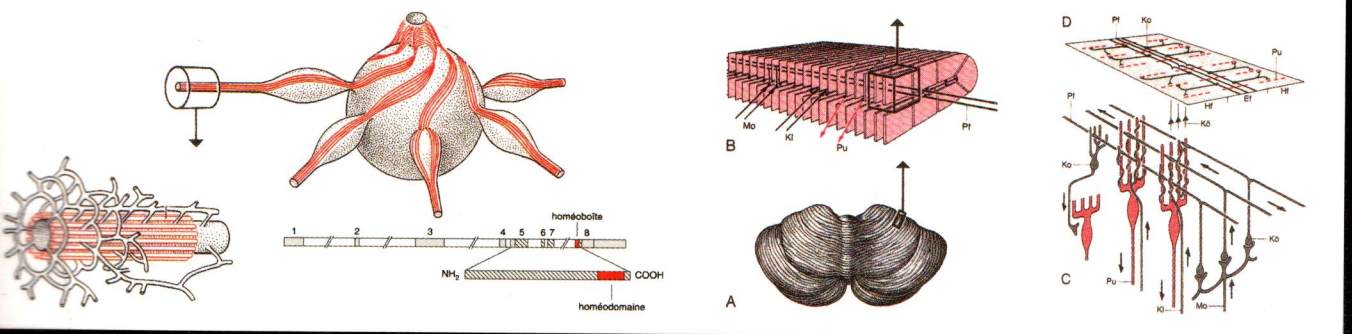


# BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

BASES MOLÉCULAIRES, CELLULAIRES, ANATOMIQUES ET FONCTIONNELLES  
- ORIENTATIONS COMPARÉE ET ÉVOLUTIVE -

• WEHNER • GEHRING •

Traduction de la 23<sup>e</sup> édition allemande par Christiane Meyer  
Révision scientifique par Raymond Kirsch



De Boeck  Université  
Thieme Verlag

# BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

• WEHNER • GEHRING •

Dans l'esprit d'une explication unitaire des phénomènes fondamentaux rencontrés dans le règne animal, cet ouvrage estompe les frontières entre les différents domaines de la zoologie, en insistant peu sur l'aspect descriptif traditionnel, mais en prenant des **orientations comparée et évolutive**. Il privilégie ces aspects, en rapprochant les données acquises dans les différents domaines : biologie moléculaire, embryologie, anatomie, physiologie, éthologie, écologie... Ce faisant, il intègre les progrès considérables enregistrés ces dernières années, en particulier, dans les domaines de la génétique, de la biologie moléculaire et de l'embryologie, progrès qui ont contribué à un nouvel essor des sciences de l'évolution.

Ces **deux approches méthodologiques** convergent en permanence au cours de l'étude des bases moléculaires, cellulaires, anatomiques et fonctionnelles comparées des différents types d'organisation des groupes zoologiques, de leur développement, de leurs mécanismes de fonctionnement, de leur évolution et de leur intégration dans l'environnement.

L'ouvrage, articulé en cinq parties, offre une **iconographie** particulièrement didactique : 940 figures constituées de micrographies électroniques de qualité et de schémas aux légendes détaillées, facilement mémorisables. À ces figures s'ajoutent des tableaux et des encadrés qui par exemple, font état d'un fait historique, développent un concept particulier, présentent des données expérimentales de pointe acquises ces dernières années, constituent une approche synthétique d'un thème scientifique ou encore, récapitulent des interrelations, et ce, à différents niveaux d'intégration.

Par sa structure, ses orientations et sa couverture exhaustive des domaines actuels d'analyse du monde animal, cet **ouvrage est une référence** pour un **large public de biologistes** : étudiants des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles de l'université, des classes préparatoires à vocation scientifique, des écoles vétérinaires, candidats au C.A.P.E.S. ou à l'agrégation, professeurs de l'enseignement secondaire, professeurs et chercheurs de l'enseignement supérieur.

