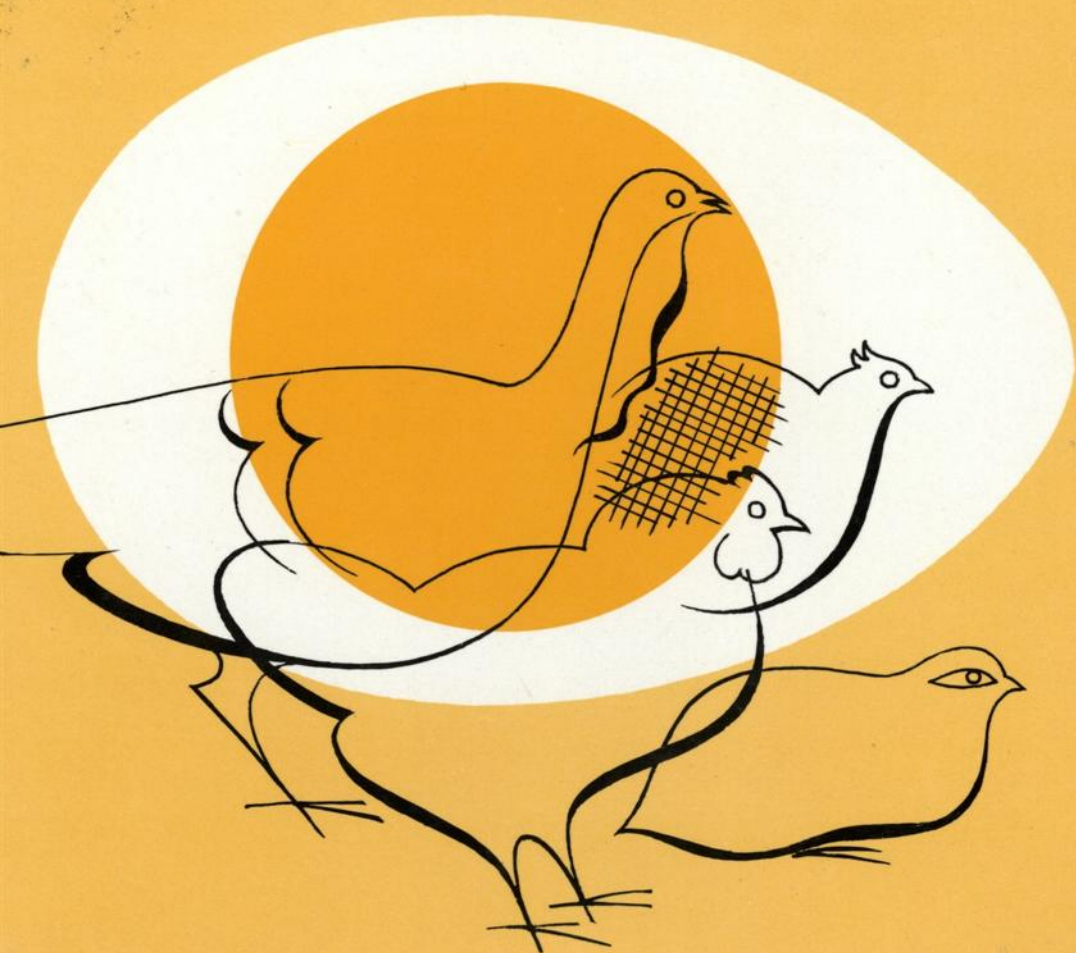


# reproduction des volailles et production d'œufs

Bernard Sauveur



COLLECTION





**Reproduction des volailles  
et production d'œufs**

**COLLECTION**



# REPRODUCTION DES VOLAILLES ET PRODUCTION D'ŒUFS

Bernard SAUVEUR

*avec la collaboration de*

Michel de REVIERS

*INRA, Station de Recherches avicoles  
Centre de Tours-Nouzilly, 37380 Monnaie*

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE**

147 rue de l'Université, 75007 Paris



## Avant-propos

L'Aviculture rationnelle occupe en France le cinquième rang des productions agricoles et le second des productions animales. Elle est la première de la Communauté économique européenne. Malgré cette situation, l'exposé des connaissances sous-jacentes à la production avicole n'occupait pas, jusqu'à une date récente, la place qui aurait dû être la sienne chez les éditeurs scientifiques et techniques de notre pays et de notre langue.

