouchot (résultats non publiés, 1985 ; **Tableau 4**) bien qu'il soit difficile dans leur essai de distinguer l'effet propre de l'humidité et celui de l'exposition prolongée à 33°C.

III. – Programmes lumineux et qualité de l'oeuf

Les programmes lumineux utilisés durant la période d'élevage des poulettes permettent de contrôler la maturité sexuelle et, ce faisant, certaines caractéristiques de l'oeuf telles que le poids total et celui de la coquille. Il ne s'agit cependant là que d'un effet indirect qui ne sera pas considéré davantage dans cette revue.

1. Action de la durée de la photopériode en programme d'éclairage classique

Lorsque les poules ne reçoivent qu'une seule photopériode par jour (situation usuelle) la longueur de celle-ci affecte surtout la fréquence des oeufs pré-fêlés *in utero* et celle des oeufs déformés. Selon Roland et Moore (1980), les fêlures affectant les oeufs *in utero* ont lieu durant les premières heures de calcification c'est-à-dire en fin de journée ; il est donc important de laisser les poules les plus tranquilles possible pendant cette période en réduisant la longueur du jour : l'utilisation de périodes claires de 15 h plutôt que 18 h réduirait de moitié la fréquence des oeufs pré-fêlés *in utero* sans effet sur l'intensité de ponte (Roland, 1982).

2. Programmes lumineux fractionnés

D'importantes augmentations du poids de l'oeuf et du poids de coquille peuvent être obtenues par l'utilisation de programmes lumineux fractionnés (PLF) ou de cycles ahéméraux.

L'intérêt des PLF est surtout apparu depuis dix ans parce qu'ils permettent des économies d'électricité ; les effets sur l'oeuf peuvent aussi être importants selon le type de fractionnement utilisé. Il importe donc de bien distinguer les deux types de PLF existant qui ont été classifiés par Sauveur (1982) et Roland (1985).

Programmes lumineux fractionnés de type 1 (PLF 1)

Les PLF 1 sont constitués de séquences claires et obscures qui se répètent régulièrement à l'intérieur d'une période de 24 heures (exemple 3L : 3N ⁽¹⁾ ou 1L : 3N). Ils peuvent donc être considérés comme des nycthémers très courts, d'une durée de 6 ou 4 heures. Aucune des extinctions de lumière ne joue un rôle privilégié sur la synchronisation des ovulations et on observe donc des ovipositions régulièrement réparties sur 24 h.

A la suite de Wilson et Abplanalp (1956), de nombreux auteurs ont décrit les effets de tels nycthémers très courts (Belle et Moreng, 1973 ; Cooper et Johnston, 1974 ; Cooper et Barnett, 1977 ; Bougon *et al.*, 1980 et 1982 ; Duplaix, 1980 ; Nys et Mongin, 1981 ; Torges *et al.*, 1981 ; Sauveur et Mongin, 1983). Il ressort de toutes ces études (**Tableau 5**) que les PFL 1 entraînent une légère diminution d'intensité de ponte (s'ils sont appliqués dès le début de la ponte) et de consommation d'aliment mais surtout une forte augmentation du poids de l'oeuf et de la qualité de la coquille (épaisseur et résistance à la rupture) ; une illustration en est donnée par la **Figure 5**. Dans l'expérience de terrain de Bougon *et al.* (1982), la proportion d'oeufs cassés est réduite de 7,2 à 5,9% sur l'ensemble de la ponte et de 13,0 à 8,6 % sur la dernière partie de celle-ci.

Cette augmentation de dépôt de coquille induite par le PLF 1 peut être due à un léger allongement du temps de séjour de l'oeuf *in utero* puisque les intervalles moyens entre ovipositions augmentent (Duplaix *et al.*, 1981 ; Sauveur et Mongin, 1983). Il est également probable que la chronologie d'ingestion du calcium est optimale puisque l'usage de PLF 1 est la seule situation permettant à la poule d'ingérer du calcium pendant la formation de la coquille (Nys et Mongin, 1981 ; Torges *et al.*, 1981).

L'augmentation du poids de l'oeuf induite par les PLF 1 n'est cependant pas due qu'à la seule augmentation du poids de coquille mais également à un dépôt plus élevé de jaune et de blanc sans modification de leur apport usuel (Bell et Moreng, 1973 ; Duplaix, 1980). Cet effet doit probablement être relié au léger ralentissement du rythme ovulatoire.

Une légère diminution (2 à 4 unités) de la valeur d'unités Haugh des oeufs produits sous PLF 1 a été signalée par Cooper et Barnett (1977) et Bougon *et al.* (1982) alors qu'aucune variation de ce paramètre n'a été observée par Bell et Moreng (1973) ou Torges *et al.* (1981). D'un autre côté, une augmentation significative de la teneur en matière sèche du blanc (12,1 vs 11,6 %) a été signalée lors de l'utilisation en fin de ponte d'un programme 3L : 3N (Bougon *et al.*, 1980).

