

SCIENCES SUP



Cours

Master • CAPES • Agrégation

BIOLOGIE ANIMALE

Les Cordés : anatomie comparée des Vertébrés

9^e édition

*André Beaumont
Pierre Cassier*

Avec la participation de Daniel Richard

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	V
Phylum des Cordés	1
Chapitre 1 • Embranchement des Céphalocordés	4
1.1 Morphologie externe et organisation générale	4
1.2 Développement embryonnaire	5
1.2.1 L'œuf et sa segmentation	5
1.2.2 La gastrulation	5
1.2.3 La neurulation	6
1.2.4 La différenciation de la corde et des somites	7
1.2.5 L'évolution des somites	7
1.2.6 Le percement asymétrique des fentes branchiales et la formation de la cavité péribranchiale (ou atriale)	8
1.3 Anatomie générale	8
1.3.1 Le tégument	8
1.3.2 Les formations de soutien	8
1.3.3 La musculature	9
1.3.4 Les appareils digestif et respiratoire	9
1.3.5 Le cœlome	12
1.3.6 L'appareil circulatoire	12
1.3.7 L'appareil excréteur	13
1.3.8 L'appareil génital	15
1.3.9 Le système nerveux et les organes sensoriels	16
Chapitre 2 • Embranchement des Urocordés ou Tuniciers	17
2.1 Les Appendiculaires	19
2.1.1 La logette	19
2.1.2 Organisation générale	19
2.2 Les Ascidiacés ou Ascidies	21
2.2.1 Cycle évolutif	21
2.2.2 Les Ascidies solitaires	21
2.2.3 Les Ascidies coloniales	26
2.3 Les Thaliacés ou Thalies	28
2.3.1 Les Pyrosomes	28
2.3.2 Les Doliolés	31
2.3.3 Les Salpes	34
2.3.4 La reproduction asexuée des Tuniciers, son intérêt biologique	37
2.3.5 Intérêt biomédical des Tuniciers	38
2.3.6 La notion de « Procordés »	39

Table des matières

Chapitre 3 • Embranchement des Vertébrés	40
3.1 Définition	40
3.1.1 Le tube nerveux dorsal	40
3.1.2 La corde	41
3.1.3 Le pharynx	42
3.1.4 L'appareil circulatoire sanguin	42
3.1.5 La locomotion	42
3.1.6 Les tissus mésenchymateux	42
3.1.7 L'épiderme	43
3.1.8 La reproduction	43
3.1.9 Le mésoblaste	43
3.1.10 L'évolution antéro-postérieure du mésoblaste	43
3.1.11 La tête	44
3.1.12 Le génome	46
3.1.13 La mise en place du plan d'organisation	46
3.2 Phylogénie des deutérostomiens et origine des vertébrés	47
3.2.1 Les phylogénies géniques	49
3.2.2 Les premiers Vertébrés	49
3.3 Classification phylogénétique des Vertébrés	50
3.3.1 Évolution des classifications des Vertébrés	50
3.3.2 Les Vertébrés agnathes actuels (Myxines et Lamproies) et fossiles	54
3.3.3 Les Gnathostomes (51 000 espèces)	56
3.3.4 Les Chondrichthyens (« Poissons » cartilagineux) (960 espèces)	57
3.3.5 Les Ostéichthyens	59
3.3.6 Les Sarcopteryglens	62
3.3.7 Les Tétrapodes (un peu moins de 25 000 espèces)	63
3.3.8 Les Amphibiens	64
3.3.9 Les Amniotes (environ 22 000 espèces)	65
3.3.10 Les Chéloniens (Tortues) (245 espèces)	66
3.3.11 Les Rhynchocéphales	66
3.3.12 Les Squamates (7 860 espèces)	67
3.3.13 Les Crocodiliens (24 espèces)	67
3.3.14 Les Oiseaux (environ 9 000 espèces)	68
3.3.15 Les Dinosaures (« Lézards terribles »)	70
3.3.16 Les Ptérosaures (« Lézards volants »)	70
3.3.17 Les Ichthyosaures et les Plésiosaures	70
3.3.18 Les Mammifères (environ 4 500 espèces)	71
Chapitre 4 • Développement des Vertébrés	79
4.1 Les ovocytes des Vertébrés	79
4.1.1 Charge en vitellus	79
4.1.2 Structures annexes	81
4.2 La segmentation	82
4.2.1 Définition	82