Une première solution à ce problème a été apportée par l'Institut National de la Recherche Agronomique en 1984 grâce à la publication de *l'Alimentation des animaux monogastriques*, ouvrage fournissant, entre autres, les données essentielles à l'alimentation des volailles. Il n'en restait pas moins que les autres connaissances accumulées depuis une vingtaine d'années sur la reproduction des espèces concernées, le mode d'élevage moderne des poules pondeuses et sur ce produit extraordinaire qu'est l'œuf, restaient introuvables sous forme synthétique et donc inaccessibles à la plupart des utilisateurs.

C'est la volonté de rassembler ces éléments qui m'a conduit à rédiger un ouvrage de synthèse sur la reproduction des oiseaux femelles élevés à des fins zootechniques et sur la production d'œufs, quelle qu'en soit la destination (incubation ou consommation humaine). Je remercie Michel de Reviers d'avoir accepté de s'associer à cette entreprise en y apportant ses connaissances sur la reproduction des oiseaux mâles et l'insémination artificielle ; seule son intervention directe pouvait permettre en effet que cette section soit traitée avec autant de précision scientifique et technique. Je suis d'autant plus heureux de cette association qu'elle concrétise vingt-cinq années de travail et d'amitié partagés.

### Que contient cet ouvrage et que ne contient-il pas ?

Il vise avant tout à fournir les bases scientifiques et techniques sous-jacentes à une utilisation optimale des phénomènes de ponte et de reproduction des volailles, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Ainsi on pourra être surpris de ne pas y trouver de chapitre traitant spécifiquement de la pathologie des animaux reproducteurs ou de leur alimentation. Dans le premier cas cette absence est clairement attribuable à la nature de ma formation : persuadé qu'on ne communique bien que les données que l'on maîtrise totalement, j'ai préféré renoncer à un apport d'informations forcément limitées dans le domaine de la pathologie.

Le problème de l'alimentation est différent : cette part majoritaire des coûts de production est en fait évoquée en détail dans les chapitres 8 et 14 traitant respectivement des contrôles de la spermatogenèse et de la qualité de l'œuf. Je renvoie par ailleurs le lecteur à l'ouvrage *l'Alimentation des animaux monogastriques* » (INRA, 1984) pour toutes les recommandations établies par notre Station en matière d'alimentation des différentes volailles reproductrices (poules, dindes, pintades etc...).

En revanche, je me suis efforcé de rassembler dans cet ouvrage des connaissances physiologiques n'ayant jamais fait l'objet de synthèses de ce type telles que : contrôle de l'ovogénèse et de la spermatogenèse, phénomènes de couaison et de mue, embryogenèse, réponses des animaux à l'environnement (lumière, température)... Certains aspects plus techniques tels que programmes d'éclairage, réalisation de l'insémination artificielle ou conception de la ventilation d'un bâtiment, occupent une part aussi importante, illustrée même d'exemples chiffrés assez nombreux.

Pour ces différents points, j'ai voulu ne pas limiter l'exposé à l'espèce « poule » et ai donc tenté d'y ajouter l'essentiel des données acquises sur la maîtrise de la reproduction des autres espèces aviaires (dinde, canard, pintade, faisan, oie...). Enfin, les deux chapitres consacrés au « produit » lui-même qu'est l'œuf constituent pour moi « l'état des lieux » sur ce sujet qui me tient à cœur. J'espère ne pas avoir oublié une des principales facettes sous lesquelles il peut être considéré (composition, valeur nutritionnelle, caractéristiques qualitatives, facteurs de variations...) et que ce texte rendra service à ceux, de plus en plus nombreux, qui cherchent à promouvoir ce produit de si haute qualité. Certes la technologie des ovoproduits n'est qu'évoquée mais vouloir la traiter en détail aurait exigé la rédaction d'un ouvrage plus spécialisé.

