

TOUT EN FICHES

Sous la direction de
Marie-Hélène Canu

Professeure à l'université de Lille,
Faculté des Sciences et Technologies

LE COURS DE

PHYSIOLOGIE HUMAINE

LICENCE SCIENCES DE LA VIE, STAPS, SANTÉ

3^e
ÉDITION

Vincent Bérézowski

Professeur à l'université d'Artois, Faculté des Sciences
Jean Perrin (Lens)

Patrick Duriez

Professeur à l'université de Lille, Faculté des Sciences
de la Santé et du Sport

Cécile Langlet

Maître de conférences à l'université de Lorraine (Metz)

Pascal Mariot

Maître de conférences à l'université de Lille, Faculté des
Sciences et Technologies

Olivier Pétrault

Maître de conférences à l'université d'Artois, Faculté
des Sciences Jean Perrin (Lens)

DUNOD

Crédits iconographiques : **p. 1** : MediaforMedical/Alamy/Howard Barlow ;
p. 16 : iStockPhoto/Nilanewsom, iStockPhoto/Hulton Archive ; **p. 53** et
54 : V. Bérézowski et O. Pétrault ; **p. 55** : Fotolia/Sebastian Kaulitzki ; **p. 112** :
AdobeStock 387761437 ; **p. 139** : O. Pétrault ; **p. 169** : M.-H. Canu ; **p. 207** :
Fotolia/Travel book ; **p. 230** : Media for Medical/Doc-Stock/Kage-Microfotografie
(gauche), Media for Medical/Science Source/Biophoto Associates (droite) ;
p. 377 : Fotolia/Koya979

Toutes les photographies non mentionnées ci-dessus sont des auteurs.

Les illustrations de l'ouvrage ont été réalisées par Xavier Amiot,
avec la collaboration de Bernadette Coléno.

Direction artistique : Élisabeth Hébert
Conception graphique de la couverture : Elizabeth Riba
Mise en page : Yves Tremblay

Table des matières

Avant-propos	VII
Remerciements	X

Partie 1 L'organisation du corps humain

Chapitre 1	Introduction à la physiologie	3
	Fiche 1 Introduction à la physiologie	4
	Fiche 2 Les grandes fonctions de l'organisme	6
	Fiche 3 L'homéostasie	8
	Fiche 4 Les mécanismes de régulation	10
	Fiche 5 La communication intercellulaire	12
	Fiche 6 Les systèmes réceptoriels	14
	Focus <i>La physiologie de l'exercice : une histoire ancienne et universelle...</i>	16
	QCM	17
Chapitre 2	Les compartiments liquidiens	19
	Fiche 7 Les secteurs liquidiens	20
	Fiche 8 Transports membranaires et échanges entre secteurs liquidiens	22
	Fiche 9 L'osmose	24
	Fiche 10 L'équilibre ionique	26
	Focus <i>Plasma et sérum sanguin</i>	28
	QCM	29
	Exercices	31
Chapitre 3	Les tissus	33
	Fiche 11 Organisation des tissus	34
	Fiche 12 La matrice extracellulaire	36
	Fiche 13 Les épithéliums	38
	Fiche 14 Les tissus conjonctifs	40
	Fiche 15 Le tissu nerveux	42
	Fiche 16 Le tissu musculaire	44
	Fiche 17 Le tissu sanguin	46
	Fiche 18 Les membranes tissulaires	48
	Focus <i>Les cellules souches</i>	50
	QCM	51
	Exercices	53

Partie 2 Fonctions de relation

Chapitre 4	Le système nerveux	57
	Fiche 19 Phylogenèse	58
	Fiche 20 Conduction et transmission nerveuses	60
	Fiche 21 Les neuromédiateurs	62
	Fiche 22 Le liquide cébrospinal	64
	Fiche 23 Organisation structurale	66
	Fiche 24 Organisation fonctionnelle	68
	Fiche 25 Système nerveux somatique vs végétatif	70
	Fiche 26 Le système nerveux sympathique	72
	Fiche 27 Le système nerveux parasympathique	74
	Fiche 28 Les réflexes	76
	Focus <i>Douleurs projetées : avoir mal là où il ne se passe rien...</i>	78
	QCM	79
	Exercices	81
Chapitre 5	Organes des sens	83
	Fiche 29 Modalités sensorielles et principes de codage de l'information	84
	Fiche 30 Chimioréception : la gustation	88
	Fiche 31 Chimioréception : l'olfaction	90

	Fiche 32	Le système stato-acoustique : l'oreille	92
	Fiche 33	Le système stato-acoustique : la cochlée	94
	Fiche 34	Le système stato-acoustique : le vestibule	96
	Fiche 35	La sensibilité tactile	98
	Fiche 36	Les canaux mécanosensibles	100
	Fiche 37	La vision : anatomie de l'œil	102
	Fiche 38	La vision : les photorécepteurs	104
	Fiche 39	Fréquences spatiales visuelles	106
	Fiche 40	La vision : l'information visuelle de la rétine	108
	Fiche 41	La nociception	110
	Focus	<i>La technologie au service de l'audition</i>	112
	QCM		113
	Exercices		115
Chapitre 6	Le système endocrinien		117
	Fiche 42	Les hormones	118
	Fiche 43	Synthèse, libération et transport des hormones	120
	Fiche 44	La réponse hormonale	122
	Fiche 45	Les glandes endocrines	124
	Fiche 46	Le complexe hypothalamo-hypophysaire	126
	Fiche 47	Les troubles endocriniens	128
	Fiche 48	Adaptations endocriniennes à l'effort	130
	Focus	<i>Le diabète</i>	132
	QCM		133
	Exercices		135
Chapitre 7	Le système squelettique		137
	Fiche 49	Plans d'organisation et squelettes	138
	Fiche 50	Éléments de biomécanique	140
	Fiche 51	Squelette et classification des os	142
	Fiche 52	Les fonctions des os	144
	Fiche 53	La structure de l'os	146
	Fiche 54	Les articulations	148
	Fiche 55	Activité physique et os	150
	Focus	<i>Les biomatériaux pour l'os</i>	152
	QCM		153
	Exercices		155
Chapitre 8	Le muscle strié		157
	Fiche 56	Le muscle strié : structure macroscopique	158
	Fiche 57	La fibre : structure microscopique	160
	Fiche 58	Le couplage excitation-contraction	162
	Fiche 59	Les propriétés mécaniques du muscle	164
	Fiche 60	Le métabolisme du muscle	166
	Fiche 61	Les différents types de fibres et d'unités motrices	168
	Fiche 62	Tonus musculaire et posture	170
	Fiche 63	La motricité dirigée	172
	Fiche 64	Le développement musculaire	174
	Fiche 65	Échauffement et étirements	176
	Fiche 66	Les troubles musculosquelettiques	178
	Focus	<i>Les lésions musculaires</i>	180
	QCM		181
	Exercices		183
Chapitre 9	Le système lymphatique et l'immunité		185
	Fiche 67	Système lymphatique et règne animal	186
	Fiche 68	L'anatomie du système lymphatique	188
	Fiche 69	Les cellules de l'immunité innée	190
	Fiche 70	L'immunité innée	192
	Fiche 71	La réaction inflammatoire	194
	Fiche 72	Les cellules de l'immunité adaptative	196
	Fiche 73	L'immunité adaptative à médiation humorale	198
	Fiche 74	L'immunité adaptative à médiation cellulaire	200
	Focus	<i>Le drainage lymphatique</i>	202
	QCM		203
	Exercices		205

