

**ABBRÉGÉS**

# Physiologie animale

## 2. les grandes fonctions

M. RIEUTORT

MASSON 

## TABLE DES MATIÈRES

<i>Avant-propos</i> .....	XIII
<b>1. Les fonctions de nutrition : une contrainte thermodynamique</b> .....	1
<b>I. Thermodynamique et ordre biologique</b> .....	1
A. <i>Thermodynamique classique et thermodynamique généralisée</i> .....	1
B. <i>Structures dissipatives et variation d'entropie</i> .....	2
C. <i>Les couplages énergétiques</i> .....	3
1. <i>Énergie libre (G)</i> .....	3
2. <i>La molécule d'ATP</i> .....	4
<b>II. Les sources d'énergie libre</b> .....	5
A. <i>Les fermentations</i> .....	6
B. <i>La respiration</i> .....	7
<b>III. Quantification des besoins énergétiques</b> .....	8
A. <i>Le métabolisme énergétique d'une cellule</i> .....	8
1. <i>Préparation d'une population cellulaire homogène</i> .....	9
2. <i>Principe des mesures effectuées</i> .....	9
3. <i>Résultats : le bilan du métabolisme d'un neutrophile</i> ..	11
B. <i>Besoins énergétiques d'un organisme</i> .....	11
<b>2. La circulation du milieu intérieur</b> .....	14
<b>I. La diffusion ne permet pas les échanges lointains dans un organisme</b> .....	14
<b>II. Les systèmes de transport interne</b> .....	15
A. <i>Niveaux d'organisation</i> .....	16
1. <i>Mouvements du milieu extérieur</i> .....	16
2. <i>Mouvements de liquides internes assurés par la musculature</i> .....	16
3. <i>Mouvements de l'hémolymphe dans un système circulatoire ouvert</i> .....	17
4. <i>Mouvements du sang dans un système circulatoire clos</i> ..	17
B. <i>Valeur adaptative des systèmes circulatoires</i> .....	17

C. Enrichissement des fonctions des liquides circulants .....	17
D. Le système circulatoire clos des Vertébrés .....	18
<b>III. Physiologie cardiaque .....</b>	<b>18</b>
A. Approche expérimentale .....	18
B. Le cœur des Vertébrés (essentiellement les Mammifères) .....	21
1. Données générales .....	21
2. L'automatisme cardiaque et sa régulation .....	23
3. Mécanique cardiaque .....	24
C. Le cœur des Invertébrés .....	26
<b>IV. Physiologie vasculaire .....</b>	<b>27</b>
A. Le système vasculaire .....	27
B. Notions d'hémodynamique vasculaire .....	27
C. Données structurales .....	29
D. Système artériel et pression artérielle .....	29
1. Valeurs de la pression artérielle .....	30
2. Pression artérielle et posture .....	30
E. Capillaires, veines et vaisseaux lymphatiques .....	30
1. Irrigation capillaire .....	30
2. Échanges capillaires .....	31
3. Système veineux .....	32
4. Système lymphatique .....	32
<b>V. Les régulations cardiovasculaires .....</b>	<b>33</b>
A. Approche expérimentale .....	33
B. Régulation du débit sanguin capillaire .....	33
1. Contrôle local .....	33
2. Contrôle nerveux .....	35
3. Substances vasomotrices circulantes .....	35
C. Intégration nerveuse des régulations cardiovasculaires .....	35
1. Récepteurs .....	36
2. Intégrations centrales .....	38
<b>3. Des aliments aux nutriments : les fonctions digestives .....</b>	<b>39</b>
<b>I. Variété des modèles alimentaires .....</b>	<b>39</b>
A. Besoins quantitatifs et qualitatifs .....	39
1. Aliments et nutriments .....	39
2. Variété des besoins alimentaires .....	40
3. Les besoins spécifiques .....	40
B. La prise alimentaire .....	43
1. Animaux microphages .....	44
2. Animaux macrophages .....	44
3. Consommateurs d'aliments liquides .....	44
<b>II. Digestion des aliments .....</b>	<b>44</b>
A. Définition .....	44
B. Digestion intra ou extracellulaire .....	46
1. Intracellulaire .....	46
2. Extracellulaire .....	47

