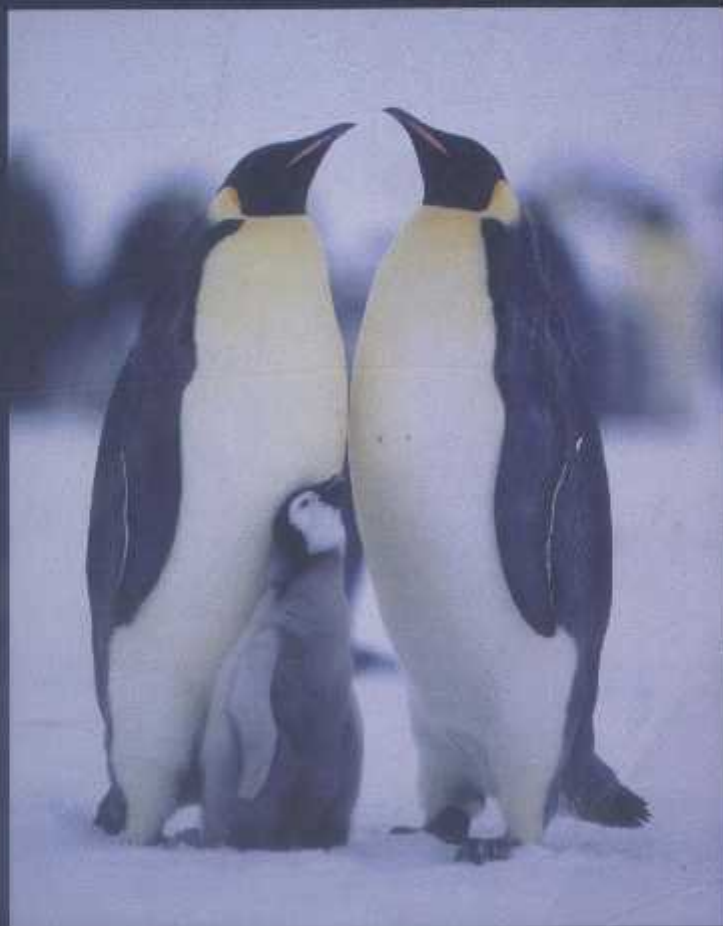


PHYSIOLOGIE ANIMALE

Par **Raymond GILLES**

Michel ANCTIL, Fernand BAGUET, Mireille et Guy CHARMANTIER,
Raymond GILLES Jr., André PÉQUEUX, Jean-Christophe PLUMIER et Philippe SÉBERT



de boeck

PHYSIOLOGIE ANIMALE

BL383

35530

②

Par Raymond GILLES

Michel ANCTIL, Fernand BAGUET, Mireille et Guy CHARMANTIER,
Raymond GILLES Jr., André PÉQUEUX, Jean-Christophe PLUMIER et Philippe SÉBERT



