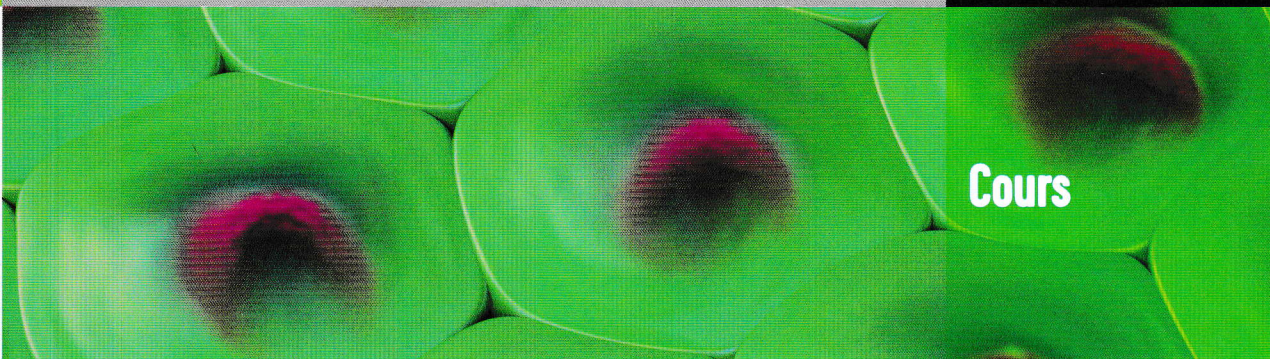




Cours

Albert Le Moigne, Jean Foucrier

Biologie du développement

7^e ÉDITION

DUNOD

Biologie du développement

Ce manuel est destiné aux étudiants en Licences ou Masters de Sciences de la Vie, aux candidats aux concours de l'enseignement secondaire ainsi qu'aux élèves des classes préparatoires aux grandes écoles.

La découverte, ces dernières années, de gènes organisateurs du développement communs à tous les Métazoaires a permis de faire progresser considérablement notre connaissance des mécanismes du développement. Des concepts sont ainsi apparus, applicables à l'Homme et aux autres espèces animales.

C'est dans cet esprit que le cours de Biologie du développement a été révisé et augmenté pour cette septième édition.

L'ouvrage aborde : la gamétogenèse et la fécondation ; la description des premières étapes du développement de quelques espèces choisies comme modèles ; la mise en place des plans d'organisation, l'acquisition de polarités et l'analyse des mouvements morphogénétiques régissant la construction embryonnaire ; la succession des phénomènes d'induction ; l'importance de l'apoptose dans le modelage de l'embryon ; la mise en évidence de la totipotentialité des noyaux des cellules somatiques et de son maintien avec ses applications concernant le clonage ; la détermination génétique du sexe et la différenciation sexuelle qui en découle.

Albert Le Moigne

est professeur honoraire de
l'université Paris XII
– Val-de-Marne.

Jean Foucrier

est un ancien professeur à
l'université Paris XII
– Val-de-Marne



9 782100 820276

1168526

ISBN 978-2-10-082027-6



DUNOD
une page d'avance

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos

XV

PARTIE 1 GAMÉTOGÈNESE ET FÉCONDATION

Chapitre 1 • Généralités sur la gamétogenèse - la méiose	3
1.1 Comparaison entre la spermatogenèse et l'ovogenèse	4
1.1.1 Ressemblances	4
1.1.2 Différences	4
1.2 Déroulement de la méiose	5
1.2.1 Synthèses d'ADN pendant le stade préleptotène	7
1.2.2 Prophase de la première division de méiose	7
1.2.3 Fin de la première division	8
1.2.4 Seconde division de méiose	9
Chapitre 2 • Spermatogenèse	10
2.1 Structure d'un testicule de Mammifère	10
2.1.1 Organisation générale	10
2.1.2 Structure du tissu interstitiel	10
2.1.3 Structure d'un tube séminifère	11
2.2 Les cellules germinales	15
2.2.1 Les spermatogonies	15
2.2.2 Les spermatocytes	15
2.2.3 Les spermatides	16
2.3 La spermiogenèse	17
2.3.1 Modifications morphologiques	17
2.3.2 Synthèses au cours de la spermiogenèse	19
2.4 Morphologie et biologie des spermatozoïdes mûrs	20
2.4.1 Morphologie	20
2.4.2 Biologie	22
2.4.3 Anomalies de la spermatogenèse	25
2.5 Les hormones sexuelles et le contrôle de la gamétogenèse	26
2.5.1 Caractères communs aux deux sexes	26
2.5.2 Contrôle hormonal de la spermatogenèse	28
Chapitre 3 • Ovogenèse	32
3.1 Développement des cellules reproductrices et du follicule ovarien	32
3.1.1 Ovogonies	32
3.1.2 Ovocytes	33
3.1.3 Développement des follicules ovariens	35