Partie 3 Fonctions de nutrition

Chapitre 10	L'appareil circulatoire	209
Fiche 75	L'appareil circulatoire des vertébrés	210
Fiche 76	La pompe cardiaque : un cœur à quatre cavités	212
Fiche 77	Organisation générale du cœur	214
Fiche 78	Organisation de la circulation sanguine	216
Fiche 79	Biophysique des flux liquidiens	218
Fiche 80	L'arbre vasculaire	220
Fiche 81	La réactivité vasculaire	222
Fiche 82	L'hémostase	224
Fiche 83	Le tissu conducteur et l'électrocardiogramme	226
Fiche 84	Électrophysiologie cardiaque	228
Fiche 85	Propriétés mécaniques des cellules cardiaques	230
Fiche 86	Le cycle cardiaque	232
Fiche 87	La régulation du débit cardiaque	234
Fiche 88	Régulation de la pression artérielle	236
Fiche 89	Le baroréflexe	238
Fiche 90	Adaptation cardiaque à l'effort	240
Focus	<i>L'insuffisance cardiaque</i>	242
QCM		243
Exercices		245
Chapitre 11	L'appareil respiratoire	247
Fiche 91	La loi de Fick	248
Fiche 92	Organisation de l'appareil respiratoire	250
Fiche 93	Les voies aériennes supérieures	252
Fiche 94	Les voies aériennes inférieures	254
Fiche 95	Les alvéoles I	256
Fiche 96	Les alvéoles II	258
Fiche 97	La ventilation pulmonaire	260
Fiche 98	Volumes et capacités respiratoires	262
Fiche 99	Transport des gaz respiratoires	264
Fiche 100	Respirations externe et interne	266
Fiche 101	Transport du dioxygène (O_2)	268
Fiche 102	Transport du dioxyde de carbone (CO_2)	270
Fiche 103	Adaptation de la ventilation pulmonaire	272
Fiche 104	Exercices d'intensité constante	274
Fiche 105	Exercices d'intensité incrémentale	276
Focus	<i>Adaptations respiratoires en milieux extrêmes : plongée et altitude</i>	278
QCM		279
Exercices		281
Chapitre 12	Le système excréteur	283
Fiche 106	Les organes excréteurs	284
Fiche 107	Organisation de l'appareil urinaire	286
Fiche 108	La filtration glomérulaire	288
Fiche 109	La réabsorption tubulaire	290
Fiche 110	La sécrétion tubulaire	292
Fiche 111	La composition de l'urine	294
Fiche 112	La miction	296
Fiche 113	Mesures de la fonction rénale	298
Fiche 114	Fonctions endocrines du rein	300
Fiche 115	L'équilibre hydro-électrolytique	302
Focus	<i>L'hydratation du sportif</i>	304
QCM		305
Exercices		307
Chapitre 13	Le système digestif	309
Fiche 116	Vers la digestion extracellulaire	310
Fiche 117	De l'alimentation aux nutriments	312
Fiche 118	L'appareil digestif : généralités	314
Fiche 119	Le système nerveux entérique	316
Fiche 120	La cavité buccale	318
Fiche 121	L'œsophage et la déglutition	320

Fiche 122	L'estomac	322
Fiche 123	L'intestin grêle	324
Fiche 124	Le gros intestin	326
Fiche 125	Le microbiote intestinal	328
Fiche 126	La motilité gastrique et intestinale	330
Fiche 127	Le système biliaire	332
Fiche 128	Le pancréas exocrine	334
Fiche 129	Le contrôle des sécrétions et de la motilité digestives	336
Fiche 130	La digestion chimique	338
Fiche 131	L'absorption	340
Focus	<i>Les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI)</i>	342
QCM		343
Exercices		345
Chapitre 14	Métabolisme et énergétique	347
Fiche 132	Notions de bioénergétique	348
Fiche 133	Le métabolisme énergétique cellulaire	350
Fiche 134	Vue d'ensemble du métabolisme	352
Fiche 135	Le pancréas endocrine	354
Fiche 136	Le métabolisme du cholestérol	356
Fiche 137	Métabolisme des protides	358
Fiche 138	Contrôle du comportement alimentaire	360
Fiche 139	La thermorégulation	362
Fiche 140	Le métabolisme phosphocalcique	364
Fiche 141	La régulation du pH de l'organisme	366
Fiche 142	Métabolisme et activité physique	368
Fiche 143	Les myokines	370
Focus	<i>L'athérosclérose</i>	372
QCM		373
Exercices		375
Partie 4 Fonctions de reproduction		
Chapitre 15	Organisation de l'appareil reproducteur	379
Fiche 144	La reproduction sexuée	380
Fiche 145	La division cellulaire	382
Fiche 146	L'appareil reproducteur masculin	384
Fiche 147	Les testicules	386
Fiche 148	L'appareil reproducteur féminin	388
Fiche 149	Les ovaires	390
Fiche 150	Les cycles reproducteurs	392
Fiche 151	Activité physique et reproduction	394
Focus	<i>La ménopause : causes, mécanismes, conséquences</i>	396
QCM		397
Exercices		399
Chapitre 16	De la fécondation à la puberté	401
Fiche 152	De la fécondation à la gestation	402
Fiche 153	Embryogenèse et fœtogenèse	404
Fiche 154	L'accouchement	406
Fiche 155	Adaptation du nouveau-né à la vie extra-utérine	408
Fiche 156	Modifications anatomophysiologiques dues à la grossesse et lactation	410
Fiche 157	De la naissance à l'âge adulte	412
Focus	<i>La prématurité</i>	414
QCM		415
Exercices		417
Corrigés des exercices		419
Glossaire français-anglais		432
Références bibliographiques		455
Index		457

Avant-propos

L'objectif de cet ouvrage est de proposer aux étudiants une synthèse pédagogique de l'organisation du corps humain et de ses principales fonctions. Ce manuel ne se veut pas exhaustif. Il a bien entendu fallu faire des choix pour présenter les aspects fondamentaux du fonctionnement du corps humain en 157 fiches. Cette troisième édition a été actualisée et enrichie de plusieurs fiches.

La physiologie puise dans les données apportées par l'histologie et l'anatomie – sciences uniquement descriptives – pour comprendre les relations entre une structure et une fonction. En outre, la description des mécanismes physiologiques nécessite de s'adresser aux échelons moléculaire et cellulaire mais également à l'échelon macroscopique (organes et systèmes), afin d'en comprendre les régulations. C'est pourquoi nous avons tenté d'équilibrer l'ouvrage entre les nécessaires données anatomiques et le fonctionnement complexe des organes, sans séparer l'un et l'autre. Afin d'aider à la compréhension, la plupart des chapitres débutent par une vision élargie au règne animal, qui présente la forme la plus simple de l'organe et sa complexification progressive. La physiologie étant une discipline intégrative, nous avons fait chaque fois que nécessaire des liens et des renvois entre les différents chapitres. Enfin, l'accent a été mis sur les mécanismes de l'homéostasie.

L'ouvrage est organisé en quatre grandes parties. La première est une présentation générale de la physiologie, de ses objets, et des tissus. Les suivantes sont consacrées aux grandes fonctions : relation, nutrition et reproduction. En ce qui concerne les fonctions de relation, nous n'avons pas souhaité développer tous les aspects de la neurophysiologie (qui sont par ailleurs présentés dans un ouvrage spécifique chez le même éditeur), mais nous nous sommes essentiellement attachés à décrire l'organisation et le rôle du système nerveux végétatif, ce qui est nécessaire pour appréhender les autres grandes fonctions et leur régulation. Pour chaque chapitre, une ou plusieurs fiches sont consacrées à la description des mécanismes d'adaptation à l'exercice ou aux environnements extrêmes. Des focus apportent des compléments historiques ou médicaux.

La présentation de l'ouvrage est adaptée aux méthodes actuelles de lecture et aide les étudiants à acquérir une autonomie croissante : présentation simple, lecture rapide, QCM corrigés pour s'auto-évaluer, exercices d'application corrigés, ressources numériques accessibles sur le site www.dunod.com. L'ouvrage est abondamment illustré de schémas de synthèse en couleur, intégrant eux aussi structure et fonction, dépourvus de détails superflus, et qui permettent d'aider à la compréhension. Un glossaire des termes rencontrés dans l'ouvrage permet de retrouver rapidement la définition d'un terme ou d'une notion et sa traduction en anglais.

L'ouvrage s'adresse aux étudiants en Licences (L1, L2, L3) de Sciences de la Vie ou STAPS, à ceux en Master préparant les concours de l'enseignement, ainsi qu'aux étudiants en Pharmacie. Il pourra être une base pour les étudiants en Master de biologie qui, sans se spécialiser dans la physiologie humaine, ont toutefois besoin de solides notions.

