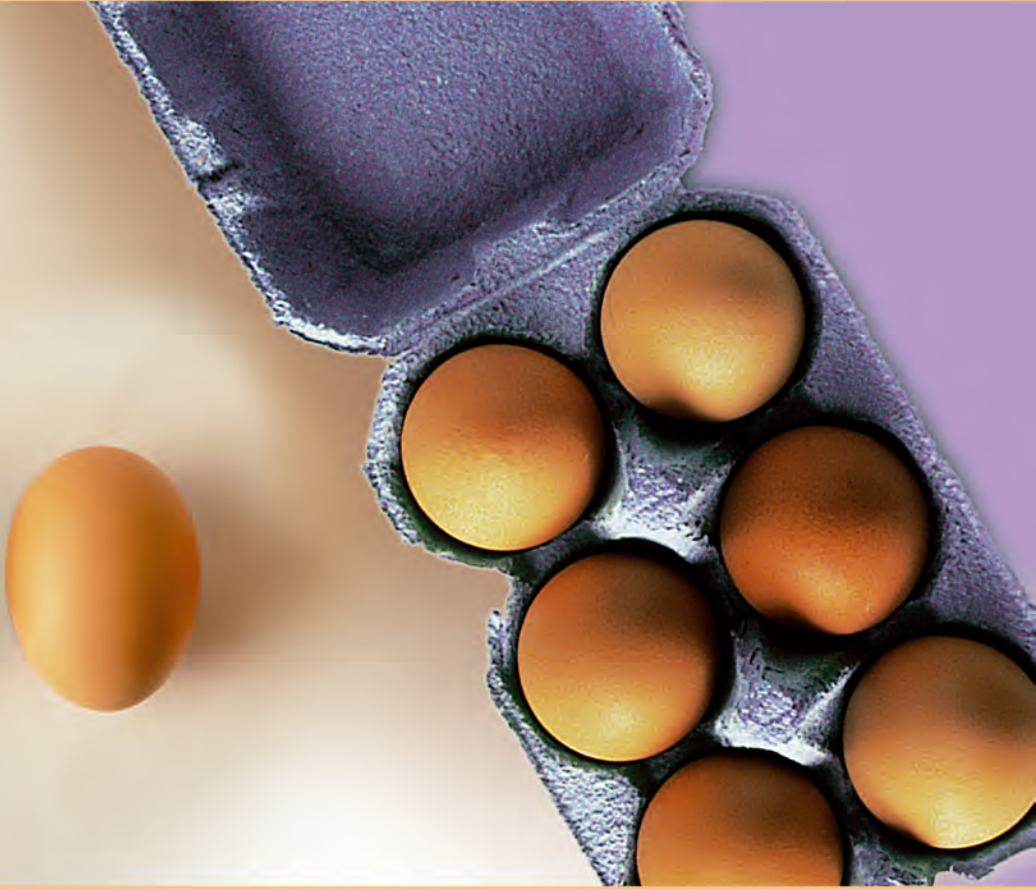




COLLECTION  
SCIENCES & TECHNIQUES  
AGROALIMENTAIRES

**Françoise Nau • Catherine Guérin-Dubiard**  
**Florence Baron • Jean-Louis Thapon**



# Science et technologie de l'œuf

Volume I  
**Production et qualité**

**Editions**  
**TEC**  
& **DOC**

*Lavoisier*



COLLECTION  
SCIENCES & TECHNIQUES  
AGROALIMENTAIRES



# Science et technologie de l'œuf

## Production et qualité

### Volume 1

**Françoise Nau**  
**Catherine Guérin-Dubiard**  
**Florence Baron**  
**Jean-Louis Thapon<sup>†</sup>**

Coordonnateurs

*Editions*  
**TEC**  
& **DOC**

11, rue Lavoisier  
75008 Paris

## Chez le même éditeur

*Science et technologie de l'œuf – De l'œuf aux ovoproduits, volume 2*

F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon† (coord.), 2010

*Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*

E. Fredot, 2<sup>e</sup> édition, 2009

*Nutrition humaine et sécurité alimentaire*

M. Murat (coord.), 2009

*Science des aliments, volume 2 : Technologie des produits alimentaires*

R. Jeantet, T. Croguennec, P. Schuck, G. Brulé, 2006



© LAVOISIER, 2010

ISBN : 978-2-7430-1223-6

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

À Jean-Louis Thapon...  
(1946-2007)



## Liste des auteurs

### **Maureen Bain**

PhD  
Senior lecturer  
University of Glasgow  
Veterinary School  
G61 1QH Bearsden, Glasgow (Scotland)  
E-mail : M.Bain@vet.gla.ac.uk