Table des matières

Avant-propos	1
Liste des contributeurs	3

CHAPITRE 1

Relations ioniques, hydriques et osmotiques	5
---	---

1. Compartiments des métazoaires	6	3.4. Mouvements transmembranaires	56
1.1. Généralités – Compartiments liquidiens	6	3.4.1. Diffusion simple	56
1.1.1. Compartiments et milieu intérieur	6	3.4.2. Mouvements d'eau – Flux en masse et effort osmotique	61
1.1.2. Composition globale et volume	7	3.4.3. Transport (en file)	66
1.1.3. Activité osmotique des compartiments liquidiens	9	3.4.4. Exemples de mouvements d'ions au niveau membranaire	74
1.1.4. Importance des gradients ioniques et osmotiques en physiologie	10	3.4.5. Transport vésiculaire	77
2. Osmorégulation des liquides extracellulaires	10	4. Bioélectrique*	86
2.1. Généralités – Terminologie	10	4.1. Généralités – Potentiels transmembranaires	86
2.1.1. Animaux terrestres et aquatiques iso-, hypo ou hyperosmotiques	10	4.2. Genèse des potentiels transmembranaires	87
2.1.2. Animaux sténohalins et euryhalins	14	4.2.1. Potentiels de diffusion – Potentiels d'équilibre	87
2.2. Mécanismes d'osmorégulation	15	4.2.2. Transports électrogéniques	89
2.2.1. Osmorégulation chez les animaux aquatiques	15	4.2.3. Potentiels composés	89
2.2.2. Osmorégulation chez les animaux terrestres	19	4.2.4. Valeurs et signe des différences de potentiel	90
2.3. Organes impliqués dans l'osmorégulation	20	4.3. Caractéristiques électriques des membranes	91
2.3.1. Généralités	20	4.3.1. Courants microscopiques et macroscopiques – Patch-clamp	92
2.3.2. Mouvements d'eau et d'ions au niveau des régulements extérieurs	20	4.3.2. Résistance – Conductance	94
2.3.3. Mouvements d'eau et d'ions au niveau du tractus digestif	23	4.3.3. Courants de fuite, dépolarisation, hyperpolarisation, rectification	95
2.3.4. Mouvements d'eau et d'ions au niveau des systèmes rénaux	24	4.3.4. Capacité	99
2.3.5. Mouvements d'eau et d'ions au niveau des organes extrarénaux	37	4.3.5. Circuits électriques équivalents	101
2.4. Balances hydriques et osmotiques	39	5. Contrôle de l'osmolarité et du volume cellulaires*	102
3. Mouvements transmembranaires*	40	5.1. Généralités – Le maintien du volume cellulaire	102
3.1. Généralités	40	5.2. Équilibre osmotique cellulaire	104
3.2. Membranes biologiques	40	5.3. Régulation osmotique en conditions isosmotiques	106
3.2.1. Rôles des membranes cellulaires	40	5.4. Régulation osmotique en conditions anisosmotiques	108
3.2.2. Rôles des « membranes » épithéliales et endothéliales	41	5.4.1. Évolution du volume cellulaire	108
3.3. Constitution des membranes plasmiques	44	5.4.2. Mécanismes de contrôle du volume	110
3.3.1. Organisation générale	44	5.5. Signalisation et contrôle de volume	115
3.3.2. Lipides membranaires	46	5.6. Effets compensateurs des osmolytes organiques	116
3.3.3. Protéines membranaires	51		