4.2.2 Segmentation	
4.2.3 Segmentation	
Exemple de la	
4.2.4 Segmentation	
(Mammifères)	
4.2.5 Segmentation	
Exemple de la	
4.3 La gastrulation	
4.3.1 Définition	
4.3.2 La gastrulation	
4.3.3 La gastrulation	
4.3.4 La gastrulation	
Mammifères et	
4.4 Les annexes embryonnaires	
4.4.1 Définition	
4.4.2 Annexes embryonnaires	
du développement	
4.4.3 Les annexes embryonnaires	
sur vitellus, coelome	
4.4.4 Les annexes embryonnaires	
Chapitre 5 • Tégument	
5.1 Structure générale	
5.1.1 Épiderme	
5.1.2 Derme	
5.2 Phanères	
5.2.1 Les phanères des	
5.2.2 Les phanères des	
5.3 Cellules et glandes cutanées	
5.3.1 Amphibiens	
5.3.2 Sauropsidés	
5.3.3 Mammifères	
5.4 Cellules souches épidermiques	
5.4.1 Cellules souches de l'épiderme	
5.4.2 Cellules souches de l'épiderme	
5.5 Formations squelettiques dermiques	
5.5.1 Les différents tissus squelettiques	
5.5.2 L'exosquelette des arthropodes	
5.5.3 Développement squelettique	
5.6 La coloration du tégument	
5.6.1 Colorations pigmentaires	
5.6.2 Colorations structurales	
5.6.3 Colorations mixtes	
5.6.4 Changements de coloration	

40	4.2.2	Segmentation et charge en vitellus de l'œuf	82
40	4.2.3	Segmentation totale des œufs hétérolécithes	
40		Exemple de l'œuf d'Axolotl	82
41	4.2.4	Segmentation totale des œufs alcécithes des Mammifères	
42		(Marsupiaux et Euthériens). Exemple de l'œuf de Femme	84
42	4.2.5	Segmentation partielle discoïdale des œufs télolécithes	
42		Exemple de l'œuf de Poule	86
42	4.3	La gastrulation	86
43	4.3.1	Définition	86
43	4.3.2	La gastrulation des œufs hétérolécithes. Exemple de l'œuf d'Axolotl	86
43	4.3.3	La gastrulation des œufs télolécithes. Exemple : l'œuf de Poule	90
43	4.3.4	La gastrulation des œufs alcécithes des Mammifères	
44		Marsupiaux et Euthériens. Exemple de l'œuf humain	94
46	4.4	Les annexes embryonnaires	97
46	4.4.1	Définition	97
47	4.4.2	Annexes embryonnaires et conditions biologiques	
49		du développement	97
49	4.4.3	Les annexes embryonnaires des Sauropsidés :	
50		sac vitellin, cavité amniotique et allantoïde de l'œuf de Poule	99
50	4.4.4	Les annexes embryonnaires des Mammifères	104
54			
56		Chapitre 5 - Tégument	114
57	5.1	Structure générale	114
59	5.1.1	Épiderme	114
62	5.1.2	Derme	120
63	5.2	Phanères	121
64	5.2.1	Les phanères des Anamniotes	121
65	5.2.2	Les phanères des Amniotes	122
66	5.3	Cellules et glandes cutanées	134
66	5.3.1	Amphibiens	135
67	5.3.2	Sauropsidés	135
67	5.3.3	Mammifères	136
68	5.4	Cellules souches épidermiques	144
70	5.4.1	Cellules souches de l'épiderme poilu des Mammifères	144
70	5.4.2	Cellules souches de l'épiderme glabre	144
70	5.5	Formations squelettiques dermiques	145
71	5.5.1	Les différents tissus squelettiques d'origine dermique	145
79	5.5.2	L'exosquelette des ancêtres des Vertébrés et sa régression	146
79	5.5.3	Développement secondaire d'un exosquelette dermique	151
79	5.6	La coloration du tégument	155
81	5.6.1	Colorations pigmentaires	155
82	5.6.2	Colorations structurales	156
82	5.6.3	Colorations mixtes	156
	5.6.4	Changements de coloration	158