C. <i>Les sécrétions digestives</i> .....	47
1. Digestion des glucides .....	48
2. Digestion des protides .....	49
3. Digestion des lipides .....	51
4. Digestion des autres substrats .....	51
D. <i>Digestions symbiotiques</i> .....	51
1. Flagellés symbiotiques des Insectes xylophages .....	52
2. Mammifères .....	52
<b>III. Contrôle de la digestion</b> .....	54
A. <i>Approche expérimentale</i> .....	54
B. <i>Motricité du tractus digestif</i> .....	55
1. Motilité .....	55
2. Coordination .....	55
C. <i>Contrôle des sécrétions digestives</i> .....	57
1. Les sécrétions digestives chez l'homme .....	57
2. Salive .....	59
3. Sécrétions gastriques .....	59
4. Sécrétions pancréatiques et biliaires .....	60
5. Sécrétion intestinale .....	60
<b>IV. Absorption</b> .....	62
A. <i>Nutriments organiques</i> .....	62
B. <i>Eau et minéraux</i> .....	64
<b>4. Les échanges gazeux respiratoires</b> .....	65
I. <b>La demande d'oxygène est permanente</b> .....	65
II. <b>Transport de l'oxygène dans le milieu intérieur</b> .....	67
A. <i>Les pigments respiratoires</i> .....	67
B. <i>L'hémoglobine</i> .....	68
1. Structure .....	68
2. Rôle de transporteur d'oxygène .....	68
III. <b>Transport du dioxyde de carbone</b> .....	73
A. <i>Les formes de transport du CO<sub>2</sub></i> .....	74
1. CO <sub>2</sub> dissous .....	74
2. Ions bicarbonates .....	74
3. Molécules carbaminées .....	74
B. <i>Courbes de saturation du sang en CO<sub>2</sub></i> .....	74
C. <i>Hématies et transport de CO<sub>2</sub></i> .....	76
D. <i>CO<sub>2</sub> et équilibre acido-basique extracellulaire</i> .....	76
IV. <b>Les organes d'échanges gazeux avec l'environnement</b> .....	77
A. <i>Échanges gazeux en milieu aqueux</i> .....	77
1. Notion de capacitance d'un milieu .....	77
2. Respiration tégumentaire .....	79
3. Respiration branchiale .....	80
B. <i>Échanges gazeux dans l'air</i> .....	80
1. Trachées aériennes .....	80
2. Poumons .....	84

C. <i>Régulations ventilatoires (Mammifères)</i> .....	86
1. Approche expérimentale .....	86
2. Principaux mécanismes régulateurs .....	86
<b>5. Régulations du métabolisme énergétique</b> .....	89
<b>I. Substrats énergétiques et microrégulation</b> .....	90
A. <i>Principaux substrats énergétiques</i> .....	90
1. Réserves énergétiques .....	90
2. Substrats énergétiques circulants .....	90
B. <i>Consommation tissulaire</i> .....	92
1. Notion de variation locale .....	92
2. Mécanismes des régulations intracellulaires .....	92
<b>II. Les actions hormonales</b> .....	98
A. <i>L'insuline, hormone de l'anabolisme</i> .....	98
B. <i>Le glucagon</i> .....	99
C. <i>Les catécholamines</i> .....	100
D. <i>Autres hormones</i> .....	100
<b>III. Macrorégulation du métabolisme énergétique</b> .....	101
A. <i>Approche expérimentale</i> .....	101
1. Différences artério-veineuses .....	101
2. Mesure de débits sanguins locaux .....	101
2. Autres techniques .....	102
B. <i>Profil métabolique des principaux tissus impliqués dans le métabolisme énergétique</i> .....	103
1. Tissu nerveux .....	103
2. Tissu musculaire .....	104
3. Tissu adipeux .....	104
4. Foie .....	105
C. <i>Adaptations métaboliques dans diverses situations physiologiques</i> .....	106
<b>IV. Régulations intégrées du métabolisme énergétique : faim et satiété</b> .....	108
A. <i>Axe entéro-insulaire</i> .....	108
B. <i>Réponses oro-anticipatrices</i> .....	111
C. <i>Les régulations centrales : faim et satiété</i> .....	111
<b>6. Régulations du métabolisme hydrominéral et excrétion azotée</b> .....	113
<b>I. Les compartiments liquidiens d'un organisme</b> .....	114
A. <i>Principe des mesures de volume des divers compartiments</i> ..	114
B. <i>Volume et composition des liquides extracellulaires</i> .....	115
<b>II. Variété des situations et stratégies adoptées pour maintenir l'équilibre hydrominéral</b> .....	117
A. <i>L'osmorégulation en milieu marin</i> .....	117
1. Invertébrés marins .....	117
2. Vertébrés marins .....	117
3. Adaptations secondaires à l'environnement marin ....	119