### **Florence Baron**

Ingénieur agronome, Docteur en physico-chimie  
et qualité des bioproduits  
Maître de conférences en microbiologie  
alimentaire  
Agrocampus Ouest  
Département agroalimentaire  
65, rue de Saint-Brieuc  
35042 Rennes cedex  
E-mail : Florence.Baron@agrocampus-ouest.fr

### **Agnès Braine**

DEA de géographie  
Chargée d'études économiques  
Institut technique de l'aviculture (ITAVI)  
4, rue de la bienfaisance  
75008 Paris  
E-mail : braine@itavi.asso.fr

### **Emmanuelle Buffet**

Ingénieur agronome  
Responsable Qualité (Matines)  
FEDALIM  
8, rue de l'Isly  
75008 Paris  
E-mail : e2buffet@free.fr

### **Josse De Baerdemaeker**

Full Professor  
K.U. Leuven  
Department of Biosystems  
Kasteelpark Arenberg 30 – bus 2456  
3001 Heverlee (Belgium)  
E-mail : josse.debaerdemaeker@biw.kuleuven.be

### **Bart De Ketelaere**

PhD  
Research Manager  
K.U. Leuven  
Department of Biosystems  
Kasteelpark Arenberg 30 – bus 2456  
3001 Heverlee (Belgium)  
E-mail : bart.deketelaere@biw.kuleuven.be

### **Eddy Decuyper**

Full Professor  
K.U. Leuven  
Department of Biosystems  
Kasteelpark Arenberg 30 – bus 2456  
3001 Heverlee (Belgium)  
E-mail : eddy.decuyper@biw.kuleuven.be

### **Véronique Gonnier**

Ingénieur en agriculture  
Coordinatrice et animatrice de l'interprofession  
des œufs  
Comité national pour la promotion de l'œuf  
(CNPO)  
28, rue du rocher  
75008 Paris  
E-mail : veronique.gonnier@cnpo.fr

**Sophie Jan**

Docteur en génie enzymatique, bioconversion et microbiologie  
 Maître de conférences en microbiologie alimentaire  
 Agrocampus Ouest  
 65, rue de Saint-Brieuc  
 35042 Rennes  
 E-mail : sophie.jan@agrocampus-ouest.fr

**Philippe Joly**

Ingénieur agronome  
 Nutritionniste, anciennement Directeur du service d'assistance technique à l'ISA  
 Institut de sélection avicole (ISA)  
 5, rue Buffon  
 22000 Saint-Brieuc  
 E-mail : phil22.joly@yahoo.fr

**Maryline Kouba**

Ingénieur agronome, Docteur en sciences animales  
 Professeur en sciences animales  
 Agrocampus Ouest  
 Département sciences de l'animal  
 65, rue de Saint-Brieuc  
 35042 Rennes cedex  
 E-mail : maryline.kouba@agrocampus-ouest.fr

**Pascale Magdelaine**

Ingénieur agronome  
 Directrice du service Économie  
 Institut technique de l'aviculture (ITAVI)  
 28, rue du Rocher  
 75008 Paris  
 E-mail : magdelaine@itavi.asso.fr

**Denis Mégard**

Docteur en biochimie et technologie alimentaire  
 Directeur Procédés & Engineering  
 Diana Naturals  
 BP 15  
 35560 ANTRAIN  
 E-mail : dmegard@diana-naturals.com

**Kristof Mertens**

PhD  
 Postdoctoral Researcher  
 K.U. Leuven  
 Department of Biosystems  
 Kasteelpark Arenberg 30 – bus 2456  
 3001 Heverlee (Belgium)  
 E-mail : kristof.mertens@biw.kuleuven.be

**Yves Nys**

Docteur en nutrition  
 Directeur de recherches  
 INRA Tours  
 Unité de Recherches Avicoles  
 37380 Nouzilly  
 E-mail : nys@tours.inra.fr

**Catalin Perianu**

Ingénieur, PhD student  
 K.U. Leuven  
 Department of Biosystems  
 Kasteelpark Arenberg 30 – bus 2456  
 3001 Heverlee (Belgium)  
 E-mail : catalin.perianu@biw.kuleuven.be

**Michel Protais**

Ingénieur agronome  
 Consultant  
 47 N, rue Mathurin Méheut  
 22000 Saint-Brieuc  
 E-mail : protais.m@gmail.com

**Marie-Paule Spiess**

Ingénieur agronome  
 Chef de projet  
 UBIFRANCE  
 77, boulevard Saint-Jacques  
 75014 Paris  
 E-mail : marie-paule.spiess@ubifrance.fr