Les PLF 1 ont été en France l'objet de nombreux tests de terrain (Crochon, 1979 ; Dromigny, 1980 ; Trémolières, 1983). L'ampleur de la réponse dépend du degré de désynchronisation des animaux, lui-même lié à l'isolation phonique et lumineuse du bâtiment. Ainsi, dans des conditions de station expérimentale (références 5, 6 et 8 du **Tableau 4**) où la désynchronisation entre poules est totale, les variations de taux de ponte et de poids d'oeuf sont grandes (de 5 à 10%) ; sur le terrain, elles sont limitées entre 3 et 5% mais la réduction du pourcentage d'oeufs cassés est toujours significative.

Programmes lumineux fractionnés de type 2 (PLF 2)

Les PLF 2 sont caractérisés par des découpages de la journée non symétriques et non répétitifs ; une période de nuit principale subsiste toujours dont le commencement sert de point de synchronisation des poules. Celles-ci choisissent en outre leurs périodes d'activité et de repos de telle sorte qu'elles obtiennent un jour subjectif ne dépassant pas 15 heures (Mongin, 1980). Le plus connu de ces PLF 2 est constitué par la succession 2L : 8N : 2L : 12N.

Ces programmes de type 2 ne modifient généralement ni l'intensité de ponte, ni le poids de l'oeuf ou de la coquille et ceci autant sur des souches de poules légères (Van Tienhoven et Ostrander, 1973 et 1976)

(1) 3 heures de lumière ; 3 heures de nuit.

que sur des souches semi-lourdes (Skoglund et Whittaker, 1980). Il en est de même lorsque la nuit d'un nycthémer normal (ex. : 16L : 8N) est coupée par 1 ou 2 heures de lumière : un tel traitement ne modifie pas le dépôt de coquille (Brake, 1980 ; Torges *et al.*, 1981), probablement parce que la poule ignore cette période claire secondaire (Sauveur, 1982). Enfin, les programmes de type "bio-mittent" coupant chacune des 16 heures claires d'un nycthémer normal en 15 min. de lumière et 45 min. d'obscurité peuvent induire une légère baisse de poids d'oeuf (0,5 à 1%) associée à une augmentation de résistance de la coquille (1 à 1,5%) (Engster *et al.*, 1979).

☐ Cycles ahéméraux supérieurs à 24 h

Les effets des cycles ahéméraux (différents de 24 h) sur le poids et l'oeuf de la coquille ont fait l'objet de revues par Morris (1981) et Shanawany (1982). Comme l'indique la **Figure 6**, l'intensité de ponte diminue linéairement avec la longueur du cycle lorsque celle-ci augmente de 24 à 33 h. Simultanément, le poids de l'oeuf augmente du fait de l'augmentation du temps passé par l'oeuf dans l'oviducte (Melek *et al.*, 1973) ; le poids du jaune et du blanc augmente simultanément (Morris, 1973 ; Leeson *et al.*, 1979). Un effet très net des cycles ahéméraux longs (supérieurs à 24 h) est l'augmentation du poids de coquille qui est de 4-5% pour les cycles de 26 h, 6-8% pour 27 h et jusqu'à 11 % pour 28 h (Fox *et al.*, 1971 ; Lacassagne et Sauveur, 1973 ; Leeson *et al.*, 1979 ; Yannakopoulos et Morris, 1979).

Deux auteurs (Cooper et Barnett, 1976 et Nordstrom, 1982) signalent, en présence de cycles longs, une réduction de 2% (non significative) des unités Haugh. Elle s'explique vraisemblablement par le fait que les oeufs produits dans les bâtiments expérimentaux ne peuvent pas être toujours collectés immédiatement comme ceux issus des bâtiments témoins.

Un inconvénient des cycles ahéméraux longs est l'absence de tout gain d'électricité. Ceci pourrait être corrigé en découpant la période claire selon un schéma de type PLF 2 (explicité ci-dessus en 24 h) puisque Van Tienhoven *et al.* (1981) ont observé des augmentations de poids total et de celui de coquilles égales respectivement à 8 et 10% avec un programme 2L : 6D : 2L : 18D. Il semble donc possible de combiner cycle ahéméral et fractionnement de type 2.

En conclusion, les cycles ahéméraux de plus de 24 h et les programmes lumineux fractionnés de type 1 agissent en grande partie de la même façon. En allongeant légèrement le temps de transit de l'oeuf dans l'oviducte, ils permettent un accroissement de dépôt du jaune, de l'albumen et de la coquille. S'ils sont utilisés durant la deuxième moitié de la ponte, leur effet réducteur sur l'intensité de ponte est faible et ils constituent un excellent moyen de lutter contre les problèmes de fragilité de coquille en fin de ponte.

Bibliographie

- AHVAR (F.), PETERSEN (J.), HORST (P.), THEIN (H.), 1982.- Veranderugen der Eibeschaffenheit in der 1. Legeperiode unter dem Einfluss hoher Umwelttemperaturen. *Archiv für Geflügelkunde*, **46**, pp. 1-8.
- BAILEY (C.A.), CREGER (C.R.), 1982.- 25-hydroxycholecalciferol-1-hydroxylase activity in heat stressed laying hens. *Poultry Science*, **61**, pp. 586-588.
- BELL (D.D.), MORENG (R.E.), 1973.- Intermittent feeding and lighting of mature Leghorn hens. *Poultry Science*, **52**, pp. 982-991.
- BHATTI (B.M.), MORRIS (T.R.), 1977.- The relative importance of light and temperature as phase setting signals for oviposition in the fowl. *British Poultry Science*, **18**, 391-395.
- BOUGON (M.), PORTAIS (J.), L'HOSPITALIER (R.), 1982.- Etude des performances et de la qualité des oeufs chez les pondeuses soumises à un éclairage discontinu par périodes de trois heures (2ème essai). *Bulletin d'Information de la Station de Ploufragan*, **22**, pp. 155-161.