TABLE DES MATIÈRES

IX

B. <i>L'osmorégulation en eau douce</i> .....	121
1. Invertébrés .....	121
2. Vertébrés d'eau douce .....	122
C. <i>Osmorégulation en milieu terrestre</i> .....	123
1. Arthropodes et Arachnides .....	123
2. Amphibiens .....	124
3. Vertébrés terrestres .....	124
III. <b>L'excrétion azotée</b> .....	125
IV. <b>Homéostasie calcique extracellulaire</b> .....	126
A. <i>Importance physiologique du calcium</i> .....	127
B. <i>Le calcium sanguin</i> .....	127
C. <i>Hormones et régulation de la calcémie</i> .....	128
1. L'équilibre calcique .....	128
2. L'hormone parathyroïdienne .....	128
3. La calcitonine .....	130
4. Dérivés de la vitamine D .....	130
5. Autres effets hormonaux .....	132
V. <b>Physiologie des organes spécialisés</b> .....	132
A. <i>Techniques d'étude</i> .....	132
B. <i>Variété des structures</i> .....	132
1. Vacuoles contractiles .....	133
2. Néphridies .....	134
3. Tubes de Malpighi des Insectes .....	135
4. La branchie des Poissons .....	136
5. Le rein des Vertébrés .....	138
VI. <b>Approche des régulations intégrées</b> .....	144
A. <i>Limites aux variations de l'osmolarité ou du volume des LEC</i> .....	144
B. <i>Soif et contrôle de la consommation d'eau</i> .....	145
C. <i>L'hormone antidiurétique (ADH)</i> .....	145
D. <i>Système rénine-angiotensine et sécrétion d'aldostérone</i> .....	146
7. <b>Éléments de thermophysiologie</b> .....	148
I. <b>Température et processus physiologiques</b> .....	149
A. <i>Vitesses de réaction et <math>Q_{10}</math></i> .....	149
B. <i>Effets de la température sur les activités enzymatiques</i> .....	149
C. <i>Thermogenèse et thermolyse</i> .....	150
II. <b>Échanges de chaleur entre un organisme et son environnement</b> .....	151
A. <i>Radiation</i> .....	151
B. <i>Conduction et convection</i> .....	152
C. <i>Évaporation</i> .....	152
D. <i>Conductance thermique</i> .....	152
III. <b>Ectothermie et thermorégulation</b> .....	153
A. <i>Comportement et préférendum thermique</i> .....	153
B. <i>Phénomènes d'adaptation</i> .....	154
C. <i>Contrôle du choix d'un optimum thermique</i> .....	155

<b>IV. Thermorégulation chez les endothermes</b> .....	155
A. <i>Approche expérimentale</i> .....	155
B. <i>Caractéristiques générales des animaux endothermes</i> .....	156
1. Noyau thermique central et enveloppe .....	156
2. Valeurs moyennes de la température interne .....	156
3. Températures extérieures compatibles avec la thermo- régulation .....	157
C. <i>Réponses thermorégulatrices à un environnement froid</i> .....	158
1. Diminution du gradient thermique ( $T_1-T_2$ ) .....	159
2. Diminution de la conductance thermique (C) .....	159
3. Diminution des pertes de chaleur par évaporation ( $E_{H_2O}$ ) .....	159
4. Augmentation de la thermogenèse .....	159
D. <i>Réponses thermorégulatrices à un environnement chaud</i> ...	160
E. <i>Autres adaptations thermorégulatrices</i> .....	161
<b>V. Thermorécepteurs et intégrations centrales</b> .....	161
A. <i>Thermorécepteurs cutanés</i> .....	161
B. <i>Thermorécepteurs centraux</i> .....	161
C. <i>Intégrations thermorégulatrices</i> .....	162
<b>VI. L'hibernation</b> .....	163
A. <i>Besoins énergétiques de l'animal hibernant</i> .....	163
B. <i>Adaptations physiologiques de l'animal hibernant</i> .....	164
1. Entrée en léthargie .....	164
2. Adaptations physiologiques au cours de l'hibernation .	164
3. Sortie d'hibernation : rôle du tissu adipeux brun .....	165
<b>8. Les adaptations de l'organisme à un exercice musculaire (un exemple d'intégrations régulatrices)</b> .....	167
<b>I. Approche expérimentale</b> .....	167
A. <i>Caractérisation de l'exercice</i> .....	167
1. L'homme, animal d'expérience .....	167
2. Intensité des exercices musculaires .....	168
B. <i>Paramètres mesurés</i> .....	168
<b>II. Adaptations métaboliques</b> .....	168
A. <i>Utilisation du glycogène musculaire</i> .....	169
B. <i>Utilisation du glucose sanguin</i> .....	169
C. <i>Utilisation des acides gras</i> .....	170
D. <i>Modifications endocrines</i> .....	171
<b>III. Adaptations respiratoires et cardiovasculaires</b> .....	171
A. <i>Besoin en oxygène et dette d'oxygène</i> .....	171
B. <i>Ajustements circulatoires</i> .....	172
C. <i>Ajustements ventilatoires</i> .....	175
<b>IV. Thermorégulation associée à l'exercice</b> .....	175
<b>9. Éléments de physiologie sensorielle</b> .....	177
<b>I. Irritabilité diffuse et sensibilité</b> .....	177
<b>II. Diversité des récepteurs</b> .....	178