ISBN 2-7445-0009-7



9 782744 500091

WEHNER A027

# Table des matières

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| Préface à la 23 <sup>e</sup> édition allemande ..... | v   |
| Préface à la 22 <sup>e</sup> édition allemande ..... | vii |
| Préface à la première édition française .....        | xi  |
| Liste des encadrés .....                             | xix |

## PARTIE I - CELLULE

### Chapitre 1

#### Structure et fonction de la cellule

|                                                             |    |                                                                      |    |
|-------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Évolution et organisation de la cellule eucaryote ..... | 2  | 1.5 Jonctions cellulaires .....                                      | 22 |
| 1.2 La membrane cellulaire .....                            | 6  | 1.6 Matrice extracellulaire .....                                    | 24 |
| 1.2.1 Structure de la membrane .....                        | 6  | 1.7 Mitochondries .....                                              | 25 |
| 1.2.2 Transport membranaire .....                           | 8  | 1.8 Le noyau cellulaire .....                                        | 28 |
| 1.2.3 Endo- et exocytose .....                              | 9  | 1.8.1 Enveloppe nucléaire .....                                      | 28 |
| 1.3 Système membranaire interne .....                       | 12 | 1.8.2 Structure de la chromatine et chromosomes interphasiques ..... | 29 |
| 1.3.1 Réticulum endoplasmique et ribosomes .....            | 12 | 1.8.3 Chromosomes géants polyténiques .....                          | 32 |
| 1.3.2 Appareil de Golgi .....                               | 16 | 1.8.4 Chromosomes métaphasiques .....                                | 35 |
| 1.3.3 Lysosomes et peroxysomes .....                        | 17 | 1.8.5 Nucléole .....                                                 | 37 |
| 1.4 Le cytosquelette .....                                  | 17 | 1.9 Cycles cellulaire et nucléaire .....                             | 37 |
| 1.4.1 Filaments d'actine .....                              | 18 | 1.9.1 Interphase .....                                               | 38 |
| 1.4.2 Microtubules .....                                    | 20 | 1.9.2 Mitose .....                                                   | 41 |
| 1.4.3 Filaments intermédiaires .....                        | 21 | 1.9.3 Cytodiérèse .....                                              | 42 |
|                                                             |    | 1.9.4 Méiose .....                                                   | 44 |

## PARTIE II - LE PROGRAMME GÉNÉTIQUE ET SA RÉALISATION DANS L'ORGANISME

### Chapitre 2

#### Hérédité

|                                                    |    |                                           |    |
|----------------------------------------------------|----|-------------------------------------------|----|
| 2.1 La nature du matériel héréditaire .....        | 50 | 2.5 Traduction (synthèse protéique) ..... | 68 |
| 2.2 Réplication de l'ADN .....                     | 54 | 2.6 Mutation .....                        | 74 |
| 2.3 Effet génique primaire et code génétique ..... | 60 | 2.6.1 Preuve de mutations .....           | 74 |
| 2.4 Transcription et maturation de l'ARN .....     | 63 | 2.6.2 Mutations spontanées .....          | 78 |
|                                                    |    | 2.6.3 Induction de mutations .....        | 79 |