- BOUGON (M.), LE ROUX (J.L.), PORTAIS (J.), L'HOSPITALIER (R.), 1980.- Etude des performances et de la qualité des oeufs chez les pondeuses soumises à un éclairage discontinu par périodes de trois heures. *Bulletin d'Information de la Station de Ploufragan*, **20**, pp. 69-72, 77.
- BRAKE (J.), 1980.- Relationship of intermittent dark or lighted periods to performance of hens. *Poultry Science*, **59**, p. 1586.
- CARMON (L.G.), HUSTON (T.M.), 1976.- The influence of environmental temperature upon egg components of domestic fowl. *Poultry Science*, **44**, pp. 1237-1240.
- CLARK (C.E.), AMIN (M.), 1986.- The adaptability of chickens to various temperatures. *Poultry Science*, **44**, pp. 1003-1009.
- COOPER (J.B.), BARNETT (B.D.), 1976.- Ahemeral photoperiods for chicken hens. *Poultry Science*, **55**, pp. 1183-1187.
- COOPER (J.B.), BARNETT (B.D.), 1977.- Photoperiod study with chicken hens. *Poultry Science*, **56**, pp. 1832-1835.
- COOPER (J.B.), JOHNSTON (W.E.), 1974.- Albumen quality and shell thickness as affected by time of egg gathering. *Poultry Science*, **53**, pp. 1519-1521.
- COX (A.C.), BALLOUN (S.L.), 1968.- Lack of effect of sodium bicarbonate on shell characteristics. *Poultry Science*, **47**, pp. 1370-11.
- CROCHON (C.), 1979.- Peut-on réduire le prix de revient de l'oeuf ? *Courrier Avicole, Suppl.*, **725**, pp. 23-27.
- DAGHIR (N.J.), 1973.- Energy requirements of laying hens in a semi-arid continental climate. *British Poultry Science*, **14**, pp. 451-461.
- DANIEL (M.), BALNAVE (D.), 1981.- Responses of laying hens to gradual and abrupt increases in ambient temperature and humidity. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, **21**, pp. 189-195.
- DE ANDRADE (A.N.), ROGLER (J.C.), FEATHERSTON (W.R.), 1974.- Effects of heat stress and diet on shell quality and performance of laying hens. *Poultry Science*, **53**, pp. 1916-1917.
- DEATON (J.W.), REECE (F.N.), Mc NAUGHTON (J.C.), LOTT (B.D.), 1981.- Effect of differing temperature cycles on egg shell quality and layer performance. *Poultry Science*, **60**, pp. 733-737.
- DROMIGNY (J.C.), 1980.- Le point sur les techniques de rationnement. *Courrier Avicole*, **776**, pp. 8-10.
- DUPLAIX (M.), 1980.- Effets d'un éclairage discontinu sur la ponte, la qualité des oeufs et le niveau de LH chez *Gallus*. *Mémoire de GEA, ENSA de Rennes*, 57 p.
- DUPLAIX (M.), WILLIAMS (J.), MONGIN (P.), 1981.- Effects of an intermittent lighting schedule on the time of egg-laying and the levels of luteinizing hormone, progesterone and corticosterone in the plasma of the domestic hen. *Journal of Endocrinology*, **91**, pp. 375-383.
- EL-BOUSHY (A.R.), 1966.- Egg shell quality and microstructure as affected by vitamin C, other feed additives and high environmental temperatures. *Mededelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen*, **66**, pp. 1-79.