Compte-tenu de ce sommaire, de sa diversité (certains diront de son hétérogénéité), ce livre sera peut-être qualifié d'inclassable, ce que je considérerai volontiers comme un compliment. Il vise en effet à occuper, suite à une décision tout-à-fait délibérée, un créneau intermédiaire entre le « traité » scientifique (au sens où on l'entend parfois de façon restrictive) et le manuel de développement simplifiant quelquefois un peu rapidement les faits. La structure même de la production avicole française, le niveau élevé des connaissances de ses responsables justifient ce choix. J'espère qu'il correspondra également à l'attente des étudiants et enseignants, consultants, experts etc... qui, depuis de nombreuses années, déplorent l'absence de sources d'informations synthétiques.

Sur la forme, le choix de l'ordre des chapitres a été pour moi l'objet d'une longue hésitation tant il est vrai que le problème n'est pas nouveau de savoir qui, de la poule ou de l'œuf, doit être considéré en premier ! Pour ne pas rompre les descriptions anatomo-physiologiques de la première partie,



j'ai opté pour un rejet en fin d'ouvrage des chapitres traitant de la composition et des caractéristiques de l'œuf. Ceci permettra en outre au lecteur intéressé par ce seul aspect de le retrouver rapidement.

L'iconographie de cet ouvrage est abondante car je pense qu'une figure est souvent plus parlante qu'un tableau. Le nombre de ceux-ci est donc limité au minimum, et ils n'ont été retenus que lorsque l'apport d'une suite de chiffres précis paraissait indispensable (exemple des paramètres d'incubation, chapitre 10, ou de la composition de l'œuf, chapitre 13). L'existence d'un index aidera aussi, je pense, à trouver rapidement un renseignement recherché.

Je sais gré à Michel de Reviers, Yves Nys et Daniel Guéméné de l'aide qu'ils m'ont respectivement apportée dans la rédaction des chapitres 1, 2, 3 et 4, grâce à leurs remarques constructives.

La rédaction de ce livre a exigé de longues journées de lecture et d'écriture, souvent trouvées aux dépens de ma famille : je lui renouvelle ici mes remerciements les plus affectueux pour la patience qu'elle a su montrer.

J'adresse des remerciements particuliers au secrétariat de la Station de Recherches avicoles et tout spécialement à Nicole Chevreau sur qui a reposé la lourde charge de dactylographie du manuscrit. La qualité de son travail n'a pas souffert de l'étendue de la tâche. Le bureau de dessin du service des Publications de l'I.N.R.A. à Versailles a su faire preuve de la même tenacité et d'un haut niveau de qualité de travail pour la réalisation de l'iconographie ; que ses membres (Marie-José Brelin et Danièle Gonzalez) trouvent donc ici l'expression de ma gratitude à partager avec l'ensemble du Service des Publications auquel il faut attribuer la qualité de réalisation de cet ouvrage.

Bernard SAUVEUR



# Table des matières

CHAPITRE 1. — Généralités sur les cycles de reproduction des oiseaux.....	1
A. Exemple d'un cycle annuel de reproduction : le cycle du Bruant couronné .....	1
1. <i>Manifestations externes du cycle annuel de reproduction</i> .....	1
2. <i>Modifications physiologiques associées</i> .....	2
3. <i>Informations externes contrôlant le cycle</i> .....	3
B. Sensibilité des oiseaux à la lumière .....	4
1. <i>Double fonction de la lumière</i> .....	4
2. <i>Voies d'action de la lumière chez les oiseaux</i> .....	4
3. <i>Variations de la photosensibilité entre espèces et au cours d'une année</i> .....	5
4. <i>Perception de l'information photopériodique</i> .....	6
5. <i>Intégration dans le temps des informations lumineuses</i> .....	8
6. <i>Notion de jour subjectif</i> .....	8
7. <i>Rôle de l'intensité lumineuse</i> .....	10
C. Effets de la domestication sur la reproduction des oiseaux.....	11
1. <i>Avancement de la maturité sexuelle</i> .....	11
2. <i>Augmentation du nombre d'œufs pondus</i> .....	11
3. <i>Augmentation des performances du mâle</i> .....	11
4. <i>Réduction des périodes photo-réfractaires</i> .....	12
CHAPITRE 2. — Reproduction femelle - Formation de l'œuf.....	13
A. Anatomie de l'appareil reproducteur femelle .....	14
1. <i>Développement de l'appareil reproducteur</i> .....	15
a. Chez l'embryon .....	15
b. Chez la poulette .....	15
2. <i>Situation et structure de l'appareil reproducteur chez la poule adulte</i> .....	16
a. Ovaire.....	16
b. Oviducte .....	19