Comment utiliser

Le cours
est structuré
en 16 chapitres

Chapitre 3 Les tissus



Les objectifs
du chapitre

Objectifs

À l'issue de ce chapitre, l'étudiant devra être capable de décrire les structures des quatre grandes familles de tissus de l'organisme, en mettant en parallèle leurs fonctions. Il pourra spécifier leurs particularités et leurs différences tant sur les plans morphologique, cellulaire que fonctionnel.

La première fiche est une présentation générale de l'organisation des tissus (fiche 11). Elle est suivie d'une description de la matrice extracellulaire (fiche 12). Le chapitre se poursuit par les quatre grandes familles de tissus, à savoir les épithéliums (fiche 13), les tissus conjonctifs (fiche 14), le tissu nerveux (fiche 15) et le tissu musculaire (fiche 16). La fiche 17 est consacrée au tissu sanguin. Enfin, dans la dernière fiche sont présentées les membranes tissulaires (fiche 18).

Les ressources numériques sur dunod.com

Ce pictogramme signale la présence d'un contenu spécifique sur le web.

Une signalétique claire :



Points clés



À noter

Exemple

Exemples



Renvois aux fiches

Des compléments
en ligne sur le site
www.dunod.com, sur la page
de présentation de l'ouvrage

fiche
2

Les grandes fonctions de l'organisme

L'augmentation de la taille des organismes multicellulaires au cours de l'évolution a entraîné la spécialisation des cellules, des tissus, des organes et des systèmes dans des rôles bien précis afin de subvenir aux besoins vitaux de l'organisme.

1. Les différentes fonctions physiologiques

- Les fonctions peuvent être regroupées en :
 - Les **fonctions de nutrition** qui compo-
nent la vie cellulaire de l'organisme et
cellulaires de subvenir à leurs besoins é-
nergétiques de type ATP). La fonction
en nutriments et leur passage dans le milieu intérieur. La fonction de respiration (ou plutôt de
ventilation à l'échelle de l'organisme) a pour rôle de fournir l'organisme en dioxygène (O_2) et
d'évacuer le dioxyde de carbone (CO_2). La circulation permet de transporter les nutriments et
l' O_2 vers les cellules et de transporter les métabolites et le CO_2 vers les organes spécialisés dans
leur élimination. La fonction d'excrétion permet l'élimination d'eau, d'ions et de déchets du
métabolisme vers l'extérieur.
 - Les **fonctions de relation**, assurées par les systèmes nerveux et endocrine, permettent la commu-
nication de l'organisme avec son environnement et entre les différentes cellules de l'organisme.
 - Enfin, les **fonctions de reproduction**, qui ne sont pas des fonctions vitales pour l'organisme contrai-
nement aux précédentes, sont indispensables à la perpétuation de l'espèce, et donc à sa survie.
Ces grandes fonctions sont prises en charge par différents systèmes ou appareils.

157 fiches de cours
en double-page



Appareil ou système ?

Un appareil est nécessairement constitué d'organes différents, alors qu'un système peut être constitué de tissus pas nécessairement structurés en organes. On parle ainsi d'appareil ou de système digestif mais uniquement de système nerveux, immunitaire ou endocrine.

2. Les différents systèmes et appareils

- Il existe dix systèmes et appareils différents (figure 1) :
- le **système nerveux** et le **système endocrine** assurent le transport d'informations entre différents
tissus de l'organisme ; le système nerveux possède en outre un rôle d'intégration des informations ;
- le **système musculosquelettique** assure la posture et les mouvements de l'organisme dans son
environnement ;
- les **systèmes immunitaire et tégumentaire** (peau) protègent l'organisme contre les agressions
biologiques, chimiques ou physiques ;
- l'**appareil circulatoire** ou cardiovasculaire, constitué du cœur, des vaisseaux sanguins et lym-
phatiques et du sang, permet d'apporter nutriments et O_2 aux cellules. Il assure également le
transport des hormones ;
- l'**appareil digestif**, constitué de multiples organes (bouche, pharynx, œsophage, estomac, intes-
tin, côlon) et des glandes annexes (glandes salivaires, foie, pancréas), transforme les aliments en
nutriments et permet leur transport vers le milieu intérieur ;

De très nombreux schémas

- l'**appareil respiratoire**, constitué de multi-
pneumons...), permet le passage des gaz entre
le système excréteur a pour fonction principale la filtration du plasma et l'élimination par
excrétion des déchets ;
- l'**appareil reproducteur**, constitué notamment de gonades et de glandes annexes, assure les
fonctions de reproduction.

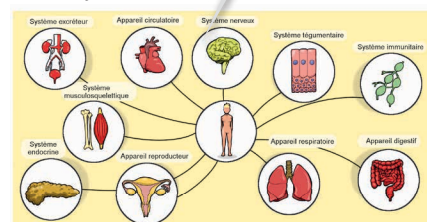


Figure 1 Les différents systèmes et appareils.

3. Correspondance système-fonction

Chaque système est dévolu à une fonction principale mais contribue également à d'autres fonctions. L'exemple qui illustre parfaitement cette notion est le rein, organe majeur du système excréteur, dont la fonction permet de réguler la composition du milieu intérieur. En outre, le rein, en sécrétant une enzyme, la rénine, et en participant à l'élimination d'eau et d'ions, régule le volume plasmatique, donc la pression artérielle et la fonction circulatoire. Le rein sécrète également une hormone, l'*1,25-dihydroxyvitamine D3*, qui module la reabsorption des sels minéraux et contribue à l'activation de la vitamine D, intervenant dans le métabolisme du calcium. Il en est ainsi pour presque tous les systèmes.

Des exemples d'application

Exemple

La régulation thermique

Cette fonction dépend de plusieurs systèmes : nerveux, endocrine, circulatoire, musculaire... En se contractant, les muscles génèrent de la chaleur (c'est le frisson). Lorsque la température corporelle augmente, la vasodilatation permet l'évacuation de la chaleur au niveau de la peau et des muscles.

Des remarques
et conseils
méthodologiques

cet ouvrage ?

FOCUS L'athérosclérose

L'athérosclérose est une maladie chronique des artères caractérisée par l'accumulation de lipides, de cholestérol et d'autres substances dans la paroi des artères. Cette accumulation forme des plaques d'athérome, qui peuvent durcir les artères, les rétrécir et altérer la circulation sanguine. L'athérosclérose peut affecter toutes les artères du corps, notamment les artères coronaires (cœur), les artères cérébrales (cerveau), et les artères périphériques (membres inférieurs).

Les plaques d'athérome se forment dans la paroi des artères à partir de l'accumulation de cholestérol, de cellules inflammatoires et de débris cellulaires. Elles passent par plusieurs phases : (1) Stade initial : l'endothélium (paroi interne des artères) est endommagé, ce qui permet au cholestérol (LDL) de s'insérer ; (2) Progression : le cholestérol s'accumule et des cellules inflammatoires (macrophages) envahissent la zone, formant une plaque molle ; (3) Stade avancé : la plaque peut se durcir avec des dépôts de calcium et rétrécir l'artère, ce qui réduit le flux sanguin ; (4) Complications : si la plaque se rompt, elle peut entraîner la formation d'un caillot sanguin (thrombus), obstruant complètement l'artère, ce qui peut provoquer un infarctus du myocarde ou un accident vasculaire cérébral.

L'athérosclérose se développe en raison de plusieurs facteurs de risque, souvent liés au mode de vie et à la génétique. On distingue les facteurs de risque non modifiables et les facteurs de risque modifiables. Les facteurs non modifiables sont : l'âge (le risque augmente avec l'âge) ; le sexe (les hommes sont plus touchés avant 65 ans, mais après la ménopause, le risque augmente chez les femmes) ; et les antécédents familiaux (une histoire familiale de maladies cardiovasculaires augmente le risque). Les facteurs de risque modifiables sont : l'hypercholestérolémie (taux élevé de cholestérol LDL), l'hypertension artérielle, le tabagisme, le diabète, l'obésité, la sédentarité, une alimentation riche

en graisses saturées et en sel, et la consommation excessive d'alcool.

