

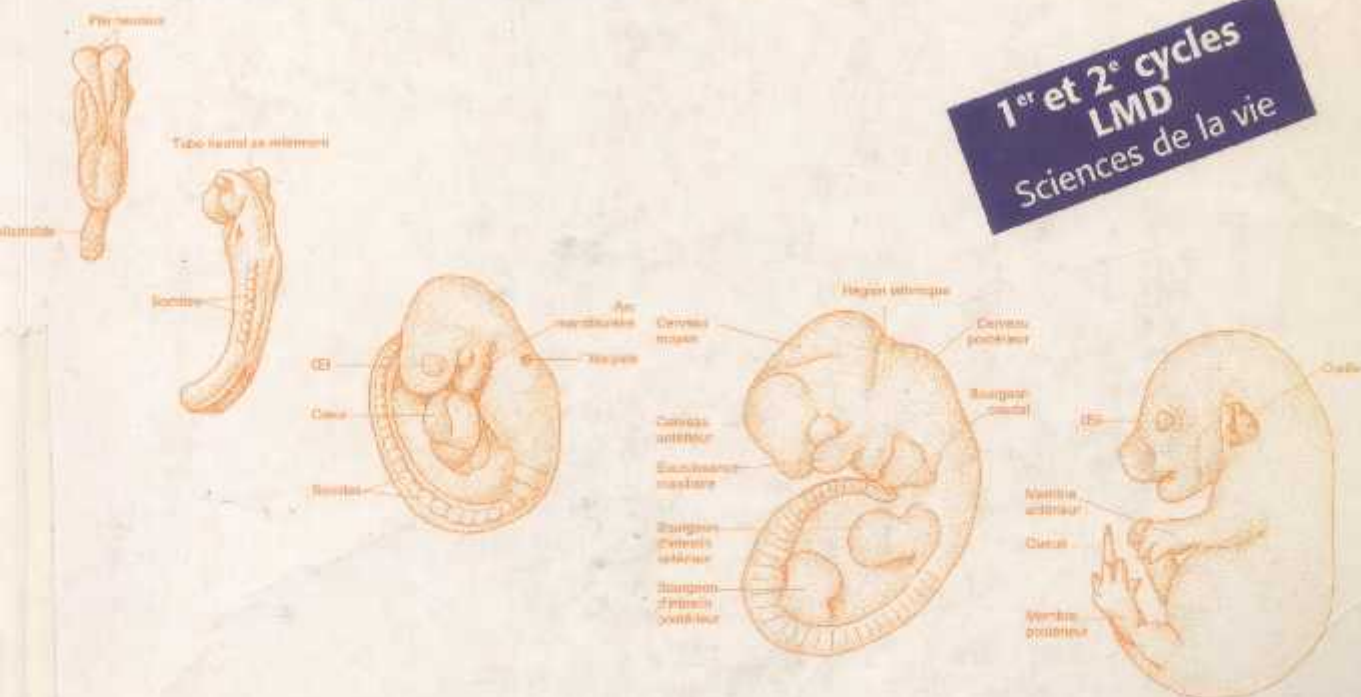
En bref...

# Biologie du développement

Jonathan Slack

Traduction de la 1<sup>re</sup> édition anglaise par Thierry Lesnik  
Révision scientifique de Etienne Brachet

1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles  
LMD  
Sciences de la vie



BL400

36275  
①

En bref...