CHAPITRE 2		
Les échanges de matières		119
1. Échanges et grandes fonctions	120	
2. Circulation sanguine sang	121	
2.1 Généralités – Systèmes propulsifs et vasculaires	121	
2.2 Systèmes de propulsion	122	
2.2.1 Types et organisation – Étapes évolutives majeures	122	
2.2.2 Activité cardiaque	128	
2.3 Systèmes vasculaires	138	
2.3.1 Généralités	138	
2.3.2 Notions d'hémodynamique	138	
2.3.3 Caractéristiques des vaisseaux et des systèmes vasculaires	139	
2.3.4 Pression artérielle et veineuse – Distribution du flux sanguin	143	
2.3.5 Pression et débit sanguin – Effets gravitationnels ou posturaux	145	
2.4 Contrôle de la circulation	147	
2.4.1 Débit cardiaque	147	
2.4.2 Contrôle des résistances vasculaires	150	
2.4.3 Exemples de contrôle de l'activité cardiaque vasculaire	157	
2.5 Sang : composition – Fonctions	156	
2.5.1 Généralités – Rôles du sang	156	
2.5.2 Composition du sang	156	
2.5.3 Hématopoïèse	160	
2.5.4 Hémostase et coagulation	161	
2.5.5 Coagulation	164	
3. Échanges gazeux et respiration	165	
3.1 Échanges gazeux et énergétique cellulaire	165	
3.1.1 Généralité : aérobie – anaérobie	165	
3.1.2 Métabolisme aérobie	166	
3.1.3 Métabolisme anaérobie	167	
3.2 Notions de bioénergétique des organismes	172	
3.2.1 Quotient respiratoire – Coefficients thermiques de l'O ₂	172	
3.2.2 QO ₂ et dépense énergétique	173	
3.2.3 Métabolisme énergétique et masse des organismes	174	
3.2.4 Métabolisme énergétique et niveau d'activité	175	
3.3 Systèmes respiratoires et respiration	180	
3.3.1 Généralités – Systèmes et milieux respiratoires	180	
3.3.2 Respiration en milieu aquatique	183	
3.3.3 Transition eau – air et respiration bimodale	197	
3.3.4 Respiration aérienne	202	
3.4 Adaptations à la plongée	219	
3.4.1 Économie d'oxygène	219	
3.4.2 Aéroembolie	222	
3.4.3 Plongée chez l'homme	222	
4. O ₂ et CO ₂ Sanguins	224	
4.1 Transport sanguin d'O ₂ et de CO ₂	224	
4.1.1 Généralités	224	
4.1.2 Transport d'oxygène	224	
4.1.3 Transport de CO ₂	234	
4.2 Équilibre acide-base et contrôle du pH sanguin	235	
4.2.1 Généralités – pH et tampons sanguins	235	
4.2.2 Tampon bicarbonate sanguin	236	
4.2.3 Acidoses et alcaloses	237	
4.3 Modifications respiratoires et métaboliques en rapport avec l'altitude ou les milieux hypoxiques	238	
5. Nutrition – Réserves	241	
5.1 Généralités – Aliments et nutriments	241	
5.2 Ingestion – Prise de nourriture	242	
5.2.1 Microphages et macrophages, aliments liquides et solides	242	
5.2.2 Quantité de nourriture	244	
5.2.3 Qualité et nature de la nourriture	245	
5.2.4 Phagostimulants et phagorépellants	245	
5.2.5 Salivation	247	
5.2.6 Déglutition – Vomissemment – Régurgitation	246	
5.2.7 Différenciations de l'œsophage	250	
5.3 Digestion	250	
5.3.1 Généralités – Digestion intra- et extracellulaire	250	
5.3.2 Digestion des protéines	251	
5.3.3 Digestion des glucides	254	
5.3.4 Digestion des lipides	256	
5.3.5 Résumé	259	
5.4 Apports symbiotiques de nutriments	260	
5.4.1 Généralités	260	
5.4.2 Symbioses intracellulaires et coelomiques	260	
5.4.3 Symbioses du tube digestif	261	
5.5 Les structures de la digestion	265	
5.5.1 Estomac	265	
5.5.2 Intestin	271	
5.5.3 Glandes annexes	276	
5.6 Absorption	280	
5.6.1 Osés, acides aminés	280	
5.6.2 Lipides	280	
5.7 Réserves énergétiques	283	
5.7.1 Composés à liaison phosphate riche	283	
5.7.2 Réserves glucidiques et aminées	283	
5.7.3 Réserves lactiques	285	
5.7.4 Types de réserves et localisation	285	

6. Excrétion	290	6.6.1. Devenir des groupements NH_2	296
6.1. Généralités	290	6.6.2. N_2 et dégradation des protéines	297
6.2. Produits gazeux	290	6.6.3. N_2 et dégradation des bases puriques	301
6.3. Produits particulaires	291	6.6.4. Excrétion azotée et disponibilité de l'eau	302
6.4. Ions inorganiques en excès	295	6.6.5. Mécanismes d'excrétion azotée	303
6.5. Produits solubles	295		
6.6. Excrétion azotée	296		