- EL-BOUSHY (A.R.), SIMONS (P.C.M.), WIERTZ (G.), 1968.- Structure and ultra-structure of the hen's egg shell as influenced by environmental temperature, humidity and vitamin C additions. *Mededelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen*, **66**, pp. 456-467.
- EL-GAMMAL (A.M.), ABO-ELKASEM (M.), HASSAN (G.M.), 1978.- Chemical composition of chicken egg as influenced by crossing, hatching time and season. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, **26**, pp. 537-543.
- EL JACK (M.H.), BLUM (J.C.), 1978.- The influence of high constant environmental temperature and energy level in the diet on the performance of the laying hen. *Archiv für Geflügelkunde*, **42**, pp. 216-220.
- EL-JACK (M.H.), BLUM (J.C.), SAUVEUR (B.), 1978.- The effect of high constant and fluctuating temperatures on blood acid-base balance and some plasma components of the laying hen. *Archiv für Geflügelkunde*, **42**, pp. 123-127.
- ENGSTER (H.M.), SNETSINGER (D.G.), RAGLAND (W.W.), 1979.- Biomittent lighting for pullets and layers. *Poultry Digest*, **38**, pp. 604-610.
- ERNST (R.A.), FRANK (F.R.), PRICE (F.C.), BURGER (R.E.), HALLORAN (H.R.), 1975.- The effect of feeding low chloride diets with added sodium bicarbonate on egg shell quality and other economic traits. *Poultry Science*, **54**, pp. 270-274.
- FOX (X.), MORRIS (T.R.), JENNINGS (R.C.), 1971.- The use of non-24-hour cycles to manipulate egg weight in pullets. *World's Poultry Science Journal*, **27**, p. 159.
- FRANK (F.R.), BURGER (P.E.), 1965.- The effect of carbon dioxide inhalation and sodium bicarbonate ingestion on eggshell deposition. *Poultry Science*, **44**, pp. 1604-1606.
- GEE (G.), MULKEY (J.), HUSTON (T.), 1964.- The influence of environmental temperature upon egg components. *Poultry Science*, **43**, pp. 1321-1322.
- GOTO (K.), HARRIS (G.C.), JR., WALDROUP (P.W.), 1979.- Relationship between pimpling of egg shells, environmental temperature and carbonic anhydrase activity of certain body tissues. *Poultry Science*, **58**, p. 1014.
- HALL (K.N.), HELBACKA (N.V.), 1959.- Improving albumen quality. *Poultry Science*, **38**, pp. 111-114.
- HOWES (J.R.), 1967.- Acid-base relationships and calcium deposition in the egg shell. *Distillers Feed Research Council Proceedings*, **22**, pp. 32-39.
- KOHNE (H.J.), JONES (J.E.), 1975.- Acid-base balance, plasma electrolytes and production performances of adult turkey hens under conditions of increasing ambient temperature. *Poultry Science*, **54**, pp. 2038-2045.
- LACASSAGNE (L.), SAUVEUR (B.), 1973.- Nyctémères de 26 à 28 heures et dépôt de la coquille chez la poule domestique. *Annales de Zootechnie*, **22**, pp. 103-109.
- LEESON (S.), SUMMERS (J.D.), ETCHES (R.J.), 1979.- Effect of a 28 hour light/dark cycle on egg shell quality of end-of-lay birds. *Poultry Science*, **58**, pp. 285-287.
- MEKADA (H.), HAYASHI (N.), OKUMURA (J.I.), YOKOTA (H.O.), 1976.- Effect of dietary fossil shell on the quality of hen's egg shell in summer. *Japanese Poultry Science*, **13**, pp. 65-69.
- MELEK (O.), MORRIS (T.R.), JENNINGS (R.C.), 1973.- The time factor in egg formation for hens exposed to ahemeral light-dark cycles. *British Poultry Science*, **14**, pp. 493-498.

- MILLER (P.C.), SUNDE (M.L.), 1975.- The effect of precise constant and cycle environments on shell quality and other lay performance factors with Leghorn pullets. *Poultry Science*, **54**, pp. 36-46.
- MONGIN (P.), 1962.- Keeping laying hens in CO₂ enriched atmosphere. *Proceedings of 11th European Poultry Congress, Jerusalem*, Work Group No. 7, p. 565.
- MONGIN (P.), 1978.- Acid-base balance during eggshell formation. In : *Respiratory Function in Birds, Adult and Embryonic* (Piiper, J., ed.), pp. 247-259. Berlin, Springer Verlag.
- MONGIN (P.), 1980.- Food intake and oviposition by domestic fowl under symmetric skeleton photoperiods. *British Poultry Science*, **21**, pp. 389-394.
- MORRIS (T.R.), 1973.- The effects of ahemeral light and dark cycles on egg production in the fowl. *Poultry Science*, **52**, pp. 423-445.
- MORRIS (T.R.), 1981.- Using lights to manipulate egg size and pattern of lay in pullet flocks. *Proceedings of Maryland Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, pp. 95-101.
- MUELLER (W.J.), 1959.- The effects of environmental temperature and humidity on the calcium balance and serum calcium of laying pullets. *Poultry Science*, **38**, pp. 1296-1301.
- NORDSTROM (J.O.), 1973.- Duration of egg formation in chickens during heat stress. *Poultry Science*, **52**, pp. 1687-1690.
- NORDSTROM (J.O.), 1982.- Shell quality of eggs from hens exposed to 26- and 27-hour light-dark cycles from 56 to 76 weeks of age. *Poultry Science*, **61**, pp. 804-812.
- NYS (Y.), MONGIN (P.), 1981.- The effect of 6- and 8-hour light-dark cycles on egg production and pattern of ovipositions. *British Poultry Science*, **22**, pp. 391-397.
- ODOM (T.W.), HARRISON (P.C.), DARE (M.J.), 1981.- The effects of carbonated drinking water on egg shell quality during high environmental temperature. *Poultry Science*, **60**, p. 1704.
- ODOM (T.W.), HARRISON (P.C.), MAIN (B.), BOTTJE (W.G.), 1982.- Changes in the blood acid-base balance and blood ionized calcium concentration of SCWL hens during and acute heat stress. *Poultry Science*, **61**, pp. 1519-1520.
- ODOM (T.W.), CREGER (C.R.), CAIN (J.R.), COSTELLO (D.), BAILEY (C.A.), 1983.- The effects of thermal stress on parathyroid gland weight, duodenal calcium-binding protein activity and bone mineral in SCWL hens. *Poultry Science*, **62**, p. 1476.
- OLOMU (J.M.), OFFIONG (S.A.), 1982.- The performance of brown egg-type layers fed different protein and energy levels in the Tropics. *Poultry Science*, **62**, pp. 345-352.
- PICARD (M.), ANTOINE (H.), SAUVEUR (B.), 1986.- Influence de l'alimentation calcique séparée sur l'ingéré énergétique de la poule pondeuse soumise à un stress thermique. 7th European Poultry Conference, Paris, **vol. 1**, pp. 406-411.
- PICARD (M.), ANGULO (I), ANTOINE (H.), BOUCHOT (C.), SAUVEUR (B.), 1987.- Some feeding strategies for poultry in hot and humid environments. *Advances in Animal Feeds and Feeding in the Tropics, Malaysia*.
- RICHARDS (S.A.), 1970.- Physiology of thermal panting. *Annales de Biologie Animale, Biochimie et Biophysique*, **10**, pp. 151-168.