# Biologie du développement

**Jonathan Slack**

Traduction de la 1<sup>re</sup> édition anglaise par Thierry Lesnik  
Révision scientifique de Etienne Brachet



de boeck

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> .....	5
<b>PARTIE 1</b> <b>Éléments de base</b>	
<b>CHAPITRE 1</b> <b><i>La biologie du développement, une discipline passionnante</i></b> .....	11
1. Origines .....	11
2. Position centrale en biologie .....	12
3. Impact sur la société .....	12
4. Impact sur le futur .....	13
<b>CHAPITRE 2</b> <b><i>Problèmes généraux du développement</i></b> .....	17
1. Totipotence nucléaire, clonage d'animaux .....	18
<b>CHAPITRE 3</b> <b><i>Composants moléculaires essentiels</i></b> .....	23
1. Gènes .....	23
1.1 Contrôle de l'expression génique .....	24
1.1.1 Facteurs de transcription .....	26
1.1.2 Autres contrôles .....	27
2. Systèmes de signalisation .....	28
2.1 Sécrétion des protéines .....	28
2.2 Transduction de signal .....	29

3. Cytosquelette .....	30
3.1 Microtubules .....	33
3.2 Microfilaments .....	34
4. Molécules d'adhérence cellulaire .....	35

## CHAPITRE 4

<i>Caractéristiques communes du développement</i> .....	47
1. Gamétogenèse .....	47
1.1 Méiose .....	48
1.2 Ovogenèse .....	50
1.3 Spermatogenèse .....	51
2. Fécondation .....	52
3. Le début du développement .....	53
3.1 Axes et symétrie .....	56
4. Processus morphogénétiques .....	58
4.1 Mouvements cellulaires .....	59
4.2 Adhérence cellulaire .....	61
4.3 Croissance et mort .....	62
4.4 Classification des processus morphogénétiques .....	64
5. Évolution des mécanismes du développement .....	67
5.1 Homologie et analogie .....	68
5.2 Phylogénie moléculaire .....	70
5.3 Homologie évolutive des caractéristiques morphogénétiques .....	71
5.4 Homologie évolutive des mécanismes du développement .....	73
5.4.1 Gènes <i>Hox</i> .....	74

## CHAPITRE 5

<i>Génétique du développement</i> .....	77
1. Mutants du développement .....	77
1.1 Maternal et zygote .....	80
1.2 Voies génétiques .....	80
1.3 Mutation génétique .....	83
2. Criblage de mutants .....	84
3. Clonage de gènes .....	87
4. Transgénèse .....	88
4.1 Mutagenèse dirigée .....	89
4.2 Autres méthodes d'induction l'activité des gènes .....	90
5. Limites de la génétique du développement .....	91

## CHAPITRE 6

<b>Embryologie expérimentale</b> .....	95
<b>1. Développement normal</b> .....	95
1.1 La carte des terminaux préétablis .....	96
1.1.1 Analyse clonale .....	98
1.2 Croissance et division cellulaire .....	99
<b>2. Engagement dans le développement</b> .....	101
<b>3. Acquisition de l'engagement</b> .....	104
3.1 Déterminants cytoplasmiques .....	104
3.2 Induction .....	105
3.2.1 Critères des preuves .....	107
<b>4. Gènes homéotiques</b> .....	108
4.1 Propriétés des gradients morphogénétiques .....	110
4.2 Mutations homéotiques .....	112

## CHAPITRE 7

<b>Techniques utilisées dans l'étude du développement</b> .....	115
<b>1. Microscopie</b> .....	115
1.1 Techniques optiques .....	116
1.1.1 Microscopes confocal et à deux photons .....	118
1.1.2 Images numériques .....	119
1.2 Coupes .....	120
<b>2. Étude de l'expression des gènes par des méthodes biochimiques</b> .....	121
2.1 Identification des ARN messagers .....	122
2.2 Identification des protéines .....	123
<b>3. Méthodes <i>in situ</i></b> .....	125
3.1 Hybridation <i>in situ</i> .....	125
3.2 Immunocoloration .....	126
<b>4. Microinjection</b> .....	129
<b>5. Méthodes de marquage cellulaire</b> .....	130
5.1 Marqueurs naturels .....	131
5.2 Marqueurs immoléculaires .....	131
5.3 Marqueurs génétiques .....	132
<b>6. Gènes « reporters »</b> .....	133

## PARTIE 2

### Principaux organismes modèles

#### CHAPITRE 8

<b>Organismes modèles</b> .....	139
1. Disponibilité et coûts .....	139
2. Accès et manipulation .....	141
3. Génétique et carte génomique .....	142
4. Pertinence .....	143