# Préambule

*« Il est terrible  
le petit bruit de l'œuf dur cassé sur le comptoir d'étain,  
il est terrible ce bruit  
quand il remue dans la mémoire de l'homme qui a faim... »*

Jacques Prévert

De tout temps, l'œuf a inspiré les poètes, les artistes et les hommes. Qui ne connaît l'art populaire de l'œuf peint, l'ove de l'architecte, l'œuf du chocolatier, l'œuf d'albâtre ou d'agate du joaillier, l'œuf en buis de la repriseuse. Seuls les astronomes et les astrologues n'ont pas réussi à trouver une constellation de l'œuf... étrange.

L'œuf mythique, magique, philosophique, cosmique, érotique, duquel surgit toute chose, le ciel, la terre, l'homme, la femme, la vie, la mort, les dieux et les hommes... On comprend alors pourquoi Salvador Dali en avait recouvert le toit et les murs de sa maison-musée.

De sa forme idéale, naissent le temps et les mutations. De cet ovoïde parfait, du blanc le plus pur au marron le plus doux, surgira une créature vivante, qui grandira et mourra. Avant, elle aura donné d'autres œufs et le grand cycle de la vie ne sera interrompu.

L'œuf est tellement beau qu'il est pénible de devoir le rompre. Sa coquille, emballage naturel parfait, est à la fois fragile et résistante, elle paraît défier les lois de la physique. Et pourtant, quelle tentation de briser cette coquille pour qu'elle nous livre ses secrets.

Casser un œuf est un geste qui nécessite de l'adresse et un certain style : il faut donner un coup sec d'un poignet à la fois décidé et souple. Ce geste s'enseigne dans les écoles de cuisine. Une fois rompu, avec plus ou moins d'habileté, il nous livre alors des substances de haute valeur nutritive et parfaitement assimilables.

Avec un peu d'imagination, il va nous permettre de faire des crèmes onctueuses et douces comme des velours, des omelettes baveuses, des crêpes dentelles, des soufflés légers, des îles qui flottent, des flans tremblants et délicats...

Mais tout seul, notre œuf est un régal. Frais pondu, c'est comme un retour au paradis perdu de la vie au grand air. Et qui peut résister à l'attrait de cette petite boule jaune orangé délicatement enveloppée dans son manteau blanc ? L'œuf à la coque est un bienfait des dieux...

Mais l'œuf, c'est aussi un prix, des protéines et des lipides, de l'ovalbumine et de la phosvitine, des propriétés fonctionnelles et organoleptiques, de la recherche et du développement... »

Jean-Louis Thapon  
(Rennes, 1996)

Extrait de l'allocution d'ouverture du colloque intitulé :  
« *De la poule au gâteau... : l'œuf et les ovoproduits* »

# Table des matières

Liste des auteurs . . . . .	III
-----------------------------	-----

Préambule . . . . .	VII
---------------------	-----

## Chapitre 1

### Production et consommation des œufs et des ovoproduits

*(Pascale Magdelaine, Agnès Braine, Véronique Gonnier et Marie-Paule Spiess)* . . . . .

	1
1. Panorama mondial . . . . .	1
1.1. Production mondiale, dynamique et principaux pays producteurs . . . . .	1
1.1.1. La production chinoise . . . . .	3
1.1.2. La production nord-américaine . . . . .	5
1.1.3. La production mexicaine . . . . .	7
1.2. Un commerce mondial dominé par les échanges intra-communautaires . . . . .	7
1.2.1. Les échanges d'œufs coquille . . . . .	8
1.2.2. Les échanges d'ovoproduits . . . . .	8
1.3. Analyse de la consommation dans le Monde et évolution sur les dernières années . . . . .	9
2. Panorama européen . . . . .	10
2.1. Stabilité de la production européenne depuis 2000 . . . . .	10
2.2. Les principaux pays producteurs européens (hors France) . . . . .	12
2.2.1. Espagne . . . . .	12
2.2.2. Allemagne . . . . .	12
2.2.3. Italie . . . . .	13
2.2.4. Royaume-Uni . . . . .	13
2.2.5. Pologne . . . . .	13