L'athérosclérose est la principale cause des maladies cardiovasculaires.

Des focus biomédicaux ou historiques à la fin de chaque chapitre

Des renvois pour naviguer d'une fiche à l'autre

372

QCM Pour chaque question, cocher la ou les réponse(s) exacte(s) (les réponses sont au verso).

Des QCM en fin de chapitre pour s'auto-évaluer

Les réponses commentées au verso

5.1 Les papilles gustatives :
a. permettent de distinguer des centaines
b. sont situées uniquement à la pointe de la langue
c. contiennent des bourgeons du goût

5.2 L'épithélium olfactif :
a. est situé sur la langue
b. possède des cellules qui se renouvellent
c. est recouvert d'un mucus produit par les cellules caliciformes

5.3 Quelle est la fonction de l'oreille moyenne ?
a. Elle convertit les sons en un signal électrochimique.
b. Elle collecte les vibrations sonores se propageant dans l'air.
c. Elle amplifie les sons.

5.4 Les cellules ciliées de l'oreille interne :
a. sont dépolarisées lorsque les cils sont inclinés.
b. peuvent libérer de l'acétylcholine au niveau de leur pôle basal.
c. se renouvellent en permanence.

5.5 Comment sont organisées les projections des voies visuelles vers le cortex ?
a. L'œil droit se projette vers le cortex gauche et réciproquement.
b. Le champ visuel droit se projette vers le cortex gauche et réciproquement.
c. La rétine nasale se projette vers le cortex gauche et la rétine temporale vers le cortex droit.

5.6 Les cônes :
a. permettent la vision des couleurs.
b. sont plus abondants en périphérie de la rétine qu'au centre.
c. sont surtout utilisés en vision scotopique.

5.7 La rhodopsine se trouve :
a. dans l'épithélium pigmentaire.
b. dans le segment externe des bâtonnets.
c. dans le cytoplasme des cellules bipolaires.

5.8 Lorsqu'un photon touche la rhodopsine, cela provoque :
a. une dépolarisation du photorécepteur.
b. l'ouverture d'un canal calcique.
c. une hyperpolarisation du photorécepteur.

5. Organes des sens

113

EXERCICES

5.1 La figure ci-dessous présente trois anomalies de la vision. À quelle anomalie correspond chaque image ? (1 point)

Des exercices en fin de chapitre pour réviser

Les corrigés en fin d'ouvrage

5.2 La chloroquine est un antipaludéen de synthèse (APS). C'est un composé qui possède une affinité pour la mélanine à laquelle il se lie. Il peut ainsi s'accumuler dans l'épithélium pigmentaire de la rétine, et être stocké plusieurs années après l'arrêt du traitement, car son élimination par l'organisme est très lente. En cas de prises importantes et prolongées, l'APS peut provoquer l'apparition d'une rétinopathie toxique. Aussi, on recommande aux personnes ayant pris ces médicaments de surveiller leur vue pendant les années qui suivent le traitement. Les patients présentent une gêne à la lecture et une difficulté à distinguer le jaune du bleu. En revanche, la vision périphérique est normale. Quelles sont les cellules atteintes principalement par les APS ?

5. Organes des sens

115

Un glossaire français-anglais de 500 termes scientifiques

Cellule présentatrice de l'antigène (CPA) : cellule qui présente des fragments d'antigènes à des lymphocytes T.

Cellule principale (Chief cell) : cellule qui sécrète des enzymes digestives.

Cellule satellite (Satellite cell) : cellule qui se trouve à proximité d'une cellule principale.

Centre pneumotaxique (Pneumotaxic center) : centre du cerveau qui régule la respiration.

Centrocyste (Centrocyst) : lymphocyte B dérivé des centroblastes et localisé dans les zones claires des centres germinatifs.

Cervelet (Cerebellum) : partie de l'encéphale située en arrière du cerveau et au-dessus du tronc cérébral, impliquée principalement dans la fonction motrice.

Cétogénèse (Ketogenesis) : synthèse des corps cétoniques.

Champ récepteur (Receptive field) : zone de l'espace dont la stimulation modifie la décharge d'un récepteur ou d'un neurone. Les champs récepteurs sont souvent organisés en zones concentriques antagonistes, ce qui permet d'accroître la discrimination spatiale.

Chimiorécepteur (Chemoreceptor) : récepteur sensoriel spécialisé dans la détection des stimuli chimiques.

Chimiotactisme (Chemotactic migration) : phénomène par lequel les cellules phagocytaires sont attirées vers un foyer inflammatoire où sont présents des facteurs chimiotactiques.

Cholestérolémie (Cholesterolemia) : concentration de cholestérol dans le sang.

Chondrocyte (Chondrocyte) : cellule du tissu cartilagineux située dans une petite loge de la matrice cartilagineuse appelée chondroplaste.

Chorion (Chorion) : tissu aréolaire. Définit, d'une façon générale, la couche de cellules conjonctives sous-jacentes d'une muqueuse ou d'un tissu séreux.

Choroïde (Choroid) : enveloppe moyenne de l'œil. Elle forme les corps ciliaires et l'iris dont l'ouverture centrale est la pupille.

Chylomicron (Chylomicron) : ensemble constitué d'acides gras, de cholestérol et de protéines, qui permet le transport des lipides dans le sang.

Chyme (Chyme) : bouillie riche en éléments nutritifs, qui résulte du mélange du bol alimentaire avec le suc gastrique.

Circulation pulmonaire (Pulmonary circulation) : ou « petite circulation » : sang qui quitte le ventricule droit par l'artère pulmonaire et arrive aux poumons, où il y a gaspillage de l'oxygène et perd du dioxyde de carbone. Le sang quitte ensuite les poumons par les veines pulmonaires, et parvient à l'oreille gauche.

Circulation systémique (Systemic circulation) : ou « grande circulation » : sang qui quitte le ventricule gauche par l'aorte et irrigue la totalité des tissus et organes, où il perd de l'oxygène et gagne du dioxyde de carbone, en se transformant en sang veineux. Ce sang est collecté par les deux veines caves, et retourne au cœur dans l'oreille droite.

Clairement de la créatinine (Creatinine clearance) : test qui détermine avec quelle efficacité les reins extraient la créatinine et d'autres déchets du sang, au moyen d'une formule qui permet de mettre en rapport le taux de créatinine avec l'âge, le poids et le sexe de la personne. Un taux de clairance faible indique un fonctionnement anormal des reins.

Classe de différenciation (Cluster of differentiation) : antigènes exprimés à la surface des cellules immunitaires, permettant l'adhésion et la transmission du message au noyau, caractéristiques des étapes de différenciation des lymphocytes, et parfois de leur fonction. Ils sont reconnus grâce à des anticorps monoclonaux.

Clone (Clone) : ensemble de cellules dérivées d'une seule cellule initiale et possédant donc la même information génétique.

436

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement les collègues qui, grâce à leurs commentaires constructifs, nous ont aidés à réaliser cet ouvrage :

- Cyril Garnier, maître de conférences, Université de Valenciennes ;
- Damien Leterme, maître de conférences, Université du Littoral ;
- Olivier Richard, maître de conférences, Université d'Orléans ;
- Odile Viltart, professeure, Université de Lille ;
- Hervé Bricourt, maître de conférences, Université d'Artois ;
- Daniel Richard, professeur, Université de Toulouse III Paul Sabatier.

Nous tenons également à remercier Xavier Amiot pour son investissement dans la réalisation des illustrations de cet ouvrage.



L'organisation du corps humain

Chapitre 1

Introduction à la physiologie



Objectifs

L'objectif de ce chapitre est de définir la physiologie, ses problématiques et sa position au sein des différentes disciplines de la biologie. Les grandes fonctions sont présentées succinctement (fiche 2), et sont développées dans les chapitres suivants.