#### CHAPITRE 9

<b>Xénope</b> .....	145
1. Ovogenèse, maturation, fécondation .....	146
2. Développement embryonnaire .....	147
2.1 Segmentation .....	149
2.2 Gastrulation .....	150
2.3 Neurulation et stades ultérieurs .....	153
2.4 Carte des territoires présomptifs .....	157
3. Méthodes expérimentales .....	157
4. Spécification régionale .....	160
4.1 Résumé des processus .....	160
4.1.1 Demi-embryons .....	161
4.2 Établissement de la polarité dorso-ventrale .....	162
5. Interactions inductives .....	166
5.1 Expériences portant sur des fragments isolés .....	166
5.2 Formation des trois feuillets .....	167
5.2.1 Dorsalisation et induction neurale .....	169
5.2.2 Formation de l'axe antéro-postérieur .....	173
5.2.3 La greffe de l'organisateur .....	174

#### CHAPITRE 10

<b>Le poisson-zèbre</b> .....	179
1. Développement normal .....	179
1.1 Carte des territoires présomptifs .....	181
2. Mutagenèse .....	182
2.1 Cible récessif .....	182
2.2 Autres méthodes .....	184

3. Spécification régionale .....	185
3.1 Techniques .....	185
3.2 Événements inducteurs .....	185

## CHAPITRE 11

<i>Le poulet</i> .....	189
------------------------	-----

1. Développement normal .....	190
1.1 Membranes extra-embryonnaires .....	196
1.2 Carte des territoires présomptifs .....	197
2. Spécification régionale de l'embryon précoce .....	198
2.1 Polarité antéro-postérieure et fragmentation du blastodermis .....	198
2.2 Interactions inductives précoces .....	199
2.3 Asymétrie gauche-droite .....	202
3. Description de l'organogenèse chez le poulet .....	203
3.1 Embryon entier .....	203
3.2 Système nerveux .....	204
3.3 Région de l'arc pharyngien .....	205
3.4 Cœur et circulation .....	207
3.5 Mésoderme .....	208
3.6 Intestin .....	212

## CHAPITRE 12

<i>La souris</i> .....	215
------------------------	-----

1. Développement normal .....	216
1.1 Préimplantation .....	216
1.2 Les premières étapes après l'implantation .....	219
1.3 Organogenèse .....	223
1.4 Carte des territoires présomptifs .....	225
2. Techniques utilisées dans l'étude du développement de la souris .....	227
2.1 Souches transgéniques .....	227
2.2 Mosaïcisme et chimerisme .....	229
2.3 Cellules souches embryonnaires .....	230
2.4 Les souris « knock-out » .....	231
2.4.1 Knock-out chimeriques .....	235
2.5 Systèmes conditionnels .....	236
2.6 Inductibilité .....	238
2.7 Régies de <i>prom</i> et d' <i>implication</i> .....	239
3. Spécification régionale au cours du développement .....	240
3.1 Comparaison entre embryon et structures extra-embryonnaires .....	240
3.2 Plan corporel embryonnaire .....	241