III. Transduction et codage .....	179
IV. Récepteurs d'étirement des muscles striés squelettiques .....	181
V. Les cellules ciliées de l'oreille interne des Vertébrés .....	182
VI. Les photorécepteurs .....	185
<b>10. Aspects de la protection de l'intégrité des organismes .....</b>	<b>187</b>
<b>I. Les défenses immunitaires .....</b>	<b>187</b>
A. Éléments de phylogénie .....	187
B. Mécanismes de l'immunité naturelle .....	188
1. Barrières mécaniques et sécrétions diverses .....	188
2. Phagocytose .....	189
3. Réaction inflammatoire .....	190
4. Le système du complément .....	191
5. Fièvre .....	194
6. Production d'interférons et anticorps naturels .....	194
C. Antigènes et anticorps .....	195
1. Les antigènes .....	195
2. Les anticorps (immunoglobulines) .....	198
D. Organes et cellules impliqués dans les réponses immunitaires .....	203
1. Notion de lignées cellulaires .....	204
2. Le tissu lymphoïde .....	204
3. Cellules engagées dans les réponses immunitaires .....	204
E. La réponse immunitaire .....	209
1. Réponse à médiation « humorale » (par anticorps circulants) .....	209
2. Réponses immunitaires à médiation cellulaire .....	211
3. Régulation de la réponse immunitaire .....	212
4. Diverses formes de l'expression de la réponse immunitaire .....	213
<b>II. Régénération et processus cicatriciels .....</b>	<b>213</b>
A. La régénération .....	213
1. Régénération caudale chez les Planaires et les Annelides .....	213
2. Capacités de régénération chez les Mammifères .....	214
B. Cicatrisation .....	216
<b>III. Physiologie de l'hémostase .....</b>	<b>216</b>
A. Éléments de phylogénie .....	217
B. Mécanismes de l'hémostase primaire .....	217
1. La paroi vasculaire .....	217
2. Plaquettes sanguines .....	218
3. Phases initiales de l'hémostase normale .....	222
C. Hémostase secondaire : la coagulation du sang .....	223
1. Le mécanisme .....	223
2. La cascade d'activations enzymatiques .....	223
3. Régulation de la coagulation .....	225
D. Fibrinolyse .....	225

<b>IV. Réponses globales de l'organisme aux agressions</b> .....	226
A. <i>La notion de stress</i> .....	226
B. <i>La réaction d'alarme</i> .....	227
C. <i>Le syndrome général d'adaptation</i> .....	228
<b>11. Les fonctions de reproduction</b> .....	230
<b>I. Reproduction asexuée et reproduction sexuée</b> .....	230
<b>II. Ovogenèse et physiologie sexuelle femelle</b> .....	231
A. <i>Principales phases de l'ovogenèse</i> .....	231
B. <i>L'ovocyte mûr</i> .....	232
C. <i>L'ovogenèse des Mammifères</i> .....	234
1. <i>Données histologiques</i> .....	234
2. <i>Des techniques d'approche expérimentale</i> .....	235
3. <i>Croissance folliculaire et synthèse des stéroïdes ova-</i> <i>riens</i> .....	237
4. <i>Ovulation</i> .....	239
5. <i>Le corps jaune</i> .....	240
D. <i>Les cycles sexuels des Mammifères</i> .....	240
1. <i>Variété des cycles sexuels des femelles de Mammifères</i> 2. <i>Contrôle du cycle sexuel des Primates</i> .....	241 243
<b>III. Spermatogenèse et physiologie sexuelle mâle</b> .....	245
A. <i>Les spermatozoïdes</i> .....	245
B. <i>Déroulement et contrôle de la spermatogenèse chez les</i> <i>Mammifères</i> .....	246
<b>IV. Fécondation et aspects de la physiologie du développement</b> ....	249
A. <i>Fécondation</i> .....	249
B. <i>Régulations hormonales de la gestation chez les Mammi-</i> <i>fères</i> .....	250
C. <i>Différenciation sexuelle des fœtus de Mammifères</i> .....	253
1. <i>Développement des gonades</i> .....	253
2. <i>Différenciation des voies génitales</i> .....	254
<b>V. Le passage à la vie aérienne au cours du développement</b> .....	256
A. <i>La métamorphose des Amphibiens</i> .....	256
B. <i>Naissance des Mammifères</i> .....	257
<b>Annexes</b> .....	259
<b>Lectures conseillées et principales références</b> .....	262
<b>Index</b> .....	265