CHAPITRE 3

Mouvements

1. Mouvements et protéines motrices	306	2.5.6. Muscles lisses – Par F. Daguer	334
2. Mouvements et systèmes actine – myosine	307	2.3.7. « Jer » propulsion et squelette hydraulique	339
2.1. Mouvement amiboïde – Pseudopodes	307	3. Mouvements et systèmes tubuline – dynéine ou kynésine	342
2.2. Mouvements de structures cellulaires	310	3.1. Mouvements des cils et flagelles	342
2.2.1. Contraction des microvillosités intestinales	310	3.2. Transport cytoplasmique	346
2.2.2. Division cellulaire	311	3.3. Mouvements des chromosomes	347
2.2.3. Cargos intracellulaires	311	3.4. Mouvements dans les chromatophores	347
2.3. Mouvements musculaires	311	3.5. Mouvements dans les endophores	348
2.3.1. Muscles lisses et striés	311	4. Autres systèmes de mouvement	349
2.3.2. Muscles striés squelettiques	312	4.1. Locomotion et pression hydrostatique	349
2.3.3. Structures associées aux muscles striés squelettiques	327	4.2. Décharge de nématocyste et pression osmotique	349
2.3.4. Muscles striés obliques	321	4.3. Contraction du spasmonème et spasmine	351
2.3.5. Muscle strié cardiaque	332		

CHAPITRE 4

Système nerveux

1. Organisation générale – Évolution	354	2.3.10. Chémorécepteurs	397
1.1. Généralités introductives	354	2.3.11. Photorécepteurs	405
1.2. Évolution	356	3. Système nerveux central – circuits neuronaux	421
2. Système nerveux périphérique	364	3.1. Généralités introductives – Inné et acquis	421
2.1. Généralités introductives	364	3.2. Intégration sensor-motrice	422
2.2. Système efférent (effecteur)	366	3.2.1. Chez les invertébrés	422
2.2.1. Système efférent somato-moteur	367	3.2.2. Chez les vertébrés	429
2.2.2. Système efférent autonome	367	3.3. Les fonctions cérébrales complexes	468
2.3. Système afférent : récepteurs sensoriels	369	3.3.1. Généralités – Cognition	468
2.3.1. Classification des récepteurs	369	3.3.2. Vigilance, sommeil, attention	470
2.3.2. Transduction et codage des signaux	369	3.3.3. Mémoire et apprentissage	470
2.3.3. Structures réceptrices primaires et secondaires	370	3.3.4. Émotions et cerveau viscéral	478
2.3.4. Sensibilité – Adaptation	371	3.3.5. Langage et vocalisations	481
2.3.5. Systèmes multirécepteurs, organes récepteurs	373	3.3.6. Sexualisation du cerveau	485
2.3.6. Nocicepteurs et sensations douloureuses	373	4. Mécanismes cellulaires de la signalisation nerveuse*	487
2.3.7. Mécanorécepteurs	374	4.1. Généralités : cellules excitables et signaux nerveux	487
2.3.8. Électrorécepteurs, électrolocation	392	4.2. Types cellulaires du système nerveux	488
2.3.9. Thermorécepteurs	395		

4.2.1	Cellules nerveuses	488	4.4.1	Généralités synapses électriques et chimiques	505
4.2.2	Cellules gliales	490	4.4.2	Synapses électriques	505
4.3	Genèse des signaux nerveux	492	4.4.3	Synapses chimiques	505
4.3.1	Étude des potentiels d'action	492	4.4.4	Neurotransmetteurs	507
4.3.2	Caractéristiques électriques des tissus excitables	497	4.4.5	Synapses excitatrices	508
4.3.3	Potentiel d'action	493	4.4.6	Synapses inhibitrices	513
4.4	Transmission synaptique	505	4.4.7	Récepteurs synaptiques	515
			4.4.8	Modulation de la transmission synaptique	520