3.3	<i>Asymétrie gauche-droite</i>	244
3.4	<i>Gènes Hox</i>	245
4.	<b>Autres sujets d'études</b>	246
4.1	<i>Transposition nucléaire et empreinte génétique</i>	246
4.2	<i>Inactivation de X</i>	248
4.3	<i>Télothécariosomes</i>	248
<b>CHAPITRE 13</b>		
<b><i>Drosophile</i></b>		251
1.	<b>Insectes</b>	251
2.	<b>Développement normal</b>	252
2.1	<i>Oogenèse</i>	252
2.2	<i>Embryogenèse</i>	253
2.3	<i>Stades larvaires</i>	255
2.4	<i>Carte des territoires présomptifs</i>	257
2.5	<i>Muscle pulsé</i>	257
3.	<b>Génétique du développement de la <i>Drosophile</i></b>	258
3.1	<i>Élément P</i>	258
3.2	<i>Identification des gènes perturbants</i>	259
3.3	<i>Types de mutation</i>	260
3.4	<i>Clonage de gènes</i>	261
3.4.1	<i>L'ombrochiste</i>	263
4.	<b>Vue générale du programme du développement</b>	263
5.	<b>L'axe dorso-ventral</b>	265
5.1	<i>Contrôle maternel et formation de l'axe dorso-ventral</i>	265
5.2	<i>Contrôle zygotique et formation de l'axe dorso-ventral</i>	268
6.	<b>Le système antéro-postérieur</b>	270
6.1	<i>Système antérieur</i>	270
6.2	<i>Système postérieur</i>	272
6.3	<i>Établissement initial de la polarité antéro-postérieure et dorso-ventrale dans l'ovocyte</i>	273
6.4	<i>Système terminal</i>	275
6.5	<i>Gènes gap</i>	276
6.6	<i>Système pair-rule</i>	279
6.7	<i>Système de polarité segmentaire</i>	281
6.8	<i>Gènes Hox</i>	285
6.9	<i>Le plan corporel antéro-postérieur</i>	286

<b>CHAPITRE 14</b>	
<b><i>Caenorhabditis elegans</i></b> .....	289
1. Développement normal .....	290
1.1 Anatomie de l'adulte .....	290
1.2 Développement embryonnaire .....	291
2. Spécification régionale dans l'embryon .....	293
2.1 Segmentation asymétriques .....	293
2.2 Déterminants .....	296
2.3 Spécification de la cellule AB et développement du pharynx .....	298
3. Analyse du développement post-embryonnaire .....	300
3.1 La vulve .....	300
3.2 La lignée germinale .....	302
4. Mort cellulaire programmée .....	303

### PARTIE 3

#### Organogenèse et régénération

<b>CHAPITRE 15</b>	
<b><i>Tissus</i></b> .....	309
1. Tissus épithéliaux .....	309
2. Tissus conjonctifs .....	311
3. Muscle .....	312
4. Tissus nerveux .....	312
5. Sang et vaisseaux sanguins .....	313

<b>CHAPITRE 16</b>	
<b><i>Développement du système nerveux</i></b> .....	315
1. Structure globale et types cellulaires .....	315
1.1 Le cerveau .....	317
1.2 Moelle épinière .....	320
2. Formation de l'axe antéro-postérieur de la plaque neurale .....	321
2.1 Organisateur tectal .....	321
2.2 Segmentaire du cerveau .....	322
2.3 Moelle épinière .....	325
3. Formation de l'axe dorso-ventral du tube neural .....	325

<b>4. Neurogenèse et gliogenèse</b> .....	327
4.1 Neurogenèse primaire .....	327
4.2 Neurogenèse ultérieure .....	328
4.3 Cellules souches neuroépithéliales .....	330
<b>5. Les crêtes neurales</b> .....	331
5.1 Engagement progressif des cellules des crêtes neurales .....	334
<b>6. Développement de la connectivité neuronale</b> .....	335
6.1 Le crâne de naissance .....	335
6.2 Molécules de guidage .....	336
6.3 Voies de la migration .....	338
6.4 Neurotrophines et survie cellulaire .....	340
6.4.1 Compétition axonale .....	341
6.5 Connexions neuronales dans le système visuel .....	342
6.5.1 Dernier raffinement .....	344
6.5.2 De la simplicité à la complexité .....	346
 <b>CHAPITRE 17</b>	
<b>Développement des organes mésodermiques</b> .....	349
<b>1. Somitogenèse</b> .....	349
1.1 Développement normal des somites .....	349
1.2 Mécanisme de segmentation .....	351
1.2.1 subdivision du somite .....	353
1.3 Myogenèse .....	355
<b>2. Le rein</b> .....	357
2.1 Développement normal du rein .....	358
2.2 Interactions tissulaires dans le développement du rein .....	360
<b>3. Développement des gonades</b> .....	361
3.1 Développement normal des gonades .....	362
3.2 Détermination du sexe .....	365
<b>4. Développement du membre</b> .....	367
4.1 Développement normal du membre .....	368
4.2 Analyse expérimentale du développement du membre .....	371
4.2.1 Détermination du membre .....	371
4.2.2 Excroissance proximodistale et formation de l'axe .....	373
4.2.3 Formation de l'axe antéro-postérieur .....	376
4.2.4 Formation de l'axe dorso-ventral .....	380
 <b>CHAPITRE 18</b>	
<b>Disques imaginaux de la Drosophile</b> .....	383
<b>1. Métamorphose</b> .....	383