B. Physiologie ovarienne et formation du jaune de l'œuf.....	22
1. <i>L'ovaire, organe de synthèse des stéroïdes sexuels</i> .....	22
a. Rappel sur les hormones gonadotropes hypophysaires des oiseaux.....	22
b. Stéroïdes ovariens : sécrétion et fonctions .....	23
2. <i>L'ovaire, organe de la gamétogenèse femelle</i> .....	25
3. <i>Formation du jaune de l'œuf (vitellogenèse)</i> .....	26
a. Chronologie et régulation du dépôt du jaune .....	26
b. Origine des constituants du jaune .....	28
c. Situation de l'oocyte dans le jaune.....	29
d. Conclusion .....	29
C. Formation de l'œuf dans l'oviducte .....	30
1. <i>Rôle sécrétoire de l'infundibulum</i> .....	30
2. <i>Sécrétion du blanc dans le magnum</i> .....	30
a. Synthèse des protéines du blanc dans les cellules du magnum.	31
b. Dépôt des protéines du blanc sur le jaune.....	32
c. Sécrétion d'eau et de minéraux dans le magnum.....	33
3. <i>Activité de l'isthme : sécrétion des membranes coquillères et initiation de la coquille</i> .....	33
4. <i>Activité de l'utérus - Formation de la coquille de l'œuf</i> .....	33
a. Hydratation du blanc dans l'utérus .....	34
b. Formation de la coquille de l'œuf.....	35
c. Répercussion de la formation de la coquille sur l'équilibre acide-base du sang .....	38
d. Origine du calcium déposé sur la coquille.....	39
e. Conclusion .....	44
5. <i>Activité contractile de l'oviducte et oviposition</i> .....	45
6. <i>Conservation et transport des spermatozoïdes dans l'oviducte</i> .....	47
a. Transit des spermatozoïdes dans l'oviducte.....	47
b. Conservation des spermatozoïdes.....	48
c. Fécondation.....	49
CHAPITRE 3. — <b>Reproduction femelle - Cycles de ponte</b> .....	51
A. Rythmes d'ovulation et leur contrôle - Séries de ponte.....	52
1. <i>Heures et séquences d'oviposition</i> .....	52
a. Heures moyennes d'oviposition.....	52
b. Séquences d'ovulations et d'ovipositions.....	52
c. Effet de la longueur de la série sur l'heure d'oviposition.....	53
2. <i>Contrôle hormonal de l'ovulation</i> .....	55
a. Déclenchement de l'ovulation par la LH hypophysaire.....	55
b. Contrôle par l'hypothalamus de la libération de LH.....	56
c. Interactions hypothalamus-hypophyse-ovaire .....	56

d. Cycles de sécrétion des stéroïdes ovariens — Rôle du nycthémère .....	57
e. Maturation folliculaire et contrôle de l'ovulation .....	59
3. Mécanisme de formation des séries de ponte en nycthémère normal .....	59
4. Synchronisation des poules au sein d'un troupeau .....	61
5. Effet des cycles ahéméraux et des photopériodes fractionnées sur la répartition journalière des ovipositions .....	62
B. Analyse pratique de la courbe de ponte d'un troupeau .....	65
1. Courbes de production d'œufs .....	65
2. Effets de l'âge et de la race de la poule sur les rythmes d'ovulation .....	67
C. Cycles de ponte usuels des différentes espèces de volailles .....	69
1. Poule ( <i>Gallus</i> ) .....	69
2. Pintade .....	70
3. Dinde .....	71
4. Cane de Barbarie .....	72
5. Cane commune .....	73
6. Oie .....	74
7. Faisane .....	75
8. Caille .....	75
CHAPITRE 4. — <b>Reproduction femelle : couvaion</b> .....	77
A. Description de la couvaion .....	77
B. Caractéristiques endocriniennes de la couvaion .....	80
1. Prolactine .....	80
2. Autres hormones hypophysaires .....	82
3. Stéroïdes ovariens .....	82
4. Hormones thyroïdiennes .....	82
C. Stimuli impliqués dans la couvaion .....	83
1. Rôles du nid, des œufs et des jeunes (toutes espèces) .....	83
2. Intégration de ces stimuli .....	84
3. Rôle de la température (poule et dinde) .....	84
D. Lutte contre la couvaion chez la poule et la dinde .....	84
1. Prévention de la couvaion .....	84
2. Traitement des couveuses .....	85
a. Repérage .....	85
b. Traitement par manipulation .....	86
c. Traitement biochimique .....	87