2.3. Une diversification des modes d'élevage croissante au sein de l'Union européenne . . . . .	14
2.4. Développement inégal de la production d'ovoproduits au sein de l'Union européenne . . . . .	16
2.5. L'Union européenne légèrement exportatrice nette en œufs et ovoproduits . . . . .	18
2.6. Une consommation d'œufs et d'ovoproduits stabilisée en Europe, avec une forte segmentation des marchés. . . . .	19
3. Panorama français . . . . .	20
3.1. Données et structures de la production française . . . . .	20
3.1.1. Historique et répartition géographique . . . . .	20
3.1.2. Les maillons de la filière œuf et ovoproduits . . . . .	21
3.1.3. Principaux acteurs de la filière œuf et ovoproduits en France . . . . .	26
3.2. La France légèrement déficitaire en œufs et excédentaire en ovoproduits. . . . .	27
3.2.1. Un déficit en œufs coquille . . . . .	28
3.2.2. Un excédent en ovoproduits. . . . .	29
3.3. Évolution et perspectives de la consommation française . . . . .	31
3.3.1. Une tendance à l'érosion . . . . .	31
3.3.2. Une part croissante des ovoproduits dans la consommation . . . . .	31
3.3.3. Une segmentation croissante du marché de l'œuf coquille au profit des systèmes alternatifs. . . . .	32
4. Conclusion . . . . .	33
5. Sigles . . . . .	35
Références bibliographiques . . . . .	36

## Chapitre 2

<b>Sélection génétique et production des pondeuses (Michel Protais) . . . . .</b>	<b>37</b>
1. Sélection génétique . . . . .	37
1.1. Historique. . . . .	37
1.2. Caractéristiques de la sélection avicole . . . . .	38
1.2.1. Biologie de l'animal. . . . .	38
1.2.2. Maîtrise de l'environnement . . . . .	38
1.2.3. Sélection et diffusion des produits contrôlés par un faible nombre d'opérateurs . . . . .	38
1.3. Segmentation du marché . . . . .	41
1.3.1. Couleur de la coquille : œufs blancs, œufs roux . . . . .	41
1.3.2. Modes de production : élevages en cages, élevages alternatifs . . . . .	42
1.4. Méthodes . . . . .	42
1.4.1. Génétique mendélienne . . . . .	42
1.4.2. Génétique quantitative. . . . .	46
1.4.3. Génétique quantitative et génétique moléculaire . . . . .	51
1.5. Caractères sélectionnés . . . . .	52
1.5.1. Viabilité de la pondeuse . . . . .	52
1.5.2. Nombre d'œufs produits. . . . .	54
1.5.3. Taille de l'œuf . . . . .	55

1.5.4. Qualité de l'œuf . . . . .	55
1.5.5. Efficacité alimentaire. . . . .	57
1.5.6. Caractères liés à la reproduction . . . . .	57
2. Élevage des reproducteurs. . . . .	58
2.1. Introduction . . . . .	58
2.2. Structures de production : aspect sanitaire et bâtiment. . . . .	58
2.3. Phases d'élevage des reproducteurs. . . . .	58
2.3.1. Démarrage . . . . .	58
2.3.2. Croissance. . . . .	59
2.3.3. Lumière . . . . .	59
2.3.4. Alimentation . . . . .	60
2.3.5. Épointage. . . . .	60
2.3.6. Vaccination. . . . .	61
2.3.7. Transfert. . . . .	62
2.4. Phase de production des reproducteurs. . . . .	62
2.4.1. Lumière . . . . .	62
2.4.2. Alimentation . . . . .	63
2.4.3. Reproduction naturelle <i>versus</i> reproduction artificielle. . . . .	63
2.4.4. Soins aux œufs. . . . .	63
3. Incubation de l'œuf de reproduction . . . . .	64
3.1. Rappels sur le développement embryonnaire . . . . .	64
3.1.1. Phase I : de la fertilisation de l'ovocyte à l'oviposition . . . . .	64
3.1.2. Phase II : morphogénèse embryonnaire. . . . .	64
3.1.3. Phase III : croissance embryonnaire . . . . .	65
3.1.4. Rôle des annexes embryonnaires . . . . .	67
3.2. Incubation artificielle . . . . .	67
3.2.1. Historique. . . . .	67
3.2.2. Conception du couvoir . . . . .	67
3.2.3. Agencement du couvoir . . . . .	68
3.2.4. Soins aux œufs avant incubation . . . . .	69
3.2.5. Paramètres de l'incubation . . . . .	70
3.2.6. Soins aux poussins à l'éclosion . . . . .	71
4. Conclusion générale . . . . .	72
Références bibliographiques . . . . .	72