|       |                                                                                  |     |        |                                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.4 | Mutations géniques .....                                                         | 85  | 2.12   | Régulation de l'activité génique .....                                   | 14 |
| 2.6.5 | Mutations chromosomiques .....                                                   | 87  | 2.12.1 | Compensation de la dose génique et<br>inactivation du chromosome X ..... | 14 |
| 2.6.6 | Mutations génomiques .....                                                       | 92  | 2.12.2 | Amplification génique .....                                              | 14 |
| 2.6.7 | Mutation "reverse" et suppression .....                                          | 96  | 2.12.3 | Activation génique par modification<br>de la structure du gène .....     | 14 |
| 2.7   | Complémentation .....                                                            | 97  | 2.12.4 | Régulation de la transcription .....                                     | 14 |
| 2.8   | Recombinaison .....                                                              | 99  | 2.12.5 | Régulation génique post-transcriptionnelle .....                         | 14 |
| 2.8.1 | Ségrégation d'allèles et disjonction<br>indépendante des caractères .....        | 99  | 2.13   | Du gène au caractère .....                                               | 14 |
| 2.8.2 | Liaison et recombinaison .....                                                   | 102 | 2.13.1 | Pénétrance et expressivité .....                                         | 15 |
| 2.8.3 | Échange physique de segments<br>chromatidiens .....                              | 108 | 2.13.2 | Pléiotropie et polygénie .....                                           | 15 |
| 2.8.4 | Répression de la recombinaison<br>par des mutations chromosomiques .....         | 109 | 2.13.3 | Facteurs de l'environnement .....                                        | 15 |
| 2.8.5 | Recombinaison intragénique<br>et mécanismes moléculaires .....                   | 111 | 2.13.4 | Interaction entre gènes .....                                            | 15 |
| 2.8.6 | Recombinaison spécifique<br>de site et transduction .....                        | 115 | 2.13.5 | Hérédité couplée au sexe<br>et limitée au sexe .....                     | 15 |
| 2.8.7 | Transposition .....                                                              | 115 | 2.13.6 | Effets maternel et paternel .....                                        | 15 |
| 2.9   | Transformation .....                                                             | 121 | 2.14   | Hérédité cytoplasmique .....                                             | 15 |
| 2.10  | Recombinaison <i>in vitro</i> , clonage<br>de gènes et technologie du gène ..... | 126 | 2.15   | Génétique cellulaire somatique .....                                     | 15 |
| 2.11  | Structure du gène et organisation<br>du génome .....                             | 133 | 2.15.1 | Mutations somatiques .....                                               | 15 |
|       |                                                                                  |     | 2.15.2 | Recombinaison somatique .....                                            | 15 |
|       |                                                                                  |     | 2.15.3 | Génétique de l'immunité .....                                            | 15 |
|       |                                                                                  |     | 2.15.4 | Fusion de cellules somatiques .....                                      | 16 |
|       |                                                                                  |     | 2.15.5 | Transfert de gènes dans<br>des cultures cellulaires .....                | 16 |

## Chapitre 3 Développement

|       |                                                                                                    |     |        |                                                                                    |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1   | Reproduction et sexualité .....                                                                    | 163 | 3.9.1  | Neurulation et développement<br>des crêtes neurales .....                          | 208 |
| 3.1.1 | Reproduction asexuée .....                                                                         | 163 | 3.9.2  | Organes d'origine mésodermique .....                                               | 210 |
| 3.1.2 | Reproduction sexuée et sexualité .....                                                             | 164 | 3.9.3  | Organes d'origine endodermique .....                                               | 210 |
| 3.1.3 | Parthénogenèse .....                                                                               | 168 | 3.9.4  | Annexes embryonnaires .....                                                        | 211 |
| 3.1.4 | Alternance de phases (haploïde<br>et diploïde) dans le noyau<br>et alternance de générations ..... | 169 | 3.10   | Développement larvaire et métamorphose .....                                       | 213 |
| 3.1.5 | Lignée germinale et soma .....                                                                     | 169 | 3.11   | Lignage cellulaire .....                                                           | 217 |
| 3.1.6 | Distribution des sexes .....                                                                       | 171 | 3.12   | Détermination et différenciation .....                                             | 220 |
| 3.1.7 | Détermination du sexe .....                                                                        | 172 | 3.12.1 | Principes généraux .....                                                           | 220 |
| 3.2   | Spermatogenèse .....                                                                               | 178 | 3.12.2 | Potentialités de développement<br>des blastomères .....                            | 221 |
| 3.3   | Ovogenèse .....                                                                                    | 181 | 3.12.3 | Équivalence et totipotence des noyaux<br>de segmentation .....                     | 223 |
| 3.4   | Fécondation .....                                                                                  | 185 | 3.12.4 | Déterminants cytoplasmiques .....                                                  | 224 |
| 3.5   | Organisation de l'ovocyte puis de l'œuf .....                                                      | 190 | 3.12.5 | Gradients morphogéniques .....                                                     | 226 |
| 3.6   | Segmentation .....                                                                                 | 193 | 3.12.6 | Phénomène d'induction .....                                                        | 230 |
| 3.7   | Gastrulation .....                                                                                 | 203 | 3.12.7 | Adhérence cellulaire et morphogenèse .....                                         | 234 |
| 3.8   | Plan fondamental d'organisation<br>de l'embryon et formation<br>des feuillet embryonnaires .....   | 206 | 3.12.8 | Élaboration du plan fondamental<br>d'organisation et information de position ..... | 237 |
| 3.9   | Organogenèse .....                                                                                 | 208 | 3.13   | Contrôle génétique du développement .....                                          | 242 |
|       |                                                                                                    |     | 3.14   | Régénération .....                                                                 | 251 |
|       |                                                                                                    |     | 3.15   | Sénescence et mort .....                                                           | 255 |