Table des matières

Chapitre 6 • Squelette	159
6.1 Les éléments du squelette	159
6.1.1 Point de vue anatomique	159
6.1.2 Point de vue histologique	159
6.1.3 Point de vue embryologique	164
6.2 Squelette céphalique ou crânien	165
6.2.1 Le chondrocrâne	166
6.2.2 L'ostéocrâne	171
6.3 Squelette axial	185
6.3.1 Squelette axial primaire embryonnaire : la corde	185
6.3.2 Squelette axial secondaire de l'adulte : la colonne vertébrale	185
6.4 Squelette appendiculaire (membres)	196
6.4.1 Introduction	196
6.4.2 Les nageoires	197
6.4.3 Le membre chiridien	201
6.5 Squelette zonal (ceintures)	221
6.5.1 Ceinture pectorale	221
6.5.2 Ceinture pelvienne	223
6.6 Sésamoïdes et os hétérotypiques	227
6.6.1 Sésamoïdes	227
6.6.2 Os hétérotypiques	229
 Chapitre 7 • Système nerveux et récepteurs sensoriels	 230
7.1 Introduction	230
7.1.1 Point de vue anatomique	230
7.1.2 Point de vue histologique	231
7.1.3 Point de vue embryologique	235
7.1.4 Point de vue fonctionnel	237
7.1.5 Point de vue adaptatif	241
7.2 Récepteurs sensoriels	241
7.2.1 Point de vue histologique	241
7.2.2 Point de vue fonctionnel	242
7.3 Mécanorécepteurs	245
7.3.1 Terminaisons nerveuses libres	245
7.3.2 Terminaisons nerveuses encapsulées (corpuscules sensoriels)	247
7.3.3 Complexes cellule(s) de Merkel – neurite	249
7.3.4 Cellule sensorielle ciliée. Le système stato-acoustico-latéral	250
7.3.5 L'organe stato-acoustique (oreille)	252
7.3.6 Le système latéral	264
7.4 Électrorécepteurs	267
7.4.1 Organes ampullaires	267
7.4.2 Organes tubéreux	268
7.4.3 Magnétorécepteurs	268

7.4.4	Magnétorécepteurs	
7.4.5	Magnétorécepteurs	
7.4.6	Magnétorécepteurs	
7.5	Thermorécepteurs	
7.6	Nocicepteurs	
7.7	Chémiorécepteurs	
7.7.1	Cellules sensorielles	
7.7.2	Cellules sensorielles	
7.8	Photorécepteurs	
7.8.1	Organe sensoriel	
7.8.2	Localisation	
7.8.3	Photorécepteurs	
7.8.4	Photorécepteurs	
7.9	Système sensoriel	
7.9.1	Localisation	
7.9.2	Structure	
7.9.3	Localisation	
7.9.4	Localisation	
7.9.5	Localisation	
7.10	Système sensoriel	
7.10.1	Localisation	
7.10.2	Localisation	
7.11	Système sensoriel	
7.11.1	Localisation	
7.11.2	Localisation	
7.11.3	Localisation	
7.11.4	Localisation	
7.11.5	Localisation	
7.12	Système sensoriel	
7.12.1	Localisation	
7.12.2	Localisation	
7.12.3	Localisation	
7.13	Système sensoriel	
7.13.1	Localisation	
7.13.2	Localisation	
7.13.3	Localisation	
7.13.4	Localisation	
7.13.5	Localisation	

159	7.4.4	Magnétoréception et électroréception	268
159	7.4.5	Magnétoréception et particules de magnétite	268
159	7.4.6	Magnétoréception et photoréception	268
159	7.5	Thermorécepteurs	269
164	7.6	Nocicepteurs	270
165	7.7	Chimiorécepteurs	271
166	7.7.1	Cellules neurosensorielles. Système olfactif	271
171	7.7.2	Cellules sensorielles	279
185	7.8	Photorécepteurs	282
185	7.8.1	Origine et structure	283
185	7.8.2	Localisation	284
196	7.8.3	Photorécepteurs oculaires. L'appareil visuel (yeux latéraux)	284
196	7.8.4	Photorécepteurs non visuels (extra-oculaires). Le complexe pinéal	297
197			
201	7.9	Système nerveux central ou névraxe	299
221	7.9.1	La moelle épinière	301
221	7.9.2	L'encéphale	302
223	7.9.3	Les méninges	322
227	7.9.4	Les plexus choroïdes	322
227	7.9.5	Le liquide céphalo-rachidien	325
229	7.10	Système nerveux périphérique	325
	7.10.1	Nerfs rachidiens ou spinaux	326
230	7.10.2	Nerfs crâniens	326
230	7.11	Système nerveux autonome	336
230	7.11.1	Définition	336
231	7.11.2	Origine	338
235	7.11.3	Organisation du système nerveux autonome des Mammifères	338
237	7.11.4	Le système nerveux autonome des Vertébrés non-mammaliens	340
241	7.11.5	Les paraganglions adrénalinogènes	341
241	7.12	Le système nerveux des vertèbres est-il métamérisé ?	344
241	7.12.1	Moelle épinière et nerfs rachidiens	344
242	7.12.2	Encéphale	344
245	7.12.3	Crête neurale	346
245	7.13	Plasticité du système nerveux central	346
247			
249			
250	Chapitre 8	Système musculaire	348
252	8.1	Introduction	348
264	8.1.1	Point de vue histologique	348
267	8.1.2	Point de vue embryologique	354
267	8.1.3	Point de vue anatomique	355
268	8.1.4	Point de vue fonctionnel	356
268	8.1.5	Homologie et nomenclature	358
268	8.1.6	Éléments de terminologie relatifs aux muscles striés squelettiques	358