- ROLAND (D.A.), SR, HARMS (R.H), 1973.- Calcium metabolism in the laying hen. 5. Effect of various sources and sizes of calcium carbonate on egg shell quality. *Poultry Science*, **52**, pp. 369-372.
- ROLAND (D.A.), SR, MORE (C.H), 1980.- Effect of photoperiod on the incidence of body-checked and misshapen eggs. *Poultry Science*, **59**, pp. 2703-2707.
- ROLAND (D.A.), SR, 1982.- Relationship of body-checked eggs to photoperiod and breaking strength. *Poultry Science*, **61**, pp. 2338-2343.
- ROWLAND (K.W.), 1985.- Intermittent lighting for laying fowls : a review. *World's Poultry Science Journal*, **41**, pp. 5-19.
- SAUVEUR (B.), MONGIN (P.), 1972.- Contribution à l'étude de l'hypercapnie aiguë et chronique chez la poule. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **41A**, pp. 869-875.
- SAUVEUR (B.), 1974.- Recherches sur la fraction hydro-minérale de l'albumen de l'oeuf de poule. Influence de certaines variations de l'équilibre acido-basique. Thèse de Doctorat d'Etat, Tours.
- SAUVEUR (B.), 1982.- Effets du fractionnement de la photopériode sur la poule en phase d'élevage et de production. In : *Fertilité et Alimentation des Volailles*, pp. 1-35. Versailles, INRA.
- SAUVEUR (B.), MONGIN (P.), 1983.- Performance of layers reared and/or kept under different 6-hour light-dark cycles. *British Poultry Science*, **24**, pp. 405-416.
- SCOTT (M.L.), MULLENHOFF (P.A.), 1970.- Dietary oyster shell and eggshell quality. *Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, pp. 24-28.
- SHANAWANY (M.M.), 1982.- The effect of ahemeral light and dark cycles on the performance of laying hens (a review). *World's Poultry Science Journal*, **38**, pp. 120-126.
- SKOGLUND (W.C.), WHITTAKER (D.), 1980.- Interrupted lighting programs for brown egg breeds. *Poultry Science*, **59**, pp. 2397-2399.
- SMITH (A.J.), OLIVER (J.), 1972a.- Some nutritional problems associated with egg production at high environmental temperature. 1. The effect of environmental temperature and rationing treatments on the productivity of pullets fed on diets of different energy content. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, **10**, pp. 3-21.
- SMITH (A.J.), OLIVER (J.), 1972b.- Some nutritional problems associated with egg production at high environmental temperatures. 4. The effect of prolonged exposure to high environmental temperatures on the productivity of pullets fed on high-energy diets. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, **10**, pp. 43-60.
- SMITH (A.J.), 1974.- Changes in the average weight and shell thickness of eggs produced by hens exposed to high environmental temperatures. A review. *Tropical Animal Health and Production*, **6**, p. 237.
- TANOR (M.A.), LEESON (S.), SUMMERS (J.D.), 1984.- Effect of heat stress and diet composition on performance of White Leghorn hens. *Poultry Science*, **63**, pp. 304-310.
- TORGES (H.G.), RAUCH (H.W.), WEGNER (R.M.), 1981.- Intermittieren de Beleuchtung von Legehennen und ihr Einfluss auf Legeleistung, Eiqualität, Eiablage- und Futteraufnahme-rhythmik. *Archiv für Geflügelkunde*, **45**, pp. 76-82.
- TREMOLIERES (E.), 1983.- Programme lumineux et maîtrise de la consommation chez la pondeuse. *Documents Eleveur UFAC*, **80**, pp. 9-12.