CHAPITRE 5. — Mues naturelles et mues provoquées .....	89
A. Le phénomène de mue chez les oiseaux .....	89
1. Généralités .....	89
2. Description de la mue naturelle chez la poule adulte .....	90
a. Mue totale .....	90
b. Mue partielle .....	91
3. Déterminisme endocrinien de la mue naturelle .....	91
B. Mues provoquées et arrêts de ponte chez la poule .....	92
1. Intérêt d'un deuxième cycle de ponte chez la poule productrice d'œufs de consommation .....	93
2. Méthodes utilisées pour provoquer mue et arrêt de ponte .....	94
a. Mues « classiques » .....	94
b. Déclenchement d'arrêts de ponte par carence en un nutriment .....	96
c. Utilisation d'excès de zinc .....	97
d. Utilisation de substances anti-ovulatoires .....	98
3. Modifications physiologiques au cours d'un arrêt de ponte provoqué .....	99
4. Choix d'une méthode de mue .....	100
C. Mues provoquées des autres volailles .....	101
1. Canes de Barbarie .....	101
2. Dindes .....	102
3. Oies .....	102
CHAPITRE 6. — Lumière et production d'œufs .....	105
A. Notions essentielles d'éclairage .....	105
1. Intensité d'éclairement (illumination) .....	105
2. Estimation de la puissance électrique nécessaire .....	107
3. Conditions d'utilisation de l'éclairage fluorescent .....	109
4. Durée de la période claire naturelle .....	110
B. Lumière et élevage des poulettes .....	110
1. Effets d'un élevage en photopériode constante .....	111
a. Maturité sexuelle .....	111
b. Gain de poids .....	112
c. Production et poids d'œufs ultérieurs .....	112
2. Effets d'un élevage en photopériode variable .....	113
a. Maturité sexuelle .....	113
b. Production et poids d'œufs ultérieurs .....	114
3. Programmes lumineux usuels (non fractionnés) destinés aux poulettes .....	116
a. Programmes lumineux d'élevage en bâtiments obscurs .....	116
b. Programmes lumineux d'élevage en bâtiments avec fenêtres .....	119
4. Programmes lumineux fractionnés et ahéméraux pour poulettes .....	121
5. Intensité lumineuse en période d'élevage .....	123