Table des matières

3.2	Hormones sexuelles et contrôle de l'ovogenèse	41
3.2.1	Activités hormonales pendant la croissance du follicule ovarien des Mammifères	42
3.2.2	Activités hormonales après l'ovulation	46
3.2.3	Préparation de la muqueuse utérine par les hormones stéroïdes sexuelles	47
3.3	Synthèses dans l'ovocyte pendant l'ovogenèse	47
3.3.1	Synthèses dans l'ovocyte d'Amphibiens	48
3.3.2	Synthèses dans l'ovocyte de Mammifères	57
3.4	Maturation de l'ovocyte	59
3.4.1	Manifestations morphologiques : achèvement de la première division de méiose et arrêt en métaphase de seconde division	59
3.4.2	Mécanisme de la maturation	60
3.4.3	Réactivation des synthèses à la maturation	61
3.5	L'ovogenèse chez la drosophile	62
3.5.1	Organisation de l'ovaire et des ovarioles	62
3.5.2	Les synthèses d'ARN	63
3.5.3	La vitellogenèse	63
3.5.4	L'établissement de la polarité de l'ovocyte et son contrôle par des gènes régulateurs	64
3.6	Résultat de l'ovogenèse : complexité de la cellule œuf	68
3.6.1	Structure de l'œuf	68
3.6.2	Existence des localisations cytoplasmiques particulières dans l'œuf	69
3.6.3	Effets maternels sur le développement	70
Chapitre 4 • Fécondation		73
4.1	Rencontre de l'ovule et des spermatozoïdes	73
4.1.1	Mécanismes de rencontre chez l'oursin, un animal à fécondation externe	74
4.1.2	Mécanismes de rencontre chez un Mammifère, un animal à fécondation interne	74
4.2	Reconnaissance et adhérence des gamètes	75
4.2.1	Adhérence des gamètes chez un Invertébré : l'oursin	75
4.2.2	Adhérence des gamètes chez les Mammifères	76
4.2.3	Fusion des gamètes	79
4.3	Réactions membranaires de l'œuf	81
4.3.1	Modifications au niveau de la membrane ovocytaire et leurs conséquences	81
4.3.2	Formation de la membrane de fécondation : barrière à la polyspermie	84
4.4	Rétablissement de la diploïdie par fusion des pronuclei	87
4.4.1	Formation des pronuclei et du spermaster	88
4.4.2	Fusion des noyaux, ou amphimixie	89
4.5	Conséquences de la fécondation du point de vue structural et métabolique	89
4.5.1	Remaniements structuraux	89
4.5.2	Changements métaboliques	90
4.6	La parthénogenèse	93
4.6.1	Expériences de parthénogenèse expérimentale	93
4.6.2	Interprétation de ces expériences	94

PARTIE 2

EMBRYOLOGIE DESCRIPTIVE

Chapitre 5 • Généralités	99
5.1 Segmentation	99
5.1.1 La nature des œufs détermine le type de segmentation	99
5.1.2 Segmentation totale (ou holoblastique)	100
5.1.3 Segmentation partielle (ou méroblastique)	102
5.2 Gastrulation	102
5.3 Organogenèse	103
Chapitre 6 • Développement de l'oursin	105
6.1 Segmentation	105
6.2 Gastrulation	106
Chapitre 7 • Développement d'un insecte	108
7.1 Segmentation et formation du blastoderme	108
7.2 Gastrulation et neurulation	109
Chapitre 8 • Développement des Amphibiens	114
8.1 Structure de l'œuf d'Amphibien	114
8.1.1 Œuf vierge	114
8.1.2 Modifications des structures cytoplasmiques à la fécondation	115
8.1.3 Rétraction de l'œuf dans ses enveloppes : rotation d'orientation (ou d'équilibration)	115
8.1.4 Formation du croissant gris, acquisition du plan de symétrie de l'embryon : rotation de symétrisation	116
8.2 Segmentation	117
8.3 Gastrulation	118
8.3.1 Manifestations externes de la gastrulation	118
8.3.2 Carte des territoires présomptifs	120
8.3.3 Interprétation des mouvements morphogénétiques lors de la gastrulation	122
8.4 Neurulation	124
8.4.1 Différenciation du neurectoderme	125
8.4.2 Évolution du mésoderme et de l'endoderme	125
8.5 Évolution des feuilletés après la neurulation	126
8.5.1 Ectoderme	126
8.5.2 Mésoderme	128
8.5.3 Endoderme	129
8.6 La métamérisation chez les Vertébrés	129