- VAN TIENHOVEN (A.), OSTRANDER (C.E.), 1976.- Short total photoperiods and egg production of White Leghorns. *Poultry Science*, **55**, pp. 1361-1364.
- VAN KAMPEN (M.), 1983.- Heat stress, feed restriction and the lipid composition of egg yolk. *Poultry Science*, **62**, pp. 819-823.
- VAN TIENHOVEN (A.), OSTRANDER (C.E.), 1973.- The effect of interruption of the dark period at different intervals on egg production and shell breaking strength. *Poultry Science*, **52**, pp. 998-1001.
- VAN TIENHOVEN (A.), OSTRANDER (C.E.), GEHLE (M.) 1984.- Response of different commercial strains of laying hens to short total photoperiods in interrupted light experiments during days of 24 and 28 hours. *Poultry Science*, **63**, pp. 2318-2330.
- WILSON (W.O.), ABPLANALP (H), 1956.- Intermittent light stimuli in egg production of chickens. *Poultry Science*, **35**, pp. 532-538.
- WOLFENSON (D.), FREI (Y.F.), SNAPIR (N.), BERMAN (S.A.), 1981.- Heat stress effects on capillary blood flow and its redistribution in the laying hen. *Pflügers Archiv*, **390**, pp. 86-93.
- WOLFORD (J.H.), TANAKA (K.), 1970.- Factors influencing egg shell quality – a review. *World's Poultry Science Journal*, **26**, pp. 763-780.
- YANNAKOPOULOS (A.L.), MORRIS (T.R.), 1979.- Effect of light, vitamin D and dietary phosphorus on egg shell quality late in the pullet laying year. *British Poultry Science*, **20**, pp. 337-342.

Tableau 1 : Effets directs et indirects (liés à l'ingéré alimentaire) de la chaleur sur la ponte

	Taux de ponte	Poids oeuf	Poids sec			Solidité coquille
			Jaune	Blanc	Coquille	
Effet direct (%)	- 23	- 10	- 12	- 10	- 33	- 39
Effet indirect (%) (lié à la réduction d'ingéré)	- 26	- 7	- 5	- 8	- 2	0

D'après Smith et Oliver, 1972a ; Expériences de pair feedings conduites à 21 et 38°C.

Tableau 2 : Effets combinés sur la coquille de l'oeuf d'une augmentation abrupte de température (de 20 à 33°C) et de la source de calcium alimentaire (carbonate pulvérulent vs coquille d'huître)

Source de calcium		Fin période témoin (20°C)	2ème jour à 33°C	24ème au 28ème j à 33°C
Calcaire pulvérulent dans aliment	Poids de l'oeuf (g)	61,1	60,0	57,7
	Poids de coquille (g)	5,84	4,47	5,22
	Index de coquille (2)	8,04	6,26	7,48
Coquilles d'huîtres séparées	Poids de l'oeuf (g)	62,2	60,0	58,9
	Poids de coquille (g)	5,82	4,96	5,42
	Index de coquille (2)	7,93	6,90	7,67

D'après Picard et al., 1986.

(1) 24 poules ISA Brown par lot.

(2) g/100 cm² de surface.

Tableau 3 : Effets de l'alimentation calcique séparée sur les performances de ponte, dans des conditions de température élevée

1er essai (4 sem.)	20°C		33°C	
	Témoin (2)	A.C.S. (3)	Témoin	A.C.S.
Ingéré énergétique (kcal/j/poule)	320	360*	220	257*
Ponte (%)	83	82	66	77*
Poids de l'oeuf	61	62	58	59

2ème essai (12 sem.)	20°C			33°C		
	Témoin (2)	A.C.S. (3)	T+C.H. (4)	Témoin	A.C.S.	T+C.H.
Ingéré énergétique (kcal/j/poule)	279	308*	270	207	242*	223
Ponte (%)	89	93*	87	65	73*	66
Poids de l'oeuf	58	60	58	58	59	59

D'après Picard *et al.* 1986 et 1987.

(1) 24 poules ISA Brown par lot.

(2) Aliment témoin contenant environ 4% de calcium sous forme de carbonate pulvérulent.

(3) A.C.S. = Aliment pauvre en calcium + coquille d'huîtres séparées.

(4) T+C.H. = Aliment témoin riche en calcium + coquilles d'huîtres.

Tableau 4 : Effets combinés des températures élevées et de l'humidité relative sur la composition de l'oeuf

Température (°C)	20	33	33	20
Humidité relative (%)	50	30	85	50
Poids de l'oeuf (g)	58,1	56,2	54,2	59,0
Poids de coquille (g)	5,72	5,47	4,89	5,85
Poids du jaune (g)	15,0	14,3	13,9	15,2
Poids de l'albumen (g)	37,5	36,4	35,3	38,0
Matière sèche du jaune (%)	52,7	51,0	50,9	51,5
Matière sèche de l'albumen (%)	12,8	12,4	12,0	12,2

D'après Picard et Bouchoi, 1985 ; résultats non publiés (1).

(1) 36 poules ISA Brown étudiées pendant 4 périodes successives de 28 j. Mesures sur l'oeuf faites à la fin de chaque période.