C. Lumière et production d'œufs des poules .....	123
1. <i>Effets de la longueur d'une photopériode unique en nyctémère de 24 h</i> .....	123
2. <i>Utilisation des cycles ahéméraux (différents de 24 h)</i> .....	124
a. Cycles de plus de 24 h .....	124
b. Cycles de moins de 24 h .....	127
c. Faible intérêt de l'éclairage permanent .....	127
3. <i>Programmes lumineux fractionnés</i> .....	128
a. Premier type de fractionnement (nyctémères très courts) .....	128
b. Deuxième type de fractionnement (asymétrique) .....	131
c. Programmes fractionnés composites .....	132
d. Remarques communes à tous les programmes lumineux fractionnés .....	133
e. Cas des poules reproductrices .....	133
4. <i>Effet de l'intensité lumineuse en période de ponte</i> .....	133
D. Programmes lumineux pour les autres volailles .....	134
1. <i>Dinde</i> .....	134
2. <i>Pintade</i> .....	136
3. <i>Caille</i> .....	136
4. <i>Faisane</i> .....	136
5. <i>Cane de Barbarie</i> .....	137
6. <i>Cane commune</i> .....	138
7. <i>Oie</i> .....	138
CHAPITRE 7. — <b>Appareil génital mâle et production des spermatozoïdes</b> .....	141
A. Appareil génital mâle : bases anatomiques et généralités .....	142
1. <i>Testicules</i> .....	142
2. <i>Voies déférentes</i> .....	145
3. <i>Appareil copulateur</i> .....	146
B. Activité testiculaire : spermatogenèse .....	147
1. <i>Généralités</i> .....	147
2. <i>Organisation des tubes séminifères</i> .....	150
a. <i>Paroi des tubes séminifères</i> .....	150
b. <i>Cellules de Sertoli</i> .....	150
c. <i>Cellules germinales : types et évolution</i> .....	151
3. <i>Durée de la spermatogenèse</i> .....	162
4. <i>Existe-t-il un cycle de l'épithélium séminifère chez les oiseaux ?</i> .....	162

C. Transport, maturation et survie des spermatozoïdes dans les voies déférentes.....	163
1. <i>Histologie des voies déférentes</i> .....	163
2. <i>Stockage des spermatozoïdes dans les canaux déférents</i> .....	165
3. <i>Transit des spermatozoïdes</i> .....	165
4. <i>Maturation des spermatozoïdes</i> .....	166
5. <i>Survie des spermatozoïdes après maturation</i> .....	167
D. Principales caractéristiques du sperme.....	167
1. <i>Volume et contenu des éjaculats</i> .....	167
2. <i>Composition du plasma séminal</i> .....	168
E. Evaluation de la production de spermatozoïdes.....	168
1. <i>Evaluation de la production testiculaire de cellules germinales</i> .....	168
a. <i>Comptage des spermatides allongées</i> .....	169
b. <i>Comptage des spermatides rondes et des spermatocytes I</i> .....	170
2. <i>Récolte et évaluation du sperme</i> .....	172
a. <i>Récolte du sperme</i> .....	173
b. <i>Évaluation des éjaculats</i> .....	174
3. <i>Évaluation des mâles reproducteurs</i> .....	179
4. <i>Application à l'utilisation des reproducteurs</i> .....	180
CHAPITRE 8. — <b>Facteurs de variation du développement testiculaire et de la production de spermatozoïdes</b> .....	183
A. Développement testiculaire et établissement de la spermatogenèse.....	183
1. <i>Période embryonnaire</i> .....	183
a. <i>Mise en place des cellules germinales primordiales</i> .....	183
b. <i>Régulation et contrôle du développement embryonnaire des gonades</i> .....	184
2. <i>Période post-natale</i> .....	185
a. <i>A l'éclosion</i> .....	185
b. <i>Période prépubère</i> .....	186
c. <i>Période pubère</i> .....	187
d. <i>Période adulte</i> .....	187
3. <i>Relations entre le développement post-natal des testicules, leur activité stéroïdogène et l'activité gonadotrope hypophysaire</i> .....	188
a. <i>Activité gonadotrope hypophysaire</i> .....	188
b. <i>Activité stéroïdogène des testicules</i> .....	189
c. <i>Rétro-action de la testostérone sur le système hypothalamo-hypophysaire</i> .....	189