2. Étude génétique du développement larvaire .....	387
3. Recombinaison mitotique .....	389
4. Développement des disques .....	391
4.1 Origine des disques .....	391
4.2 Copyriments et gènes sélectifs .....	393
4.3 Régénération .....	395
4.4 Transdetermination .....	396
5. Formation régionale du disque aloire .....	397
5.1 Axe antéro-postérieur .....	397
5.2 Axe dorso-ventral .....	399
6. Formation du schéma régional du disque de la patte .....	401

## CHAPITRE 19

### *Cellules souche et croissance tissulaire* 405



1. Taille et proportion .....	405
1.1 Mesure de la division cellulaire .....	407
2. Tissus de renouvellement .....	408
2.1 Cellules souche .....	408
2.2 Peau .....	410
2.3 Intestin .....	412
2.4 Système hématopoïétique .....	417
2.4.1 Vaisseaux sanguins .....	420
3. Croissance en longueur .....	421
4. Troubles post-nataux de croissance et de différenciation .....	424
5. Cancer .....	425
5.1 Biologie moléculaire du cancer .....	427
5.1.1 Cancer du colon .....	430

## CHAPITRE 20

### *Régénération* .....

1. Distribution de la capacité régénératrice .....	433
2. Régénération chez les planaires .....	435
3. Régénération d'un membre de vertébré .....	440
3.1 Le processus de régénération .....	440
3.2 La source des cellules pour la régénération .....	442
3.3 Le facteur neurotrope .....	444



# En bref...

La biologie du développement est une discipline centrale de la biologie, qui intègre la biologie moléculaire, la génétique et l'anatomie. Ce livre présente les données de base ainsi que les avancées récentes de la connaissance des processus par lesquels un œuf se développe en un organisme adulte. La première partie introduit les principes et les approches de la biologie du développement. La deuxième recouvre le développement caractéristique de chacune des principales espèces modèles utilisées en recherche. Quant à la troisième, elle présente en détails l'organogenèse dans l'embryon.

Seules quelques connaissances de base en biologie cellulaire et en génétique sont requises pour aborder cet ouvrage d'introduction à la biologie du développement. Il est destiné à un public étudiant des premier et second cycles universitaires principalement, mais peut aussi servir d'ouvrage de référence pour des étudiants de troisième cycle ou des médecins.

## **Jonathan SLACK**

*Titulaire d'un doctorat de l'Edinburgh University et d'un postdoctorat de la Middlesex Hospital Medical School, il a conduit des recherches sur les inductions mises en jeu pendant les premiers stades de l'embryogenèse et est l'auteur de plusieurs ouvrages d'embryologie. Responsable du Département de biologie et de biochimie de l'Université de Bath, il est membre de l'European Molecular Biology Organization et s'est vu récemment décerner la prestigieuse Waddington Medal (2002). Ses recherches actuelles portent principalement sur les mécanismes de la régénération.*

## **Thierry LESNIK**

*Traducteur indépendant, Docteur en biologie moléculaire.*

## **Etienne BRACHET**

*Professeur associé émérite au département de physiologie de l'Université libre de Bruxelles.*



9 782804 143374

ISSN 1373-0185

SLACK

ISBN 2-8041-4337-6