Chapitre 9 • Développement des Oiseaux	131
9.1 Structure de l'œuf d'Oiseau	131
9.1.1 Organisation de l'œuf et de ses enveloppes	131
9.1.2 Acquisition de l'orientation de l'embryon	131
9.2 Segmentation	133
9.3 Gastrulation	133
9.3.1 Mise en place de l'hypoblaste	135
9.3.2 Formation de la ligne primitive	136
9.3.3 Mise en place de l'endoderme et du mésoderme	136
9.4 Neurulation	139
9.4.1 Mouvements généraux des feuillets	139
9.4.2 Nœud de Hensen et ligne primitive	141
9.5 Annexes embryonnaires	142
9.5.1 Vésicule vitelline	143
9.5.2 Cavité amniotique	144
9.5.3 Allantoïde	144
9.5.4 Destinée des annexes après l'éclosion	145
 Chapitre 10 • Développement des Mammifères	 147
10.1 Structure de l'œuf et de ses enveloppes	147
10.2 Segmentation	148
10.2.1 Morula et blastula primaire (ou blastocyste primaire)	148
10.2.2 Blastula secondaire (ou blastocyste secondaire)	151
10.3 Gastrulation	151
10.4 Neurulation	153
10.5 Développement de l'amnios et de la vésicule vitelline	154
10.5.1 Formation de l'amnios	154
10.5.2 Formation de la vésicule vitelline	154
10.5.3 L'embryon à la fin de l'amniogenèse	155
10.6 Évolution des annexes embryonnaires et formation du placenta	155
10.6.1 Évolution de l'amnios	155
10.6.2 Évolution de la vésicule vitelline	155
10.6.3 Évolution de l'allantoïde	156
10.6.4 Développement du placenta	156
10.7 Rapports entre les parties maternelles et embryonnaires du placenta	157
10.7.1 Placentas indéciduels	157
10.7.2 Placentas déciduels	159
10.7.3 Physiologie du placenta	159

Partie 3

MÉCANISMES DE LA MORPHOGENÈSE

Chapitre 11 • Contrôle génétique du développement	163
11.1. Les facteurs de transcription et les protéines inductrices	164
11.1.1 Les facteurs de transcription	164
11.1.2 Les protéines inductrices	166
11.2 Support génétique du développement précoce de l'embryon de drosophile	174
11.2.1 Les gènes de polarité	174
11.2.2 Organisation dorso-ventrale de l'embryon	176
11.2.3 Les gènes de segmentation	177
11.2.4 Les gènes sélecteurs homéotiques	181
11.2.5 Différenciation d'un tissu ou d'une ébauche génétiquement programmée	186
11.3 Les gènes régulateurs dans le développement des Vertébrés	187
11.3.1 Les gènes sélecteurs homéotiques dans la différenciation antéro-postérieure du corps	187
11.3.2 Expression de plusieurs gènes homéotiques dans la différenciation du rhombencéphale et des crêtes neurales	191
11.3.3 La modification du domaine d'expression d'un gène modifie l'identité de l'organe qui s'y différencie	193
11.3.4 Les gènes sélecteurs homéotiques dans la différenciation d'organes polarisés : les membres des Vertébrés	195
11.3.5 Autres gènes organisateurs régionaux des Vertébrés, apparentés aux gènes de la drosophile	200
Chapitre 12 • Analyse de la segmentation	204
12.1 Activité mitotique pendant la segmentation	205
12.2 Localisations embryonnaires résultant de la segmentation	206
12.2.1 Caractère général des localisations cytoplasmiques dans l'œuf	206
12.2.2 Œufs à développement en mosaïque	207
12.2.3 Œufs à régulation	211
12.3 Œufs à régulation et détermination des territoires	211
12.3.1 Oursins	211
12.3.2 Amphibiens	213
12.3.3 Oiseaux	216
12.3.4 Mammifères	216
12.4 Premières synthèses de protéines après la fécondation	219
12.4.1 Accroissement du taux de synthèses des protéines au début du développement	220
12.4.2 Premières synthèses de protéines, traduction des ARN-m maternels : cas des Oursins et des Amphibiens	220
12.4.3 Traduction des ARN-m maternels pendant la segmentation chez les embryons de Mammifères	222