



COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES

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



054040



Science et technologie de l'œuf

Volume I

Production et qualité

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

AGR 208/Val 1

COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES



Président du Directoire : J.-L. MULTON

054040

(2)

Science et technologie de l'œuf

Production et qualité

Volume 1



Françoise Nau
Catherine Guérin-Dubiard
Florence Baron
Jean-Louis Thapon[†]

Coordonnateurs



11, rue Lavoisier
75008 Paris

Table des matières

Liste des auteurs	III
Préambule	VII
Chapitre 1	
Production et consommation des œufs et des ovoproduits (<i>Pascale Magdelaine, Agnès Braine, Véronique Gonnier</i> <i>et Marie-Paule Spiess</i>)	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

Sélection génétique et production des pondeuses (Michel Protais)	37
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

Élevage des poules pondeuses (Maryline Kouba, Philippe Joly et Florence Baron)		75
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. Couvaision	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 poules 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

Valorisation des poules de réforme (Denis Mégard)	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

5.2. 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 Decuyper 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 ₂	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

1. Panorama mondial Chapitre 8

Qualité microbiologique de l'œuf coquille (Florence Baron et Sophie Jan)	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 <i>S. Enteritidis</i>	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[†]** 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