## PARTIE III

### L'ORGANISME : UNE MACHINE FONCTIONNELLE

#### Chapitre 4

##### Échanges de matière et d'énergie

|       |                                                                  |     |       |                                                    |     |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----|-------|----------------------------------------------------|-----|
| 4.1   | Énergétique .....                                                | 258 | 4.4.1 | Performances de transport .....                    | 298 |
| 4.1.1 | Transfert d'énergie dans un système en équilibre dynamique ..... | 258 | 4.4.2 | Dynamique circulatoire .....                       | 304 |
| 4.1.2 | Transfert d'énergie dans la cellule .....                        | 261 | 4.4.3 | Fonction de défense : réactions immunitaires ..... | 309 |
| 4.1.3 | Transfert d'énergie dans l'organisme .....                       | 270 | 4.5   | Régulations ionique et osmotique .....             | 315 |
| 4.2   | Nutrition .....                                                  | 275 | 4.5.1 | Régulation ionique .....                           | 316 |
| 4.2.1 | Choix de la nourriture .....                                     | 275 | 4.5.2 | Osmorégulation .....                               | 318 |
| 4.2.2 | Digestions intra- et extracellulaires .....                      | 277 | 4.6   | Excrétion .....                                    | 321 |
| 4.2.3 | Appareils digestifs .....                                        | 280 | 4.6.1 | Produits d'excrétion .....                         | 321 |
| 4.3   | Respiration .....                                                | 287 | 4.6.2 | Mécanismes d'excrétion .....                       | 322 |
| 4.3.1 | Branchies .....                                                  | 289 | 4.6.3 | Organes excréteurs .....                           | 322 |
| 4.3.2 | Poumons .....                                                    | 291 | 4.7   | Thermorégulation .....                             | 326 |
| 4.3.3 | Trachées .....                                                   | 296 | 4.7.1 | Animaux ectothermes .....                          | 328 |
| 4.4   | Circulation .....                                                | 297 | 4.7.2 | Animaux endothermes .....                          | 329 |

#### Chapitre 5

##### Contrôle hormonal

|       |                                                   |     |       |                                        |     |
|-------|---------------------------------------------------|-----|-------|----------------------------------------|-----|
| 5.1   | Caractéristiques générales .....                  | 331 | 5.3.2 | Homéostasie métabolique .....          | 344 |
| 5.2   | Mécanismes d'action à l'échelle moléculaire ..... | 338 | 5.3.3 | Contrôle du développement .....        | 346 |
| 5.3   | Système hormonal des Vertébrés .....              | 340 | 5.4   | Système hormonal des Invertébrés ..... | 346 |
| 5.3.1 | Système hypothalamo-hypophysaire .....            | 340 | 5.5   | Phéromones .....                       | 348 |