### Chapitre 3

<b>Élevage des poules pondeuses (Maryline Kouba, Philippe Joly et Florence Baron) . . . . .</b>	<b>75</b>
1. La vie d'une pondeuse . . . . .	75
1.1. Déroulement de la ponte . . . . .	76
1.1.1. Le « timing » de la ponte . . . . .	76
1.1.2. Les réponses photopériodiques . . . . .	77
1.2. Caractéristiques de la production d'œufs . . . . .	80
1.2.1. Nombre d'œufs . . . . .	80
1.2.2. Poids de l'œuf . . . . .	81
1.2.3. Masse d'œufs produite . . . . .	82

1.2.4. Âge à la maturité sexuelle . . . . .	82
1.3. Facteurs affectant la production d'œufs . . . . .	83
1.4. Facteurs entraînant l'arrêt de la ponte . . . . .	84
1.4.1. Photoréfraction . . . . .	84
1.4.2. Couvaion . . . . .	84
1.4.3. Mue . . . . .	85
1.5. Fin de vie de la poule pondeuse . . . . .	87
1.5.1. Ramassage . . . . .	88
1.5.2. Transport . . . . .	88
1.5.3. Réception des animaux . . . . .	88
1.5.4. Anesthésie . . . . .	89
1.5.5. Saignée . . . . .	89
1.5.6. Échaudage et plumaison . . . . .	89
1.5.7. Éviscération et ressuage . . . . .	89
2. Programmes lumineux appliqués en élevage . . . . .	89
2.1. Éclairage en période d'élevage des poulettes . . . . .	90
2.1.1. Maturité sexuelle en absence de photostimulation . . . . .	90
2.1.2. Maturité sexuelle avec photostimulation . . . . .	90
2.1.3. Intensité lumineuse en élevage . . . . .	91
2.1.4. Applications pratiques . . . . .	92
2.2. Éclairage en période de ponte . . . . .	92
2.2.1. Durée d'éclairage . . . . .	92
2.2.2. Intensité lumineuse . . . . .	94
2.2.3. Éclairage et qualité de la coquille . . . . .	95
3. Alimentation des poulettes et des poules pondeuses . . . . .	96
3.1. Physiologie digestive . . . . .	96
3.1.1. Tube digestif . . . . .	96
3.1.2. Vitesse de transit . . . . .	100
3.2. Alimentation de la poulette en croissance . . . . .	100
3.2.1. Facteurs importants pour les performances de ponte futures . . . . .	100
3.2.2. Influence du niveau énergétique . . . . .	101
3.2.3. Influence de la teneur en protéines . . . . .	102
3.2.4. Influence de la présentation de l'aliment . . . . .	102
3.2.5. Horaires d'alimentation . . . . .	103
3.2.6. Les différents régimes alimentaires . . . . .	103
3.3. Alimentation de la poule pondeuse . . . . .	104
3.3.1. Eau . . . . .	105
3.3.2. Énergie . . . . .	106
3.3.3. Acides aminés . . . . .	110
3.3.4. Minéraux . . . . .	116
3.3.5. Oligoéléments, vitamines et pigments . . . . .	121
3.3.6. Aliments enrichis en acides gras oméga-3 . . . . .	121
3.3.7. Autres critères de qualité de l'aliment . . . . .	121
4. Pratiques d'élevage . . . . .	122
4.1. Les différents modes d'élevage . . . . .	122
4.1.1. Élevages « standards » . . . . .	122

4.1.2. Élevages « alternatifs »	124
4.1.3. Comparaison des différents systèmes d'élevage	126
4.2. Conditions environnementales	127
4.3. Gestion des effluents	129
5. Spécificités de la conduite d'élevage en période de chaleur ou en zones chaudes	129
5.1. Influence de la chaleur	129
5.1.1. Mécanismes de thermorégulation chez l'oiseau	129
5.1.2. Influence sur la production d'œufs	131
5.2. Techniques permettant de réduire l'impact de la chaleur	131
5.2.1. Voie alimentaire	131
5.2.2. Techniques d'élevage	132
6. Santé des pondeuses et impact sur la qualité de l'œuf	135
6.1. Pathologies des poules	135
6.2. Parasites externes, insectes, rongeurs et oiseaux sauvages	137
6.2.1. Parasites externes	137
6.2.2. Insectes non parasites	137
6.2.3. Rongeurs	138
6.2.4. Oiseaux sauvages	138
7. Bien-être animal	138
7.1. Définition	139
7.2. Appréciation du bien-être animal	139
7.2.1. Mesures zootechniques	139
7.2.2. Mesures sémiologiques	139
7.2.3. Mesures physiologiques	139
7.2.4. Mesures éthologiques	139
7.3. Applications en droit communautaire	140
7.4. Études actuelles sur le bien-être de la poule	140
7.4.1. Faim, soif et malnutrition	140
7.4.2. Inconfort	141
7.4.3. Douleur, blessure, maladie	141
7.4.4. Impossibilité d'exprimer un comportement naturel	141
7.4.5. Peur et stress	142
Références bibliographiques	142