La notion d'homéostasie (fiche 3), un principe fondamental de régulation des grandes fonctions physiologiques, est présentée. Elle est accompagnée d'une description des mécanismes de régulation (fiche 4).

Les modes de communication chimique entre les cellules sont décrits (fiche 5). L'action d'une substance sur sa cellule cible se fait par l'intermédiaire d'un récepteur, qui initie la transduction du signal. Les différents modes de transduction et le couplage récepteur – effecteur sont présentés dans une dernière fiche (fiche 6).

D'une façon générale, ce chapitre aborde des données fondamentales, qui seront utiles pour la compréhension de l'ensemble de l'ouvrage.

Les ressources numériques sur dunod.com



Ce pictogramme signale la présence d'un contenu spécifique sur le web.

1. Les niveaux d'organisation du vivant

Les organismes vivants pluricellulaires présentent différents niveaux d'organisation structurels et fonctionnels (figure 1). Cette organisation permet de répartir les tâches dans un organisme et spécialise chaque niveau dans une fonction principale.

Le plus petit échelon capable de vie est la cellule. La cellule et les organites qu'elle contient sont constitués de molécules organiques simples ou complexes (glucides, lipides, protides, acides nucléiques), certaines de très grande taille, les macromolécules. L'ensemble de ces molécules entrent en jeu dans des réactions enzymatiques et biochimiques spécifiques. Les cellules interagissent avec leur environnement constitué d'autres cellules, des liquides circulants et de la matrice extracellulaire, grâce à des systèmes d'adhésion et à des récepteurs membranaires. Elles échangent également des substances avec le milieu ambiant, leur permettant de puiser des nutriments et d'évacuer des déchets. À l'échelon supérieur, les cellules s'organisent en ensembles fonctionnels appelés **tissus**, et l'apposition de plusieurs tissus forme des **organes**, qui eux-mêmes forment des **systèmes** ou **appareils**. La description de ces organes et des appareils correspond à l'anatomie, et leur étude fonctionnelle à la physiologie.

Fiches
2, 117



Historique

Si le terme « physiologie » (étymologiquement la « science de la nature ») apparaît avec Aristote, il prend son sens de « étude du fonctionnement des organismes vivants » au XVI^e siècle, et ce n'est qu'au XIX^e siècle que la discipline devient une science expérimentale, avec les travaux de François Magendie et de son élève Claude Bernard.

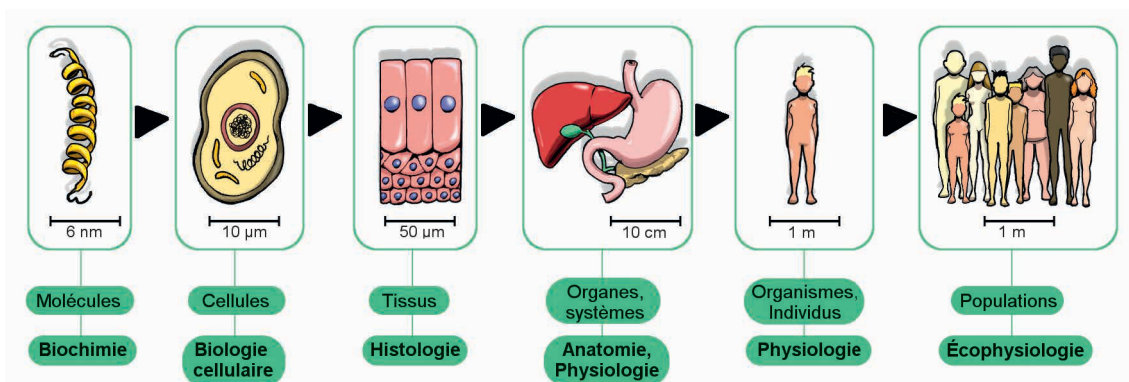


Figure 1 Les niveaux d'organisation du vivant et leur ordre de grandeur.

À l'échelon le plus petit, les fonctions du vivant sont assurées par des molécules impliquées dans les réactions biochimiques. Les cellules constituent l'échelon élémentaire du vivant. Dans les organismes pluricellulaires, ces cellules s'organisent en tissus puis organes et systèmes assurant des fonctions spécialisées.

2. Les problématiques de la physiologie

La physiologie puise dans les données apportées par l'**histologie** et l'**anatomie** – sciences uniquement descriptives – pour comprendre les relations entre une structure et une fonction. Pour prendre l'exemple du système digestif, l'approche histologique permet d'appréhender comment cet organe assure la fonction d'absorption des nutriments à travers la muqueuse, et la fonction de motilité (et donc le transit intestinal) grâce aux muscles lisses.

La description des mécanismes digestifs nécessite de s'adresser à l'échelon moléculaire afin de comprendre les événements enzymatiques qui permettent de transformer les aliments en nutriments et les mécanismes de transports moléculaires à la base de l'absorption, mais également à l'échelon macroscopique (organes et systèmes) afin de comprendre la cohérence entre les différents segments du tube digestif. En cela, la physiologie est une science intégrative qui nécessite d'agréger des concepts provenant de plusieurs disciplines de la biologie pour décrire le fonctionnement d'un organisme complexe.

La physiologie étudie donc :

- la coordination des fonctions complexes par l'action concertée d'un ensemble de cellules, de tissus, d'organes différents, voire d'un ensemble de systèmes ;
- les mécanismes de communication et de transport de l'information à l'intérieur de la cellule, entre la cellule et son milieu ambiant, et entre différents tissus de l'organisme ;
- le maintien par l'organisme de l'environnement cellulaire direct, à savoir le milieu intérieur, à travers un certain nombre de mécanismes biologiques permettant de maintenir l'homéostasie ;
- les relations entre organismes d'une même espèce. Cet aspect concerne notamment la physiologie de la reproduction mais également la physiologie comportementale qui fait appel à des spécialités telle que la psychophysiologie ou la neurophysiologie.

3. Physiologie et médecine

La notion de physiologie en médecine reflète le fonctionnement sain de l'organisme. Ainsi, une valeur physiologique de la glycémie, centrée autour de $0,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, reflète la valeur moyenne mesurée sur une population d'individus à jeun sans problème de régulation du taux de glucose sanguin. Elle est donc une valeur considérée comme « normale » par la population et par le médecin. On distinguera en médecine un état physiologique d'un état pathologique au cours duquel des altérations entraînent un dysfonctionnement d'un organe ou système.



La physiopathologie

C'est l'étude des fonctions altérées de l'organisme ; son objectif est de comprendre les mécanismes moléculaires, cellulaires et tissulaires à la base de l'apparition et de la progression d'une maladie, dans le but de mettre en place des traitements étiologiques (qui traitent la cause) et pas uniquement symptomatiques (qui traitent les conséquences) de la maladie.

Les grandes fonctions de l'organisme

L'augmentation de la taille des organismes pluricellulaires au cours de l'évolution a entraîné la spécialisation des cellules, des tissus, des organes et des systèmes dans des rôles bien précis afin de subvenir aux besoins vitaux de l'organisme.

1. Les différentes fonctions physiologiques

Les fonctions peuvent être regroupées en trois grandes catégories :

- Les **fonctions de nutrition** qui comprennent la régulation du métabolisme et permettent aux cellules de subvenir à leurs besoins énergétiques (transformation des nutriments en molécules énergétiques de type ATP). La fonction de digestion favorise la transformation des aliments en nutriments et leur passage dans le milieu intérieur. La fonction de respiration (ou plutôt de ventilation à l'échelle de l'organisme) a pour rôle de fournir l'organisme en dioxygène (O_2) et d'évacuer le dioxyde de carbone (CO_2). La circulation permet de transporter les nutriments et l' O_2 vers les cellules et de transporter les métabolites et le CO_2 vers les organes spécialisés dans leur élimination. La fonction d'excrétion permet l'élimination d'eau, d'ions et de déchets du métabolisme vers l'extérieur.
 - Les **fonctions de relation**, assurées par les systèmes nerveux et endocrine, permettent la communication de l'organisme avec son environnement et entre les différentes cellules de l'organisme.
 - Enfin, les **fonctions de reproduction**, qui ne sont pas des fonctions vitales pour l'organisme contrairement aux précédentes, sont indispensables à la perpétuation de l'espèce, et donc à sa survie.
- Ces grandes fonctions sont prises en charge par différents systèmes ou appareils.