CHAPITRE 5

Sémiomolécules et communication chimique 529

1.	Sémiomolécules et modulation d'activité	530	3.1	Généralités introductives	573
1.1	Généralités introductives	530	3.2	Neurotransmetteurs	573
1.2	Phéromones Alléromones Allomones	531	3.3	Neuropeptides modulateurs	573
1.3	Systèmes endocrine, paracrine et autocrine	531	3.4	Cytokines	574
1.4	Signalisation de contact	531	3.5	Prostaglandines et autres eicosanoïdes	574
1.5	Signalisation intracellulaire	531	3.6	Monoxyde d'azote	577
2.	Hormones – modulateurs endocrines	532	4.	Mode d'action des hormones et des modulateurs locaux*	578
2.1	Type d'effet et nature des hormones	532	4.1	Généralités introductives	578
2.2	Glandes endocrines et hormones des vertébrés	534	4.2	Action via récepteurs intracellulaires	578
2.2.1	Pituitaire ou complexe neuro-adénohypophysaire	534	4.2.1	Localisation – Mode d'action	578
2.2.2	Thyroïde	538	4.2.2	Caractéristiques et structures	579
2.2.3	Parathyroïdes	541	4.2.3	Spécificité des effets	579
2.2.4	Îlots endocrines du pancréas	541	4.3	Action via récepteurs membranaires	581
2.2.5	Surénales	541	4.3.1	Généralités introductives	581
2.2.6	Gonades	543	4.3.2	Récepteurs couplés à des protéines G – RCPGs	581
2.2.7	Autres glandes	543	4.3.3	Récepteurs couplés à des tyrosine kinases – RCTKs	587
2.3	Exemples de contrôles endocriniens chez les vertébrés	544	4.3.4	Récepteurs à activité tyrosine kinase – RTKs	588
2.3.1	Régulation hormonale de la calcémie sanguine	544	4.3.5	Récepteurs à activité autre que tyrosine kinase	589
2.3.2	Régulation hormonale de la volémie et de la natémie	546	4.3.6	Récepteurs de contact	590
2.3.3	Régulation hormonale de la glycémie	550	5.	Signalisation intracellulaire*	591
2.3.4	Réactions hormonales aux stress	553	5.1	Généralités introductives	591
2.3.5	Régulation hormonale de la croissance	555	5.2	Contrôle génique d'expression	591
2.3.6	Contrôle hormonal de la gamétogenèse	558	5.2.1	Cascades kinasiques	591
2.4	Glandes endocrines et hormones des invertébrés – Par M. Ancill	564	5.3	Contrôle direct d'activité	594
2.4.1	Croissance, mues et métamorphoses	564	5.3.1	Signal calcium	594
2.4.2	Reproduction	569	5.3.2	Effecteurs allostériques	595
2.4.3	Ions et osmorégulation	572	5.4	Exemples de signalisation intracellulaire	596
3.	Modulateurs paracrines et autocrines	573	5.4.1	Insuline et métabolisme glucidique	596
			5.4.2	Hormone antidiurétique et aquaporines	598
			5.4.3	Caspases et apoptose	598
			5.4.4	Cadhérines, caténines et différenciation	600

5.4.5	<i>Adrénaline, glucagon et métabolisme glucidique</i>	601	5.4.7	<i>Calcium et métabolisme</i>	603
5.4.6	<i>Contrôle de la résistance vasculaire</i>	602	5.4.8	<i>Modulation allostérique du métabolisme intermédiaire</i>	604

CHAPITRE 6

Environnement extérieur		607
1.	Les contraintes de l'environnement	608
2.	Température	609
2.1	Généralités introductives - Terminologie	609
2.1.1	<i>Environnement thermique</i>	609
2.1.2	<i>Écto- et endothermes</i>	609
2.1.3	<i>Haméio- et poékilothermes</i>	609
2.1.4	<i>Séno- et eurythermes, préférentum thermique</i>	611
2.1.5	<i>Conclusions</i>	612
2.2	Éciothermie : tolérance et résistance	612
2.2.1	<i>Tolérance</i>	612
2.2.2	<i>Mécanismes de tolérance et de thermocompensation</i>	615
2.2.3	<i>Résistance aux températures extrêmes</i>	622
2.3	Éciothermes : thermorégulation	627
2.3.1	<i>Échangeurs thermiques des poissons</i>	627
2.3.2	<i>Organes thermogènes spécifiques chez les poissons</i>	628
2.3.3	<i>« Préchauffage » chez les animaux terrestres</i>	629
2.4	Endothermes : thermorégulation	630
2.4.1	<i>Gains de calories</i>	631
2.4.2	<i>Pertes de calories</i>	632
2.4.3	<i>Balance thermique</i>	639
2.4.4	<i>Torpeur, hibernation, estivation</i>	642
2.4.5	<i>Fièvre</i>	643
2.4.6	<i>Protéines de choc thermique Heat Shock Proteins ou High Stress Proteins</i>	643
3.	Pression hydrostatique (par A. Péqueux et Ph. Sébert)	644
3.1	Généralités : pression et environnement	644
3.1.1	<i>Pression atmosphérique et hydrostatique</i>	644
3.1.2	<i>Environnement aquatique profond</i>	646
3.1.3	<i>Environnement abyssal</i>	646
3.2	Effets des hautes pressions hydrostatiques	647
3.2.1	<i>Thermodynamique et cinétique</i>	647
3.2.2	<i>Effets physiologiques et comportementaux</i>	649
3.2.3	<i>Perception des variations de pression</i>	656
3.3	Adaptations aux hautes pressions hydrostatiques	656