### Chapitre 4

<b>Valorisation des poules de réforme (Denis Mégard)</b>	147
1. Abattage des poules de réforme	148
2. De la découpe à la séparation	149
3. Valorisation en nutrition animale	150
4. Production d'ingrédients alimentaires	151
4.1. Bouillons d'os et bouillons de carcasses	152
4.2. Viande de poule déshydratée	154
4.3. Bouillons de viande	154
4.4. Graisse de poule	157
5. Autres voies de valorisation	157

5.1. Extraction de peptides à haute valeur ajoutée . . . . .	157
5.2. Analogues de surimi . . . . .	158
Références bibliographiques . . . . .	159

### Chapitre 5

<b>Structure et formation de l'œuf (Yves Nys)</b> . . . . .	161
1. Structure et composition globale de l'œuf . . . . .	162
1.1. Macrostructure . . . . .	162
1.2. Caractéristiques physiques de l'œuf . . . . .	164
1.3. Structure interne de l'œuf . . . . .	166
1.4. Structure et composition de la coquille . . . . .	167
1.4.1. Structure de la coquille . . . . .	167
1.4.2. Composition de la coquille . . . . .	169
1.5. Composition globale des parties consommables de l'œuf . . . . .	172
1.5.1. Composition du blanc d'œuf . . . . .	172
1.5.2. Composition du jaune d'œuf . . . . .	174
2. Formation de l'œuf . . . . .	177
2.1. Anatomie de l'appareil reproducteur de la poule . . . . .	177
2.1.1. Structure de l'ovaire . . . . .	178
2.1.2. Structure de l'oviducte . . . . .	181
2.2. Gamétogenèse femelle . . . . .	184
2.3. Formation du jaune . . . . .	185
2.3.1. Développement de l'ovocyte . . . . .	185
2.3.2. Synthèse hépatique des constituants du jaune . . . . .	187
2.3.3. Transfert des précurseurs plasmatiques et dépôt dans le jaune . . . . .	190
2.4. Ovulation . . . . .	192
2.4.1. Contrôle hormonal de l'ovulation . . . . .	192
2.4.2. Libération du jaune . . . . .	193
2.5. Sites et chronologie des dépôts dans l'oviducte . . . . .	193
2.6. Formation de l'albumen . . . . .	195
2.6.1. Synthèse des protéines de l'albumen . . . . .	195
2.6.2. Sécrétion des protéines . . . . .	196
2.6.3. Formation des chalazes . . . . .	198
2.6.4. Hydratation de l'albumen . . . . .	198
2.7. Formation de la coquille . . . . .	198
2.7.1. Lieu et chronologie de formation . . . . .	198
2.7.2. Minéralisation de la coquille . . . . .	200
2.7.3. Origine des constituants minéraux de la coquille . . . . .	204
2.7.4. Modification du métabolisme calcique lié à la formation de la coquille . . . . .	204
2.8. Oviposition . . . . .	208
3. Variation de la composition des constituants de l'œuf . . . . .	209
3.1. Facteurs de variation induits par la poule . . . . .	210
3.1.1. Âge de la poule . . . . .	210
3.1.2. Modifications à l'intérieur d'une série de ponte . . . . .	213



3.1.3. Variations d'origine génétique . . . . .	213
3.1.4. Enrichissement de l'œuf en protéines à forte activité biologique . . . . .	214
3.2. Influence de l'alimentation de la pondeuse . . . . .	215
3.2.1. Variation de la composition en acides gras de l'œuf . . . . .	215
3.2.2. Variation de la teneur en cholestérol de l'œuf . . . . .	218
3.2.3. Variation de la composition en minéraux et vitamines de l'œuf . . . . .	219
3.2.4. Variation de la couleur du jaune et de la teneur en pigments . . . . .	224
3.2.5. Variation de la qualité de la coquille . . . . .	230
3.3. Influence du système d'élevage . . . . .	232
3.4. Présence de résidus indésirables dans l'œuf . . . . .	233
3.5. Influence de la réglementation sur la qualité de l'œuf . . . . .	235
Références bibliographiques . . . . .	237