#### Chapitre 6

##### Coordination neuronale

|       |                                                    |     |       |                                                                       |     |
|-------|----------------------------------------------------|-----|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1   | Les éléments constitutifs du système nerveux ..... | 352 | 6.2.3 | Transmission synaptique .....                                         | 367 |
| 6.1.1 | Neurones .....                                     | 352 | 6.3   | Systèmes nerveux .....                                                | 375 |
| 6.1.2 | Cellules gliales .....                             | 357 | 6.3.1 | Systèmes nerveux : un ensemble de schémas de circuits neuronaux ..... | 375 |
| 6.2   | Signaux électriques .....                          | 359 | 6.3.2 | Systèmes nerveux centraux .....                                       | 381 |
| 6.2.1 | Potentiel de repos .....                           | 360 | 6.3.3 | Développement des systèmes nerveux .....                              | 391 |
| 6.2.2 | Potentiels d'action .....                          | 364 |       |                                                                       |     |

#### Chapitre 7

##### Performances sensorielles

|       |                                                               |     |       |                           |     |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----|-------|---------------------------|-----|
| 7.1   | Conversion du stimulus .....                                  | 397 | 7.2   | Systèmes sensoriels ..... | 408 |
| 7.1.1 | Dispositifs responsables de la transmission du stimulus ..... | 397 | 7.2.1 | Mécanoperception .....    | 408 |
| 7.1.2 | Cellules sensorielles .....                                   | 399 | 7.2.2 | Photoperception .....     | 418 |
|       |                                                               |     | 7.2.3 | Chémoperception .....     | 429 |

## Chapitre 8

### Mouvement

|                                               |     |                                                |   |
|-----------------------------------------------|-----|------------------------------------------------|---|
| 8.1 Mouvement musculaire .....                | 435 | 8.2.2 Coordination du mouvement des cils ..... | 4 |
| 8.1.1 Processus fondamentaux .....            | 435 | 8.3 Mouvement amiboïde .....                   | 4 |
| 8.1.2 Physiologie musculaire .....            | 441 | 8.4 Organes électriques .....                  | 4 |
| 8.1.3 Contrôles neuromoteurs .....            | 443 | 8.5 Changement de couleur                      |   |
| 8.1.4 Systèmes muscles-squelette .....        | 446 | et bioluminescence .....                       | 4 |
| 8.2 Mouvement des cils et des flagelles ..... | 449 | 8.5.1 Changement de couleur .....              | 4 |
| 8.2.1 Processus fondamentaux .....            | 449 | 8.5.2 Bioluminescence .....                    | 4 |

## PARTIE IV

### LES ORGANISMES DANS LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

## Chapitre 9

### Éthologie

|                                       |     |                                         |   |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------------------|---|
| 9.1 Physiologie du comportement ..... | 465 | 9.3 Écologie du comportement .....      | 4 |
| 9.1.1 Programmes moteurs .....        | 465 | 9.3.1 Comportement d'approvisionnement  |   |
| 9.1.2 Filtres sensoriels .....        | 470 | en nourriture .....                     | 4 |
| 9.1.3 Coordination .....              | 474 | 9.3.2 Comportement sexuel .....         | 4 |
| 9.2 Ontogenèse du comportement .....  | 479 | 9.3.3 Comportement social .....         | 4 |
| 9.2.1 Programmes de développement     |     | 9.4 Évolution du comportement .....     | 5 |
| du comportement .....                 | 479 | 9.4.1 Génétique du comportement .....   | 5 |
| 9.2.2 Apprentissage .....             | 482 | 9.4.2 Phylogenèse du comportement ..... | 5 |

## Chapitre 10

### Écologie

|                                              |     |                                            |   |
|----------------------------------------------|-----|--------------------------------------------|---|
| 10.1 Interrelations                          |     | 10.2.1 Interactions intraspécifiques ..... | 5 |
| organisme-environnement .....                | 514 | 10.2.2 Interactions interspécifiques ..... | 5 |
| 10.1.1 Facteurs écologiques .....            | 515 | 10.3 Écosystèmes .....                     | 5 |
| 10.1.2 Formation de niches écologiques ..... | 523 | 10.3.1 Structure .....                     | 5 |
| 10.2 Populations .....                       | 527 | 10.3.2 Dynamique .....                     | 5 |