Ouvrages à consulter	659
-----------------------------------	-----

Index	665
--------------------	-----



PHYSIOLOGIE ANIMALE

Par **Raymond GILLES**

La physiologie peut être considérée comme la science s'intéressant au fonctionnement des organismes vivants et de leurs structures à leurs différents niveaux d'organisation : moléculaire, cellulaire ou organismique. A l'époque actuelle, la physiologie apparaît donc comme une science de synthèse couvrant un domaine très large envisageant, à différents niveaux de complexité, les grands systèmes impliqués dans le fonctionnement des organismes et leur intégration à un milieu donné.

Physiologie animale présente, dans une approche comparée et environnementale, les grandes « fonctions physiologiques » et leurs fondements, tant cellulaires que moléculaires. Au cours de l'évolution, les animaux ont mis au point des solutions physiologiques afin de s'adapter aux contraintes environnementales, tout en leur permettant d'augmenter en complexité et en efficacité. Abondamment illustré par des schémas explicatifs, **Physiologie animale** aborde ainsi des questions physiologiques aussi variées que les échanges liquidiens à la base des relations hydriques, ioniques, osmotiques et de la circulation sanguine, les échanges de matières, la mobilité et les systèmes générateurs de mouvement, ainsi que la réception d'informations tant internes qu'externes par voies nerveuse et sémiomoléculaire.

Les étudiants et professeurs en 2^e et 3^e cycle de physiologie animale auront entre les mains un ouvrage de référence complet, richement illustré et très à jour. Son approche scientifique séduira également tout biologiste professionnel ainsi que tous les étudiants qui se préparent aux grandes écoles.

Raymond GILLES

Professeur émérite à l'Université de Liège (Belgique) où il enseigna la physiologie animale. Spécialiste de l'osmorégulation, il dirigea une équipe de recherche travaillant sur les mécanismes de régulation du volume cellulaire.

Michel ANCTIL

Professeur titulaire à la Faculté des Sciences de l'Université de Montréal (Canada) où il enseigna la physiologie animale.

Fernand BAGLET

Professeur émérite à l'Université catholique de Louvain (Belgique) où il enseigna la physiologie animale.

Mireille et Guy CHARMANTIER

Respectivement Maître de conférence et Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier II (France) où ils enseignent la biologie et l'écophysiologie animale.

Raymond GILLES, Jr.

Médecin cardiologue au centre hospitalier de Tournai (Belgique). Spécialiste en imagerie cardio-vasculaire médicale.

André PÉQUEUX

Chef de Travaux, Chargé de cours adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Liège (Belgique) où il enseigne l'écophysiologie animale.

Jean-Christophe PLUMIER

Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'université de Liège (Belgique) où il enseigne la physiologie animale.

Philippe SÉBERT

Maître de conférence à la Faculté de Médecine de l'université de Brest (France) où il enseigne la bioénergétique et les effets des hautes pressions hydrostatiques.



9 782804 148935

PHYANI

ISBN 978-2-8041-4893-5