## Chapitre 6

### Conditionnement et emballage des œufs de consommation

<i>(Emmanuelle Buffet)</i> . . . . .	251
1. Conditions de fonctionnement du centre . . . . .	251
1.1. Conception des locaux . . . . .	251
1.2. Température . . . . .	251
1.3. Hygiène du personnel . . . . .	252
1.4. Propreté et hygiène des installations . . . . .	252
1.5. Dératisation et désinsectisation . . . . .	252
2. Maîtrise du procédé . . . . .	252
2.1. Collecte . . . . .	252
2.2. Réception . . . . .	254
2.3. Dépilage et pré-tri . . . . .	255
2.4. Mirage . . . . .	255
2.4.1. Mirage manuel . . . . .	255
2.4.2. Mirage semi-automatique . . . . .	256
2.4.3. Mirage automatique . . . . .	256
2.4.4. Autres systèmes de détection et de désinfection . . . . .	257
2.5. Calibrage . . . . .	258
2.6. Marquage des œufs . . . . .	258
2.7. Conditionnement et marquage des unités de vente consommateur . . . . .	258
2.8. Reprise et suremballage . . . . .	259
2.9. Expédition et livraison . . . . .	259
3. Caractéristiques des œufs . . . . .	260
3.1. Caractéristiques externes . . . . .	260
3.2. Caractéristiques internes . . . . .	260
4. Traçabilité . . . . .	260
5. Gestion de la qualité . . . . .	262
5.1. Plan de contrôle . . . . .	262

5.2. Comptabilité matière .....	263
Références bibliographiques .....	263

## Chapitre 7

### Qualité physico-chimique de l'œuf de consommation

*(Kristof Mertens, Maureen Bain, Catalin Perianu,*

*Josse De Baerdemaeker, Eddy Decuypere et Bart de Ketelaere) . . . . . 265*

1. Introduction .....	265
1.1. Point de vue du consommateur .....	265
1.2. Normes industrielles et commerciales .....	266
1.2.1. Critères de classification des œufs de table .....	266
1.2.2. Codage de l'œuf et traçabilité .....	268
1.2.3. Qualité externe .....	269
1.2.4. Qualité interne .....	269
2. Anomalies des œufs .....	270
2.1. Anomalies de taille et de forme .....	270
2.2. Anomalies de la coquille .....	271
2.2.1. Œufs « préfêlés <i>in vivo</i> » .....	271
2.2.2. Œufs auréolés .....	271
2.2.3. Œufs à coquille ondulée .....	272
2.2.4. Œufs à coquille molle ou sans coquille. ....	272
2.2.5. Œufs mauves, roses et tachetés de calcium .....	272
2.2.6. Œufs à coquille rugueuse .....	272
2.2.7. Coquilles présentant des aspérités .....	272
2.2.8. Œufs à « fenêtres translucides » .....	273
2.2.9. Défauts au niveau ultra-structurel de la coquille .....	273
2.3. Anomalies internes .....	273
2.3.1. Blanc aqueux .....	273
2.3.2. Jaunes tachetés et décolorés .....	274
2.3.3. Œufs à double jaune .....	274
2.3.4. Jaunes cassés .....	274
2.3.5. Inclusions .....	275
3. Évaluer la qualité des œufs .....	275
3.1. Poids de l'œuf .....	276
3.2. Qualité de la coquille .....	276
3.2.1. Couleur de la coquille .....	276
3.2.2. Solidité de la coquille .....	277
3.3. Détection des coquilles fêlées .....	287
3.3.1. Contrôle par mirage .....	287
3.3.2. Contrôle par analyse des vibrations acoustiques. ....	288
3.3.3. Problème des œufs microfêlés .....	289
3.4. Détection des coquilles sales .....	290
3.5. Qualité interne .....	291
3.5.1. Qualité du blanc .....	291
3.5.2. Qualité du jaune .....	295
3.5.3. Détection des inclusions .....	296


3.5.4. Analyse de la chambre à air . . . . .	297
3.6. Évaluation de la qualité des œufs dans les centres de tri . . . . .	298
3.6.1. Pesée. . . . .	298
3.6.2. Détection de fissures . . . . .	298
3.6.3. Détection de salissures . . . . .	299
3.6.4. Qualité interne . . . . .	299
3.6.5. Couleur de la coquille . . . . .	299
4. Effets du stockage sur la qualité des œufs . . . . .	299
4.1. Évaporation au travers de la coquille et perte de poids des œufs . . . . .	300
4.2. Transfert de gaz carbonique au travers de la coquille . . . . .	303
4.2.1. Importance et cinétique des pertes en CO <sub>2</sub> . . . . .	303
4.2.2. Conséquence sur le pH du blanc. . . . .	304
4.2.3. Conséquence sur la structure du blanc. . . . .	304
4.3. Échanges au travers de la membrane vitelline . . . . .	307
Références bibliographiques . . . . .	308
Annexe 1 – Classification des œufs selon la taille (Europe) . . . . .	313
Annexe 2 – Techniques d'évaluation de la qualité de l'œuf . . . . .	313