Tableau 5 : Résumé des résultats enregistrés après application de programmes lumineux fractionnés de type 1 (PLF 1)
(Variations en % des valeurs des lots témoins)

Référence	Programme	Animaux		Intensité de ponte	Poids de l'oeuf	Qualité de coquille			Unités Haugh
		Type (1)	Age (sem.)			% coquille, densité ou index	Poids de coquille ou épaisseur	Résistance rupture	
(1)	1:6L:3 5/6D	W	20-48	- 5,5	+ 2,7*				+ 3,0
(2)	2L:2D 2L:4D	W	24-76	- 5,2	+ 3,2*			+ 1,0	- 2,5*
		W	20-72	- 5,7	+ 2,5			+ 6,0*	- 1,9*
(3)	2L:6D 3L:3D	W	20-72	- 4,1	+ 0,7			+ 5,4*	- 1,7*
		W	20-72	- 2,0	0			+ 4,2*	- 2,8
(4)	3L:3D 3L:3D	B	49-65	- 1,6	+ 1,5*				+ 2,3
		B	24-66	- 4,4*	+ 2,8*				+ 3,9*
(5)	3L:3D 4L:4D	B	39-42	- 6,4*	+ 5,7*				+ 7,0*
		B	39-42	- 5,3*	+ 5,7*	+ 7,9*			+ 12,5*
(6)	2,5L:2,5D 4L:2D	B	29-61	- 11,0	+ 5,2*	+ 1,8			+ 7,8*
		W	20-36	- 11,0*	+ 3,8*	+ 5,6*			+ 7,8*
(7)	4L:2D 8L:4D	W	28-72	- 6,8*	+ 3,8*	+ 3,0*			+ 1,1
		W	28-72	- 6,8*	+ 2,8*	+ 4,3*			+ 3,7*
(8)	1,5L:4,5D 3L:3D(2)	B	25-60	- 6,5*	+ 6,8*	+ 6,7*			+ 13,6*
		B	25-60	- 5,5*	+ 5,3*	+ 4,3*			+ 11,0*

1) W = oeufs blancs ; B = oeufs colorés.

2) Evoluant ensuite jusqu'à 1,5L:4,5D.

* Variation significative par rapport au lot témoin.

(1) Bell et Moreng, 1973 ; (2) Cooper et Barnett, 1977 ; (3) Bougon et al., 1980 ; (4) Bougon, Protais et l'Hospitalier, 1982 ; (5) Nys et Mongin, 1981 ; (6) Duplaix, 1980 ; (7) Torges, Rauch et Wegner, 1981 ; (8) Sauveur et Mongin, 1983.

Figure 1 : Regroupement de nombreux essais montrant l'effet de la température ambiante sur le poids de l'oeuf
(d'après Ahwar *et al.*, 1982)

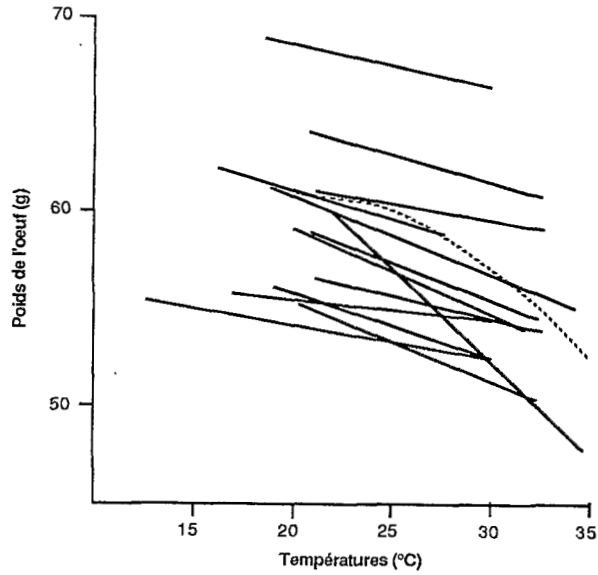


Figure 2 : Variations aiguës du poids des différents constituants de l'oeuf après exposition à 33°
(Picard, Antoine et Sauveur, 1984; résultats non publiés)

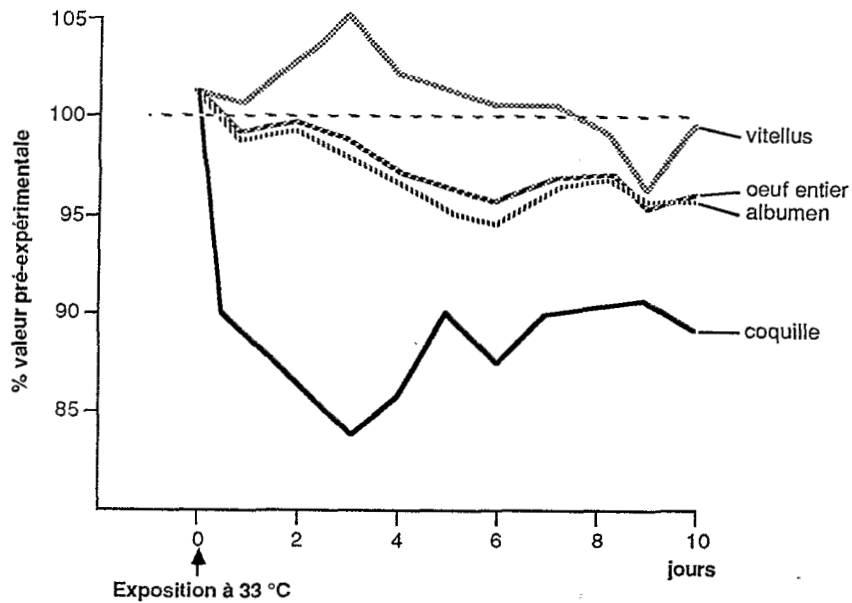


Figure 3 : Effet d'une température ambiante élevée sur l'épaisseur des différentes couches de la coquille (d'après El-Boushy, Simon et Wiertz, 1968)