B. Étude de la variabilité individuelle du développement testiculaire et de la production de spermatozoïdes.....	190
1. <i>Variabilité individuelle du poids des testicules et de la production testiculaire de spermatozoïdes chez l'adulte</i> .....	190
2. <i>Recherche de prédicteurs précoces de la production de spermatozoïdes chez l'adulte</i> .....	191
a. Approche par récolte des premiers éjaculats.....	191
b. Approche par hémicastration.....	192
c. Recherche des relations entre la variabilité du développement testiculaire et celle des teneurs plasmatiques en LH et en androgènes .....	193
C. Facteurs génétiques de la production de spermatozoïdes .....	193
1. <i>Effet global de l'origine génétique des coqs</i> .....	194
2. <i>Effets de gènes particuliers</i> .....	194
3. <i>Génétique quantitative</i> .....	195
D. Contrôle du développement testiculaire et de la production de spermatozoïdes par les facteurs du milieu .....	195
1. <i>Type d'élevage</i> .....	195
2. <i>Température ambiante</i> .....	196
3. <i>Influence du niveau nutritionnel</i> .....	197
a. Rationnement global .....	198
b. Rationnement protéique .....	199
4. <i>Influence de l'éclairement</i> .....	200
a. Intensité et longueur d'onde de la lumière .....	200
b. Durée de l'éclairement.....	201
E. Conclusions .....	206
<b>CHAPITRE 9. — Reproduction naturelle et insémination artificielle</b> .....	209
A. Parts relatives de la reproduction naturelle et de l'insémination artificielle dans les différentes espèces avicoles.....	209
B. Conduite de la reproduction naturelle dans l'espèce Gallus .....	211
1. <i>Effectifs de coqs</i> .....	211
2. <i>Préparation des coqs futurs reproducteurs</i> .....	211
a. Période 0-18 semaines d'âge .....	211
b. Après 18 semaines d'âge.....	212
c. Tris des coqs futurs reproducteurs .....	212
3. <i>Evolution du taux de fécondation des œufs liée à l'âge du troupeau</i> .....	212

C. L'insémination artificielle : bases physiologiques et utilisation dans les élevages de reproduction.....	213
1. <i>Bases analytiques expérimentales</i> .....	214
a. Site de l'insémination .....	214
b. Évolution du taux de fécondation des œufs en fonction du délai après insémination. Intervalles entre inséminations ....	214
c. Heure des inséminations.....	216
d. Relations entre les nombres de spermatozoïdes inséminés et les taux de fécondation. Effet de l'âge des poules.....	217
e. Dilution du sperme à l'état frais .....	219
2. <i>Technologie du sperme</i> .....	
a. Nature des dilueurs .....	219
b. Taux de dilution .....	220
c. Délai d'utilisation du sperme dilué .....	221
d. Congélation du sperme.....	221
3. <i>Pratique de l'insémination artificielle</i> .....	222
a. Mise en place de ce mode de reproduction .....	222
b. Matériels d'insémination et leur utilisation .....	223
4. <i>Elevage des coqs de type chair destinés à l'insémination artificielle</i> ..	224
5. <i>Conclusion</i> .....	226
CHAPITRE 10. — <b>Développement embryonnaire et incubation</b> .....	229
A. Développement embryonnaire du poulet .....	229
1. <i>Développement embryonnaire précoce</i> .....	230
a. De la fécondation à l'oviposition.....	230
b. Modelage initial de l'embryon.....	231
2. <i>Mise en place et rôle des annexes embryonnaires</i> .....	235
3. <i>Croissance embryonnaire</i> .....	237
4. <i>Utilisation des constituants de l'œuf lors du développement embryonnaire</i> .....	237
5. <i>Physiologie de l'éclosion et du poussin nouveau-né</i> .....	238
6. <i>Phases « critiques » du développement embryonnaire</i> .....	240
B. Développement embryonnaire des autres espèces .....	241
C. Paramètres techniques de l'incubation des œufs de poule .....	242
1. <i>Contrôle de la température</i> .....	243
2. <i>Ventilation - Teneurs de l'air en oxygène et gaz carbonique</i> .....	245
3. <i>Régulation de l'hygrométrie</i> .....	246
4. <i>Cas particulier de l'incubation en altitude</i> .....	248
5. <i>Autres paramètres de l'incubation</i> .....	250
6. <i>Diagnostic des causes de mortalité tardive</i> .....	252