## Chapitre 8

<b>Qualité microbiologique de l'œuf coquille (Florence Baron et Sophie Jan)</b> . . . . .	315
1. Les salmonelles . . . . .	316
1.1. Caractéristiques générales des salmonelles et espèces contaminant les œufs . . . . .	316
1.2. <i>Salmonella</i> Enteritidis . . . . .	317
2. Contamination verticale. . . . .	318
3. Contamination horizontale . . . . .	322
4. Pénétration dans les œufs . . . . .	323
5. Migration, survie et multiplication dans le blanc. . . . .	326
5.1. Impact des conditions environnementales. . . . .	326
5.1.1. Mode d'inoculation. . . . .	326
5.1.2. État de fraîcheur des œufs . . . . .	327
5.1.3. Température d'incubation . . . . .	327
5.2. Rôle des molécules à activité antibactérienne. . . . .	328
5.2.1. Le lysozyme . . . . .	329
5.2.2. L'ovotransferrine . . . . .	331
5.2.3. Autres protéines du blanc. . . . .	334
5.2.4. Activités antimicrobiennes « coopératives » . . . . .	334
5.2.5. Interaction avec les paramètres physico-chimiques. . . . .	335
6. Migration et multiplication dans le jaune . . . . .	336
7. Comment réduire la contamination des œufs . . . . .	338
7.1. Facteurs génétiques. . . . .	338
7.2. Facteurs environnementaux . . . . .	338
7.3. Pratiques d'élevage . . . . .	339
7.3.1. Modes d'élevage . . . . .	339
7.3.2. Nettoyage et désinfection des bâtiments . . . . .	340

7.3.3. Utilisation de biofilms dit « positifs » . . . . . 340  
7.3.4. Vaccination des poules contre *S. Enteritidis* . . . . . 341  
7.3.5. Alimentation des poules . . . . . 341  
7.4. Collecte, tri et conditionnement des œufs . . . . . 343  
7.5. Lavage des œufs . . . . . 345  
7.6. Pasteurisation des œufs coquille . . . . . 347  
7.7. Autres procédures de décontamination des œufs . . . . . 347  
Références bibliographiques . . . . . 350





La filière de production et de transformation des œufs occupe une place majeure au sein des industries agroalimentaires avec une production mondiale estimée en 2007 à 1000 milliards d'œufs. Dotés de propriétés fonctionnelles très performantes, les œufs et les ovoproduits sont devenus omniprésents dans les aliments et constituent des atouts précieux pour le développement de produits nouveaux.

Fruit de la collaboration de 33 spécialistes internationaux reconnus, scientifiques et industriels, **Science et technologie de l'œuf** rassemble en deux volumes tous les savoir-faire et les acquis scientifiques mis à la disposition des acteurs du secteur, de l'amont jusqu'à l'aval de la filière. Il constitue une référence unique dans la littérature professionnelle.

Ce premier volume offre toutes les clés pour optimiser le rendement du cheptel avicole et améliorer la qualité de sa production à travers :

- une présentation détaillée de l'œuf : formation, constitution, qualités physico-chimiques et microbiologiques ;
- un exposé complet sur les conditions optimales d'élevage des poules pondeuses et leur sélection génétique ;
- de nombreuses données sur la production et le conditionnement des œufs ;
- des analyses sur l'économie du secteur.

Véritable synthèse technique et scientifique, cet ouvrage s'appuie sur de nombreux résultats de recherche et références bibliographiques. Il s'adresse à tous les professionnels du secteur avicole et des ovoproduits (aviculteurs, producteurs d'œufs, fournisseurs et distributeurs) ainsi qu'à tous les services R&D et qualité des industries agroalimentaires. Il intéressera également les organismes de surveillance sanitaire, les étudiants et les enseignants mais aussi tous les consommateurs.

**Françoise Nau, Catherine Guérin-Dubiard et Florence Baron** sont enseignants-chercheurs au Département agroalimentaire d'Agrocampus Ouest situé à Rennes. Elles ont développé leurs activités de recherche dans le domaine de l'œuf et des ovoproduits. **Jean-Louis Thapon<sup>†</sup>** était également enseignant-chercheur dans ce même département. Il est à l'origine de la recherche sur les ovoproduits à Rennes.

978-2-7430-1223-6



9 782743 012236