Appareil ou système ?

Un appareil est nécessairement constitué d'organes différents, alors qu'un système peut être constitué de tissus pas nécessairement structurés en organes. On parle ainsi d'appareil ou de système digestif mais uniquement de système nerveux, immunitaire ou endocrine.

2. Les différents systèmes et appareils

Il existe dix systèmes et appareils différents (figure 1) :

- le **système nerveux** et le **système endocrine** assurent le transport d'informations entre différents tissus de l'organisme ; le système nerveux possède en outre un rôle d'intégration des informations ;
- le **système musculosquelettique** assure la posture et les mouvements de l'organisme dans son environnement ;
- les **systèmes immunitaire** et **tégumentaire** (peau) protègent l'organisme contre les agressions biologiques, chimiques ou physiques ;
- l'**appareil circulatoire** ou cardiovasculaire, constitué du cœur, des vaisseaux sanguins et lymphatiques et du sang, permet d'apporter nutriments et O_2 aux cellules. Il assure également le transport des hormones ;
- l'**appareil digestif**, constitué de multiples organes (bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestin, côlon) et des glandes annexes (glandes salivaires, foie, pancréas), transforme les aliments en nutriments et permet leur transport vers le milieu intérieur ;

- l'**appareil respiratoire**, constitué de multiples organes (bouche, pharynx, larynx, bronches, poumons...), permet le passage des gaz entre l'air ambiant et la circulation sanguine ;
- le **système excréteur** a pour fonction principale la filtration du plasma et l'élimination par excrétion des déchets ;
- l'**appareil reproducteur**, constitué notamment de gonades et de glandes annexes, assure les fonctions de reproduction.

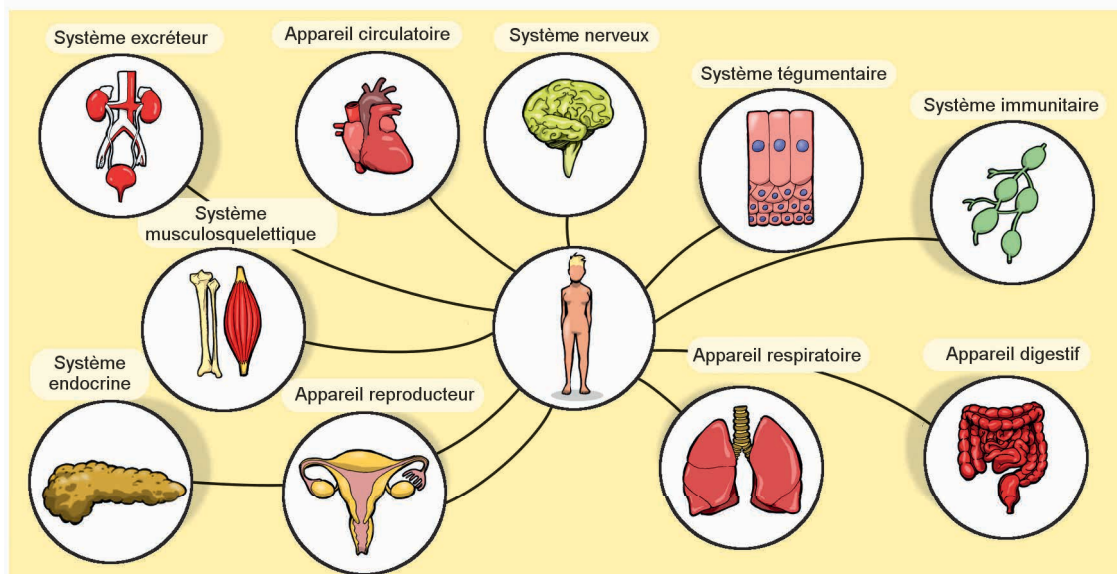


Figure 1 Les différents systèmes et appareils.

3. Correspondance système-fonction

Chaque système est dévolu à une fonction principale mais contribue également à d'autres fonctions. L'exemple qui illustre parfaitement cette notion est le rein, organe majeur du système excréteur, dont la fonction permet de réguler la composition du milieu intérieur. En outre, le rein, en sécrétant une enzyme, la rénine, et en participant à l'élimination d'eau et d'ions, régule le volume plasmatique, donc la pression artérielle et la fonction circulatoire. Le rein sécrète également une hormone, l'érythropoïétine, qui régule la production des hématies et contribue à l'activation de la vitamine D, une hormone impliquée dans le métabolisme du calcium. Il en est ainsi pour presque tous les organes de l'organisme qui, outre leur rôle principal, interviennent dans la régulation d'autres fonctions.

De la même façon, il est rare qu'une fonction physiologique soit dépendante d'un seul appareil. Ainsi, des organes localisés anatomiquement dans des appareils différents peuvent participer à une même fonction. Comme nous l'avons vu précédemment, la fonction circulatoire est assurée par le système cardiovasculaire et sa régulation dépend notamment du rein.

Exemple

La régulation thermique

Cette fonction dépend de plusieurs systèmes : nerveux, endocrine, circulatoire, musculaire... En se contractant, les muscles génèrent de la chaleur (c'est le frisson). Lorsque la température corporelle augmente, la vasodilatation permet l'évacuation de la chaleur au niveau de la peau et des muscles.

1. Stabilité du milieu intérieur

Les fonctions physiologiques sont finement régulées, et le fonctionnement optimal de l'organisme autorise peu de variation des nombreux paramètres tels que la pression artérielle, la température corporelle, etc. Cette régulation est d'autant plus complexe que le milieu environnant n'assure pas les conditions de cette stabilité. Aussi, l'organisme doit s'affranchir de contraintes du milieu extérieur pour maintenir la stabilité de son milieu intérieur. Cette notion de milieu intérieur apparaît pour la première fois en 1865 avec Claude Bernard : « Tous les mécanismes vitaux, quelque variés qu'ils soient, n'ont toujours qu'un but, celui de maintenir l'unité des conditions de la vie dans le milieu intérieur. C'est la stabilité de l'environnement intérieur qui est la condition de la vie libre et indépendante. » Le mot « homéostasie », de *stasis* (état, condition) et *homoios* (semblable), est introduit en 1932 par Walter Bradford Cannon, qui précise cette notion : homéostasie ne signifie pas immobilité ; cela renvoie à une condition qui peut varier mais qui est **relativement** constante.

Pour maintenir cet équilibre, il existe des mécanismes homéostatiques, qui sont retrouvés à tous les niveaux biologiques, c'est-à-dire au niveau cellulaire, mais aussi à l'échelle de l'organisme ou même de l'écosystème. Si la cellule ou l'organisme n'arrive pas à maintenir la stabilité, un déséquilibre apparaît inévitablement ce qui conduit à un trouble, voire une maladie.



Homéostasie

L'homéostasie désigne la capacité de l'organisme à maintenir son milieu interne relativement stable malgré les fluctuations du milieu extérieur.

2. Notion de constante ou de variable biologique

Le paramètre qui est régulé est appelé « constante biologique » par le corps médical, mettant ainsi en avant le fait que ce paramètre doit être maintenu à une valeur de référence. Les physiologistes utilisent plus volontiers le terme de « variable biologique », indiquant par là que la régulation est **dynamique**, et que le paramètre (par exemple la pression artérielle) peut prendre différentes valeurs et varier entre certaines limites autour d'une valeur de référence, sans pour autant que le déséquilibre ne soit pathologique (figure 1). La régulation peut être très stricte (par exemple, le pH du sang doit être maintenu dans des limites très étroites, entre 7.37 et 7.43) ou plus souple (par exemple : la pression artérielle systolique, entre 90 et 140 mmHg).