D. Paramètres techniques de l'incubation des œufs d'autres espèces .....	252
E. Conservation et préparation des œufs à couvrir .....	255
1. <i>Conservation de l'œuf à couvrir</i> .....	255
a. Durée et mode d'action sur l'embryon .....	255
b. Température et hygrométrie de conservation .....	258
c. Autres paramètres de conservation .....	259
d. Réalisation pratique du stockage .....	260
2. <i>Désinfection des œufs à couvrir</i> .....	260
a. Infections transmises par l'œuf .....	260
b. Prophylaxie .....	261
CHAPITRE 11. — <b>Équilibre thermique des animaux et des bâtiments</b> .....	265
A. Échanges thermiques entre l'animal et son environnement .....	266
1. <i>Zone de neutralité thermique</i> .....	266
2. <i>Formes de production calorifique des animaux</i> .....	266
3. <i>Adaptations physiologiques à la température ambiante</i> .....	267
4. <i>Facteurs de variations de la production calorifique totale des animaux</i> .....	269
a. Facteurs liés à l'animal .....	269
b. Facteurs liés au milieu .....	270
B. Température ambiante et productivité des animaux .....	270
1. <i>Poules adultes</i> .....	270
a. Température et consommation d'aliment et d'eau .....	271
b. Température et production d'œufs .....	274
c. Effets de cycles de température sur la poule pondeuse .....	274
2. <i>Poussins et poulettes</i> .....	275
a. Exigences thermiques de 0 à 4 semaines d'âge .....	275
b. Exigences thermiques au-delà de 4 semaines .....	275
C. Bases de calcul de l'équilibre thermique et de la ventilation d'un bâtiment .....	276
1. <i>Modes d'expression de la ventilation</i> .....	277
2. <i>Rôles et bases de calcul de la ventilation</i> .....	277
a. Approvisionnement en oxygène .....	277
b. Élimination du gaz carbonique .....	278
c. Élimination des gaz nocifs .....	279
d. Élimination des poussières .....	279
e. Élimination de l'eau .....	280
f. Élimination de calories excédentaires .....	284
3. <i>Isolation thermique d'un bâtiment</i> .....	285
4. <i>Équilibre thermique d'un bâtiment</i> .....	287
5. <i>Autres composants de l'équilibre thermique</i> .....	291

D. Réalisation pratique de la ventilation .....	292
1. <i>Vitesse de l'air</i> .....	292
2. <i>Ventilation statique</i> .....	293
3. <i>Ventilation dynamique</i> .....	296
a. Systèmes de ventilation dynamique .....	297
b. Matériel de ventilation .....	298
4. <i>Cas particulier de la ventilation d'été</i> .....	299
5. <i>Résumé. Volumes de ventilation à appliquer le plus couramment</i> .....	302
E. Réalisation pratique du chauffage des jeunes animaux .....	303
1. <i>Techniques de chauffage</i> .....	303
a. Chauffage par éleveuses individuelles ou radiants .....	303
b. Chauffage par air pulsé .....	304
2. <i>Exemples de calcul de chauffage</i> .....	304
Conclusion .....	306
<b>CHAPITRE 12. — Logement au sol et en cages des poules pondeuses et des animaux reproducteurs</b> .....	309
A. Logement au sol des poules pondeuses d'œufs de consommation et des animaux reproducteurs .....	309
1. <i>Types d'installation des animaux au sol</i> .....	310
2. <i>Matériel destiné au logement des animaux au sol</i> .....	314
a. Nids de ponte .....	314
b. Matériel d'alimentation et d'abreuvement .....	318
c. Autres aménagements .....	318
B. Logement des poules en cages .....	319
1. <i>Avantages et inconvénients de la production de l'œuf hors-sol</i> .....	319
a. Avantages du logement des poules en cages .....	319
b. Inconvénients de l'élevage des poules en cages .....	320
2. <i>La cage de ponte : unité de base</i> .....	321
a. Version traditionnelle de la cage .....	321
b. Cage « inversée » .....	322
3. <i>Dispositifs de regroupement des cages</i> .....	323
a. Système « flat-deck » .....	324
b. Disposition « californienne » classique à 2 étages .....	325
c. Disposition « semi-californienne » ou californienne rapprochée à 3 ou 4 étages .....	326
d. Disposition en « compact » sur 3, 4 ou 5 étages .....	327
e. Batteries de cages de 3, 4 ou 5 étages .....	328
4. <i>Dispositifs d'alimentation</i> .....	329
a. Chariots au sol .....	330
b. Trémies portées sur chariot mobile solidaire des blocs de cages .....	330
c. Chaînes ou vis .....	331