Table des matières

8.2	Musculature somatique	359
8.2.1	Musculature axiale	360
8.2.2	Musculature appendiculaire	364
8.2.3	Musculature branchiomérique	370
8.3	Musculature peucière	375
8.3.1	Non mammaliens	375
8.3.2	Mammifères	376
8.4	Organes électriques	378
8.4.1	Structure	378
8.4.2	Les organes électriques des Élasmobranches	379
8.4.3	Les organes électriques des Téléostéens	379
8.4.4	Utilisation	381
Chapitre 9 • Cœlome		382
9.1	Origine et développement	382
9.2	Évolution générale	383
9.2.1	L'allongement et l'enroulement du tube digestif	383
9.2.2	Le développement des autres viscères	384
9.2.3	Le cloisonnement de la cavité cœlomique embryonnaire en cavités cœlomiques secondaires par des septums transversaux	384
9.3	Pores abdominaux	392
Chapitre 10 • Appareil digestif		393
10.1	Généralités	393
10.1.1	Point de vue anatomique	393
10.1.2	Point de vue embryologique	393
10.1.3	Point de vue histologique	394
10.2	Développement	397
10.2.1	Formation de l'intestin primitif entoblastique	397
10.2.2	Adjonction des parties extrêmes épiblastiques	399
10.3	La cavité buccale	400
10.3.1	Les lèvres	400
10.3.2	Le palais	400
10.3.3	La langue	401
10.3.4	Les dents	404
10.3.5	Les glandes buccales	414
10.4	Le pharynx	418
10.4.1	Évolution générale du pharynx	419
10.4.2	Les dérivés pharyngiens	421
10.5	L'œsophage	427
10.5.1	Structure générale	427
10.5.2	Différenciations particulières	427

359	10.6 L'estomac	430
360	10.6.1 Structure générale	430
364	10.6.2 Différenciations particulières	431
370	10.7 L'intestin	434
375	10.7.1 Structure générale	434
375	10.7.2 Dispositifs assurant l'augmentation de la surface absorbante	437
376	10.7.3 La flore intestinale	438
378	10.7.4 le Foie et le pancréas	438
378	10.7.5 Développement	439
379	10.7.6 Le foie	441
379	10.7.7 Le pancréas	444
381		
	Chapitre 11 - Appareil respiratoire	448
382	11.1 Appareil respiratoire branchial	448
382	11.1.1 Structure générale et rôle des branchies	448
383	11.1.2 Branchies externes cutanées	449
383	11.1.3 Branchies internes pharyngiennes	453
384	11.2 Appareil respiratoire pulmonaire	465
	11.2.1 Origine et structure générale	465
384	11.2.2 L'apparition des poumons chez les Vertébrés	467
	11.2.3 Poumons et vessie gazeuse	468
392	11.2.4 Évolution de la structure pulmonaire	468
	11.2.5 La ventilation pulmonaire	482
393	11.2.6 Larynx	484
393	11.3 Autres structures respiratoires	486
393	11.3.1 Peau	487
393	11.3.2 Cavité bucco-pharyngée	487
394	11.3.3 Diverticules bucco-pharyngés	488
397	11.3.4 Cavité gastro-intestinale	489
397	11.3.5 Vessie gazeuse	489
399		
400	Chapitre 12 - Appareil circulatoire	491
400	12.1 Le sang	493
400	12.1.1 Le plasma	493
401	12.1.2 Les globules	494
404	12.1.3 Les tissus hématopoïétiques	501
414	12.2 Les vaisseaux sanguins	510
418	12.2.1 Origine	510
419	12.2.2 Structure	510
421	12.3 Mise en place de l'appareil circulatoire sanguin embryonnaire	513
427	12.4 Le système artériel	514
427	12.4.1 Artères de la région pharyngienne : les arcs aortiques	515
427	12.4.2 Artères céphaliques	527