En physiologie, les variables régulées sont nombreuses et concernent tous les organes. À titre d'exemple, nous pouvons citer des paramètres physiques tels que la pression artérielle, la température corporelle, le débit cardiaque, la fréquence respiratoire ; des paramètres biochimiques tels que la concentration en électrolytes (pH, ions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , bicarbonate, chlorure), en nutriments (glucose, cholestérol, triglycérides) et en gaz (O_2 et CO_2).

Exemple

La glycémie, ou taux de glucose dans le sang, est une constante fondamentale. La valeur de référence est de 0,8 g par litre de sang, mais elle peut varier entre 0,7 g après un jeûne et 1,1 g après un repas. La régulation de la glycémie fait intervenir des hormones, notamment l'insuline et le glucagon, qui permettent respectivement de stocker le glucose quand il est en excès et d'aller le chercher dans les réserves quand le taux est trop faible. Un défaut d'insuline conduit à une augmentation de la glycémie au-delà des valeurs physiologiques : c'est l'une des causes possibles du diabète.

Fiche
135

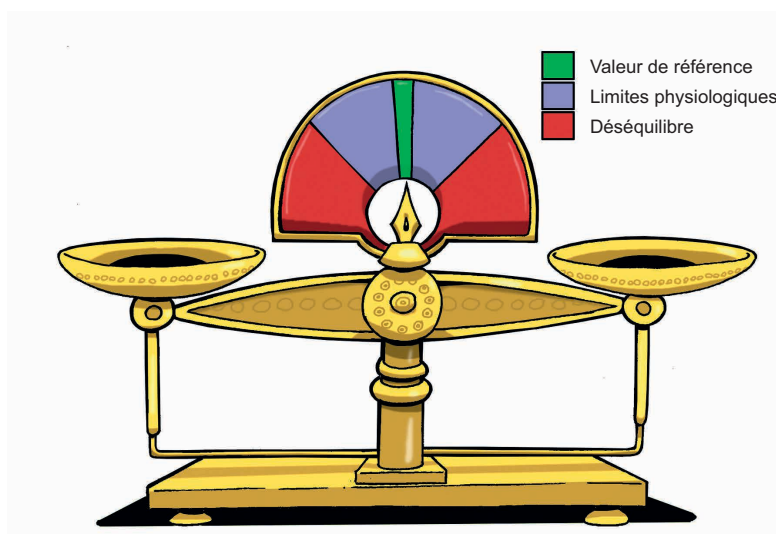


Figure 1 Principe de la régulation homéostatique.

Le fonctionnement des mécanismes homéostatiques est similaire à celui d'une balance devant être continuellement en équilibre. Lorsqu'un des deux plateaux est soumis à un poids, la balance n'est plus équilibrée. Il faut donc ajouter le même poids sur l'autre plateau pour rétablir l'équilibre. De la même façon, l'organisme met en route des systèmes régulateurs, homéostatiques, permettant de maintenir un équilibre dynamique. L'homéostasie permet ainsi de maintenir un paramètre (variable régulée) relativement constant, dans des limites physiologiques.

L'appareil circulatoire est essentiel au maintien de l'homéostasie. Il permet en effet l'**approvisionnement** des cellules en nutriments, le **transport** des liquides et des substances dissoutes dans le sang et la lymphe, et il assure l'**élimination** des déchets. Il participe en outre à la régulation de la température corporelle. La stabilité de la composition sanguine est un élément clé de l'homéostasie car les échanges entre le sang et le liquide extracellulaire sont nombreux et permanents.

Vieillessement

Lorsque l'on vieillit, les mécanismes de régulation homéostatique sont moins efficaces. Le système devient alors de plus en plus instable et le déséquilibre est plus facilement atteint, d'où un risque accru de développer une maladie.

1. Les éléments du mécanisme homéostatique

La régulation d'un paramètre, appelé **variable biologique**, entre des limites physiologiques nécessite plusieurs acteurs : un **capteur**, qui mesure la valeur d'un paramètre physique (comme la température) ou chimique (comme la glycémie) ; un **centre de contrôle** qui analyse les données transmises par le capteur, les compare à la valeur de référence ou au point de consigne, et détermine la réaction à mettre en œuvre ; et un **effecteur** qui agit pour amener la variable régulée au plus près de la valeur de référence par des mécanismes de compensation (figure 1).

2. La régulation peut être nerveuse ou hormonale

Il faut un système de communication rapide et efficace entre les différents acteurs. Dans certains cas, capteur, centre régulateur et effecteur sont anatomiquement très proches, et l'information est transmise grâce à des signaux intracellulaires. Par exemple, lors d'une contraction musculaire répétée, la baisse des stocks de molécules énergétiques stimule le transport de glucose du sang vers la cellule en activité. Dans d'autres cas, la communication afférente (du capteur vers le centre) et efférente (du centre vers l'effecteur) se fait sur des distances importantes. Dans ce cas, le message est véhiculé par le système nerveux ou hormonal. C'est le cas de la thermorégulation : les capteurs situés dans la peau informent par voie nerveuse le centre localisé dans l'hypothalamus, une structure du système nerveux central, qui à son tour envoie un ordre aux vaisseaux sanguins cutanés par voie hormonale pour induire leur constriction ou leur dilatation.

 Fiches
44, 139



L'hypothalamus, grand centre de régulation

L'hypothalamus est au carrefour des systèmes nerveux et hormonal, et il reçoit de nombreuses informations de l'ensemble du corps. De ce fait, il peut assurer la régulation de la température, de la faim (équilibre énergétique), de la soif (équilibre hydrique), de la pression artérielle, du sommeil, de la reproduction...

3. Notion de régulation

La régulation peut se faire par compensation (rétroaction négative), par amplification (rétroaction positive) ou par anticipation (régulation prédictive).

Rétroaction négative ou compensation

Le plus souvent, une variation d'un paramètre biologique met en jeu un système de rétroaction (ou *feedback*) négative, permettant de s'opposer à la variation observée et de faire revenir la valeur au plus proche du point de consigne. C'est le principe du thermostat : la baisse de température de la pièce sous le point de consigne entraîne la mise en route de la chaudière. En physiologie, le système effecteur correspond à un **homéostat**. Il peut être assimilé à un régulateur en constance. La plupart des régulations hormonales sont soumises à des mécanismes de rétroaction négative. L'exemple classique est celui de la régulation de la glycémie.

 Fiche
3

Rétroaction positive ou amplification

Dans des cas plus rares, il peut arriver que l'effecteur amplifie les variations de la variable régulée. On a alors un système de rétroaction positive, qui s'apparente à un régulateur en tendance. Il ne s'agit plus de revenir à une valeur de référence, mais d'accroître le déséquilibre. En réalité, malgré les apparences, il s'agit bien d'un mécanisme homéostatique, mais par lequel le point de consigne est modifié. Ainsi, le système va évoluer en s'éloignant de la valeur de référence initiale, pour se rapprocher d'une nouvelle valeur. Quand celle-ci sera atteinte, le système reviendra à une régulation en constance, afin de maintenir le paramètre au plus près de cette nouvelle valeur. Ces mécanismes de rétroaction positive n'ont pas pour but de créer un déséquilibre, mais de créer les conditions d'un nouvel équilibre.

Exemple

Un exemple de rétroaction positive

Lors de l'accouchement, la pression exercée par le bébé sur le col utérin provoque la libération d'ocytocine par l'hypothalamus, qui renforce l'activité du muscle utérin et accroît donc la pression. Cette boucle s'interrompt à la délivrance, quand la pression revient naturellement à sa valeur initiale.

Anticipation ou régulation prédictive

Il arrive qu'une réponse adaptative se mette en place avant même que la variable n'ait changé. Pour reprendre l'exemple de la glycémie, l'organisme sécrète de l'insuline avant que le taux de glucose dans le sang n'ait varié. Cette sécrétion anticipée d'insuline met en jeu des réponses nerveuses à des stimulations visuelles, olfactives, et gustatives induites par la seule présentation d'un repas. On parle de régulation prédictive. Les rythmes biologiques sont un autre exemple de régulation prédictive. Chez les mammifères, ils sont organisés autour d'une horloge biologique principale située dans les noyaux suprachiasmatiques de l'hypothalamus. Grâce à eux, certains comportements (tels que l'alternance veille / sommeil) ou la synthèse de certaines hormones peuvent se produire au moment de la journée (voire de l'année) le plus favorable. Une destruction de ces rythmes, comme cela arrive lors d'un voyage transméri dien, peut entraîner des troubles importants.