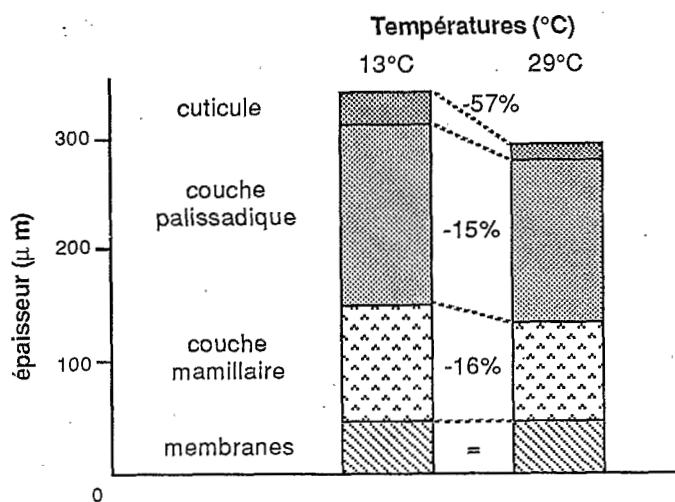


Figure 4 : Effets combinés de l'utilisation de coquilles d'huîtres dans l'aliment et de la température sur la résistance à la rupture de la coquille de l'oeuf (d'après Mekada et al., 1976)

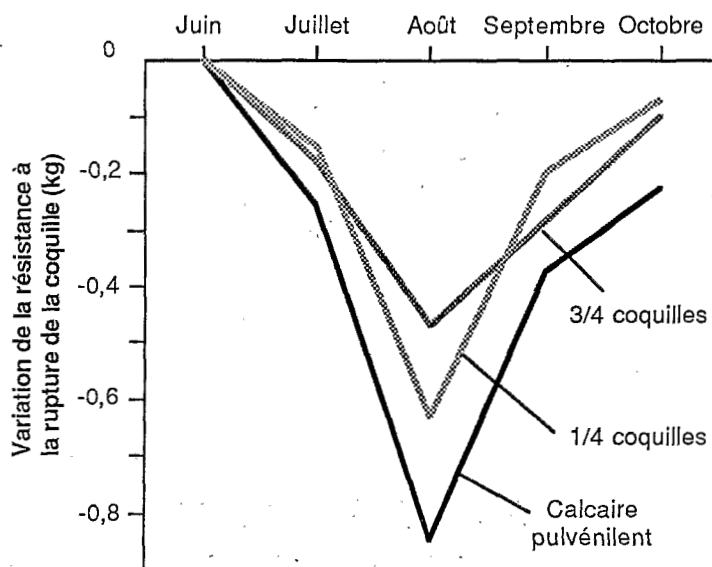


Figure 5 : Action de 2 programmes lumineux fractionnés de type 1 (E1 et E2) comparés à un programme témoin (C) sur le poids de l'oeuf et de la coquille (d'après Sauveur et Mongin, 1983)

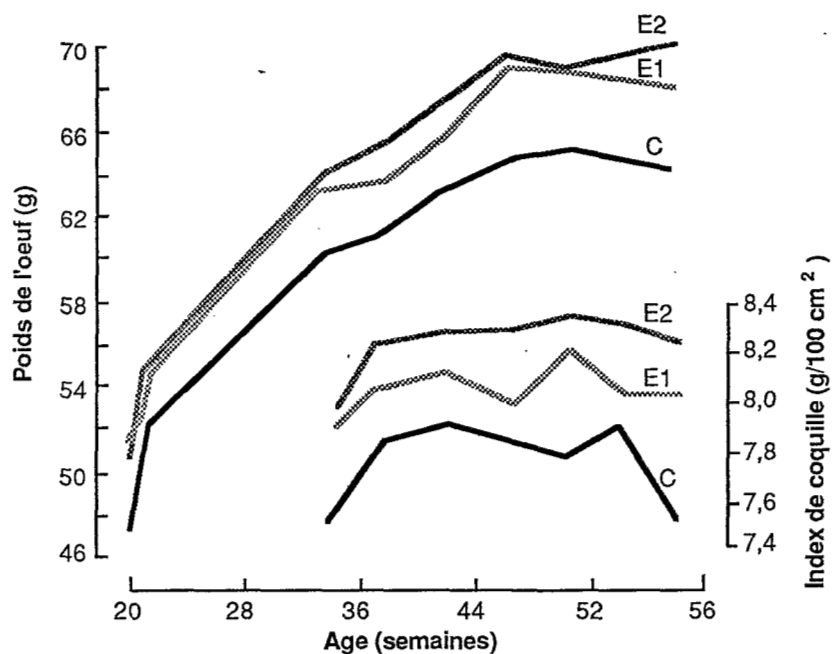


Figure 6 : Effets de la durée d'un cycle ahéméral sur le taux de ponte et le poids de l'oeuf (d'après Shanany, 1982)