Table des matières

12.4.3	Artères coronaires	530
12.4.4	Artères intersegmentaires	530
12.5	Le cœur	531
12.5.1	Origine	531
12.5.2	Structure du myocarde	533
12.5.3	Le cœur embryonnaire	535
12.5.4	Le cœur veineux non cloisonné des Vertébrés « inférieurs » aquatiques (Cyclostomes, Poissons sauf les Dipneustes) à respiration branchiale et circulation simple	537
12.5.5	Le cœur incomplètement cloisonné des Dipneustes, Amphibiens et Reptiles non Crocodyliens : apparition de la double circulation	538
12.5.6	Le cœur complètement cloisonné des Crocodyliens, des Oiseaux et des Mammifères à circulation double	548
12.6	Le système veineux	554
12.6.1	Le système des veines vitellines ou omphalomésentériques. Son évolution en système porte hépatique	554
12.6.2	Le système des veines cardinales	556
12.6.3	Le système des veines latérales ou abdominales (Anamniotes), allantoïdiennes ou ombilicales (Amniotes)	559
12.6.4	Le système des veines pulmonaires	559
12.6.5	Cœurs veineux accessoires	559
12.7	La circulation embryonnaire des Amniotes et ses modifications à la naissance	561
12.7.1	La circulation embryonnaire simple des Amniotes	561
12.7.2	Le passage à la double circulation de l'adulte à la naissance	562
12.8	La lymphe	565
12.8.1	Lymphes interstitielle tissulaire	565
12.8.2	Lymphes vasculaire	565
12.9	Les vaisseaux lymphatiques	565
12.9.1	Origine	565
12.9.2	Structure	566
12.9.3	Organisation générale	568
12.9.4	Rapports avec le système veineux	568
12.10	Les cœurs lymphatiques	569
Chapitre 13 - Appareil uro-génital		570
13.1	Appareil urinaire	570
13.1.1	Le néphron, unité structurale et fonctionnelle élémentaire du rein des Vertébrés	571
13.1.2	Les trois structures rénales successives des Vertébrés	577
13.1.3	Pronéphros	578
13.1.4	Mésonéphros	579
13.1.5	Métanéphros	584
13.1.6	Pourquoi une organogenèse rénale en 2 ou 3 temps ?	589

530	13.1.7 Vessie urinaire	589
530	13.1.8 Organes excréteurs extrarénaux	590
531	13.2 Appareil génital	592
531	13.2.1 Gonades	593
533	13.2.2 Voies génitales	607
535	13.3 Le cloaque	619
	13.3.1 Poissons	619
	13.3.2 Amphibiens	619
537	13.3.3 Sauropsidés	619
	13.3.4 Mammifères	621
538	13.4 Organes copulateurs	625
548	13.4.1 Les organes copulateurs pairs des Chondrichthyens et des Squamates	625
554	13.4.2 Le pénis impair des Chéloniens, Crocodiliens, Oiseaux et Mammifères	625
554		
556		
559	Index	631
559	Glossaire étymologique	649
559		
561		
561		
562		
565		
565		
565		
565		
565		
566		
568		
568		
569		
570		
570		
571		
577		
578		
579		
584		
589		

SCIENCES SUP

André Beaumont • Pierre Cassier
Avec la participation de Daniel Richard

BIOLOGIE ANIMALE

Les Cordés : anatomie comparée des Vertébrés

Ce livre est destiné aux étudiants qui se dirigent vers les études, puis les carrières biologiques, vétérinaires, agronomiques, pharmaceutiques, ou vers l'enseignement secondaire, via ses concours (CAPES, Agrégation).

Le cours présente les connaissances les plus récentes sur l'anatomie fonctionnelle des Céphalocordés et des Tuniciers, la systématique phylogénétique des Cordés, le développement et l'anatomie comparée des Vertébrés. Cette dernière est liée à l'idée que l'organisation structurale des organismes obéit à des règles et qu'il existe une relation entre la forme des organes et leurs fonctions. Elle repose essentiellement sur la notion d'homologie étendue aux molécules et aux gènes avec l'avènement récent de la génétique moléculaire du développement.

Dans cette 9^e édition, enrichie d'éléments fonctionnels proposés par le neurophysiologiste Daniel Richard, tous les chapitres ont été modifiés pour donner la place à des développements sur des connaissances nouvelles.



9 782100 516582

6673438

ISBN 978-2-10-051658-2



www.dunod.com



9^e édition

ANDRÉ BEAUMONT
et PIERRE CASSIER
sont anciens professeurs
de biologie animale
respectivement à l'université
Paris-Sud (Paris XI - Orsay)
et à l'université Pierre-et-
Marie-Curie (Paris VI)

DANIEL RICHARD
ancien professeur de
biologie à l'IUFM Midi-
Pyrénées, est coauteur de
Neurophysiologie (Dunod, 3^e
éd., 2007) avec Didier Orsal
et de *Sciences de la vie pour
le CAPES et l'agrégation*
(Dunod, 2008).

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE