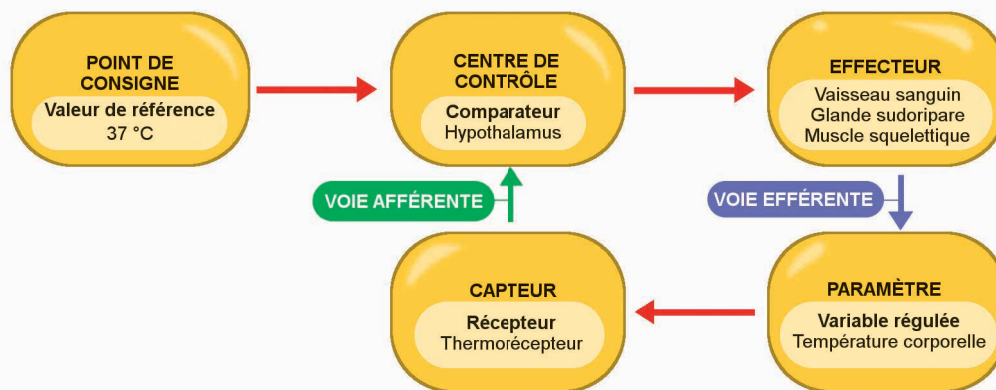


Figure 1 Principe de la boucle de régulation.

Exemple de la thermorégulation.

La survie d'un individu pluricellulaire dépend de la capacité de ses cellules à communiquer entre elles. En effet, pour assurer le maintien de l'homéostasie, les cellules qui constituent un tissu doivent échanger de l'information pour coordonner leur action, de même que les différents organes doivent pouvoir émettre et recevoir des messages, et changer leur fonctionnement en conséquence.

1. La communication chimique

La communication chimique correspond à la transmission de molécules informatives telles que des hormones, des facteurs de croissance, des neurotransmetteurs, des médiateurs de l'inflammation ou même des gaz comme le NO (monoxyde d'azote). Le principe est simple :

- Une cellule synthétise la substance et la libère ; la sécrétion se fait généralement par exocytose, mais certaines substances sont capables de traverser directement la membrane cellulaire et sont libérées par diffusion simple.
- La substance est transportée vers sa cible. Il peut s'agir de la cellule sécrétrice elle-même (communication autocrine) ou de cellules distinctes. Dans ce dernier cas, on distingue les communications paracrine (*para* = à côté de) et endocrine (cellules éloignées) (figure 1).
- La cellule cible porte à sa surface des récepteurs spécifiques. Dans la plupart des cas, il s'agit de protéines transmembranaires qui vont induire une série de réactions biochimiques à l'intérieur de la cellule. Dans certains cas, quand le messenger est capable de traverser directement la membrane plasmique (cas du NO par exemple), il agit sur un récepteur situé à l'intérieur de la cellule. L'activation du récepteur induit des signaux biochimiques dans la cellule.
- Afin d'assurer une spécificité locale et temporelle, des mécanismes cellulaires permettent que le messenger ne s'accumule pas et soit détruit au fur et à mesure de son utilisation. L'inactivation se fait grâce à des enzymes spécifiques localisées à proximité du site récepteur.



Fiche 6

■ Communication autocrine

La substance libérée agit sur la cellule qui l'a sécrétée. Ce mode de communication permet d'exercer un rétrocontrôle positif ou négatif de la sécrétion. Les cellules cancéreuses utilisent la communication autocrine pour stimuler leur survie et leur prolifération.

■ Communication paracrine

La cellule sécrétrice exerce son action dans son environnement proche. La substance est captée par des récepteurs localisés à proximité du lieu de sécrétion, et détruite par des enzymes extracellulaires pour éviter une diffusion plus large.

■ Communication endocrine

Il s'agit d'une communication sur de grandes distances. Une substance (hormone) est produite par une glande, libérée dans la circulation sanguine et transportée par le sang dans l'ensemble de l'organisme. Seules les cellules possédant des récepteurs spécifiques sont sensibles à l'hormone. Ces récepteurs sont capables de détecter de très petites quantités de la substance et de se lier à elle avec une grande affinité.

■ Communication par contact direct

Les jonctions communicantes (ou jonctions gap) sont le principal moyen de communication entre deux cellules adjacentes. Les membranes des cellules adjacentes sont traversées par des protéines appelées **connexines** qui forment une sorte de pore (le connexon) permettant à de petites molécules ou à des ions de passer directement. Elles permettent ainsi d'assurer un couplage métabolique et électrique entre les cellules. Ce type de communication est fréquemment rencontré au cours du développement. Chez l'adulte, on les trouve aussi en grande quantité dans le tissu cardiaque.

2. Cas particulier du système nerveux : la synapse

Une information est véhiculée de façon rapide, précise et fidèle, au sein d'un même neurone, même sur de grandes distances, au moyen d'impulsions électriques appelées « potentiels d'action ». La communication nerveuse d'une cellule à sa cible peut se faire par voie électrique ou par voie chimique.

- La communication électrique se fait *via* une jonction gap.
- Toutefois, le plus souvent, la communication se fait sous forme chimique. Elle s'apparente à une communication de type paracrine, mais elle est beaucoup plus spécifique. En effet, la zone de contact est très restreinte, et la communication se fait entre une cellule dite présynaptique, qui libère le neurotransmetteur, et une partie restreinte de la cellule cible, appelée élément postsynaptique.

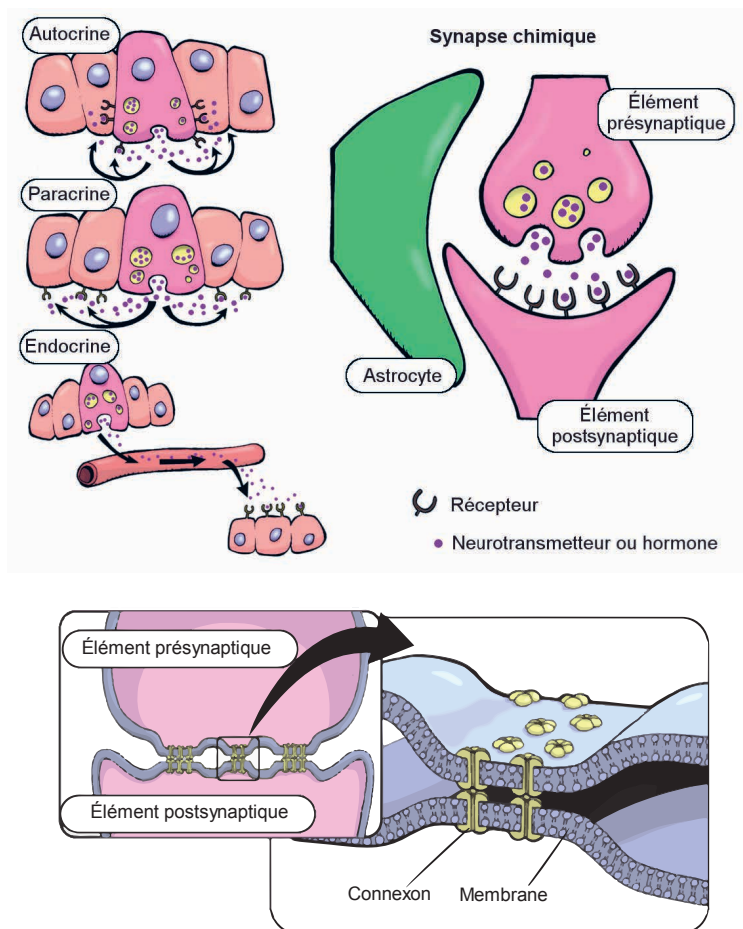


Figure 1 Différents modes de communication cellulaire.

L'astrocyte est une cellule gliale qui participe au contrôle de la communication synaptique.