## Chapitre 11

### Évolution

|                                                |     |                                                     |   |
|------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|---|
| 11.1 Indices .....                             | 551 | 11.2.2 Génétique des populations .....              | 5 |
| 11.1.1 Similitudes étagées .....               | 551 | 11.2.3 Spéciation .....                             | 5 |
| 11.1.2 Séquence historique .....               | 560 | 11.2.4 Transformation des formes à long terme ..... | 5 |
| 11.1.3 Dispersion géographique .....           | 570 | 11.3 Évolution des Hominidés .....                  | 5 |
| 11.1.4 Développement embryonnaire .....        | 573 | 11.3.1 Déroulement chronologique .....              | 5 |
| 11.2 Mécanismes .....                          | 575 | 11.3.2 Facteurs .....                               | 5 |
| 11.2.1 Théorie de la sélection naturelle ..... | 576 |                                                     |   |

## PARTIE V

### DIVERSITÉ DES ORGANISMES

## Chapitre 12

## Phylums du règne animal

|        |                                           |     |                                     |                                                   |     |
|--------|-------------------------------------------|-----|-------------------------------------|---------------------------------------------------|-----|
| 12.1   | Protozoaires (Unicellulaires) .....       | 606 | 12.10                               | Échinodermes (« peau avec piquants ») .....       | 710 |
| 12.1.1 | Flagellés .....                           | 611 | 12.11                               | Cordés (« animaux à corde ») .....                | 716 |
| 12.1.2 | Rhizopodes .....                          | 614 | Tégument .....                      | 717                                               |     |
| 12.1.3 | Sporozoaires .....                        | 617 | Squelette .....                     | 725                                               |     |
| 12.1.4 | Ciliés .....                              | 619 | Système nerveux .....               | 740                                               |     |
| 12.2   | Porifères ou Spongiaires (éponges) .....  | 626 | Appareil circulatoire sanguin ..... | 742                                               |     |
| 12.3   | Coelentérés .....                         | 632 | Appareil uro-génital .....          | 745                                               |     |
| 12.4   | Plathelminthes (vers plats) .....         | 644 | 12.11.1                             | Tuniciers (= Urocordés) .....                     | 754 |
| 12.5   | Némathelminthes (« vers ronds ») .....    | 651 | 12.11.2                             | Acrâniens (= Céphalocordés) .....                 | 756 |
| 12.6   | Annélides (vers annelés) .....            | 656 | 12.11.3                             | Agnathes (sans mâchoires) .....                   | 759 |
| 12.7   | Arthropodes (« à pieds articulés ») ..... | 662 | 12.11.4                             | Chondrichthyens (Poissons<br>cartilagineux) ..... | 760 |
| 12.7.1 | Onychophores ou Péripates .....           | 669 | 12.11.5                             | Ostéichthyens (Poissons osseux) .....             | 763 |
| 12.7.2 | Trilobites .....                          | 671 | 12.11.6                             | Amphibiens (Batraciens) .....                     | 764 |
| 12.7.3 | Chélicérates .....                        | 672 | 12.11.7                             | Reptiles (animaux rampants) .....                 | 766 |
| 12.7.4 | Crustacés .....                           | 678 | 12.11.8                             | Oiseaux .....                                     | 768 |
| 12.7.5 | Trachéates (Myriapodes et Insectes) ..... | 684 | 12.11.9                             | Mammifères (animaux pourvus<br>de mamelles) ..... | 772 |
| 12.8   | Mollusques (organismes à corps mou) ..... | 698 |                                     |                                                   |     |
| 12.9   | Lophophoriens et Branchiostèmes .....     | 707 |                                     |                                                   |     |
|        |                                           |     | Appendice .....                     | 777                                               |     |
|        |                                           |     | Bibliographie .....                 | 782                                               |     |
|        |                                           |     | Glossaire .....                     | 787                                               |     |
|        |                                           |     | Index .....                         | 811                                               |     |